



Plantacja buraków cukrowych

Fot. Witold Grzebisz

BIULETYN
INSTYTUTU HODOWLI
I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Nr 222/2002



Plantacja buraków cukrowych. Fot. *Witold Grzebisz*

RADZIKÓW 2002
INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN — RADZIKÓW
05-870 BŁONIE pod WARSZAWĄ

INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Dyrektor: Prof. dr hab. Edward Arseniuk

Komitet Redakcyjny:

Editorial Committee:

HENRYK J. CZEMBOR (Przewodniczący — Editor-in Chief),
JAN BOJANOWSKI, SŁAWOMIR PROŃCZUK, MARIA RAKOWSKA,
STANISŁAWA ROZTROPOWICZ-SZKUBEL, ZYGMUNT STASZEWSKI, JERZY SZYRMER,
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA (Sekretarz Redakcji — Editorial Secretary)

Wydanie publikacji dofinansowane przez Komitet Badań Naukowych

Redaktor techniczny
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA

Druk: Format Studio Grafiki i Poligrafii



KONFERENCJA NAUKOWA

EFEKTYWNA UPRAWA BURAKA CUKROWEGO

ORGANIZATORZY KONFERENCJI

KATEDRA CHEMII ROLNEJ, AKADEMIA ROLNICZA W POZNANIU
MIĘDZYNARODOWY INSTYTUT POTASOWY (IPI-BASEL / SWITZERLAND)
INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN, ODDZIAŁ W BYDGOSZCZY
INSTYTUT OCHRONY ROŚLIN W POZNANIU, ODDZIAŁ W TORUNIU

KOMITET ORGANIZACYJNY

PROF. DR HAB. WITOLD GRZEBISZ — PRZEWODNICZĄCY
DR ADOLF KRAUSS — CZŁONEK
DR INŻ. MIROSŁAW NOWAKOWSKI — CZŁONEK
DR INŻ. HELIODOR BANASZAK — CZŁONEK

SEKRETARIAT

DR INŻ. PRZEMYSŁAW BARŁÓG
DR INŻ. RENATA GAJ

POZNAŃ — SIELINKO 24 — 26 CZERWIEC 2002

ADOLF KRAUSS

International Potash Institute, Basel, Switzerland

Potassium, an integral part for sustained soil fertility and efficient crop production

Demographic processes due to fast growth of the global population and urbanization are the main reason for increasing demands for food and feed. Due to urbanization processes about 50% of food is exported into towns. In consequence on a world scale about 83 million t NPK are also transferred into towns and hardly recycle to the land where they came from. In the last decade the global production of cereals, oilseed crops, sugar crops showed some specific trends, i.e. the sown area declined (cereals, sugar beets), but the production level has been almost constant due to higher yields per ha. It means higher nutrients removal from the field with the harvest. The increasing intensity of oilseed crops, root crops and sugar crops production requires, in turn, higher level of soil fertility due to relatively poor root systems when compared to cereals. However, the current fertilizer use patterns are much worse than at the end of the 80-ies. The consumption of fertilizers, generally decreased, but also the structure of NPK use underwent some negative changes. The special attention should be focused on the potassium consumption. The resulting NK ratio in global fertilizer use depreciated rapidly from a fairly balanced ratio of 1:0,4 to currently 1:0,27. This ratio dramatically worsened in the Central Europe countries, including Poland. It has been documented, through long-term experiments, that negative K balance results in a huge reduction in the content of soil K, causing its mining. On the other hand, numerous field trials give evidence that adequate use of potassium fertilizers, i.e. in balance with the other essential nutrients increases yield and improves its quality. It is important to many countries, like Poland, that adequate K fertilization also increases crops response to water deficits, increases resistance to diseases. There are some other benefits of balanced potassium use (i) environmental — higher efficiency of nitrogen (ii) economic — increasing farmer's profits generates income, which is partly used for purchase of non-agricultural products; business attraction to the rural areas (iii) social — rural areas development, social security, etc.

Keywords: K mining, nutrients balance, population growth, potassium, yield

Procesy demograficzne, ze względu na szybki wzrost światowej populacji ludności i urbanizację, są główną przyczyną zwiększającego się zapotrzebowania na żywność i pasze. Procesy urbanizacyjne doprowadziły do tego, że ok. 50% żywności jest odprowadzane do miast. W związku z tym, w skali światowej, ok. 83 mln ton NPK również jest transportowane do miast i prawie nic z tego nie wraca na obszary rolnicze. W ostatnim dziesięcioleciu globalna produkcja zbóż, roślin oleistych i cukrowniczych wykazywała specyficzny trend: tzn. powierzchnia tych upraw malała (zboża, burak cukrowy), lecz poziom produkcji pozostawał prawie niezmieniony dzięki wyższym plonom. Oznacza to również wzmożone usuwanie składników mineralnych z gleb. Zwiększająca się intensywność upraw roślin oleistych, okopowych i cukrowniczych wymaga z kolei wyższego poziomu urodzajności gleb z powodu stosunkowo słabych systemów korzeniowych tych roślin, w porównaniu ze zbożami. Jednak obecne sposoby stosowania nawozów są o wiele gorsze, niż w końcu lat osiemdziesiątych. Zużycie nawozów zmalało, poza tym i struktura NPK uległa negatywnym zmianom. Szczególną uwagę należy zwrócić

na zużycie potasu. Stosunek N do K w globalnym zużyciu nawozów szybko zmniejszył się z nieźle zbalansowanych wartości 1:0,4 do obecnych 1:0,27. Proporcja ta szczególnie pogorszyła się w krajach Europy Środkowej, w tym i w Polsce. Na podstawie długoterminowych doświadczeń polowych zostało udokumentowane, że negatywny bilans potasu w ogromnym stopniu obniża zawartość tego pierwiastka w glebie. Z drugiej strony liczne eksperymenty polowe wykazują, że odpowiednie użycie nawozów potasowych, tj. w równowadze z innymi niezbędnymi składnikami zwiększa plon i poprawia jego jakość. W wielu krajach, w tym i w Polsce, ważny jest fakt, że odpowiednie nawożenie potasem poprawia reakcję upraw na brak wody i zwiększa odporność na choroby. Są również inne korzyści ze zrównoważonego nawożenia potasem: a) środowiskowe — wyższa efektywność azotu, b) ekonomiczne — zwiększenie dochodów rolników, co generuje popyt na towary rolnicze i przyciąga biznes na tereny wiejskie, c) socjalne — rozwój terenów wiejskich, bezpieczeństwa socjalnego etc.

Słowa kluczowe: bilans składników odżywczych, plon, potas, ubytki potasu, wzrost populacji

CROP PRODUCTION IN THE GLOBAL CONTEXT

The global population is expected to reach eight to nine billion inhabitants within the next two to three decades. Most of the population growth will occur in developing countries. Another important factor in the global demographic development is that urbanization proceeds further. FAO (2002) estimates that, within the next 20–30 years, more than 60% of the global population will live in towns compared with 40% in the eighties and 48% in the nineties.

More people need more food. Rosegrant et al. (1995) calculated that the global demand for cereals will increase till 2020 by almost 1 billion to 2.7 billion tons, and for meat by 75% to 283 million tons. This would require a growth rate of more than 2% per annum to meet the demand for cereals. However, the current situation in cereals domain shows a stagnating production, which contrasts sharply the need for higher production (Fig. 1).

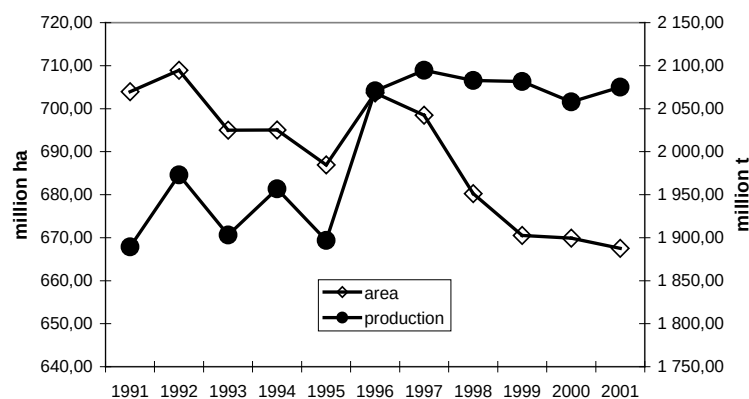


Fig. 1. Global cereal area and production (FAO, 2002)

It is also shown that the area planted with cereals decreases worldwide. Low cereal prices at the world market prevent substantial investments in cereal production. Figure 1 also indicates a higher productivity through higher yield, which on the other hand, goes in line with the demand for a vertical increase in cereal production due to a growing scarcity of arable land.

Closely related to the expected increase in demand for meat is the steady growth in oilseed production. Most of the higher oilseed output comes from larger planting area (+28% in the last 10 years), but yields also increased by 18%. Major portion of this progress comes from soybean. This crop showed during the last decade an area expansion by 39% to currently 76 million ha (Mha) and a yield increase by 23% to 2.32 t/ha, which results in an output increase of 72% to currently 177 million t (Mt). Rapeseed contributes 36.2 Mt and groundnuts (in shells) 34.7 Mt to the total oilseed output (figures for 2001). On the lower end of the scale is sunflower. Its production fluctuated from about 20 to 28 Mt, the global area stagnates at about 18 Mha, and the yield remains at a level of 1.2 to 1.3 t/ha. On the global scale, root and tuber crops show a continuous increase in area and production. However, the progress in output happens primarily in developing countries, where the production increases annually by more than 10 Mt. In contrast, root and tuber production in developed countries even shows a slightly negative trend with an annually decline of more than 1 million tons. Interestingly, India ranks 3rd after China and Russia in the global potato production, and China contributes also 86% of the global output of sweet potatoes. This shows the increasing importance that developing countries play in the global production of root and tubers.

The trend in production of sugar plants differs between the types. Sugar beet area and production decreased during the last decade by almost 30 and 15%, respectively (Fig. 2).

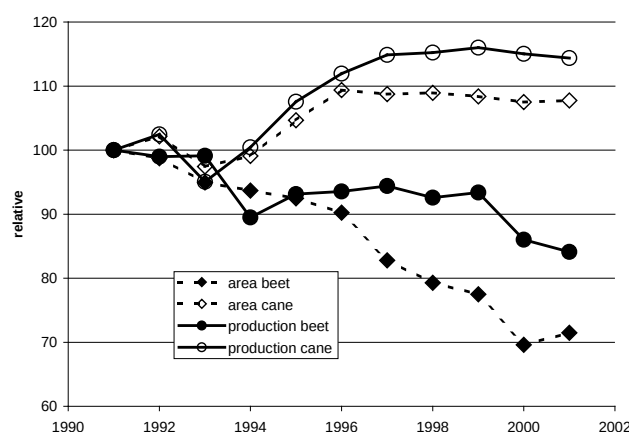


Fig. 2. Development of area and production of sugar plants (FAO 2002)

The decline in beet area was partly compensated by an overall increase in beet yield of 17%. In contrast, cane production increased in the last decades by around 15%, partly due to larger planting area, but it stabilized in the recent years. The decreasing beet and stagnating cane production may reflect the rather unsatisfactory price development, which experienced in the last years a continuous depreciation. In addition to that, sugar consumption in developed countries seems to decline, the per capita supply of sugar (refined equivalent) decreased from 1990 to 1999 by 3.3 kg/year to 30.4 kg. On the other hand, developing countries increased slightly the sugar consumption by 1.4 kg/year to 15.5 kg. However, it seems that the world sugar price starts to recover, the demand for sugar on the world market seems to exceed the current supply. In addition, it should not be overlooked that a rather large portion of cane is converted into alcohol as fuel like in Brazil or in countries of Southern Africa.

Developing countries also play a major role in the global fruit and vegetable production. The output increased in the last decade by 300 Mt to currently 850 Mt, whereas production in developed countries varies at around 280 Mt. Incidentally, the per capita consumption of fruits and vegetables in developed countries appears to be saturated at a fairly high level of more than 190 kg/year, whereas the consumption of fruits and vegetables in developing countries is still rapidly increasing. This trend reflects the obvious change in income because, with growing income, subsistence food will be progressively replaced by fruits, vegetables and animal protein.

CONSEQUENCES OF CHANGING CROPPING PATTERN FOR THE NUTRIENT MANAGEMENT

In consequence of the demand for a higher productivity of the remaining arable land, the crop yield has to be increased. However, in order to achieve a higher yield, the plant has to absorb more nutrients and ultimately, more nutrients are removed from the field with the harvest. Johnston (2002) compared yield and K offtake of wheat from a long-term field trial in Rothamsted and showed that, with increasing yield due to better fertilization and use of improved varieties, the K removal by crops increased as well (Fig. 3). In other words, the demand for vertical increase in crop output can only be met by simultaneous increase in nutrient supply to the plants.

The consequences that urbanization has on nutrient management can be seen in the fact that, with export of food from the rural area into towns, nutrients are also transferred. On a world scale about 175 million t N + P₂O₅ + K₂O are removed with harvested crops. Assuming a global rate of urbanization of 48%, this means that at least 83 million t NPK are transferred into towns and hardly recycled to the land where they came from. Even worse, the high solubility of K in organic waste leaches K in the sewage treatment plants with the water, which is usually drained off into river systems. The remaining solid waste contains mostly N and P. However, health concern, mixing of urban waste with toxic and/or heavy metals prevent widely use of sludge from urban sewage plants. EFMA (2000) estimates that about 2.6% of N, 3.3% of P₂O₅ and only 1.1% of K₂O used in EU agriculture derive from non-livestock urban waste.

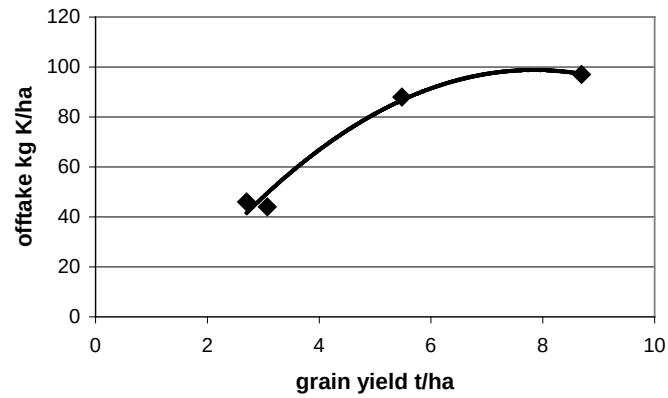


Fig. 3. K offtake of the whole wheat plant in relation to the grain yield (Johnston, 2002)

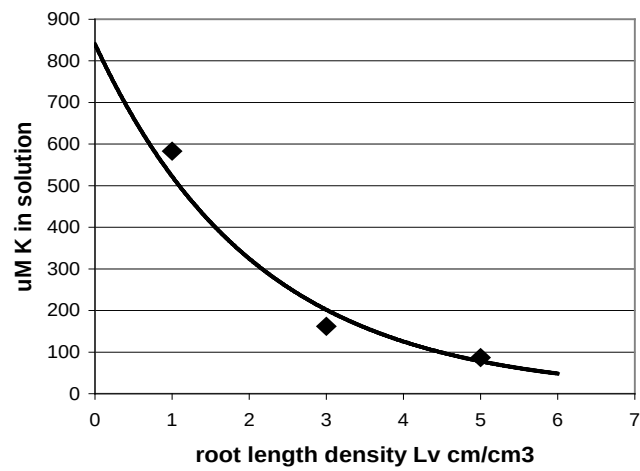


Fig. 4. Soil K concentration needed in soil solution to sustain a high K uptake rate as affected by root length density (after Johnston et al., 1998)

Higher demand for animal protein fuels growth and trade of oilseeds as feed in livestock production. As an example, the European Union imported in 1997, with oilseed cake and seeds, the equivalent of some 570'000 t K_2O , which adds to the nutrient balance. Consequently, livestock farms in Germany have a highly positive nutrient balance because the bulk of nutrients remain at the farm in form of animal excrements. Only 22% of N and P, and 4% of K, which entered the farm is removed in animal products sold from the farm. In contrast, the same survey by Bach et al. (1997) also showed that stockless arable farms in Germany have a farm-gate nutrient balance almost in equilibrium, even with a slight negative balance for P and K.

Higher demand for oilseeds has also its consequences for the nutrient management of the crop. Oilseeds, and this applies also to vegetables, root and tuber crops and sugar beet, have a relatively poor root system when compared to cereals. This restricts the soil volume, which can be exploited and thus, requires a much higher K concentration in soil solution to meet the demand of the crop (Fig. 4).

UNBALANCED USE OF MINERAL FERTILIZERS, A WIDESPREAD PROBLEM

Figure 5 shows the development of the global fertilizer use as it appeared the last 20 years. The peak in consumption from end of the eighties was followed by a strong decline, mostly caused by the collapse of fertilizer use in CEE and FSU. Economic and ecological considerations in W-Europe and N-America also contributed to the decline in fertilizer use.

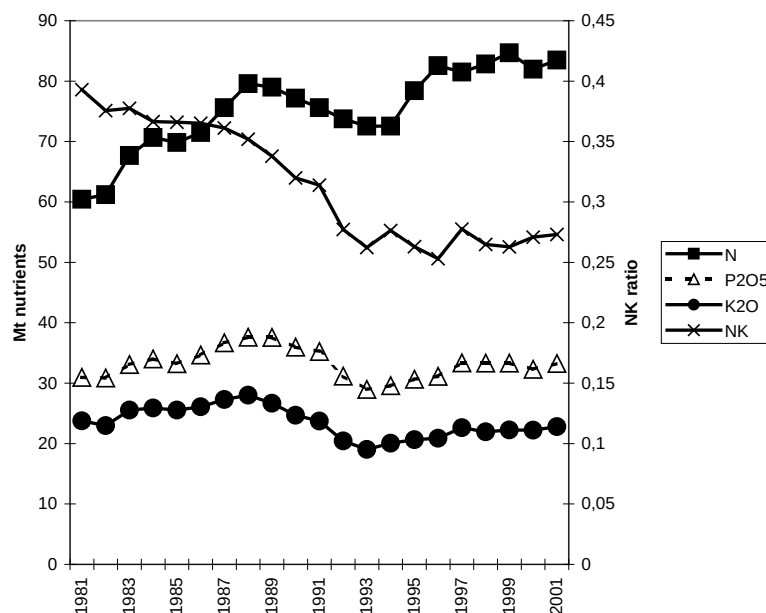


Fig. 5. Global fertilizer consumption

The more recent development is characterized by a substantial recovery of the N consumption, whereas use of P and K in particular still lags behind the peak some 10 years ago. The resulting NK ratio in global fertilizer use depreciated rapidly from a fairly balanced ratio of 1:0.4 to currently 1:0.27.

The NK ratio in fertilizer use varies considerably between the regions. Latin America, North East Asia, North America and West Europe have a rather close NK ratio, developing countries, Asian regions in particular a rather wide NK ratio (Fig. 6). Predominance of soybean in crop rotations of Latin America and a traditionally well established potash promotion in N-America and W-Europe are some of the reasons for the close NK ratio in these countries. Figure 6 also shows that, in the different regions of the developed world, the NK ratio worsened in the last decade whereas some improvement is observed in the developing countries. The current poor status of the regional potash supply becomes more obvious when the potash use is compared with the K removal by crops (Fig. 7). All regions shown in figure 7 have a negative K balance, especially those from the developing worlds. This indicates heavy soil K mining and loss in soil fertility. In contrast to K, the use of N and P is by and large in the same order of magnitude than the N and P removal by crops.

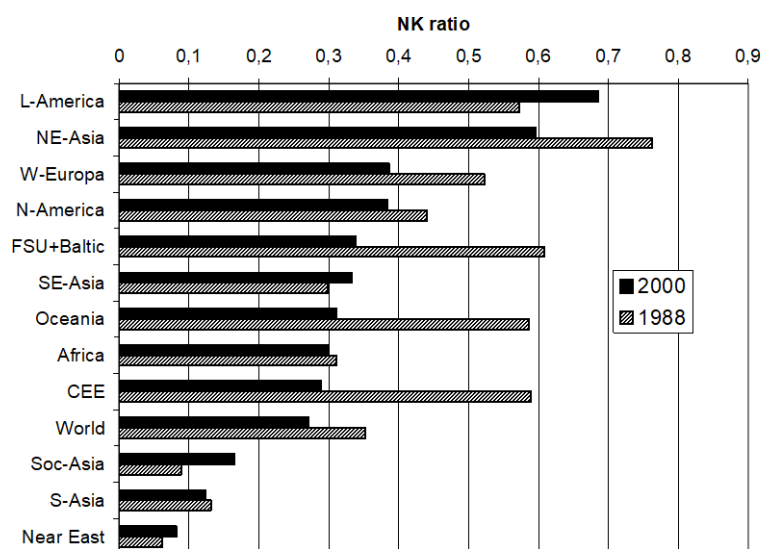


Fig. 6. Regional NK ratio in fertilizer consumption 2000/01 compared to 1988

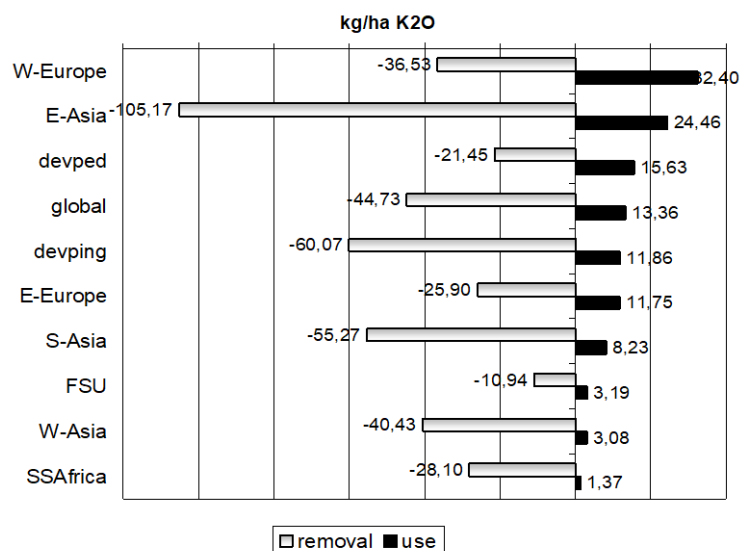


Fig. 7. Regional K removal by crops in relation to potash use (mean 1997–1999)

MONITORING OF SOIL K MINING, CAN WE DO BETTER ?

A widely accepted concept divides soil K into four pools or compartments:

- the soil solution K (K_{sl})
- the exchangeable K (K_{ex})
- the fixed or non-exchangeable K (K_f)
- and the K in the lattice of certain primary minerals (K_l).

The amount of K in each fraction varies and depends on past cropping history, past fertilizer and manure use, i.e. the K balance, soil pH and soil water content. As a very general figure, the content of K_{sl} ranges from 5–20 kg K/ha, the content of K_{ex} from 100–500 kg K/ha, K_f from 1'000 to 2'000 kg K/ha and K in the lattice (K_l) is contained in more than 10'000 kg K/ha.

The plant availability of K from the different fractions or pools varies as well. K dissolved in the soil solution (K_{sl}) is immediately available to plants. Also K_{ex} is fairly readily available unless soil K is exhausted. Less readily available is the fraction K_f, which is the fixed or non-exchangeable K. And finally, the huge pool of lattice K (K_l) is released only with weathering of the soil minerals.

As indicated in Figure 8, the fractions K_{sl}, K_{ex} and K_f are related to each other through reversible exchange processes. K removed by uptake of plants and/or leached into the subsoil is replenished by K released from both the K_{ex} and K_f pools. There can be

simultaneous release of K from both pools to the soil solution or a linear exchange process, from the non-exchangeable to the exchangeable pool, and from the exchangeable pool to the soil solution. Whether one or other of these two possible mechanisms predominates is of little practical importance provided that the K in the soil solution is replenished quickly enough to meet the maximum demands of a rapidly growing crop. When there is surplus K in the soil solution, after the addition of fertilizer or manures, K is transferred to both fractions through exchange and fixation processes.

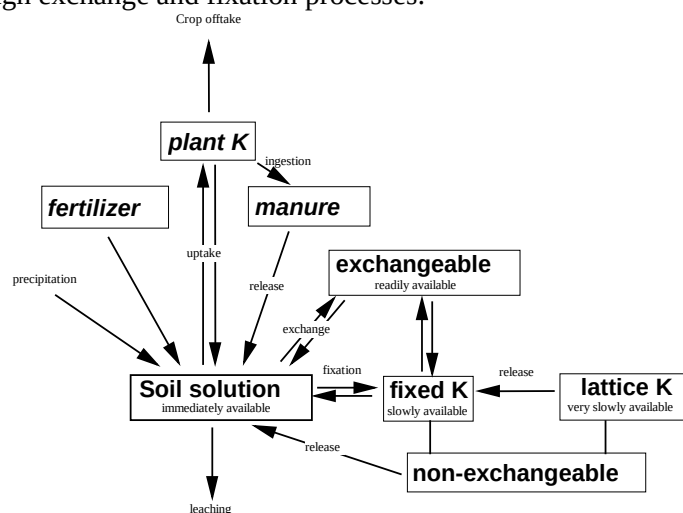


Fig. 8. The potassium cycle in the soil-plant-animal system (from Syers, 1998)

The involvement of exchange processes between the three main pools, namely K_{sl}, K_{ex} and K_f in the K supply to plants can lead to misinterpretation of soil test results and thus, to inadequate fertilizer recommendations. Few examples:

- A long-term experiment with grassland at Rothamsted showed that the content of K_{ex} after 7 years without potash fertilization hardly changed, it even increased slightly, although considerable amount of K had been removed by the harvested grass (Fig. 9) (Johnston et al., 2001). This shows that substantial quantities of K are absorbed by plants from a fraction of soil K, which is not determined by routine soils tests. The dynamics of exchange between the different soil K fractions were obviously quick enough to hide any change in the content of K_{ex}.
- Johnston and co-workers (2001) also reported that, in the Garden Clover Experiment in Rothamsted, a total balance of 1667 kg K over a period of 10 years increased the content of exchangeable K by only 690 kg/ha, which is only 41% of the K balance (Fig. 10). Almost 60% of the K balance had gone into a pool of K that did not belong to the K_{ex} fraction always assuming that no large amount of K was lost through leaching. On the other hand, in the same experiment, the subsequent long-term omission of K, and thus, a negative K balance of 1494 kg K/ha due to crop removal, resulted in a reduction in

the content of Kex by only 563 kg K/ha, i.e. a reduction by 38%. The other 62% of the K removed had to be supplied by K in other soil K pools.

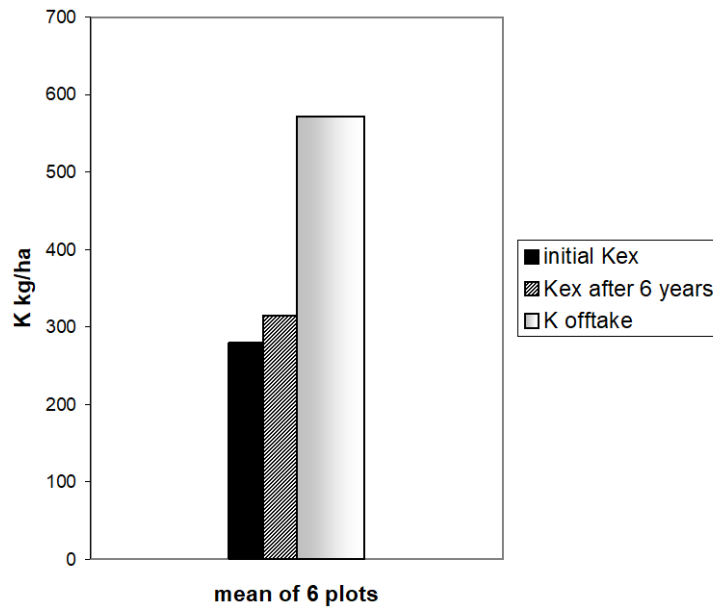


Fig. 9. Relationship between the change in soil Kex and K removal by crops (after Johnston et al., 2001)

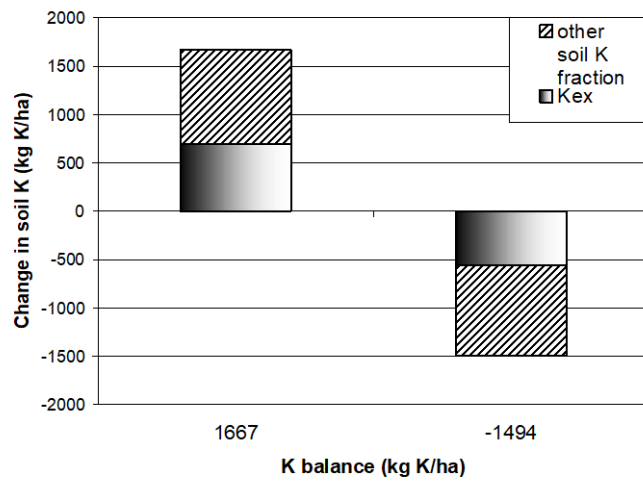


Fig. 10. K balance and changes in Kex (after Johnston et al., 2001)

POTASSIUM, THE KEY FACTOR IN CROP PRODUCTION

Progressing soil K mining due to negative K balances in fertilizing practice questions the sustainability of soil fertility in many countries worldwide. Use of organic manure cannot compensate inadequate use of mineral potash fertilizers, unless nutrients are imported together with feed concentrate and accumulated at the farm level.

On the other hand, numerous field trials give evidence that adequate use of potash in balance with the other essential nutrients increases yields and by that improves use efficiency of inputs like soil, water and energy in form of fertilizers. Dobermann et al. (1999) for instance could demonstrate that adequate potash not only increased yield of rice in SE-Asia but improved at the same time the recovery efficiency of N from 25% to 51%. This also means an effective contribution to protect the environment.

Lower yield at inadequate and unbalanced fertilization also means loss of opportunity income. Additional income of up to 300 PLN/ha in Poland, 1000 K/ha in Czech Republic, or 50'000 HUF/ha in Hungary could be achieved from sugar beet with balanced fertilization. Comparable benefits were obtained with rapeseed in Czech Republic, with potato in Poland and Romania or with grapes in Bulgaria.

Its involvement in the enzymatic control of the metabolism of plants renders potassium also to be a major factor in quality production. As an example, IPI sponsored field trials in Hungary increased the sugar content of sugar beets from about 17.5% at NP only to more than 19% at balanced fertilization with NPK + Mg. With the better beet quality, considerably less beets have to be transported and crushed in order to extract the same amount of sugar from low quality beets (Fig. 11).

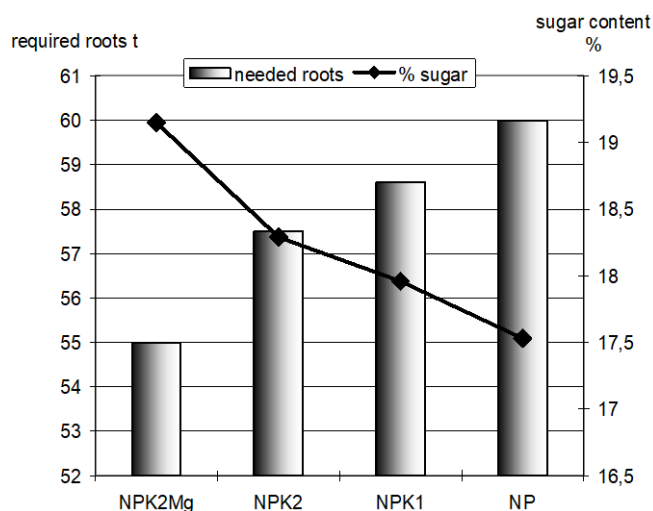


Fig. 11. Required beet roots to extract 1 t sugar as affected by fertilization

Other examples are higher protein content in wheat, higher oil content in rape seed, soybean and groundnut, better fibre quality in cotton and flax, or higher vitamin C content in cabbage.

Balanced fertilization with potash is also crop insurance. The IPI Research Topics No. 3 on "Potassium and plant health" reviewed almost 2450 literature references on this subject and concluded that the use of potassium decreased the incidence of fungal diseases in 70% of cases. The corresponding decrease of other pests was bacteria 69%, insects and mites 63% and viruses 41%. Simultaneously, K increased the yield of plants infested with fungal diseases by 42%, with bacteria by 57%, with insects and mites by 36%, and with viruses by 78% (Perrenoud, 1990). Accumulation of low molecular organic compounds in plant cells, soft tissue and discoloration, which attracts insects, are some of the reasons of a higher susceptibility of plants at unbalanced N oriented nutrition.

A higher frost tolerance as shown in IPI trials with oat in Belarus, or a better drought resistance as found by Wyrwa et al. (1998) in triticale in Poland complete the benefits balanced fertilization has to insure the crop against climatic and/or biotic stress situations.

CONCLUSION

Unbalanced fertilization with inadequate potassium is indeed a worldwide problem. The less spectacular response of crops to potash application as compared to N is certainly one of the factors, which leads to unbalanced fertilization. Another reason might be related to inadequate interpretation of soil test results, especially in context with the availability of soil K. Disregard of crop quality in procurement systems, widely seen in developing countries fails to stimulate use of balanced fertilization. And, last but not least, use of potash is considered as environmentally unproblematic and thus, potash is out of the headlines.

Not using adequate potash will become an environmental problem because of inefficient use of natural resources, waste of energy and pollution of the environment. This should be of concern to the society.

Food safety and availability through higher yields, better quality and more resistant crops should be of concern to policy-makers dealing with population growth, rural development, social security. And lastly, a better economy of crop production should be of concern to farmers. With higher profits at balanced fertilization he generates income, which partly can be used for purchase of non-agricultural products. This attracts other business in the rural area, creates jobs and reduces migration, just to name few of the benefits of balanced fertilization.

REFERENCES

- Bach, M., Frede, H.G. and Lang, G. 1997. Entwicklung der Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Bilanz der Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland. Gesellschaft für Boden- und Gewässerschutz eV., D-35435 Wettenberg.
- Dobermann, A. 1999. Reversing diminishing growth of rice yields in Asia. 67th Annual Conference of the International Fertilizer Industry Association, IFA, May 17–20, Manila, Philippines.
- EFMA 2000. European Fertilizer Manufacturers Association, Brussels, Belgium. Pers. communication.
- FAO web 2002. Website of the Food and Agriculture Organization of UN, Rome, Italy, www.fao.org.

- Johnston, A. E., Barraclough, P. B., Poulton, P. R. and Dawson, C. J. 1998. Assessment of some spatially variable factors limiting crop yield. Proceedings No. 419, The International Fertilizer Society, York, UK: 48 pp.
- Johnston, A.E., Poulton, P.R. and Syers, J.K. 2001. Phosphorus, potassium and sulphur cycles in agricultural soils. Proceedings No. 465, The International Fertiliser Society York, UK: 4 pp.
- Johnston, A. E. 2002. Personal communication.
- Perrenoud, S. 1990. Potassium and plant health. IPI-Research Topics No. 3, 2nd rev. edition. Basel, Switzerland.
- Rosegrant, M. W., Agcaoili-Sombilla, M., Perez, N. D. 1995. Global food projections to 2020: Implications for investment. Food, agriculture, and the environment, Discussion paper 5, International Food Policy Research Institute.
- Syers, J.K. 1998. Soil and plant potassium in agriculture. Proceedings No. 411, The International Fertiliser Society York, UK: 32 pp.
- Wyrwa, P., Diatta, J. B., Grzebisz, W. 1998. Spring triticale reaction to simulated drought and potassium fertilization. In: Proc. 11th Int. Symposium on Codes of good fertilizer practice and balanced fertilization, Puławy, Poland, September 27–29: 255 — 259.

WITOLD GRZEBISZ
RADOSŁAW MUSOLF
PRZEMYSŁAW BARŁÓG
JAROSŁAW POTARZYCKI

Department of Agricultural Chemistry, Agricultural University, Poznań

Potassium fertilization, water shortages during vegetation and crop yielding variability the case of sugar beets

The first part of this review documents the mechanisms of plant resistance to water shortages during growth. It has been indicated, that appropriate supply of crop plants with potassium improves their water management and consequently results in higher resistance to stresses, including droughts. The anti-stress potassium action is a consequence of higher K^+ ions concentration in the soil solution (due to natural fertility or K fertilization); greater perpendicular range of the root system; faster growth rate of above-ground parts of a plant and, consequently, earlier coverage of soil surface. In the second part an attempt was made to explain the major reasons of considerable sugar beet yield losses in Poland, as well as their considerable dependence on weather conditions, i.e. year to year variability. The importance of factors was as follows (i) low, natural, level of available potassium (ii) high frequency of periods with water deficiency and (iii) insufficient, in relation to the nutrient requirement, K fertilization. Using experimental data it was shown that appropriate nutrition of sugar beet plants with potassium allowed them to survive during the critical growth stages and, consequently, reduced the risk of yield losses caused by drought.

Key words: crop plants, plant resistance to stresses, potassium functions, sugar beets, water shortages, yield losses

Pierwsza część opracowania przedstawia mechanizmy odporności roślin na niedobory wody w okresie wzrostu. Wskazano na znaczenie zaopatrzenia roślin uprawnych w potas, jako sposób poprawy gospodarki wodnej i w konsekwencji zwiększenia odporności na stresy, w tym na niedobory wody. Antystresowa rola potasu wynika ze zwiększonej koncentracji jonów K^+ w roztworze glebowym (skutek naturalnej zasobności w potas lub jako efekt nawożenia potasem); większego pionowego zasięgu systemu korzeniowego; większej szybkości wzrostu organów nadziemnych rośliny i w rezultacie wcześniejszego zakrycia powierzchni gleby. W drugiej części opracowania podjęto próbę wyjaśnienia głównych przyczyn osiągania przez polskich rolników słabych plonów buraków cukrowych, jak również ich znacznej zależności od przebiegu pogody. Gradacja czynników jest następująca: (i) niski, naturalny poziom zasobności gleb w potas; (ii) duża częstotliwość susz w okresie wegetacji roślin uprawnych; (iii) niedostateczne, z punktu widzenia potrzeb nawozowych uprawianych roślin, nawożenie potasem. Używając danych doświadczalnych wykazano, że odpowiednie odżywienie buraka cukrowego potasem pozwala tej roślinie na przetrwanie niekorzystnych warunków wodnych, a tym samym na zmniejszenie ryzyka utraty plonu spowodowanego suszą.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, funkcje potasu, niedobory wody, odporność na stres, rośliny uprawne, straty plonu

INTRODUCTION

Crop yields are influenced by the temperature, radiation and CO₂ supply. Water and nutrients' supply are the factors limiting plant growth and yielding. In practice, crop growth and productivity are limited by three major factors such as drought, extreme temperatures, and soil nutrients' depletion (Rabbinge, 1993).

In many areas of the World, the occurrence of drought is a fact of nature. Consequently, crop production decreased in those regions where the climatic anomalies or disasters have become more frequent. In humid areas of the World, including Poland, crops are also subjected to variable and unpredictable periods of droughts of different duration (Koźmiński, et al., 1990; Farat et al., 1995; Plenzler, 1995).

Efficient allocation of agricultural means and farmers' efforts to improve the agricultural production and to prevent land degradation require insight in the processes responsible for efficient water use. One of these processes is the depletion of soil nutrient reserves. Declining soil fertility is usually described in terms of considerable yields' variability from year to year, as a logical consequence of current agricultural practice (Walker, 1994).

The objective of this review is twofold. The first one is to document the mechanisms and factors responsible for plant resistance to water deficits. The second is to illustrate that adequate potassium management could be used as the main tool to ameliorate the negative effects of water shortages over the growing season on growth and yields of sugar beet in Poland.

I. THEORETICAL CONSIDERATIONS — MECHANISMS OF PLANT ADAPTATION TO WATER SHORTAGES

Transpiration and crop water needs

All biophysical and physiological processes occur in an aqueous medium and at defined ranges of temperature, which must be kept constant. Therefore, most of the water taken up by a plant, i.e. about 90% is used for plant cooling. Water, exactly water vapor, evaporates into air through leaf openings, called stomata. The mechanism of transpiration is controlled by the plant's own biological clock (circadian rhythm), that shows diurnal patterns of activity. Normally, stomata open when the light strikes the leaf in the morning and close during the night. The mechanisms of these processes depend on K⁺ ions availability.

Crop water use (evapotranspiration — ET) is defined as the amount of water used by a crop for growth and cooling. The classical (physiological) approach to plant water needs (transpiration coefficient or water requirement) refers to the number of water units by weight transpired per unit of dry matter accumulated in a given time interval (Lomas, 1995).

In agricultural practice, in order to describe the plant water needs, two other terms are frequently used (Doorenbos and Pruitt, 1977):

- rainfall water needs are defined as the amount of natural rainfalls in the period from sowing to harvesting; optimally distributed within the growing season and satisfactory for good yield,
- water shortages are defined as the difference between rainfall water needs and the amount of precipitation within the growing season.

Plant resistance to shortages of water

Crop water use depends on several factors, of which three are highly significant:

- crops sensitivity to water stress at given stage of growth (Table 1);
- actual soil water content;
- the pattern of weather courses.

Plant extracts the water from the zone used by the root system. The spatial pattern of water uptake from various regions of the soil depends on root distribution as well as the distribution of moisture content within the soil profile. Water is removed from deeper layers as root penetration increases and water remaining near the surface is held at more negative matrix potential. Water uptake and extraction patterns are related to root density (Taylor and Klepper, 1978; Brown and Biscoe, 1985).

Table 1

Critical growth stages of the main crops to water stress
Krytyczne fazy rozwoju głównych roślin uprawnych ze względu na stres wodny
(Doorenbos and Pruitt, 1977)

Crop Roślina uprawna	Critical growth stages Krytyczne fazy rozwoju	Symptoms of water stress Symptomy stresu wodnego
Cereals Zboża	During shooting, heading, anthesis, and early ripening stages; Podczas strzelania w źdźbło, kłoszenia, kwitnienia i we wczesnych fazach dojrzewania	Dark green colour, then burning of lower leaves; Ciemnozielona barwa, przypalenie dolnych liści
Maize Kukurydza	Two weeks before tasseling through silk stage and until kernels become firm Dwa tygodnie przed rozwinięciem wiechy, poprzez kwitnienie, aż do fazy wypełniania ziarniaków	Curling of leaves before midday, dark-green colour of leaves Zwijanie się liści przed południem, ciemnozielony kolor liści
Potato Ziemniak	Flowering and tuber formation to harvest Do kwitnienia i formowania bulw aż do zbioru	Leaves wilting during hot days Więdnięcie liści podczas upalnych dni
Sugar beet Burak cukrowy	Secondary expansion of the storage root Przyrost wtórny korzenia	Leaves wilting during hot days Więdnięcie liści podczas upalnych dni

The maximum rate of water use by a plant occurs at field capacity, i.e. at maximum available water content in soil. As the soil dries, the its available water content decreases, so leading to a decrease in plant water potential, what does not depend solely on the soil water potential but also on plant structure and transpiration rate. The prolonged drought disturbs plant diurnal activity. Stomata tend to lose their control of water loss from the leaves, further increasing the stress. The photosynthesis rate declines and respiration tends to increase and, consequently, dry matter accumulation is reduced. Consequently, decreases amounts of produced sugars, which affect many physiological processes responsible for growth of new tissues, including roots. Shortage of assimilates at the roots decreases the rate of their growth and, as a consequence, root system may be less able to

utilize reserves of water stored in deeper soil layers (Taylor and Klepper, 1978; Day 1981; Huck, 1984; Smucker, Aiken, 1992).

The main scientific problem, is the question how water deficit may be ameliorated. In agricultural practice, irrigation and breeding used to be treated as the main ways to overcome water shortages. The basic solution is to supply more water, i.e. to irrigate. But not all farmers are in position to invest in irrigation equipment. The second solution is to find plant species, or even varieties, well adapted to water stress conditions. So far, these efforts are not successful (Monneveux, Belhassen, 1996; Almani et al., 1997; Mossoud et al., 1998).

The third solution directly refers to plant physiological processes, which are better maintained under stress conditions if adequate supplies of nutrients are available throughout the growing season. Deficit of the nutrients reduces physiological functions of the plant, making energy transfer and other growth processes less efficient (Day, 1981; Bergmann, 1992; Armstrong, 1998).

II. POTASSIUM AS WATER-STRESS AMELIORATIVE NUTRIENT

Potassium uptake by plant

Plants absorb potassium as K^+ ions. Its availability and plant uptake are affected by several factors such as soil moisture content, soil aeration and oxygen level, soil temperature, cation exchange complex, rooting depth.

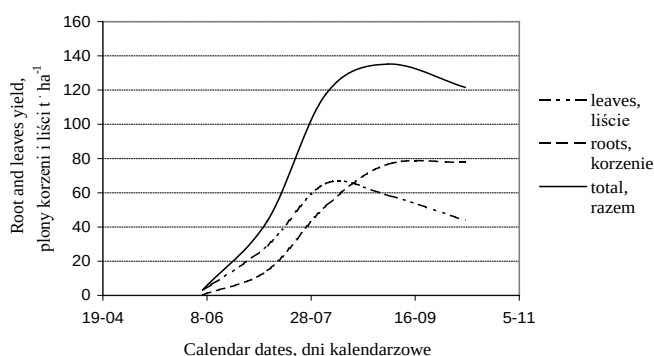


Fig. 1. Growth dynamics of sugar beet
Rys. 1. Dynamika wzrostu buraków cukrowych

There is good evidence that higher soil moisture content usually means greater availability of potassium. Increasing soil moisture content results in increased diffusion of K^+ ions to plant roots and their greater availability. Hence, adequate supplies of N, P, and especially K ions, must be readily available to cover the crop plant requirements and keep it healthy and vigorously growing over the whole growing season (Fig. 1). Therefore, the crop response to K fertilization is stronger in dry years than in the wet years (Grimme, 1991).

Potassium and plant stress resistance

Plenty of research documents that the drought less affects the crop yielding when K is readily available throughout the growing season. This is in part due to, its influence on:

- earlier and deeper root growth, potassium increases the size and depth of a crop roots and makes the root system more intensive, so the plants can obtain more nutrients and water over larger occupied soil area; extensive root system gives the plant a larger capacity for storing sugars, water, and soluble proteins;
- faster regrowth of stressed root system, this feature is especially important to forage and to winter crops. In spring, the rate of growth of both crop groups is very high. Their nutritional needs, especially for nitrogen, are also very high. High potassium availability and K plant content are prerequisites for the achievement of satisfactory yields;
- faster closing the canopy, when the crop canopy closes, the ratio of transpiration to evaporation increases, what means more of the available water used by the crop;
- efficient use of available water throughout the main season, the deeper root system stays in contact with moist soil for a longer time during drought (Huck, 1984; De Nobili et al., 1990; Grzebisz, 1990; Armstrong, 1998).

The pattern of potassium uptake by sugar beets

The high-yielding crop plants need large quantities of potassium, and take potassium in amounts as high or even higher than the nitrogen. The Figure 2. shows the relative dynamics of potassium uptake by sugar beet plants.

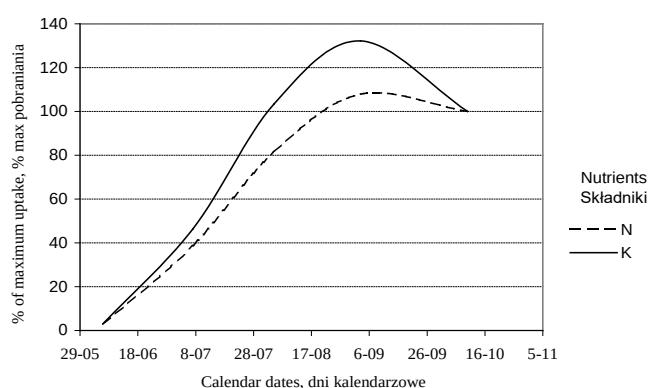


Fig. 2. Dynamics of N and K uptake by sugar beets
Rys. 2. Dynamika pobierania N i K przez buraki cukrowe

The highest uptake rate of nitrogen and potassium was observed in July (the steepest part of the K uptake line) and, amounted on average to $8.5 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ (Grzebisz et al., 1998). The highest K uptake may reach up to $15 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ (Draycott, 1996). These high amounts of potassium cannot be supplied by means of foliar application, i.e. through

the leaves. They must be present in available forms in the soil solution, what largely depends on water regime and plant root system activity (Grzebisz, 1990).

It could be concluded that particularly the K-demand of high-yielding crops is often underestimated and critical growth stages are not always well recognized (Table 2). As a result, the efficiency of applied nitrogen fertilizers, due to insufficient supply of K, is also often lower than expected. This specific phenomenon was explained by Marschner et al. (1996). Lack of potassium restricts the nitrate transport, what leads to nitrate reduction in the roots and accumulation of amino acids. Accumulation of these compounds in roots at adequate K and excessive N may send a signal, via a feed-back effect, to the root to restrict N uptake, what, in turn, lowers the N fertilizer efficiency. This also means that the plant is not able to take more N if K is in short supply (Fig. 3).

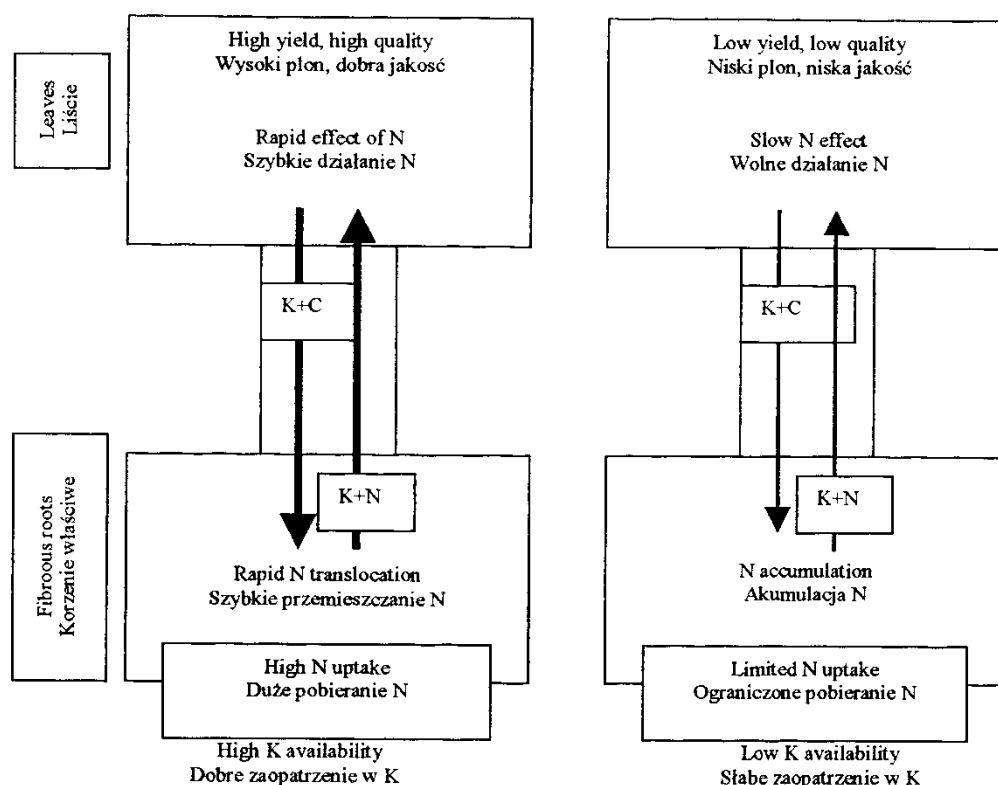


Fig. 3. Plant response to nitrogen and potassium nutrition (Marschner et al., 1996, modification)
Rys. 3. Reakcja rośliny na odżywienie azotem i potasem (Marschner i in., 1996, modyfikacja)

Table 2

Critical growth stages of the main crops related to potassium nutrition (according to different authors)
Krytyczne fazy rozwoju głównych roślin uprawnych ze względu na odżywienie potasem
(według różnych autorów)

Crop Roślina uprawna	Critical growth stages Krytyczne fazy rozwoju
Cereals Zboża	shooting — anthesis strzelanie w źdźbło — kwitnienie
Oil-seed rape Rzepak	rosette — anthesis faza rozety — kwitnienie
Sugar beet Burak cukrowy	secondary extension of the storage root — mid-season (July/August) od początku wtórnego przyrostu korzenia spichrzowego — połowa sezonu (przełom lipca/sierpnia)
Potato Ziemniak	anthesis — tuberling — tubers growth kwitnienie — zawiązywanie bulw — wzrost bulw
Maize Kukurydza	from the fifth leaf up to tasseling od piątego liścia do kwitnienia

III. NATURAL AND AGROTECHNICAL LIMITATIONS FOR SUGAR BEETS GROWTH IN POLAND

Climate and droughts in Poland

Poland is located at the extensive European Plain. Western air circulation predominates in this area, strongly affecting the weather course. With respect to agriculture, the most substantial problem is water. The entire area of Poland, except for the mountains, is characterized by the annual precipitation between 500 to 600 mm. The lowest total occurs in the central — western part of Poland, higher in the Pomeranian region and in the belt of elevation (Plenzler, 1995).

As a general rule, the climatic conditions in Poland are not very favorable for cultivated plants because of the frequent deficits of precipitation during the vegetative season. In years 1951–1990, short lasting droughts comprised 20% of vegetative seasons. Almost all droughts occurred in spring/early summer periods. Droughts occurred most frequently in Wielkopolska, Mazowsze, Dolny Śląsk and Podlasie regions. In addition, shortages of rainfall occur in combination with high temperatures leading to increased evapotranspiration. These two factors and prevailing light soils bring about some negative effects in agriculture production. The deficit of precipitation is an essential factor that restricts agricultural production and decreases yields by up to 30–40% (Farat et al., 1995; Plenzler, 1995).

Fertilizer consumption and potassium resources in soils

With respect to fertilizer consumption in Poland, the most important current trends are as follows:

- decreasing amount of mineral fertilizers applied per ha of arable land,
- decreasing amount of organic fertilizers produced by a farm.

These two processes are extremely dangerous for stability of crop production in Poland, because of decreasing soil fertility, particularly concerning available phosphorus and potassium. During the period 1989–2000 the amounts of applied NPK fertilizers decreased

by more than 50%. In 1989, about 0.26 kg P and 0.65 kg K were applied per 1 kg N. Nine years later this relationships were 1 to 0.35 and 1 to 0.41, respectively (Polish yearbooks of agriculture, 1991–2000).

Potassium deficient soils tend to be light to medium textured and imperfectly to poorly drained in their natural state. For these soils, recommended rates of potassium fertilizer should be greater than the expected crop removal rates. This is the main way to gradual building up of available soil potassium. However, decades of cropping without sufficient replacement of the K removed with harvested plant portions have depleted soil K resources to yield-limiting levels in some areas of Poland. A recent survey of 2910 samples (1993–1998) shows that many polish soils urgently need K fertilizer supply. The data presented by Agrochemical Stations reveal also that only 24 percent of soils still test very high in K. The widely published figures referring to major nutrients balance indicate a large deficit of potassium, phosphorus and magnesium. The highest K imbalance occurs in the central-eastern part of the country, where more than 50 percent of samples tested may be at yield limiting levels. On most areas where oil-seed rape is grown the soils are poor in K, what ranges from 30% to above 50% (Fotyma, Gosek, 2000).

IV. SHORT-TERM MANIFESTATIONS OF CROP RESPONSE TO K FERTILIZATION

The case study — sugar beets

To elucidate the effect of water and K availability on crop yield, an exhaustion-type field experiment was established in 1991 at the Brody Research Station (Agricultural University of Poznań, Poland) on very K-fertile loamy sand developed on the underlying sandy loam. In years 1998–1999, sugar beet, cv. Mieszko was grown as a test crop.

Table 3

Effect of water and potassium supply on root yields of sugar beets
Wpływ zaopatrzenia w wodę i potas na plony korzeni buraka cukrowego

Treatments: K fertilization (A) irrigation (B) Czynniki: nawożenie potasem (A) i nawadnianie (B)	Yield Plon (t·ha ⁻¹)	Relative yields Plony względne (%)	Relative gains/losses Względne zyski/straty (%)
K fertilized — Nawożone K			
Irrigated — I — Nawadniane — I	62.3	124	+ 24
Drought — D ₁ — Susza — D ₁	43.8	87	- 13
Drought — D ₂ — Susza — D ₂	37.2	74	- 26
Control — C			
Kontrola — C	50.3	100	0
K non-fertilized — Nie nawożone K			
Irrigated — I — Nawadniane — I	49.2	98	- 2
Drought — D ₁ — Susza — D ₁	34.1	68	- 32
Drought — D ₂ — Susza — D ₂	33.2	66	- 34
Control — C			
Kontrola — C	43.0	85	- 15
LSD _{0.05} A × B	5.6	—	—
NIR _{0.05} A × B			

The experimental design was quite simple comprising two levels of applied K (0, 130 kg K·ha⁻¹) and four water treatments, which were control (C — rainfall only), irrigated to 70%

FC (I), and 4-weeks drought periods imposed in July (D₁) and in August (D₂). A static shelter designed to cover the experimental area of 72 m² achieved the soil moisture stress at particular stages of sugar beet growth.

As shown in the Table 3, the water and K supply significantly influenced the final yields of roots. With respect to imposed drought, potassium supply significantly affected the final root yield. Thus, plants grown at the K fertilized treatments were only able to decrease partly the negative effect of water stress. However, the extent of yield decrease strongly depended on K fertilization. The lowest response of sugar beet plants to K fertilization was found when the water stress was imposed in August.

The same pattern, as presented for yield of roots was found for the final yield of recoverable sugar. The main reason is the almost insignificant effect of experimental factors on quality parameters of the beet roots (Table 4).

Table. 4

Quality characteristics of sugar beet roots Charakterystyka jakościowa korzeni buraków cukrowych						
Factors Czynniki	Level of factors Poziom czynników	Sugar content Zawartość cukru %	Melassogenic substances Związki melasotwórcze N α-amin K Na Mm/100g			Technological sugar content Wydatek %
Potassium	+	16.34	1.27	5.20	0.49	2.05
Potas	—	16.36	1.28	4.59	0.48	1.98
NIR _{0.05} LSD _{0.05}		—	—	0.44	—	—
Water* treatment Warianty wodne	C	16.45	1.29	4.81	0.53	2.01
	I	16.28	1.30	5.09	0.49	2.05
	D ₁	16.29	1.25	4.91	0.46	2.01
	D ₂	16.38	1.26	4.77	0.46	2.00
NIR _{0.05} LSD _{0.05}		—	—	—	—	—

* See text for details

V. YEAR TO YEAR VARIABILITY OF CROP YIELDS

An assessment of the main factors affecting sugar production (y) in Poland within 1961–1997 indicates that the year to year variability in root yield was the main factor responsible for 34% of variability in sugar yield (Grzebisz, 2000):

$$Y = 0.494 + 0.039 x_1 \quad R^2 = 34\% \quad (1)$$

where:

x_1 — yield of sugar beet roots

Harvested yields of the major cash crops such as winter wheat, sugar beets and oil-seed rape are low (Table 5). In 1990, characterized by a relatively high consumption of fertilizers, the best actual yields of the major crops reached only 60% their potential productivity. Ten years later farmers were able to exploited about 50% yielding potential of cultivated crops.

In order to explain this phenomenon the Authors used the real data from Figures 1 and 2. The obtained regression model of sugar beet matter accumulation (SB_{DM}) over the growing season (Grzebisz et al., 1998) shows its significant dependency on potassium uptake (K_{up}).

$$SB_{DM} = 0.257 K_{up} - 0.8; \quad R^2 = 0.97 \quad (2)$$

Using this equation, one may calculate the K requirements for given yield or *vice versa*. For example, the average yield of sugar beets amounting to 38 t·ha⁻¹ of storage roots (+30.5 t·ha⁻¹ of tops — the average yield in 1990) removes from the field 270 kg K·ha⁻¹. But, the K removal for the potential yield of roots (according to the COBORU (1991, 2000) reference data — see Table 5) amounting 63 t·ha⁻¹ of storage roots (+50.4 t·ha⁻¹ of tops) would reach 445 kg K·ha⁻¹. In other words, the lower potassium uptake, the lower yield of harvested roots could be expected.

Table 5

Potential and actual yields of the main crops in Poland
Potencjalne i rzeczywiste plony głównych roślin uprawnych w Polsce

Crops Rośliny uprawne	1990 Yields Plony			1999 Yields Plony		
	potential* potencjalne*	actual** rzeczywiste**	losses straty	potential* potencjalne*	actual** rzeczywiste**	losses straty
	t·ha ⁻¹	%		t·ha ⁻¹	%	
Winter wheat Pszenica ozima	6.86	3.75	55	6.52	3.66	56
Spring barley Jęczmień jary	6.11	3.52	58	5.70	3.00	53
Oil-seed rape Rzepak	4.03	2.41	60	4.06	2.08	51
Sugar beet Burak cukrowy	63.0	38.0	60	67.8	33.8	50

* — Yields of the check variety — COBORU annuals (1991–2000); Plony odmiany wzorcowej — zeszyty COBORU (1991–2000)

** — Polish Yearbook of Agriculture (1991–2000); Rocznik Statystyczny (1991–2000)

The second way of calculating the weakest stage of plant crop growth may be done using Fig. 2 and equation (2). The above calculated amounts of potassium taken up by sugar beet grown in 1990 represents only 62% K final uptake of the pattern crop. Non-limiting grown plants achieved this level of K uptake in the first decade of July.

About 150 years ago, a great German scientist Justus von Liebig (1803–1873) stated that: „A deficiency of any single nutrient is enough to limit the yield”. Presently, in Poland this statement should be rewritten as follows „A deficiency of potassium is enough to limit yields of cultivated crops”.

CONCLUSIONS

The need to increase the yield increases crop vulnerability to drought. High frequency of the periods with water deficiency during vegetation season, low natural potassium availability and insufficient — in relation to nutrient requirements — fertilization are among the main reasons why the farmers in Poland harvest poor yields as well as their considerable dependence on weather conditions.

Following recommendations may be useful to the farmers:

1. Best strategy for dealing with an expected drought is the best fertilization strategy for a good year. Adequate nutrition is essential to take advantage of the good growing seasons, but it is also the best management approach to counteract drought.
2. The proper management of soil K is probably one of the best ways to exploit sugar beets production potential and, as a result, to increase N fertilizer efficiency.
3. Potassium is a nutrient, which exerts a uniquely positive influence on water management of crop plants. Therefore, it is important to assess the conditions limiting K uptake by crop plants such as:
 - low soil and air temperatures,
 - deficit of precipitation in critical stages of plant growth,
 - occurrence of compacted soil layers in the rooting zone of a crop plant,
 - insufficient fertilization with potassium,
 - Unfavorable soil reaction.

REFERENCES

- Aiken R. M., Smucker A. J. 1996. Root system regulation of whole plant growth. *Ann. Rev. Phytopathol.* 34: 325 — 346.
- Almani M. P., Mishani –Abd C., Samadi B. Y. 1997. Drought resistance in sugar beet genotypes. *Iranian J. of Agric. Sci.* 28, 3, 15 — 25.
- Armstrong D. (ed.) 1998. Potassium for agriculture. *Better Crops* 3: 39 pp.
- Bergmann W. 1992. Nutritional disorders of plants. 4.1.4. Potassium (K). *Gustaw Fisher Verlag, New York*: 117 — 132.
- Brown K. F., Biscoe P. V. 1985. Fibrous root growth and water use of sugar beet. *J. Agric. Sci., Camb.* 105: 679 — 691.
- COBORU 1991–2000. Syntezy wyników doświadczeń odmianowych. Słupia Wielka.
- Day W. 1981. Water stress and crop growth. In: *Physiological processes limiting plant productivity*. Johnson C. B. (ed.). *Butterworths, London*: 199 — 215.
- De Nobili M., Vittori Antisari L., Sequi P. 1990. K — uptake from subsoil. *Proceedings of the 22nd Colloquium of the International Potash Institute „Development of K-fertilizer recommendations”*. Soligorsk USSR, 18–23. 06. 1990. IPI: 133 — 144.
- Doorenbos J., Pruitt W. O. 1977. Water requirement. *FAO Irrigation and Drainage Paper*. No. 24, *FAO Rome*: 144 pp.
- Draycott A. P. 1996. Aspects of fertilizer use in modern, high-yield sugar beet culture. *IPI Basel*: 52 pp.
- Farat R., Kępińska-Kasprzak M., Kowalczak P., Mager P. 1995. Droughts in Poland. *Gospodarka Wodna i Ochrona Wód* 16: 141 pp.
- Fotyma M., Gosek S. 2000. Zmiany w zużyciu nawozów potasowych i ich konsekwencje dla żyzności gleby i poziomu produkcji roślinnej w Polsce. *Nawozy i Nawożenie* 1: 9 — 52.

- Grimme H. 1991. Soil moisture and K mobility. Proceedings of the 22nd Colloquium of the International Potash Institute „Development of K-fertilizer recommendations”. Soligorsk USSR, 18–23 VI 1990. IPI: 117 — 131.
- Grzebisz W. 1990. System korzeniowy rośliny, a żyzność gleby. Post. Nauk Rol. 4/5/6: 3 — 20.
- Grzebisz W., Barłóg P., Feć M. 1998. The dynamics of nutrient uptake by sugar beet and its effect on dry matter and sugar yield. Fragm. Agron. 3: 242 — 248.
- Grzebisz W. 2000. Nutrient management and advisory systems for sugar beet in Poland. Proceedings „Beet plant nutrition in sugar beet cropping systems for high yield and quality. Budapest, Hungary, 1–2 IX 1999: 203 — 210.
- Huck M.G. 1984. Water flux in the soil-root continuum. In: Roots, nutrient and water flux, and plant growth: 47 — 63.
- Koźmiński C., Górski T., Michalska B. 1990. Climatic atlas of elements and phenomena hazardous to agriculture. AR Szczecin, IUNG Puławy: maps 51 — 55.
- Lomas J. 1995. Climat and agricultural production. Proceedings agrometeorology of cereals. Grzebisz W., Kowalczyk P., Szymczyk R. (eds.), Poznań, 3–7 VII 1995: 41 — 58.
- Marschner H., Kirkby E. A., Cakmak J. 1996. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photo-assimilates and cycling of mineral nutrients. J. Exp. Botany: 1255 — 1263.
- Monneveux P., Belhassen E. 1996. The diversity of drought adaptation in the wide. Plant Growth Regulation 20: 85 — 92.
- Massoud M. M., Shalaby E. M. 1998. Response of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) varieties to irrigation intervals in Upper Egypt. II. Water consumption and water use efficiency. Assiut J. of Agric. Sci., 29, 5, 23–30.
- Plenzler W. 1995. The impact of agroclimatological conditions on the agricultural production in Poland. Proceedings Agrometeorology of Cereals. Grzebisz W., Kowalczyk P., Szymczyk R. (eds.). Poznań: 123 — 132.
- Polish Yearbooks of Agriculture. 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000.
- Rabbinge R. 1993. The ecological background of food production. In: Crop protection and sustainable agriculture. Wiley, Chichester (Ciba Foundation Symposium 177): 2 — 29.
- Smucker A. J. M., Aiken R. M. 1992. Dynamic root responses to water deficits. Soil Sci. 154(4): 281 — 289.
- Walker B. 1994. Global change strategy options in the extensive agriculture regions of the World. Climatic Change 27: 39 — 47.
- Taylor H. M., Klepper B. 1978. The role of rooting characteristics in the supply of water to plants. Adv. Agron. 30: 99 — 128.
- Zagdańska B. 1992. Fizjologiczne kryteria odporności roślin na suszę. Biul. IHAR 183: 11 — 17.

LEO-CHRISTIAN VON BRAUNSCHWEIG**KRISTIAN ORLOVIUS**

K+S KALI GmbH, P.O. Box 10 20 29, 34111 Kassel, Germany

Effect of different K-supply on sugar beet production and soil fertility in a long-term fertilizer experiment

In a long-term field experiment with a duration of 19 years the impact of different rates of potassium (0–100–200–300 kg K₂O/ha/year) with and without farmyard manure (FYM) (30 t/ha every 3 years before sugar beet) on yields, crop quality, K-content in the soil and the economic effects in a sugar beet — wheat — barley crop-rotation was studied. K-rates below crops K-uptake led to a distinct decline in soil fertility. Sugar beet as well as wheat showed an average yield decrease of 35% and 12%, resp. during the whole trial period. FYM increased the yield level especially of sugar beet, but did not affect the optimum K-rate. With negative K-balances and a falling K-content in the soil, sugar yields decreased over the whole trial period combined with a lower sugar content in the roots. For that reason the efficiency of K-fertilization increased with the duration of the experiment. At the described site an extractable K-content of about 250 ppm K₂O was optimum. In order to maintain this soil-K-value a K-application rate exceed the K-removal by 45 kg K₂O/ha/year was necessary.

Key words: crop rotation, K balance, K rates, sugar beet, sugar yield

W długoterminowym (19-letnim) doświadczeniu polowym badano wpływ różnych poziomów nawożenia potasowego (0–100–200–300 kg K₂O/ha/rok) bez i łącznie z nawożeniem obornikiem (30 t co 3 lata pod buraki cukrowe) na plonowanie, jakość plonu, zawartość K w glebie i efekty ekonomiczne w następującym zmianowaniu buraki cukrowe — pszenica — jęczmień. Nawożenie potasem poniżej ilości pobranej przez rośliny prowadziło do wyraźnego obniżenia żyzności gleby. Buraki cukrowe oraz pszenica plonowały niżej o 35% i 12% odpowiednio, średnio za cały okres trwania doświadczenia. Nawożenie obornikiem powodowało podwyższenie poziomu plonowania szczególnie buraków cukrowych, lecz nie miało wpływu na optymalną K dawkę. Wraz z ujemnym bilansem potasu i obniżającą się zawartością K w glebie malał plon cukru i równocześnie obniżała się jego zawartość w korzeniach w okresie trwania doświadczenia. Dlatego też efektywność nawożenia potasem wzrastała wraz czasem trwania doświadczenia. Dla omawianej miejscowości optymalna zawartość potasu wynosiła 250 ppm K₂O. Aby utrzymać ten poziom potasu w glebie konieczna była dawka nawożenia potasowego, przekraczająca jego pobranie przez rośliny o 45 kg K₂O/ha/rok.

Słowa kluczowe: bilans potasu, buraki cukrowe, dawki potasu, plony cukru, zmianowanie

INTRODUCTION

In arable farming systems the nutrient supply is an important factor for sustainable plant production and soil fertility. The nutrient supply in the soil is influenced by the nutrient balance, an often discussed slogan in recent years. In times of decreasing profits farmers try to take advantage of the potash reserves in the soil and potash soil mining is widespread, particularly in some developing countries. But also in many European countries the K-consumption has decreased considerably in the past 10 years, for example in Germany, for example. The following results of a K-fertilizer experiment show that a mid or long-term exploitation of soil-potash leads to lower soil fertility combined with reduced plant production and product quality, even on a site with a high K-content in the soil before starting the experiment.

METHODS

In the long-term K-fertilizer experiment at Niestetal near Kassel/Germany the impact of different K-rates applied with and without farmyard manure (FYM) (30 t/ha every 3 years, corresponding to 80 kg K₂O/ha/year) was examined regarding the development of yield, crop-quality, K-content in the soil and economic effects (Table 1). The field-experiment with a crop rotation of sugar beet — winter wheat — winter barley was carried out for 19 years. Crop residues were removed. The soil type was an Orthic Luvisol from loess deposits with an exchangeable K-content in the soil of 260 ppm K₂O before starting the experiment. The annual averages of precipitation and temperature were about 647 mm and 8,7° C, respectively. The clay and silt contents amounted to 13% and 80%, respectively.

Table 1

Fertilizer treatments of the K-experiment at Niestetal			
Plot	kg K ₂ O/ha/year	Plot	kg K ₂ O/ha/year
1	0	5	0
2	100	6	100
3	200	7	200
4	300	8	300
without FYM		with 30 t/ha FYM in autumn before sugar beets (corresponding 80 kg K ₂ O/ha/year)	

RESULTS AND DISCUSSION

K-fertilization was highly efficient with regard to plant production (Table 2). On plots without FYM sugar yield increased by 3.1 t/ha on the average, grain yield of wheat by 0.9 t/ha and of barley by 0.4 t/ha, with increasing K-rates. On the plots with FYM the same K-rate led to a yield increase of 1.5 t/ha and 0.4 t/ha for sugar beets and cereals, respectively. Hence, the yield increase obtained on the plots with FYM was only half of the increase observed on those without FYM.

Table 2

**Impact of potassium fertilization and FYM on yield, economic efficiency and K-content in the soil
in the long-term experiment at Niestetal 1978–1996**

FYM t/ha	kg K ₂ O/ha/year	Sugar-/grain yield (t/ha)			K-balance 1978-96 kg K ₂ O/ha/year	K-content in the soil (CAL) Ø 1994–1996 ppm K ₂ O	Net profit against K-0 EUR/ha/year
		sb	ww	wb			
0	0	5.94	7.06	6.28	-188	65	—
	100	8.08	7.76	6.68	-127	107	241.33
	200	8.56	7.92	6.58	-33	177	268.94
	300	9.07	7.97	6.67	58	283	302.17
	LSD 5%	0.88	0.36	0.31			
30 every 3 years to sb	0	8.30	7.43	6.68	-149	143	—
	100	8.72	7.64	6.90	-58	190	35.28
	200	9.32	7.76	7.01	31	240	80.27
	300	9.81	7.83	7.05	125	330	110.44
	LSD 5%	0.70	0.44	0.35			
	LSD 5% (8 treatments)	0.93	0.47	0.39			

sb — Sugar beet ww — Winter wheat wb — Winter barley

The input/output ratios for K in the different treatments show that K-soil mining leads to lower soil-fertility as it is demonstrated in this case by lower K-content in the soil and a lower yield level on the plots with negative K-balances. This became especially evident in the development of sugar yields during the whole duration of the experiment. On the plots without K-fertilization the yield level of sugar declined from 7 t/ha at the beginning to 4.5 t/ha in the last year (Fig. 1) which is a tremendous loss fertility of (0.17 t/ha/year).

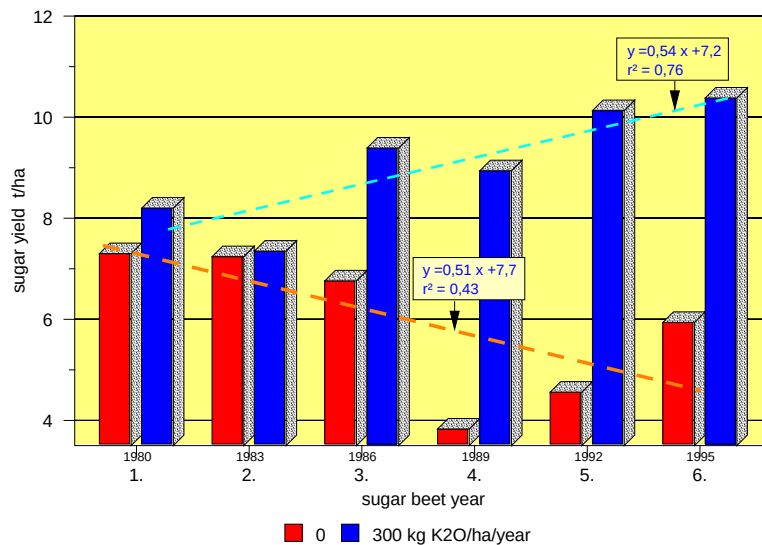


Fig. 1. Sugar yield trends at different K-supply in the K-experiment at Niestetal (1978–1996, without FYM)

In contrast, sugar yield on the plots with 300 kg K₂O/ha increased at a rate of 0.18 t/ha/year due to improved production system (varieties, soil cultivation, plant protection, N-fertilization, etc.). Hence, progress in plant production systems can only be fully utilized if the K-supply with fertilization and/or the K-content in the soil is adequate. In the plots with FYM a similar development could be observed but the differences between the mineral K-treatments were not as drastic as without FYM because of a higher K-content in the soil at the control plots.

The efficiency of K-fertilization increased with the duration of the experiment from the first beet year with 3 kg sugar/kg K₂O to the last year with 15–41 kg sugar/kg K₂O (Fig. 2). This gives further evidence for the high K-demand of a crop rotation including root crops like sugar beets. Especially under middle and long-term aspects a soil-K-mining strategy leads to high risks of losing yield and farm income.

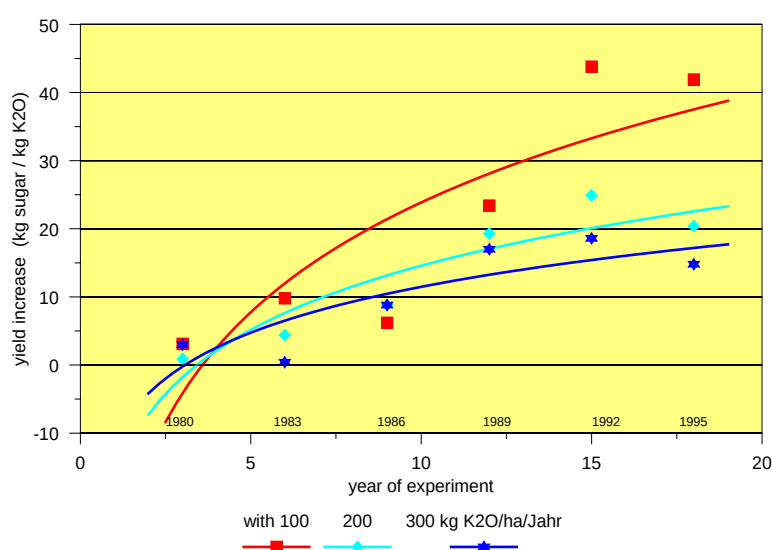


Fig. 2. Changes in the efficiency of K-fertilization (yield increase against control/kg K₂O) of sugar beet during the K-experiment at Niestetal

Of course the K-content of the organic manure has to be taken into account. The impact of FYM can be observed on the basis of yields, K-balance and K-content in the soil (Table 2). The application of FYM raised the general yield level, but especially that of sugar-beet. FYM increased sugar yields from 5.9 to 8.3 t/ha on the plots without mineral potassium. The main reason for this effect is probably due to the K-input through FYM. On the control plots K-deficiency symptoms were observed regularly because of a low K-content in the soil. In the treatment with FYM but without mineral potassium the K-content was twice the amount of the control plot without FYM.

On the plots with mineral K-fertilization the effect of FYM was less significant (0.7 t sugar/ha) and almost independent from the K-rate. Although FYM reduced the efficiency

of K-fertilizer it did not affect the optimum K-rate, yields as such increased almost to the same extent through FYM-application on all plots with mineral potassium. Comparing the average yields of the whole crop rotation, highest yields were obtained by combined application of FYM and mineral fertilizer, an often observed result in long-term experiments (e.g. Körschens et al., 1994).

Beside the K-effect on yields also an impact on crop quality was observed. Decreasing K-contents in the soil led to a reduction of sugar formation and sugar translocation into the roots. Data from Peoples and Koch (1979) provide a clear illustration of a positive relationship between K-supply and photosynthesis as well as photorespiration, but a negative correlation to the dark respiration. K-values below 170 ppm K_2O led to an average loss (Fig. 3) of 0.5 % in the sugar content, in dry years even more than 1.5 %. The sugar content is an important part of the sugar beet payment-system in the European Community. This fact has therefore further-reaching influences on the economic of efficiency of K-supply and K-fertilization. A plus of 0.5 % sugar raises the beet price by about 0.20 EUR/dt, that means a yield level of 50 t/ha leads to an additional farm income of about 102.26 EUR/ha due to better crop quality.

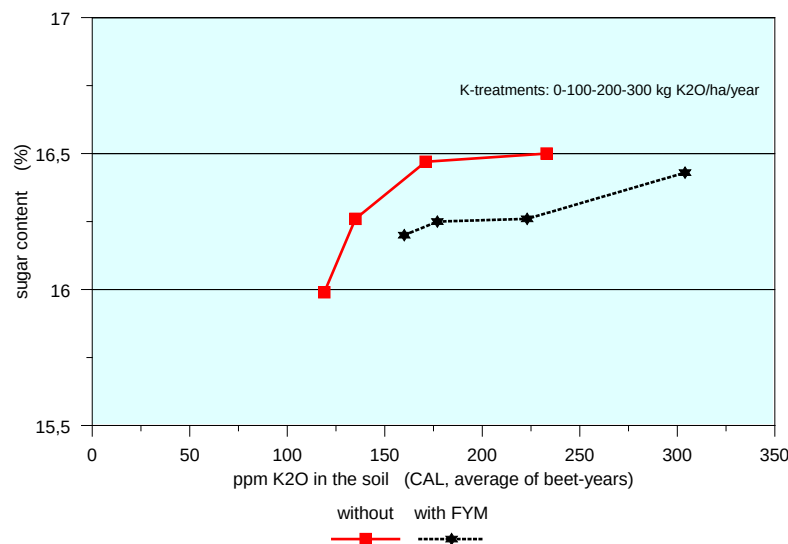


Fig. 3. Impact of different K-supply on sugar content of sugar beets in the K-experiment at Niestetal

The impact of the different K-rates and K-balances can be clearly observed by means of the K-content in the soil. Negative balances led to a decline of the exchangeable K-content in the soil, whereas K-supply to the soil increased the K-balances positively (Fig. 4). The relationship between K-balance and the change of K-content in the soil was almost independent from the application of FYM. However, K-fixation and K-sorption at the clay minerals led to a decrease of the K-content in the soil if K-rates were applied at the level

of K-taken up by the crop. Similar results were obtained on other sites (Orlovius 1994, 1996).

On the base of the regression equation, a K-rate of about 45 kg K₂O·ha⁻¹ year⁻¹ higher than the K-taken up by the crops was needed to maintain the soil K-value observed at the beginning of the experiment.

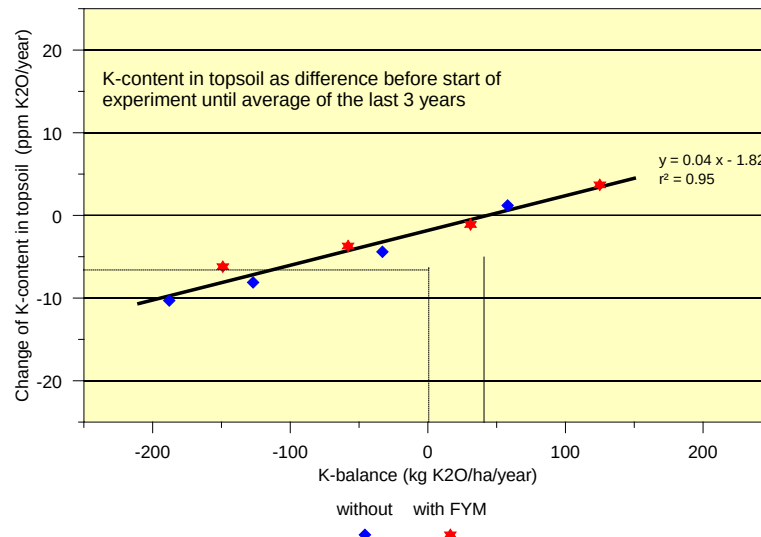


Fig. 4. Change of K-content in topsoil at different K-balance in the K-experiment at Niestetal (1978–1996)

CONCLUSIONS

Soil fertility can not be sustained with a decreasing K-content in the soil plant production. The optimum K-content in the soil is mainly determined by the K-demand of the broad leaved crops within a crop rotation. Plants with a high dry matter production like beets, potatoes, rape, maize, most vegetables have a higher K-demand than cereals, for example. With an insufficient K-supply the efficiency of other production factors (e. g. N-fertilization) is also reduced. Consequently adequate K-nutrition is a prerequisite for supporting the general progress of the whole production system (varieties, plant protection, soil cultivation, N-management, etc.). The required K-content in the soil for optimum exploitation of the yield potential at the presented site was about 250 ppm K₂O. In order to maintain this K-level in the soil a K-application rate which exceeded the K-removal from the field by 45 kg K₂O/ha/year was necessary. The K-content decline in the soil below 250 ppm K₂O reduces yield, crop quality, and income significantly.

REFERENCES

- Körschens M., Stegemann K., Pfefferhorn A., Weise V., Müller A. 1994. Der Statische Düngungsversuch Bad Lauchstätt nach 90 Jahren. Teubner Verlagsgesellschaft, Stuttgart/Leipzig.
- Orlovius K. 1994. Reaktion der Kalium-Gehalte im Boden bei einer K-Düngung nach Nettoentzug. (Kongressband 1994). VDLUFA-Schriftenreihe 38: 265 — 268.
- Orlovius K. 1996. Langjährige Versuchsergebnisse zur Ermittlung der optimalen K-Düngungshöhe und optimaler K-Gehalte im Boden in Bayern. Agrobiological Research 49/1: 83 — 96.
- Peoples T. R., Koch D. W. 1979. Role of potassium in carbon dioxide assimilation in *Medicago sativa*. Plant Physiol. 63: 878 — 81.

PAVEL ČERMÁK
KAMIL CIGÁNEK

Department of Agrochemistry, Soil and Plant Nutrition

Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture in Brno, Czech Republic

The influence of comparative fertilization on the yield and quality of sugar beet, the nutrient balances. The evaluation of long-term field experiments in the Czech Republic

Agricultural research on plant nutrition cannot be supported without results of long-term field experiments. The Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture established four long-term field experiments in four experimental places of the sugar beet production region of the Czech Republic, in the years 1972–1979. Each experiment comprised 12 combinations of fertilization and had an eight years crop rotation. The following five combinations were used for evaluation of yields of sugar beet (roots and leaves) and quality of the products: the control treatment without fertilization, the treatment with farmyard manure (FYM) and three treatments with FYM applied together with comparative mineral fertilization at three different levels. In the control treatment, average yield of the main product (roots) was 52.0 tons·ha⁻¹ with sugar content 18.5%. In the other treatments increase of fertilization caused gradual rising of the roots and leaves yield (for roots: from 57.5 to 68.3 tons·ha⁻¹) and, on the other hand, the decrease of sugar content (from 18.6 to 16.8%). The nitrogen and potassium balances were negative, except for the highest level of mineral fertilization. The phosphorus balance was highly positive at all levels of mineral fertilization.

Key words: fertilization, nutrient balance, sugar beet

Badania rolnicze nad odżywianiem roślin nie mogą rozwijać się bez wyników długoterminowych doświadczeń polowych. W latach 1972–1979, w Centralnym Instytucie Nadzoru i Badań w Rolnictwie założono cztery takie długoterminowe eksperymenty w czterech stacjach doświadczalnych rejonu uprawy buraka cukrowego w Republice Czeskiej. Każde z doświadczeń obejmowało 12 kombinacji nawożenia i miało ośmioletni płożozmian. Następujące pięć kombinacji wykorzystano do oceny plonów buraka cukrowego (korzeni i liści) oraz jakości produktów: kontrolną — bez nawożenia, kombinację z obornikiem oraz trzy kombinacje (tzw. porównawcze) z obornikiem, uzupełnione trzema różnymi poziomami nawożenia mineralnego. W wariacie kontrolnym średni plon korzeni wyniósł 52,0 t·ha⁻¹, przy zawartości cukru 18,5%. W pozostałych wariantach zwiększenie nawożenia spowodowało stopniowy wzrost plonów korzeni i liści (dla korzeni: od 57,5 t/ha do 68,3 t·ha⁻¹), a z drugiej strony zmniejszenie zawartości cukru (z 18,6% do 16,8%). Bilans składników był negatywny dla azotu i potasu, z wyjątkiem kombinacji z najwyższą dawką nawożenia mineralnego. Bilans fosforu był wysoce pozytywny dla wszystkich poziomów nawożenia mineralnego.

Słowa kluczowe: bilans składników odżywczych, burak cukrowy, nawożenie

INTRODUCTION

In the process of transformation of agricultural production and within the frame of the strategy before admission of the Czech Republic to the European Union the attention is paid to ways of reducing additional energetic inputs to technologies of cultivation of individual crops. However, from the standpoint of sustainable soil fertility the economics cannot be the only major criterion. In the situation of so-called „enforcement of extensivity”, accepted in many agricultural enterprises, complying with agrotechnical demands of the grown crops must be in the centre of attention.

Sugar beet is one of the most effective crops of the temperate zone in respect of bio-energy accumulation. There is a number of reasons, here in CR and in Europe, for maintenance of sugar production from sugar beet and protection of the market in face of import of sugar. One of them is a high agronomical improvement of soil, high photosynthetic and energetic efficiency in the form of sugar, feed and industrial raw materials, high performance of oxygen and, last but not least, its high ability to utilize the nutrients from fertilization and soil reserves.

The present state of sugar beet growing in the Czech Republic shows an upward trend of average yields and improving quality of the crop. However, there are still considerable differences persisting among producers. Therefore, the productivity of sugar beet growing in the Czech Republic drops behind all the time in comparison with states of EU.

It stands to reason that there are still reserves in the sugar beet growing, in yield increase and profitability of cultivation. On the bases of top quality of agronomical practices, careful and rigorous protection of sugar beet against injurious agent, the nutrition and fertilization will be the groundwork of intensive sugar beet and sugar production in CR. It is one of the most important intensification factors, significantly influencing yield and harvest quality of this crop.

Evaluation of results of long-term experiments has proven to be an effective way to check effect of fertilization intensity on yield and other characters of cultivated crops.

MATERIAL AND METHODS

The Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture (CISTA) established long-term experiments in four experimental places (Pusté Jakartice, Sedlec, Uherský Ostroh, Žatec) of the sugar beet production region, in the years 1972–1979.

The aim of the long-term field experiments was to observe effects of different levels of nutrients on yields of cultivated crops, quality of products and development of agrochemical soil properties.

Each long-term field experiment had the same crop rotation system. The first two crop rotations (1972–1980 and 1981–1989) lasted nine years each. Duration of the last crop rotation, finished in 1997, was eight years. It contained 50% of cereals, 25% of root crops and 25% of fodder crops. The sugar beet was cultivated within the frame of crop rotations in the years 1979, 1982, 1988 and 1996.

The experimental design included as a whole 12 combinations of fertilization. Nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers were applied in three levels — low (1st marked as 1), medium (2nd marked as 2), high (3rd marked as 3) (Table 1). The combinations with application of mineral fertilizers we designate as a comparative mineral fertilization, i.e. 1st level is a basic application rate of mineral nutrients, 2nd level is basic application rate multiplied 1,5 times and 3rd level is basic application rate multiplied 2 times.

Organic manures were applied two times during a crop rotation cycle before root crops. The application rate was 35 tons of farmyard manure (FYM) per hectare in the years 1972–1989 and 40 tons FYM·ha⁻¹ in the last crop rotation (since 1990).

For observation of the effect of fertilization intensity on the yield of sugar beet, sugar content and balance calculation the following 5 combinations were used: combination without fertilization (control), combination with farmyard manure (FYM) application, combination with FYM + 1st level of mineral nutrients (N₁P₁K₁) application, combination with FYM + 2nd level of mineral nutrients (N₂P₂K₂) application and combination with FYM + 3rd level of mineral nutrients (N₃P₃K₃) application.

Table 1

Application rates of farm yard manure (FYM) and mineral nitrogen, phosphorus and potassium for sugar beet in the years 1979, 1982, 1988, 1996

Sugar beet in crop rotation	Combinations of fertilization	FYM in t·ha ⁻¹	Mineral nutrients in kg·ha ⁻¹		
			N	P	K
1979	without fertilization	0	0,0	0,0	0,0
	FYM	35	0,0	0,0	0,0
	FYM + N ₁ P ₁ K ₁	35	150,0	82,5	224,2
	FYM + N ₂ P ₂ K ₂	35	225,0	130,0	332,1
	FYM + N ₃ P ₃ K ₃	35	300,0	165,0	448,4
1982	without fertilization	0	0,0	0,0	0,0
	FYM	35	0,0	0,0	0,0
	FYM + N ₁ P ₁ K ₁	35	120,0	48,0	108,0
	FYM + N ₂ P ₂ K ₂	35	180,0	72,0	162,0
	FYM + N ₃ P ₃ K ₃	35	240,0	96,0	216,0
1988	without fertilization	0	0,0	0,0	0,0
	FYM	35	0,0	0,0	0,0
	FYM + N ₁ P ₁ K ₁	35	120,0	72,0	162,0
	FYM + N ₂ P ₂ K ₂	35	180,0	109,0	245,0
	FYM + N ₃ P ₃ K ₃	35	240,0	144,0	323,8
1996	without fertilization	0	0,0	0,0	0,0
	FYM	40	0,0	0,0	0,0
	FYM + N ₁ P ₁ K ₁	40	53,0	26,2	66,5
	FYM + N ₂ P ₂ K ₂	40	80,0	52,4	133,0
	FYM + N ₃ P ₃ K ₃	40	106,0	104,7	266,0
Ø application rate	without fertilization	0	0,0	0,0	0,0
	FYM	36,25	0,0	0,0	0,0
	FYM + N ₁ P ₁ K ₁	36,25	110,8	57,2	140,2
	FYM + N ₂ P ₂ K ₂	36,25	166,3	90,9	218,0
	FYM + N ₃ P ₃ K ₃	36,25	221,5	127,4	313,6

For nutrient balance calculation the content of 0.4% N; 0.2% P₂O₅; 0.5% K₂O in FYM was used, considering the 45% useful effect in the first year after manuring

RESULTS

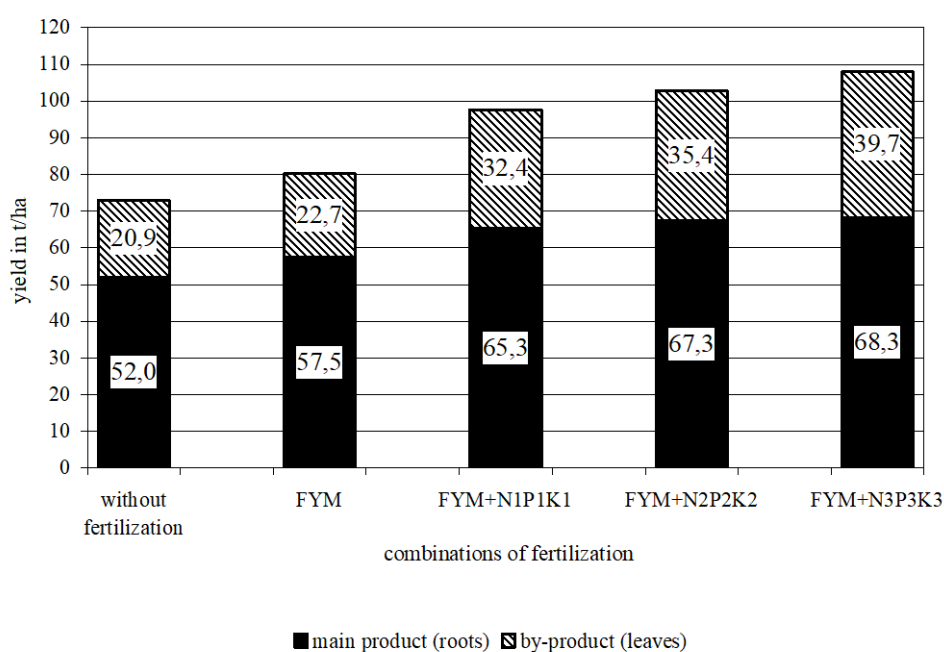
Yields of sugar beet

The Table 2 and Figure 1 show average yields of the main product (roots) and by-product (leaves) for the period under consideration. The results are expressed as average values for all the experimental places.

Table 2

Average yields of the main product (roots) and by-product (leaves)

Combinations of fertilization	Sugar beet — roots		Sugar beet — leaves	
	yield in t·ha ⁻¹	rel. valuation in %	yield in t·ha ⁻¹	rel. valuation in %
without fertilization	51,95	100,0	20,94	100,0
FYM	57,48	110,6	22,66	110,6
FYM + N ₁ P ₁ K ₁	65,26	125,6	32,38	154,6
FYM + N ₂ P ₂ K ₂	67,32	129,6	35,41	169,1
FYM + N ₃ P ₃ K ₃	68,25	131,4	39,69	189,6

**Fig. 1. Average yields of sugar beet in the long-term experiments**

The effect of comparative nutrient fertilization was related to the combination without fertilization. In respect of evaluation this combination presents 100%.

Generally, the comparative nutrient fertilization effects were more distinct for the yield of leaves (almost 90% above control for the highest fertilization level) than for the yield of roots.

The highest yields (roots and leaves) were achieved at the 3rd level of mineral fertilization. However, the increase of root yield in comparison with the 2nd level was minimal — less than 2%, therefore the 3rd level of fertilization was uneconomical. The increased mineral fertilization caused higher yield of the by-product (leaves), which mostly remains on a field and eventually increases reserves of nutrients (P and K) in soil.

For the statistical evaluation, the criterion of 95 percent LSD was used. The significant differences of the root yield were determined between combinations without fertilization and those with applied FYM. Further significant differences were found between combinations with application of FYM only and the FYM+2nd or 3rd level of mineral fertilization. The significant differences of the yield of leaves were found for the same combinations as for roots and, additionally, between combinations with application of FYM and FYM+1st level of mineral fertilization and next between 1st and 3rd level of mineral fertilization (Table 4).

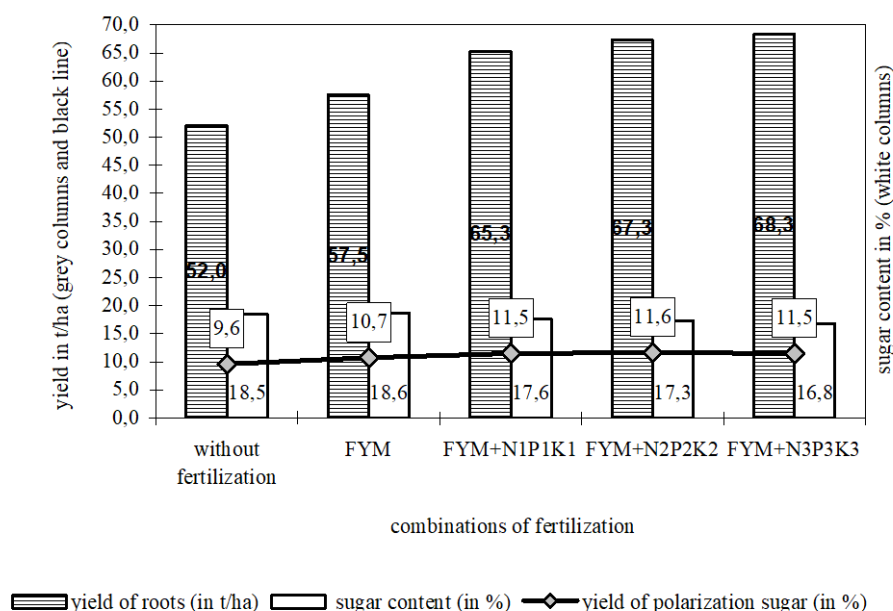


Fig. 2. Qualitative characteristics of the crop

The impact of intensity of fertilization on quality of production

The technological quality of sugar beet presents the complex of biological, chemical, physiochemical and mechanical properties of beet roots, which are decisive for their

profitable storage and fabrication of high yield of white refined sugar. The main indicator of technological value of sugar beet is the percentage of sugar content.

The average sugar content values detected for the individual combinations of fertilization, across the whole period under consideration and all sites, corresponded indirectly proportionately with the yield of roots and intensity of fertilization of these combinations. It means that increasing intensity of fertilization in pursuit of higher yields declined the sugar content of beet roots.

This negative dependence between yield and sugar content is generally known and it is in particular in virtue of the type of grown variety. Therefore, to classify the real amount of sugar beet production it is necessary to observe the indicators connecting the qualitative parameter (sugar content) and quantitative parameter (yield). The „yield of polarization sugar“ (see Table 3) is an indicator of this kind. This indicator evaluates the sugar-beet production from standpoint of parameters, in accordance with these parameters the practical financial assessment of production is performed.

Table 3

The technological quality of sugar beet

Combinations of fertilization	Average roots yield (t·ha ⁻¹)	Sugar content (%)	Yield of polarization sugar (t·ha ⁻¹)	Relative comparison in % for yield of polarization sugar
without fertilization	52,0	18,5	9,59	100,0
FYM	57,5	18,6	10,70	111,6
FYM + N ₁ P ₁ K ₁	65,3	17,6	11,47	119,6
FYM + N ₂ P ₂ K ₂	67,3	17,3	11,62	121,2
FYM + N ₃ P ₃ K ₃	68,3	16,8	11,49	119,8

The statistical evaluation for the sugar content (by the 95 percent LSD method) has shown that the occurrence of significant differences was identical as that stated for the yield of leaves. The first one was between combinations without fertilization and those with applied FYM. Next significant difference was found within the FYM combinations between those with and without mineral nutrition. Another significant difference was stated between the 1st and the 3rd level of mineral fertilization (Table 4).

Table 4

Effect of fertilization on roots yield, leaves yield and sugar content in sugar beet

The comparison of combinations of fertilization	The yield of roots the limit value is 7,99081 difference	The yield of leaves the limit value is 6,38562 difference	The sugar content the limit value is 0,74456 difference
without fertilization — FYM	-5,52625	-1,72000	-0,15000
without fertilization — FYM+N ₁ P ₁ K ₁	-13,31060*	-11,44120*	0,87500*
without fertilization — FYM+N ₂ P ₂ K ₂	-15,36500*	-14,47690*	1,20625*
without fertilization — FYM+N ₃ P ₃ K ₃	-16,30000*	-18,75310*	1,63750*
FYM — FYM+N ₁ P ₁ K ₁	-7,78438	-9,72125*	1,02500*
FYM — FYM+N ₂ P ₂ K ₂	-9,83875*	-12,75690*	1,35625*
FYM — FYM+N ₃ P ₃ K ₃	-10,77380*	-17,03310*	1,78750*
FYM+N ₂ P ₂ K ₂ — FYM+N ₁ P ₁ K ₁	2,05437	3,03563	-0,33125
FYM+N ₂ P ₂ K ₂ — FYM+N ₃ P ₃ K ₃	-0,93500	-4,27625	0,43125
FYM+N ₁ P ₁ K ₁ — FYM+N ₃ P ₃ K ₃	-2,98937	-7,31188*	0,76250*

* — Denotes a statistically significant difference

The best results were achieved for the combination FYM+N₂P₂K₂ with middle intensity of fertilization by all nutrients, the average yield of polarization sugar was from 1,4 to 21,2% higher in comparison with the other combinations. On the contrary, the lowest yields of polarization sugar were achieved in the control combination and with organic fertilizing only.

It is possible to state, that from the view of economic efficiency of fertilization and financial assessment of sugar beet production the fertilization on medium level of nutrients has shown to be the most optimal. It implies, that fertilization of sugar beet with excessively high level of nutrients is not economically feasible.

Nutrient balances

The figures 3, 4 and 5 show the nutrient balances in the period under consideration. The first column for every combination shows total quantity of specific nutrient off-take (in kg·ha⁻¹) by the products (main + by-product). The second column represents total quantity of specific nutrient fertilization (in kg·ha⁻¹). The negative nitrogen balance is brightly evident in the situation, when all production (i.e. main + by-product) goes from the field away. A slightly positive nitrogen balance was only at the 3rd level of mineral fertilization. In case of removal of the main product and leaving tops on the field, the nitrogen balance will be positive for all combinations, except for the control combination without fertilization.

The phosphorus balance was highly positive at all levels of mineral fertilization.

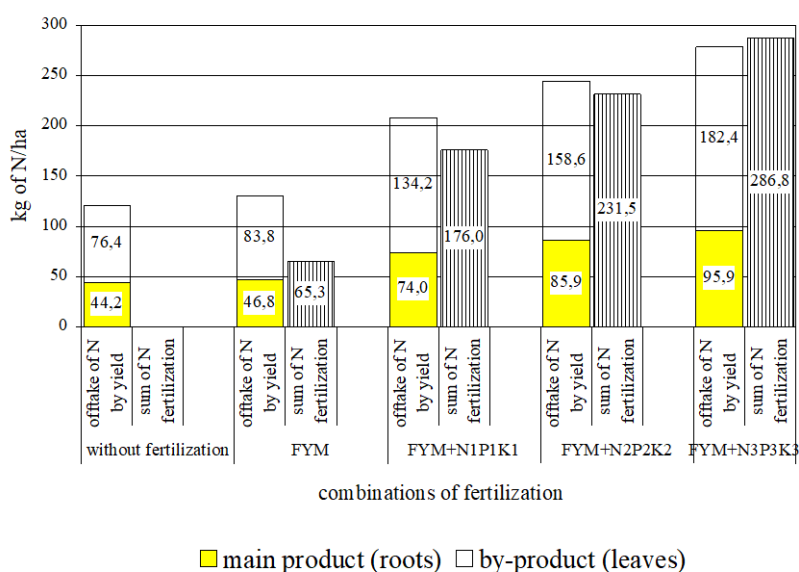


Fig. 3. The nitrogen balance of the long-term experiments at sugar beet

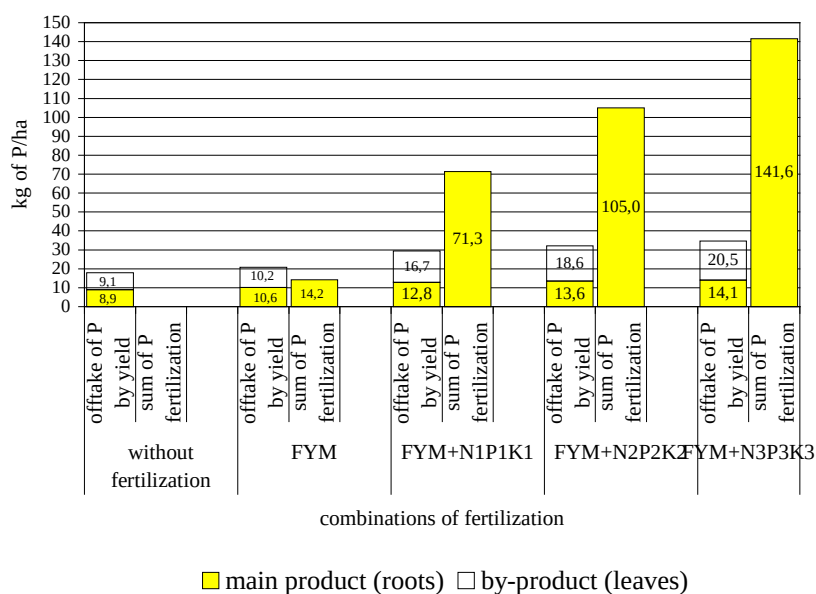


Fig. 4. The phosphorus balance of the long-term experiments at sugar beet

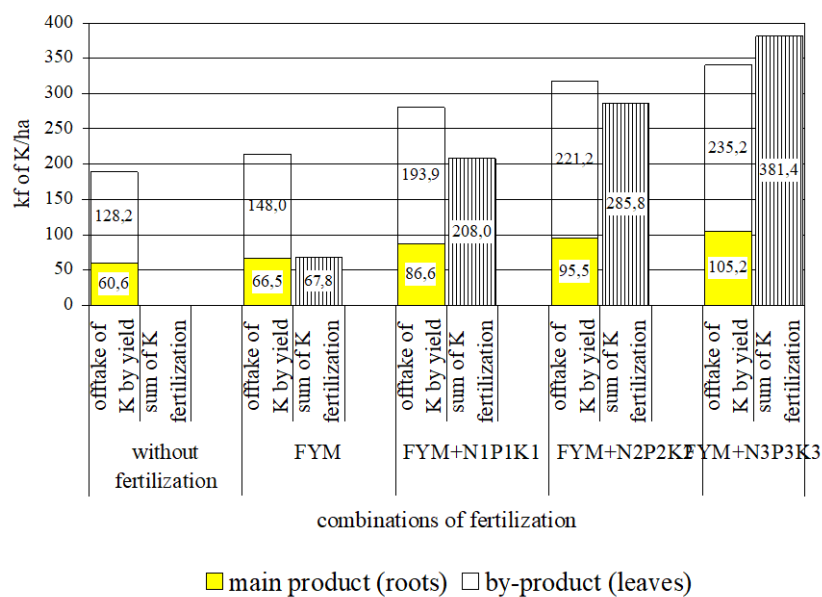


Fig. 5. The potassium balance of the long-term experiments at sugar beet

The potassium balance is much similar to that of nitrogen. Only at the 3rd level of mineral fertilization there was excess of this element. In the case of leaves ploughing under the potassium was well-balanced in the combination with application of FYM and highly positive in combinations with mineral fertilization.

On the basis of these facts it is possible to deduce the optimal application rates of nutrients for the existing technology of cultivation of sugar beet.

CONCLUSIONS

On the basis of the above results from the selected combinations of the long-term field experiments, it is possible to formulate the following conclusions concerning comparative nutrient fertilization of sugar beet:

1. The comparative nutrient fertilization caused improvement of yields of sugar beet. The comparative fertilization exerted a major effect on the yield of leaves, which usually remain on the field and are returned back into the soil. Therefore the high application rates of mineral nutrients, as those in the 3rd level of fertilization, are uneconomical.
2. From the view of economic efficiency of fertilization and financial assessment of sugar beet production with regard to average prices of fertilizers and sugar in a market the fertilization on a medium (2nd) level of nutrients has been the most close to optimal.
3. The nitrogen and potassium balances were negative at all levels of fertilization, except the highest (3rd) one, if the whole production (i.e. roots and leaves) goes from the field away. The phosphorus shows a high balance excess. Improvement of nitrogen and potassium balances without escalation of fertilization rates is possible to manage by returning leaves of sugar beet to the soil.

REFERENCES

- Baier, J. 1996. Přínos dlouhodobých stacionárních výživářských pokusů pro studium vlivu minerálních a organických hnojiv na dynamiku úrodnosti půd a účinek hnojiv v rozdílných půdních a klimatických podmínkách. In: Sborník z konference „Význam a perspektivy dlouhodobých polních pokusů v České republice“, MZLU-Brno: 124 — 149.
- Cigánek, K., Čermák, P. 2001. Vliv fosforečného hnojení na výnos a kvalitu produkce, bilance fosforu a obsah fosforu v půdě. In: Proceedings of Workshop „Związki fosforu w chemii, rolnictwie i medycynie“, Wrocław, Polska.
- Čermák, P. 2001. Nutrient balances and present state of available nutrients in the soil. In: Proc. XIVth International Plant Nutrition Colloquium „Plant Nutrition — Food security and sustainability of agroecosystems through basic and applied research“. Hanover, Germany: 868 — 869.
- Čermák, P. 2002. The influence of nitrogen fertilization on the yield of crops and nitrogen balance. Fertilizers and fertilization, IUNG, Puławy: 204 — 208.
- Čermák, P., Klement, V. 2001. The plant nutrient balance on monitoring plots. In: Proceedings of Workshop „Balanced fertilization for crop yield and quality“. Praha, Czech Republic, p.135.
- Fotyma, M., Fotyma, E. 2001. Development of fertilizer recommendation algorithms. Fertilizers and fertilization, Puławy: 81 — 87.
- Grzebisz, W., Barlóg, P., Gaj, R. 2001. Effect of magnesium and nitrogen fertilizers interaction on the yield and quality of sugar-beet — the case of law of optimum. In: Proceedings of Workshop „Balanced fertilization for crop yield and quality“. Praha, Czech Republic: 71 — 76.
- Klír, J. 1999. Bilance rostlinných živin. Studijní informace ÚZPI, Praha.

- Klír, J. 2001. Fertilization intensity and nutrient balance in Czech agriculture. In: Proceedings of Workshop „Balanced fertilization for crop yield and quality“. Praha, Czech Republic: 27 — 33.
- Klír, J., Vostal, J., Lipavský, J. 1998. Plant nutrient balances in Czech agriculture. In: Proc. 11th Inter. Symp. “Codes of Good Fertilizer Practice and Balanced Fertilization”, Puławy, Polska: 428 — 434.
- Neuberg, J. (ed.) 1990. Komplexní metodika výživy rostlin. Metodiky ÚVTIZ, Praha.
- Macháček, V., Čermák, P., Klír, J. 2001. Country report 2 — Development of potash fertilizer input and the consequences for soil fertility and crop production in the Czech Republic Praha.
- Shepherd, M. 2001. Nutrient losses from manure after application. Fertilizers and fertilization, Puławy: 51 — 62.
- Trávník, K. 1995. Výsledky dlouhodobých pokusů deklarujících účinnost a účelnost hnojení. In: Sborník z konference „Racionální použití průmyslových hnojiv“, ČZU Praha: 26 — 35.
- Trávník, K. 1996. Vliv stupňovaných dávek hnojiv na výnosy a obsah živin v půdě — výsledky dlouhodobých pokusů ÚKZÚZ. In: Sborník z konference „Význam a perspektivy dlouhodobých polních pokusů v České republice“. MZLU-Brno: 168 — 175.

KATARZYNA KUCIŃSKA**ARKADIUSZ ARTYSZAK****DANIELA OSTROWSKA**

Katedra Agronomii

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

Wykorzystanie nadwyżki bezpośredniej w ocenie efektywności ekonomicznej uprawy buraka cukrowego

Usage of direct surplus in estimation of economic efficiency of sugar beet production

Niski poziom opłacalności produkcji buraka cukrowego wymusza konieczność minimalizowania nakładów i skłania plantatorów do poszukiwania nowych rozwiązań niskonakładowych zapewniających poprawę efektywności produkcji. Przedstawione wyniki badań oparto na statycznym doświadczeniu płodozmianowym trójpolowym, przy wzrastających dawkach azotu (0, 60, 90, 120 i 180 kg N·ha⁻¹) na tle trzech poziomów nawozów organicznych (bez nawożenia organicznego, obornika, słomy + międzyplon — facelia). W ocenie ekonomicznej posłużono się nadwyżką bezpośrednią wykorzystywaną w kalkulacjach niepełnych. Uzyskane w ten sposób wyniki umożliwiają wykazanie względnej opłacalności porównywanych ze sobą wariantów nawozowych. W badanych latach (2000–2001 rok) najlepsze efekty ekonomiczne przy produkcji buraka cukrowego uzyskano pod wpływem nawożenia obornikiem i przy zastosowaniu dawki 120 kg N·ha⁻¹. Natomiast w przypadku braku nawożenia obornikiem, jak również słomą + facelia ekonomicznie uzasadnione było stosowanie dawki 180 kg N·ha⁻¹.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, nadwyżka bezpośrednia

The low level of sugar-beet production profitability forces the necessity of outlays decreasing and induces planters to search for new solutions, which will ensure the improvement of production efficiency. The investigation was carried out in a static three crop rotation experiment, at varying doses of nitrogen (0, 60, 90, 120 and 180 kg N per hectare) and at three levels of organic manures (without organic fertilizations, cow dung, straw + intercrop — phacelia). The economic estimation was based on the direct surplus, used in incomplete calculations. The results made possible to show the relative profitability of the compared fertilization variants. During the period of investigation (2000–2001) the best economic effects from sugar-beet production were obtained under the treatment of fertilization with cow dung and 120 kg N per hectare. However, in case of the lack of organic fertilization or when straw + phacelia were used the dosage of 180 kg N per hectare was well founded economically.

Key words: direct surplus, sugar beet

WSTĘP

Trudna sytuacja ekonomiczna w jakiej znalazło się polskie rolnictwo zmusza do poszukiwania rozwiązań, które pozwalają minimalizować koszty produkcji. Jednym ze sposobów obniżania nakładów w gospodarstwach rolnych jest coraz częściej upraszczany płodozmian do zaledwie 3–4 elementów zmianowania, z dużym udziałem zbóż i roślin okopowych (Rychcik, 1997; Zawiślak, Pawluczuk, 1997; Zawiślak i in., 1997; Zimny, 1997).

Z kolei wraz z postępującą specjalizacją należy liczyć się z produkcją roślinną w gospodarstwach z różną obsadą zwierząt, do bezinwentarzowego włącznie, gdzie obornik należy całkowicie zastąpić innymi formami nawozów organicznych. Mogą to być np.: słoma z dodatkiem azotu mineralnego, liście buraczane pozostawione na polu po zbiorze korzeni, czy nawozy zielone pochodzące z uprawy międzyplonów ścierniskowych na przyoranie, bez szkody dla jakości i wysokości plonów, jak też dla środowiska glebowego (Grześkiewicz, 1994; Blecharczyk i in. 1996; Ceglarek i in., 1997; Pytlarz-Kozicka i in., 1997). Rosnące zainteresowanie wykorzystaniem słomy i międzyplonów na przyoranie wiąże się również z obniżaniem pracochłonności i kosztów związanych z tradycyjnym nawożeniem, a także spadkiem zużycia nawozów sztucznych.

Poziom nawożenia mineralnego, które jest podstawowym czynnikiem plonotwórczym systematycznie maleje. Prawdopodobnie ta nie zawsze jednak dotyczy plantatorów buraka cukrowego. Prowadzone badania terenowe (Roszkowska, 1998; Wyszyński i in., 2002) wykazują, że plantatorzy często stosują dawki azotu ponad 200 kg N·ha⁻¹. Tak wysokie dawki azotu wpływają nieznacznie na wzrost plonu korzeni, natomiast przyczyniają się do istotnego spadku plonu cukru oczyszczonego.

Wprowadzenie zasad gospodarki rynkowej wywołało potrzebę nowego spojrzenia na zagadnienie rachunku ekonomicznego w rolnictwie. Stosowane dotychczas podejście było ukierunkowane głównie na wykorzystywanie pełnego rachunku kosztów jednostkowych. Nie doceniano natomiast różnego rodzaju kalkulacji niepełnych. Na przykład, niepełne kalkulacje różnicowe wykorzystujące np. nadwyżkę bezpośrednią jako metodę rachunku ekonomicznego, wskazują względną opłacalność różnych porównywanych ze sobą działalności. W kalkulacjach tych wystarczy uwzględnić tylko te koszty, które różnią analizowane warianty. Można w ten sposób porównywać dwa rodzaje działalności lub większą ich liczbę i wybrać, na podstawie takich niepełnych rachunków, działalność efektywniejszą. Różnicowe kalkulacje niepełne mogą stanowić podstawę do podejmowania kierunkowych decyzji w gospodarstwie, a dotyczących takich zagadnień, jak: dobór działalności produkcyjnej, określanie poziomu intensywności produkcji, czy wybór relatywnie bardziej opłacalnych technologii produkcji (Chotkowski, 1995; Grontkowska, 1998; Fereniec, 1999; Klepacki, 1999).

Celem przeprowadzonych badań była ocena plonowania i ekonomicznej efektywności stosowania zróżnicowanego nawożenia organicznego i wzrastających dawek azotu w produkcji buraka cukrowego.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 2000–2001 w statycznym płodozmianowym doświadczeniu polowym założonym w 1985 roku w Zakładzie Doświadczalnym Chylice (woj. Mazowieckie), na glebie klasy kompleksu żyniego bardzo dobrego. Płodozmian obejmował trzy gatunki: burak cukrowy (odmiana Dojana), pszenicę ozimą (odmiana Sakwa) i jęczmień ozimy (odmiana Siga).

Badano wpływ dwóch czynników:

- czynnik A — nawożenie organiczne;
- czynnik B — nawożenie mineralne azotem, przy stałym nawożeniu fosforem i potasem odpowiednim dla danego gatunku.

W przypadku buraka cukrowego kombinacje nawozowe przedstawiały się następująco:

- A₀ — bez nawożenia organicznego (kontrola),
- A₁ — obornik w dawce 30 t·ha⁻¹ w stanowisko pod burak cukrowy,
- A₂ — inne formy nawożenia organicznego — słoma jęczmienna + międzyplon ścierniskowy z facelii + 100 kg mocznika
- B₀ — bez nawożenia azotem (kontrola), B₁ — 60, B₂ — 90, B₃ — 120, B₄ — 180 kg N·ha⁻¹.

Stanowiło to łącznie 15 kombinacji nawozowych, w 4 powtórzeniach. Wielkość plonu korzeni buraka cukrowego oceniono, posługując się analizą wariancji. W ocenie ekonomicznej posłużono się nadwyżką bezpośrednią — kategorią ekonomiczną wykorzystywaną w metodzie kalkulacji niepełnych. Metoda ta umożliwia wykazanie względnej opłacalności badanych czynników doświadczenia.

Dlatego też w pracy uwzględniono tylko te koszty zmienne, które różnicowały poszczególne warianty nawozowe (tab. 1).

Tabela 1

Koszty zmienne uwzględnione w kalkulacji ekonomicznej
Operating costs used in calculation

Opis Description	Jednostka Unit	Koszty Costs	
		lata/years	
		2000	2001
Eksplatacja: Exploitation of:			
ładowacza obornika T 214/3 „CYKLOP” (dung oader)	PLN/ha	12,70	13,76
zestawu ciągnik C360 3p + (tractor = machines for):			
— rozrzutnik obornika 1-os. N227 (manure dispersal)	PLN/ha	358,00	377,40
— ścinacz zielonek Z 302/1 „ORKAN” (green mass cutting)	PLN/ha	98,35	104,60
— siewnik zbożowy S 043/B1 „POZNANIAK” (sowing of cereals)	PLN/ha	47,80	51,98
— rozsiewacz nawozów N012 (dispersal of fertilizers)	PLN/ha	24,50	25,85
Cena: Price of:			
nasion facelii (phacelia seed)	PLN/kg	14,00	14,00
saletry amonowej (ammonium nitrate)	PLN/t	473,40	473,40
Mocznika (urea)	PLN/t	531,80	531,80

Jednocześnie założono, że nawozy organiczne pochodzą z produkcji własnej gospodarstwa, a więc ich rynkowa wartość nie stanowi kosztu. Dlatego też warianty nawożenia organicznego obciążono jedynie kosztami stosowania tych nawozów. W przypadku obornika — nawozu stosowanego w doświadczeniu co 3 lata, kosztami jego stosowania należy obciążyć równomiernie wszystkie gatunki płodozmianu (burak cukrowy, pszenicę, jęczmień). Dlatego w naszych badaniach nad burakiem cukrowym, uwzględniono 1/3 całkowitego kosztu stosowania obornika (załadunku i rozrzucenia), oczywiście bez uwzględniania wartości rynkowej tego nawozu. Koszty eksploatacji maszyn wyliczono, posługując się danymi Instytutu Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa (Muzalewski, 2000; Muzalewski, 2001)

Od wartości uzyskanego plonu korzeni, obliczonego na podstawie cen z kwoty A, które wynosiły średnio 102 PLN/ha (2000 rok) i 112 PLN/t (2001 rok), odjęto zsumowane w poszczególnych wariantach koszty. Pozwoliło to na uwzględnienie rzeczywistych kosztów przeciętnego gospodarstwa (koszty te odnoszą się do przeciętnych warunków występujących w gospodarstwach indywidualnych w Polsce). Uzyskane w ten sposób nadwyżki bezpośrednie umożliwiają wykazanie względnej opłacalności porównywanych ze sobą wariantów nawozowych.

WYNIKI

Zróznicowanie warunków pogodowych w kolejnych latach badań miało znaczący wpływ na wielkość plonów korzeni. Z tego względu otrzymane wyniki opracowano oddzielnie dla każdego roku, bez analizy średnich z 2 lat.

W 2000 roku średni plon korzeni wyniósł $63,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, przy wahaniach od $39,2$ do $77,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, zależnie od kombinacji (tab. 2). Plony uzyskane na obiektach nawożonych obornikiem lub słomą + facelia były podobne, a średnia różnica wynosiła $1,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Natomiast w stosunku do kontroli (bez nawożenia organicznego) różnica ta wynosiła średnio $9,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ w przypadku nawożenia obornikiem i $7,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ w przypadku nawożenia słomą + facelia. Różnice te były jednak statystycznie nieistotne. Natomiast nawożenie azotem istotnie różnicowało tę cechę. Plon korzeni przy zastosowaniu dawek w zakresie $60\text{--}180 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ był istotnie większy w stosunku do kontroli ($\text{N} = 0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). W miarę zwiększania dawki azotu od 60 do $180 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ plon korzeni był większy, jednak różnice te były statystycznie nieistotne.

W efekcie, mimo braku istotnych różnic w wielkości plonu korzeni, najwyższą nadwyżkę bezpośrednią uzyskano przy uprawie buraka na oborniku i dawce azotu $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 3). Dawka ta okazała się również ekonomicznie najbardziej uzasadniona w przypadku braku nawożenia organicznego. Z kolei w przypadku nawożenia słomą + facelia ekonomicznie uzasadnione okazało się zastosowanie dawki $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$.

W 2001 roku, z uwagi na niekorzystny rozkład opadów, średni plon korzeni był mniejszy aniżeli w 2000 roku i wynosił $43,55 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, przy wahaniach od $11,37$ do $57,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Analogicznie do poprzedniego roku, plony korzeni uzyskane na obiektach nawożonych obornikiem, jak i słomą + facelia były zbliżone, a różnice między nimi statystycznie nieistotne.

Tabela 2

Plon korzeni buraka cukrowego zależnie od formy nawożenia organicznego i dawek azotu (t/ha).

Zakład Doświadczalny Chylice (2000, 2001)

Sugar beet root yield differentiated by fertilization. Chylice (2000, 2001)

N (kg/ha)	Nawożenie organiczne Ogranic manure			Średnio Average	NIR LSD
	Bez nawożenia organicznego Control	Obornik Cow dung	Słoma + facelia Straw + phacelia		
rok/year 2000					
0	39,20	48,40	43,90	43,80	NIR _A = ni.
60	57,00	66,30	65,90	63,10	NIR _B = 10,09
90	62,60	68,00	69,40	66,70	NIR _{A/B} = ni.
120	63,00	75,50	74,40	71,00	NIR _{B/A} = ni.
180	67,70	77,20	73,30	72,70	
Średnio Average	57,9	67,1	65,4		
rok/year 2001					
0	11,37	39,05	30,56	26,99	NIR _A = 12,23
60	22,41	54,01	52,87	43,10	NIR _B = 5,90
90	35,23	52,23	53,10	46,85	NIR _{A/B} = 14,41
120	43,75	52,76	53,18	49,89	NIR _{B/A} = 10,22
180	43,72	51,56	57,53	50,94	
Średnio Average	31,29	49,92	49,45	43,55	

ni.— Nieistotne — Insignificant

Tabela 3

Nadwyżki bezpośrednie uzyskane przy produkcji buraka cukrowego zależnie od formy nawożenia organicznego i dawek azotu (PLN/ha)

Direct surplus achieved in sugar-beet production depending on organic and nitrogen fertilization (PLN per ha)

Dawki azotu N doses (kg N·ha ⁻¹)	Nadwyżka bezpośrednia Direct surplus	
	rok/year 2000	rok/year 2001
Bez nawożenia organicznego Control		
0	3998,40	1273,44
60	5681,46	2358,80
90	6210,89	3744,92
120	6209,92	4649,45
180	6581,28	4520,82
Obornik Cow dung		
0	4813,23	4243,21
60	6506,49	5767,61
90	6638,12	5518,54
120	7361,35	5528,19
180	7426,71	5268,51
Słoma + facelia Straw + phacelia		
0	4085,97	3003,17
60	6197,43	5350,77
90	6512,66	5326,81
120	6980,89	5286,06
180	6760,65	5647,99

Również nawożenie azotem różnicowało plon korzeni. Był on istotnie większy przy zastosowaniu dawek 60–180 kg N·ha⁻¹ w stosunku do kontroli. Ponadto plony korzeni uzyskane pod wpływem dawek 120 i 180 kg N·ha⁻¹, były istotnie większe w porównaniu do uzyskanych przy zastosowaniu dawki 60 kg N·ha⁻¹. Jedynie w przypadku stosowania obornika nie stwierdzono istotnego zróżnicowania wielkości plonu w zakresie dawek 60–180 kg N·ha⁻¹. Dlatego też najwyższą nadwyżkę bezpośrednią w przypadku nawożenia obornikiem uzyskano już przy zastosowaniu 60 kg N·ha⁻¹. Była to jednocześnie najwyższa nadwyżka bezpośrednia uzyskana w doświadczeniu. Dalsze zwiększanie dawki N było ekonomicznie nieuzasadnione. Natomiast w przypadku nawożenia słomą + facelia najefektywniejsze okazało się zastosowanie 180 kg N·ha⁻¹, a w przypadku braku nawożenia organicznego 120 kg N·ha⁻¹.

Zachętą do rezygnacji ze stosowania wysokich dawek azotu w uprawie buraka cukrowego, może stać się wprowadzenie wyceny przychodu na podstawie produkcji cukru oczyszczonego z hektara zamiast plonu korzeni.

WNIOSKI

1. Efekt ekonomiczny przy produkcji buraka cukrowego zależy w większym stopniu od wielkości plonu korzeni niż od kosztów nawożenia.
2. Spośród porównywanych form nawozów organicznych, stosowanie obornika, pomimo iż jest on najdroższy, daje najkorzystniejsze efekty ekonomiczne.
3. W latach o wystarczającej ilości opadów i korzystnym ich rozkładzie, najwyższą nadwyżkę bezpośrednią można uzyskać stosując 180 kg N ha⁻¹ i obornik. Natomiast, jeśli w okresie wegetacji występują okresowe niedobory wody, najwyższą nadwyżkę bezpośrednią można uzyskać również z zastosowaniem obornika, ale przy niższej dawce azotu — 60 kg N ha⁻¹.

LITERATURA

- Blecharczyk A., Skrzypczak G., Waniorek W., Piechota T. 1996. Reakcja jęczmienia jarego na nawożenie organiczne i mineralne w doświadczeniu statycznym. Zesz. Nauk. AR Szczec. 172, Rol. 62: 31 — 36.
- Ceglarek F., Buraczyńska D., Płaza A. 1997. Ocena działania nawozowego obornika i międzyplonów wsiewek na wielkość i jakość plonu buraka cukrowego. Mat. konf. "Postęp w uprawie buraka cukrowego i w jakości korzeni" — SGGW, Warszawa: 126 — 127.
- Fereniec J. 1999. Ekonomia i organizacja rolnictwa. Wyd. Key Text, Warszawa: 209 — 250.
- Grontkowska A. 1998. Kalkulacje niepełne. Wieś Jutra, Nr sygnałny: 31.
- Grześkiewicz H. 1994. Alternatywne sposoby nawożenia organicznego w sytuacji zmniejszającej się produkcji obornika. Mat. konf. "Makroproblemy produkcji ziemniaka w Polsce w okresie przemian organizacyjno-ekonomicznych" Sesja Nauk. Inst. Ziemn. Jadwisin: 41 — 44.
- Klepacki B. 1999. Ekonomia i organizacja rolnictwa. WSiP, Warszawa: 28 — 29; 83 — 94.
- Muzalewski A. 2000. Koszty eksploatacji maszyn. IBMER Warszawa.
- Muzalewski A. 2001. Koszty eksploatacji maszyn. IBMER Warszawa.
- Pytlarz-Kozicka M., Słowiński H., Sowiński J. 1997. Wpływ obornika i poplonów oraz nawożenia azotem, fosforem i potasem na plon buraka cukrowego, Mat. konf. "Postęp w uprawie buraka cukrowego i w jakości korzeni" — SGGW, Warszawa: 99 — 100.

- Roszkowska B. 1998. Ocena czynników limitujących plony i jakość technologiczną buraka cukrowego przy zmiennym bilansie energetycznym technologii produkcji stosowanych w gospodarstwach indywidualnych rejonu cukrowni Łapy. Praca doktorska, SGGW, Warszawa: 88 — 89.
- Rychcik B. 1997. Wartość przemysłowa korzeni buraka cukrowego uprawianego w płodozmianie i monokulturze, Mat. konf. "Postęp w uprawie buraka cukrowego i w jakości korzeni." — SGGW, Warszawa: 124 — 125.
- Wyszyński Z., Kalinowska M., Gozdowski D. 2002. Factors determining yield and quality of roots on commercial plantations in Central Europe, Mat. konf. "Reparstvi" 20–21. 02. 2002: 159 — 163.
- Zawiślak K., Pawluczuk J. 1997. Możliwość koncentracji buraka cukrowego w płodozmianach, Mat. konf. "Postęp w uprawie buraka cukrowego i w jakości korzeni" — SGGW, Warszawa: 108 — 109.
- Zawiślak K., Pawluczuk J., Rzesutek J. 1997. Ekonomiczna ocena płodozmianów buraczanych., Mat. konf. "Postęp w uprawie buraka cukrowego i w jakości korzeni" — SGGW, Warszawa: 110 — 111.
- Zimny L. 1997. Koszty produkcji buraka cukrowego w warunkach zróżnicowanych technologii uprawy, Mat. konf. "Postęp w uprawie buraka cukrowego i w jakości korzeni" — SGGW, Warszawa: 96 — 97.

ARKADIUSZ WOJCIECHOWSKI**WITOLD SZCZEPANIAK****WITOLD GRZEBISZ**

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu

Wpływ nawożenia potasem na plony i jakość technologiczną buraka cukrowego

Część I. Plony korzeni i cukru

Effect of potassium fertilization on yields and technological quality of sugar beet **Part I. Yields of roots and sugar**

W latach 1996–1998, corocznie na 8 plantacjach Cukrowni Kościan S.A., określano reakcję buraka cukrowego na 4 dawki potasu (0, 80, 160, 240 kg K₂O/ha). Plony korzeni, niezależnie od lokalizacji i dawek potasu, wahały się od około 66 do 78 t/ha. W połowie liczby doświadczeń odnotowano dodatnią, a w połowie brak lub ujemną reakcję roślin na nawożenie potasem. Czynniki potwierdzającymi zauważone trendy, okazały się opady w miesiącach letnich, a także pojemność buforowa gleby względem potasu. Plony cukru białego, w obu grupach stanowisk, w największym stopniu zależały od plonu korzeni i zawartości w nich cukru. Jednakże, w grupie stanowisk reagujących na nawożenie potasem diagnostyczne znaczenie zawartości cukru było bardzo duże (50%), podczas gdy w grupie stanowisk nie reagujących na ten zabieg cecha ta okazała się drugoplanową (16%).

Słowa kluczowe: burak cukrowy, dawki potasu, plony cukru, plony korzeni

In the years 1996–1998 an assessment of sugar beet plants response to four rates of potassium (0, 80, 160, 240 kg K₂O/ha) was performed in 8 locations, i.e. plantations of the Sugar Beet Factory Kościan, yearly. Yields of beets, irrespective on experiments localization and K rates, ranged from 66 to 78 t/ha. In four of eight experimental sites a positive response to the applied potassium was found and the lack of it or even negative effect was stated in the remained four sites. The main factors responsible for the found trends were precipitation in summer months and also potassium buffering capacity of soil. Yields of recoverable sugar in both groups of stands highly depended on yield of roots and sugar content. However, in the group of responsive stands the diagnostic value of sugar content was very high (up to 50%), but in the non-responsive stands this parameter was only of the secondary importance (16%).

Key words: potassium rate, sugar beet, yield of roots, yield of sugar

WSTĘP

Potas obok azotu jest głównym składnikiem odżywczym, kształtującym wielkość plonów korzeni i cukru buraka cukrowego (Gutmański, 1996). Burak jest nie tylko rośliną wrażliwą na niedobór potasu, lecz także wysoce dochodową (Herlichy, 1992; Kristek i in., 1996). Na podstawie aktualnego stanu wiedzy o fizjologicznych funkcjach potasu oraz postępu agrotechnicznego można formułować pytania dotyczące sposobu optymalizacji nawożenia tej rośliny potasem. Pytania te, w aktualnej sytuacji gospodarczej Polski, są bardzo ważne tym bardziej, że w Polsce w ostatnim 10-leciu nastąpił drastyczny spadek zużycia nawozów potasowych (Fotyma, Gosek, 2000). Jednocześnie występuje brak aktualnych danych o reakcji buraka cukrowego na nawożenie potasem, a materiały wcześniejsze, czy też wcześniejsze zalecenia nawozowe (Czuba, 1996) nie uwzględniały bardzo ważnego faktu, jakim jest wymagana jakość przerobowa surowca. Zagraniczne źródła literaturowe dotyczące reakcji buraka cukrowego na nawożenie potasem, są kontrowersyjne (Orlovius, 1993, 1994; Milford i in., 2000).

Celem pracy była ocena reakcji buraka cukrowego na wzrastające dawki potasu, mierzonej plonem korzeni i ich jakością technologiczną.

MATERIAŁ I METODY

W latach 1996–1998 w rejonie plantacyjnym Cukrowni Kościan S.A, corocznie w ośmiu miejscowościach, przeprowadzano 24 ścisłych jednoczynnikowych doświadczeń polowych w 4 powtórzeniach, (Trętowski i Wójcik, 1988). Czynnikiem doświadczenia były 4 poziomy nawożenia potasem: 0, 80, 160 i 240 kg K₂O/ha.

Doświadczenie założono na glebie płowej zaklasyfikowanej do kompleksu żytniego bardzo dobrego. Zawartość przyswajalnego potasu i odczyn gleby zależne były od lokalizacji doświadczenia i roku prowadzenia badań. Zawartość przyswajalnego potasu mieściła się w klasach zasobności średniej do bardzo wysokiej, a odczyn gleby był lekko kwaśny do zasadowego. Przedplonem buraków cukrowych była pszenica ozima. Po zbiorze, na ściernisko, wywożono 40 t/ha obornika. Potas w postaci 60% soli potasowej stosowano w pierwszej dekadzie listopada pod orkę zimową. Fosfor w dawce 80 kg/ha P₂O₅ (superfosfat potrójny) zastosowano jesienią, a azot w dawce 80 kg/ha N przedsiewnie (saletrzak) i 25 kg/ha (saletra amonowa) pogłównie w fazie 5–7 liści buraka cukrowego. Wielkość poletka brutto wynosiła 54 m². Plon korzeni określono z powierzchni 18 m² (4 rzędy buraków po 10 m bieżących z każdego poletka).

Do obliczenia plon cukru technologicznego wykorzystano następujące wzory:

— Straty przerobowe cukru (SP) w % na buraki, (Buchholz i in., 1995)

$$SP = 0,12 (K+Na) + 0,24 N \alpha\text{-aminowy} + 1,08$$

K — zawartość potasu w mmol/100 g buraków,

N — zawartość azotu α -aminowego w mmol/100 g buraków,

Na — zawartość sodu w mmol/100 g buraków.

— Plon technologiczny cukru (PT) w t/ha, (Gutmański, 1991)

$$PT = P (ZC - SP)$$

P — plon korzeni (t/ha),

ZC — zawartość cukru (%).

Wyniki opracowano z wykorzystaniem programu komputerowego STATPAKU® oraz metodą analizy ścieżkowej (Konys i Wiśniewski, 1984).

WYNIKI

Z ogólnej liczby przeprowadzonych doświadczeń w sumie 24 w ciągu trzech lat, tylko w ¼ uzyskano istotną, dodatnią reakcję buraka cukrowego na nawożenie potasem. Przyczyny słabej reakcji roślin na wzrastające dawki od 80 do 240 kg K₂O wyjaśnić można na podstawie analizy przebiegu pogody w sezonie wegetacyjnym.

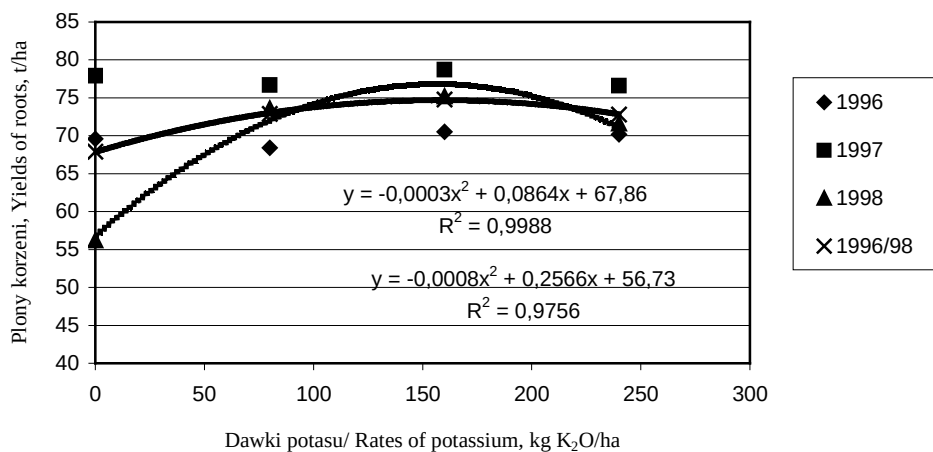
Analiza ta doprowadziła do podziału stanowisk na reagujące (R): Górka Duchowna, Modrze, Piechanin oraz Borówko Nowe i niereagujące (NR): Jasień, Jurkowo, Drożdzyce oraz Gorzyczki na nawożenie potasem (Wojciechowski, 2002, inf. ustna). W pierwszej grupie stanowisk reakcję dodatnią stwierdzono w ½ stanowisk, w tym we wszystkich w roku 1998. Rok ten charakteryzował się bardzo niekorzystnym rozkładem opadów. W maju suma opadów wynosiła zaledwie 13,8%, a w najważniejszym okresie wzrostu buraka cukrowego, to jest w lipcu i sierpniu 44,7% (tj. średnio 49 mm na miesiąc), średnich wieloletnich. Według Panek (1993) latem (lipiec i sierpień) suma opadów atmosferycznych dla prawidłowego wzrostu buraka cukrowego powinna kształtować się na poziomie nie mniejszym niż 30 mm na dekadę.

Podsumowując tę część rozważań można stwierdzić konieczność stosowania potasu tylko w roku oczekiwanego niedoboru opadów. Jednak, jak dotąd, długoterminowe prognozy, nie są możliwe, a więc jedynym racjonalnym rozwiązaniem pozostaje nawożenie tym składnikiem i to niezależnie od skutków plonotwórczych. Jeżeli przyjmujemy taką strategię postępowania, którą można określić mianem „nawożenia profilaktycznego”, to pojawia się drugie zadanie, sprowadzające się do wyznaczenia optymalnej dawki potasu. Taki sposób nawożenia buraka cukrowego występuje w krajach o długiej tradycji uprawy tej rośliny (Milford i in., 2000; Orlovius, 1994).

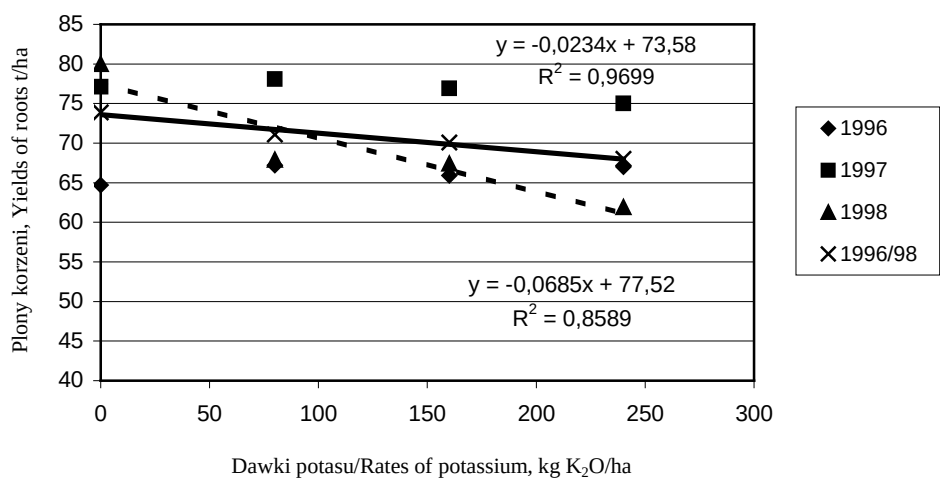
Plony korzeni buraka cukrowego w stanowiskach reagujących na potas nawozowy były bardzo wysokie. Największe, wynoszące średnio 77,5 t/ha, uzyskano w drugim roku badań (1997). W pozostałych dwóch latach były nieco mniejsze: 69,7 t/ha w pierwszym (1996) oraz 69,2 t/ha w trzecim (1998) roku badań.

Wobec złożonej reakcji buraka cukrowego na nawożenie potasem, dla każdego roku, niezależnie od lokalizacji doświadczenia przeprowadzono regresję plonu korzeni względem dawek potasu (rys. 1). Wyraźną reakcję plonu korzeni na zastosowane dawki potasu odnotowano tylko w trzecim roku badań oraz dla plonu średniego. Wyliczone na podstawie wyprowadzonych równań regresji optymalne dawki potasu wynosiły 160,4 kg K₂O/ha w roku 1998 oraz 144,0 kg K₂O/ha dla plonu średniego. Tak duża reakcja plonu średniego na nawożenie potasem była w znacznym stopniu określona wielkością plonów zebranych w

roku 1998, gdyż reakcja plonu średniego na nawożenie potasem aż w 96% zależała od plonów z roku 1998.



Rys. 1. Regresja plonów korzeni buraka cukrowego względem dawek potasu, (R)
Fig. 1. Regression of sugar beet yields of roots versus potassium rates (R-responsive sites)



Rys. 2. Regresja plonów korzeni buraka cukrowego względem dawek potasu, (NR)
Fig. 2. Regression of sugar beet yields of roots versus potassium rates (NR-non-responsive sites)

Plony buraka cukrowego, w kolejnych latach badań, w stanowiskach określonych jako nie reagujące, kształtowały się odmiennie, niż w reagujących. W roku 1996 średnio uzyskano 66,2 t/ha, w 1997–76,8 t/ha, a w 1998–69,3 t/ha korzeni.

Istotną reakcję na nawożenie potasem uzyskano tylko w roku 1998, lecz trend reakcji był generalnie ujemny (rys. 2). Plony średnie także wykazały ujemną reakcję na nawożenie potasem, a kierunek zmian, aż w 95% zależał od plonów w 1998 roku.

W poszczególnych latach badań plony korzeni buraka cukrowego zarówno w stanowiskach reagujących na nawożenie potasem, jak i nie reagujących nie zależały od zawartości przyswajalnego potasu w glebie.

Plon cukru białego jest wypadkową plonu korzeni, zawartości cukru oraz zawartości związków melasotwórczych, które decydują o technicznych warunkach ekstrakcji cukru z korzeni. Średnioroczne plony cukru w stanowiskach reagujących i nie reagujących na nawożenie potasem kształtowały się następująco 1996 — 10,27 i 9,45 t/ha; 1997 — 9,55 i 10,16 t/ha; 1998 — 8,85 i 9,80 t/ha, a więc w porównaniu z grupą stanowisk reagujących były nieco większe, poza rokiem 1996.

Analizę czynników decydujących o plonie cukru przeprowadzono z zastosowaniem analizy regresji z wyborem najlepszego podzbioru zmiennych oraz analizy ścieżkowej.

Spośród pięciu zmiennych niezależnych, a mianowicie plonu korzeni, zawartości cukru oraz zawartości melasotworów (azotu α -aminowego, potasu i sodu), najlepszym pojedynczym podzbiorem w grupie stanowisk reagujących był plon korzeni, który określał plon cukru w 48%:

$$PCB = 1,712 + 0,109 PK \quad \text{dla:} \quad R^2 = 48,24\%, \quad P \leq 0,01, \quad n = 48$$

Wprowadzenie drugiego podzbioru zmiennych — zawartości cukru, zwiększyło wartość współczynnika determinacji do prawie 98%.

$$PBC = -12,509 + 0,124 PK + 0,836 ZC \quad \text{dla:} \quad R^2 = 97,83\%, \quad P \leq 0,001, \quad n = 48$$

gdzie:

PBC — plon cukru, t/ha,

PK — plon korzeni, t/ha,

ZC — zawartość cukru, %.

W grupie stanowisk nie reagujących ta sama grupa cech określała plon cukru, lecz stopień oddziaływania wyrażony wielkością współczynnika determinacji kształtował się odmiennie. Główną składową plonu cukru białego okazał się plon korzeni, który jak przedstawiają uzyskane zależności, aż w 81 % określał plon cukru:

$$PCB = 0,491 + 0,131 PK \quad \text{dla:} \quad R^2 = 81,45\%, \quad P \leq 0,001, \quad n = 48$$

Wprowadzenie drugiej zmiennej, którą też okazała się zawartość cukru w korzeniach, zwiększyło wartość współczynnika determinacji do 97%:

$$PBC = -13,232 + 0,134 PK + 0,837 ZC \quad R^2 = 97,0\% \quad P \leq 0,001, \quad n = 48$$

Wprowadzanie dalszych podzbiorów zmiennych, niezależnie od wyróżnionej grupy stanowisk, nie zwiększało w sposób istotny szacunku plonu cukru. Uzyskane powyżej prawidłowości potwierdziła analiza ścieżkowa (tab. 1), która jednoznacznie wskazuje na plon korzeni i zawartość cukru, jako dwie składowe plonu cukru białego.

Tabela 1

Współczynniki korelacji i ścieżki między składowymi plonu cukru a plonem cukru, n = 48
Coefficients of correlation and paths between the parameters of sugar yield and sugar yield, n = 48

Zmienna niezależna* Independent parameter	Współczynniki korelacji Correlation coefficients		Współczynniki ścieżki Path coefficients	
	R	NR	R	NR
Plon korzeni Yield of roots	0,695	0,902	0,808	0,968
Zawartość cukru Sugar content	0,603	0,349	0,627	0,279
Azot α -aminowy α -amino-nitrogen	-0,374	-0,116	-0,124	-0,143
Potas Potassium	0,130	0,036	-0,022	-0,062
Sód Sodium	-0,545	0,084	-0,012	0,013

* — Plon cukru białego

* — Yield of white sugar

DYSKUSJA

Plony korzeni i cukru, uzyskane w 3-letnim okresie badań, były bardzo wysokie, gdyż średnio, niezależnie od lokalizacji i dawek potasu, przekraczały poziom plonowania wzorca (COBORU, 1997–1999). Tylko w roku 1998 kształtowały się na nieznacznie mniejszym poziomie. Plonotwórcze działanie potasu przejawiało się wzrostem plonu korzeni, a w konsekwencji plonu cukru. Tak znaczące działanie potasu potwierdza rolę tego składnika w metabolizmie buraka cukrowego. Małą lub nawet brak reakcji roślin na nawożenie potasem tłumaczy duża wilgotność gleby, która sprzyja mineralizacji azotu glebowego i azotu z obornika (w omawianym przypadku), a w konsekwencji zwiększa biomasa roślin, często ujemnie kształtując relację między masą liści, a masą korzeni (Hills i in., 1990; Werker i Jaggard, 1998; Werker i in., 1999). W odniesieniu do potasu duże uwilgotnienie gleby w znacznym stopniu kształtuje szybkość procesów dyfuzji potasu w glebie i w konsekwencji decyduje o zaopatrzeniu rośliny w ten składnik (Gaeth, 1992; Grimme, 1990). Prawdopodobnie uwilgotnienie gleby, będące następstwem dużych opadów w miesiącach letnich (powyżej normy), tłumaczy brak w pierwszych dwóch latach badań, nawet w stanowiskach o średniej zasobności w potas, reakcji roślin buraka na nawożenie potasem nawozowym. Reakcja ta, i to niezależnie od poziomu żyzności gleby, wystąpiła tylko w roku trzecim, o zdecydowanie gorszym reżimie opadowym, lecz tym samym podkreśla fizjologiczną funkcję potasu w warunkach niedostatecznej ilości opadów, jako roślinnego czynnika antystresowego (Grzebisz i in., 2001; Edwards, 1982). Podobny, jak w omawianych doświadczeniach, brak reakcji roślin na nawożenie potasem i to nawet w stanowiskach o niskiej zasobności w przyswajalny potas, stwierdzono w wielu

regionach Europy o zdecydowanie lepszym rozkładzie opadów, niż w Polsce, a mianowicie w Wielkiej Brytanii (Milford i in., 2000) i Irlandii (Herlichy, 1992).

WNIOSKI

1. Niezależnie od poziomu nawożenia potasem plony buraka cukrowego, w optymalnych warunkach siedliskowo-klimatycznych mogą być bardzo duże, nawet przekraczać poziom plonowania określony w badaniach COBORU.
2. Stopień reakcji buraka cukrowego na nawożenie potasem wyraźnie uzależniony jest od przebiegu warunków pogodowych w okresie wegetacji tego gatunku. W przeprowadzonych badaniach rośliny buraka reagowały na nawożenie potasem tylko w roku 1998, który charakteryzował się bardzo niekorzystnym rozkładem opadów.
3. Plony cukru białego (w obu grupach doświadczeń) jednoznacznie wskazują na zróżnicowane działanie dwóch składowych plonu, tj. plonu korzeni i zawartości cukru.
4. W grupie siedlisk, w których rośliny reagowały na nawożenie potasem, plony cukru białego zależały zarówno od plonów korzeni, jak i zawartości cukru, a w grupie siedlisk, w których rośliny nie reagowały na nawożenie potasem, plon cukru zależał w głównym stopniu od plonu korzeni.

LITERATURA

- COBORU. 1997–1999. Zeszyty odmianowe. Słupia Wielka.
- Czuba R. 1996. Nawożenie roślin okopowych. W: Nawożenie mineralne roślin uprawnych. Czuba R. (red.) Zakłady Chemiczne „POLICE” S.A.: 106 — 108.
- Edwards L. M. 1982. Kalidungung und erhoehte Toletanz gegenueber Stress. Kali-Briefe, No 5/1982, 1 — 7.
- Fotyma M., Gosek S. 2000. Zmiany w zużyciu nawozów potasowych i ich konsekwencje dla żyzności gleby i poziomu produkcji roślinnej w Polsce. Nawozy i Nawożenie 1: 9 — 52.
- Gaeth S. 1992. Dynamik der Kaliumanlieferung im Boden. Proceedings: Dauerfeldversuche und Naehrstoffdynamik. 9–12. Juni, 1992, Bad Lauchstaed: 187 — 193.
- Grimme H. 1990. Soil moisture and K mobility: Proceedings of the 22th Colloquium of The IPI. Soligorsk. Russia: 117 — 132.
- Grzebisz W., Musolf R., Barłóg P., Potarzycki J. 2001. Droughts, fertilization and yields variability of plant crops. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. (w druku).
- Gutmański I. 1996. Nawożenie mineralne. Niskonakładowa technologia produkcji buraka cukrowego. IHAR, Bydgoszcz, rozdz. IX: 23 — 34.
- Herlichy M. 1992. Effects of N, P and K on yield and quality of sugar beet. Irish J. of Agric. and Food Res., 31: 35 — 49.
- Hills F. J., Winter S. R., Henderson D. W. 1990. Sugar beet. In: Irrigation of Agricultural Crops. ASA-CSSA-SSSA — Agronomy Monograph 30: 795 — 810.
- Konys L., Wiśniewski P. 1991. Analiza ścieżkowa w układach przyczynowo-skutkowych. Roczniki AR w Poznaniu CLIII: 37 — 45.
- Kristek A., Rastija M., Kovacevic V., Liovic I. 1996. Response of sugar beet to potassium fertilization on a high K-fixing soil. Rostlinna Vyroba 42 (11): 523 — 528.
- Milford G. F. J., Armstrong M. J., Jarvis P. J., Houghton B. J., Bellet-Travers D. M., Jones J., Leigh R. A. 2000. Effect of potassium fertilizer on the yield, quality and potassium offtake of sugar beet crops grown on soils of different potassium status. J. Agric. Sci. 135 (Part 1): 1 — 10.
- Orlovius K. 1993. Einfluss unterschiedlicher K-Duengung und K-Bodenversorgung auf die Qualitaet von Zuckerrueben. VDLUFA Kongressband 1993 — Schriftenreihe 37: 107 — 110.

- Orlovius K. 1994. Einfluss verminderter Düngungsintensität mit Kalium auf Qualität und Ertrag von Zuckerrüben. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 7: 241 — 244.
- Panek K. 1993. Opady. W: Czynniki przyrodnicze — planowanie roślin. Dzieżyc J. (red). PWN, Warszawa: 168 — 175.
- Trętowski J., Wójcik A. R. 1988. Metodyka doświadczeń rolniczych. WSRP Siedlce: 124 — 136.
- Werker A. R., Jaggard K. W. 1998. Dependence of sugar beet yield on light interception and evapotranspiration. Agric. and Forest Meteorol. 89: 229 — 240.
- Werker A.R., Jaggard K. W., Allison M.F. 1999. Modeling partitioning between structure and storage in sugar beet: effects of drought and soil nitrogen. Plant and Soil 207: 97 — 106.

ARKADIUSZ WOJCIECHOWSKI**WITOLD SZCZEPANIAK****WITOLD GRZEBISZ**

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu

Wpływ nawożenia potasem na plon i jakość technologiczną buraka cukrowego

Część II. Ocena stanu odżywienia roślin

Effect of potassium fertilization on yields and technological quality of sugar beet **Part II. An assessment of plants nutritional status**

W pierwszej części opracowania omówiono podstawowe charakterystyki plonu buraka cukrowego. Część druga dotyczy stanu odżywienia roślin buraka cukrowego w okresie 50–60 dni od wschodów, opierając się na wartościach granicznych wyznaczonych przez Bergmanna (1992). W przeprowadzonych doświadczeniach stwierdzono prawidłowe odżywienie roślin buraka cukrowego magnezem i wapniem. Natomiast w większości obiektów niedożywienie potasem, azotem i fosforem. Wysokość uzyskanych plonów korzeni i cukru (szczegóły w części I pracy) oraz zależności korelacyjne otrzymane w grupie stanowisk reagujących (R) na nawożenie potasem między zawartościami potasu i wapnia a plonami cukru wskazują, iż wartości graniczne Bergmanna są zbyt wysokie dla roślin buraka cukrowego w tej fazie rozwoju. Z drugiej strony, w grupie roślin reagujących (R) na nawożenie potasem, zawartości potasu i wapnia w tej fazie rozwoju roślin buraka okazały się przydatne do prognozowania plonów cukru.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, dawki potasu, odżywienie roślin, plony cukru

In the first part of the dissertation the basic characteristics of sugar beet yields were discussed. The second part deals with the nutritional status of beet plants assessed 50–60 days after germination using the Bergmann's (1992) threshold values. It was found the optimal nutritional status for the secondary nutrients such as magnesium and calcium but not for the primary ones such as potassium, nitrogen and phosphorus. The high obtained yields of beets and sugar (details in the I part) and found correlations in the K-responsive group between potassium, calcium contents and sugar yields suggest that the Bergmann's threshold values are too high respecting the stage of sugar beet plant growth. On the other hand, in the K-non-responsive group, contents of potassium and calcium appeared to be good indicators of sugar yields.

Key words: nutritional status, potassium rate, sugar beet, yield of sugar

WSTĘP

Podstawą uzyskania dużych plonów cukru buraków cukrowych jest szybki początkowy wzrost roślin. Szybko rozwijające się rośliny lepiej wykorzystują energię słoneczną, a tym samym efektywnie przetwarzają składniki pokarmowe pobrane z gleby i nawozów najpierw w organy asymilacyjne-liście, a następnie w cukier. Dobra plantacja kończy wzrost masy liściowej na przełomie lipca i sierpnia. Każde przedłużenie fazy wzrostu liści prowadzi do spadku plonu korzeni i pogorszenia ich jakości technologicznej (Bell i in., 1996; Milford i in., 1985; Draycott, 1996; Grzebisz i in., 1998). Jedną z faz krytycznych z punktu widzenia oceny stanu odżywienia roślin buraka cukrowego jest faza młodociana, która trwa do zakrycia rzędów. Prawidłowe odżywienie roślin w tej fazie w podstawowe składniki pokarmowe (N, P, K, Mg) rzutuje w znaczący sposób na przyszłe plony korzeni i cukru buraka cukrowego (Bergmann, 1992).

Celem pracy była ocena stanu odżywienia roślin buraka cukrowego, w zależności od wzrastających dawek potasu, w okresie 50–60 dni od wschodów.

MATERIAŁ I METODY

Szczegółową metodykę przeprowadzonych badań przedstawiono w części pierwszej pracy. Celem określenia stanu odżywienia buraka cukrowego oznaczono: azot — metodą Kjeldahla; fosfor — kolorymetrycznie; potas i wapń — metodą fotopłomieniową oraz magnez — metodą ASA. Do analiz pobrano liście z 30 roślin ze środkowego okółka.

WYNIKI I DYSKUSJA

Ocenę stanu odżywienia buraka cukrowego przeprowadzono w okresie 50–60 dni od wschodów. Okres ten, w zależności od przebiegu pogody w sezonie wegetacyjnym, przypadał na przełom czerwca i lipca. Za kryterium oceny przyjęto wartości graniczne wyznaczone przez Bergmanna (1992) (tab. 1).

Tabela 1

Standardowe wartości zawartości pierwiastków w liściach buraka cukrowego, 50–60 dni po wschodach
Standard values of elements contents in sugar beet leaves, 50–60 days after germination
(Bergmann, 1992)

N	P	K	Ca	Mg
4,00–6,00	0,35–0,60	3,50–7,00	0,70–2,00	0,30–0,70

W grupie stanowisk reagujących na nawożenie potasem, zawartość tego składnika wykazała istotny wzrost pod wpływem zastosowanego potasu. W stosunku do kontroli istotny i niezależny wzrost stwierdzono w liściach buraka nawożonego 240 kg K₂O/ha. Z 16 średniorocznych próbek tylko 6 mieściło się w normie. Z tych 6 próbek 4 dotyczyły stanowiska Borówko Nowe, a pozostałe 2 warianty wystąpiły w stanowiskach Modrze i Piechanin z 240 kg K₂O/ha (tab. 2 a i b). Wyniki te mogłyby sugerować niedostateczne odżywienie roślin potasem. Jednakże, przeprowadzona analiza regresji zawartości potasu w liściach względem plonu cukru białego wykazała reakcję typu kwadratowego (rys. 1).

Tabela 2 a

Wpływ nawożenia potasem na średnią zawartość makroskładników w liściach, w %, średnia dla lat 1996–1998
Effect of potassium fertilization on macronutrients content in leaves, in %, means for the years 1996–1998

Składnik Element	Dawki potasu Rates of potassium, kg K ₂ O/ha			
	0	80	160	240
R — K — reagujące R — K — responsive				
N	3,77	3,40	3,67	3,75
P	0,28	0,29	0,27	0,31
K	3,28	3,43	3,35	3,53
Mg	0,75	0,78	0,77	0,81
Ca	0,99	1,01	1,04	1,09
NR — K — nie reagujące NR — K — non-responsive				
N	3,45	3,45	3,75	3,75
P	0,26	0,27	0,25	0,28
K	3,29	3,29	3,30	3,41
Mg	0,71	0,76	0,74	0,77
Ca	1,10	1,08	1,14	1,11

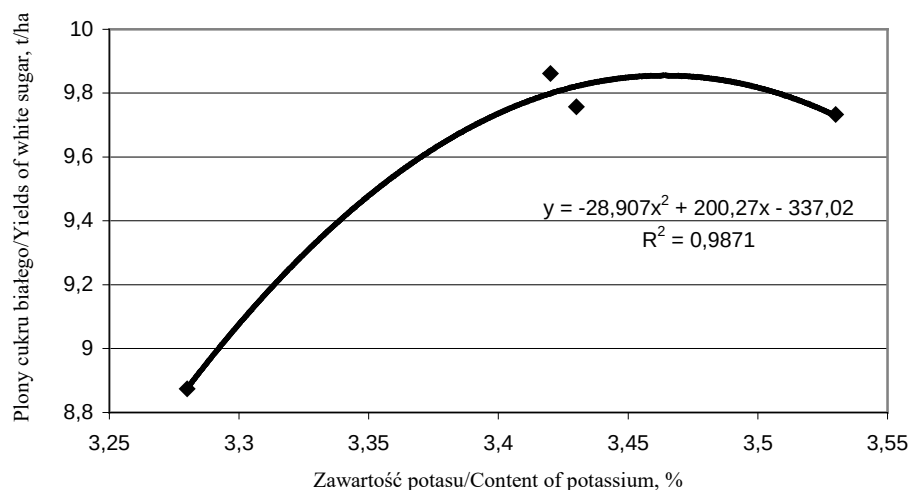
Tabela 2 b

Wpływ lokalizacji doświadczenia na średnią zawartość makroskładników w liściach, w %, średnia dla lat 1996–1998
Effect of localization on macronutrients content in leaves, in %, means for the years 1996–1998

Lokalizacja Localization	Pierwiastek Element				
	N	P	K	Mg	Ca
R — K — reagujące R — K — responsive					
Górka Duchowna	4,05	0,25	3,21	0,73	0,90
Modrze	3,62	0,27	3,44	0,76	1,16
Piechanin	3,44	0,32	3,36	0,87	1,10
Borówko Nowe	3,48	0,32	3,57	0,75	0,96
NR — K — nie reagujące NR — K — non-responsive					
Jasień	3,59	0,26	0,94	0,94	1,14
Jurkowo	4,07	0,28	0,69	0,69	1,41
Drożdzyce	3,36	0,26	0,78	0,78	1,03
Gorzyczki	3,39	0,25	0,56	0,56	0,86

Wyliczona z otrzymanego równania optymalna zawartość potasu wynosiła 3,35%. Oznacza to, że niezależnie od lokalizacji i roku badań, do tej zawartości potasu w liściach buraka cukrowego, na przełomie czerwca/lipca można oczekiwać, z prawie 99% prawdopodobieństwem, przyrostu plonu cukru białego, a przekroczenie tej zawartości prowadzić będzie do spadku plonów. Negatywne oddziaływanie zbyt wysokich dawek potasu na plon cukru stwierdzili także w swoich badaniach Herlichy (1989) i Haneklaus i wsp. (1998).

Zawartość azotu w liściach tylko w ¼ średniorocznych próbek mieściła się w normie, a ponadto, jak przedstawiają dane zamieszczone w tabelach 2 a i b, w większym stopniu zależała od lokalizacji doświadczenia, niż od dawek potasu. Wpływ potasu na zawartość azotu w liściach, jak przedstawia wartość współczynnika korelacji, zamieszczonego w tabeli 3, był generalnie niewielki.



Rys. 1. Zależność między zawartością potasu w liściach a plonem cukru białego
Fig. 1. Correlation between potassium content in leaves and yield of white sugar

Tabela 3

Wpływ dawek potasu na zawartość pierwiastków w liściach buraka cukrowego, współczynniki determinacji, n = 4

Effect of potassium rates on content of elements in sugar beet leaves, coefficients of determination, n = 4

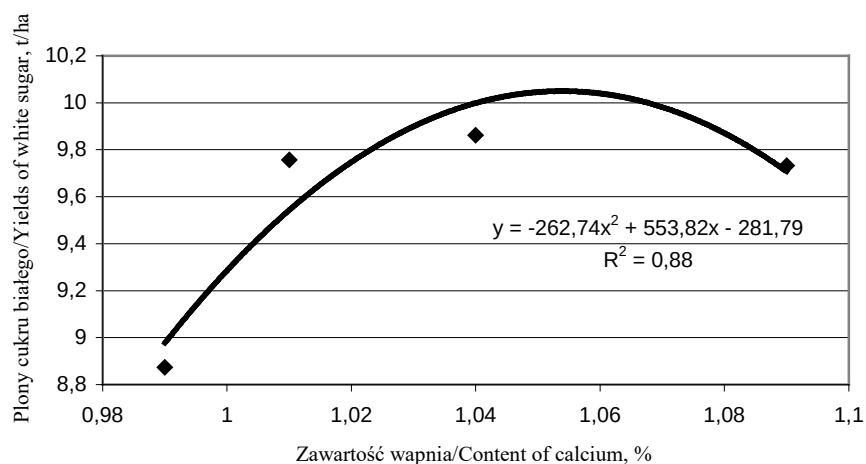
Pierwiastek Element	Stanowiska reagujące K responsive stands		Stanowiska nie reagujące K non-responsive stands	
	R ²	Poziom istotności P≤ Level of significance P≤	R ²	Poziom istotności P≤ Level of significance P≤
N	-0,16	—	+0,64	—
P	+0,67	—	+0,73	—
Ca	+0,89	—	+0,14	—
Mg	+0,97	0,01	+0,63	—

W odniesieniu do fosforu tylko w jednym przypadku stwierdzono wartość mieszczącą się w zakresie wyznaczonym przez Bergmanna (1992). Potas generalnie wpływał dodatnio na zawartość fosforu w liściach.

Zawartość magnezu była bardzo wysoka. Górna granica normy została przekroczona, aż w 14 średniorocznych przypadkach. Wpływ potasu na zawartość magnezu był dodatni i

udowodniony, lecz nawożenie potasem, dopiero przy dawce 240 kg K₂O/ha, wyraźnie zwiększało zawartość magnezu w liściach buraków.

Zawartość wapnia wyraźnie zwiększała się pod wpływem nawożenia potasem i mieściła się w normie. Przeprowadzona analiza zależności regresyjnej między zawartością wapnia w liściach buraka cukrowego, a średnim plonem cukru wykazała istotną zależność typu wielomianowego. Wyliczona z otrzymanego równania optymalna zawartość wapnia wynosiła 1,05% (rys. 2).



Rys. 2. Zależność między zawartością wapnia w liściach a plonem cukru białego
Fig. 2. Correlation between calcium content in leaves and yield of white sugar

W grupie stanowisk nie reagujących na nawożenie potasem stan odżywienia roślin przedstawiał się podobnie, jak w grupie roślin reagujących, aczkolwiek wystąpiły pewne różnice (tab. 2 a i b). Zawartość potasu zwiększała się istotnie pod wpływem dawek potasu, lecz dopiero dla dawki 240 kg K₂O/ha stwierdzono wyraźny wzrost w stosunku do kontroli. Analiza zależności korelacyjnej plonu cukru od zawartości potasu w liściach była odmienna od stwierdzonej w grupie stanowisk reagujących na nawożenie potasem. Generalnie wraz ze wzrostem zawartości potasu w liściach następował spadek plonu cukru. Otrzymana parabola, aczkolwiek jest prawdziwa matematycznie, nie odzwierciedla zachodzących zależności, ponadto jest statystycznie nieistotna.

Zawartość azotu w liściach zwiększała się pod wpływem potasu, lecz znaczące różnice ujawniły się dopiero od dawki 160 kg K₂O/ha. Pomimo dodatniego działania potasu, tylko w 2 z 16 rozważanych przypadków stwierdzono wartości mieszczące się w normie. Zawartość fosforu nie wykazała większej zmienności wywołanej lokalizacją, czy też stosowanymi dawkami potasu. Wszystkie wartości mieściły się poniżej dolnej granicy normy.

Zawartość magnezu była bardzo wysoka i aż w 9 przypadkach nastąpiło przekroczenie górnej granicy normy. Lokalizacja doświadczenia w większym stopniu, niż dawka potasu decydowała o zawartości magnezu w liściach buraka. Potas generalnie wpływał dodatnio na zawartość magnezu w liściach buraka, lecz zależność ta nie została udowodniona.

Zawartość wapnia mieściła się w normie, a średnia wartość kształtowała się na poziomie nieznacznie większym, niż w grupie roślin reagujących. Podobnie, jak w przypadku magnezu, zawartość wapnia w większym stopniu zależała od lokalizacji doświadczenia, niż od dawek potasu, które w zasadzie nie wywierały większego wpływu na zawartość tego składnika w liściach.

WNIOSKI

1. Ocena stanu odżywienia roślin buraka w okresie 50–60 dni od wschodów według wartości granicznych Bergmanna wykazała prawidłowe odżywienie roślin magnezem i wapniem, lecz dla większości obiektów niedożywienie potasem, azotem i fosforem.
2. Wysokość uzyskanych plonów korzeni i cukru oraz zależności korelacyjne, otrzymane w grupie stanowisk reagujących na nawożenie potasem, między zawartością potasu i wapnia a plonami cukru sugerują, iż wartości graniczne wyznaczone przez Bergmanna są zbyt wysokie dla roślin buraka cukrowego w tej fazie rozwoju.
3. Na podstawie zawartości potasu i wapnia w liściach buraka cukrowego oznaczonej na przełomie czerwca i lipca stwierdzono możliwość prognozowania plonów cukru w grupie stanowisk, w których rośliny reagowały na nawożenie potasem.

LITERATURA

- Bergmann W. 1992. Nutritional disorders of plants. Gustav Fischer, Jena, Stuttgart, New York: 117 — 131.
- Bell Ch. I., Milford G. F. J., Leigh R. A. 1996. Sugar beet. In: Photoassimilate Distribution in Plants and Crops. (Eds. E. Zamski and A. A. Schaffer), Marcel Decker Inc., New York: 691 — 707.
- Draycott A.P. 1996. Aspects of fertiliser use in modern, high-yield sugar beet culture. IPI-Bulletin No.15, Basel: 52.
- Grzebisz W., Barłóg P., Feć M. 1998. The dynamics of nutrient uptake by sugar beet and its effect on dry matter and sugar yields. *Bibliotheca Fragmenta Agronomica*, 3/98: 242 — 248.
- Haneklaus S., Knudsen L., Schnug E. 1998. Relationship between potassium and sodium in sugar beet. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 29 (11/14): 1793 — 1798.
- Herlichy M. 1989. Effect of potassium on sugar accumulation in storage tissue. Reprint from: *Proc. 21st Colloquium Int. Potash Institute*, Bern.
- Milford G. F. J., Pocock T. O., Riley J., Messem A. B. 1985. An analysis of leaf growth in sugar beet. III. Leaf expansion in field crops. *Ann. Appl. Biol.*, 106: 187 — 203.

ARKADIUSZ WOJCIECHOWSKI**WITOLD SZCZEPANIAK****WITOLD GRZEBISZ**

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu

Wpływ nawożenia potasem na plon i jakość technologiczną buraka cukrowego

Część III. Pobranie potasu

Effect of potassium fertilization on yields and technological quality of sugar beet **Part III. Potassium uptake**

W pierwszej części przedstawianego opracowania omówiono podstawowe charakterystyki plonu buraka cukrowego. Część trzecia dotyczy wpływu dawek potasu na pobranie tego składnika i jego wpływ na plony cukru. W grupie stanowisk reagujących (R) na nawożenie potasem pobranie składnika wahało się od 287 do 319 kg K/ha, a w grupie stanowisk nie reagujących (NR) od 277 do 295 kg K/ha. Pobranie potasu przez burak cukrowy w głównym stopniu zależało od warunków pogodowych. W roku 1998, w którym to wystąpiła susza glebowa, wzrost dawek potasu w stanowiskach nie reagujących na nawożenie potasem ujemnie wpływał na pobranie tego składnika przez rośliny. Ponadto plony cukru buraka w roku tym były w sposób istotny dodatnio związane z ilością pobranego potasu oraz ujemnie z pobraniem jednostkowym.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, dawki potasu, pobranie potasu, plony cukru

In the first two parts of the dissertation the basic characteristics of sugar beet yields were discussed. This part concerns the effect of potassium application on its uptake and its effect on sugar yields. In the group of stands responsive to potassium application the final K uptake ranged from 287 to 319 K/ha and in the non-responsive one from 277 to 295 K/ha. The weather conditions, mainly precipitation, were the main factor affecting K uptake. In 1998, i.e. in the year with soil drought, the increase of K rates negatively influenced potassium uptake by crops cultivated in non-responsive sites. In addition, sugar beet yields in this specific year were highly and positively related to the amount of potassium off-take, but at the same time, negatively related to the specific uptake.

Key words: sugar beet, potassium rates, potassium uptake, yields of sugar

WSTĘP

W warstwie uprawnej gleby ilość łatwo dostępnego potasu dla roślin uprawnych waha się od kilku do kilkudziesięciu kg K_2O /ha (Draycott, 1996). Intensywne pobieranie potasu przez burak cukrowy występuje od fazy drugiego liścia i trwa przez okres około 10 tygodni.

Największe tempo osiąga w okresie 3–4 tygodni od zwarcia rzędów. W tym przedziale maksymalna dzienna szybkość pobierania potasu dochodzi do 15 kg K_2O /ha/dzień, a średnia kształtuje się w zakresie 8–10 kg K_2O /ha/dzień (Draycott, 1996; Grzebisz i in., 1998). W późniejszych fazach rozwojowych, to znaczy po osiągnięciu maksymalnej biomasy liści pobieranie potasu stopniowo maleje, a pod koniec wegetacji może występować nawet wydzielanie potasu przez korzenie do gleby. Wysoko plonująca plantacja buraka cukrowego pobiera 300–400 kg K_2O /ha i dlatego większość gleb uprawnych, wymaga nawożenia potasem (Grzebisz, 2000).

Celem pracy była ocena reakcji buraka cukrowego na wzrastające dawki potasu, mierzona ilością pobranego potasu i jego wpływem na plon cukru.

MATERIAŁ I METODY

Szczegółową metodykę badań przedstawiono w pierwszej części pracy.

Celem określenia ilości pobranego potasu oznaczono suchą masę korzeni i liści w czasie zbioru. Zawartość potasu oznaczono po zmineralizowaniu materiału metodą fotopłomieniową.

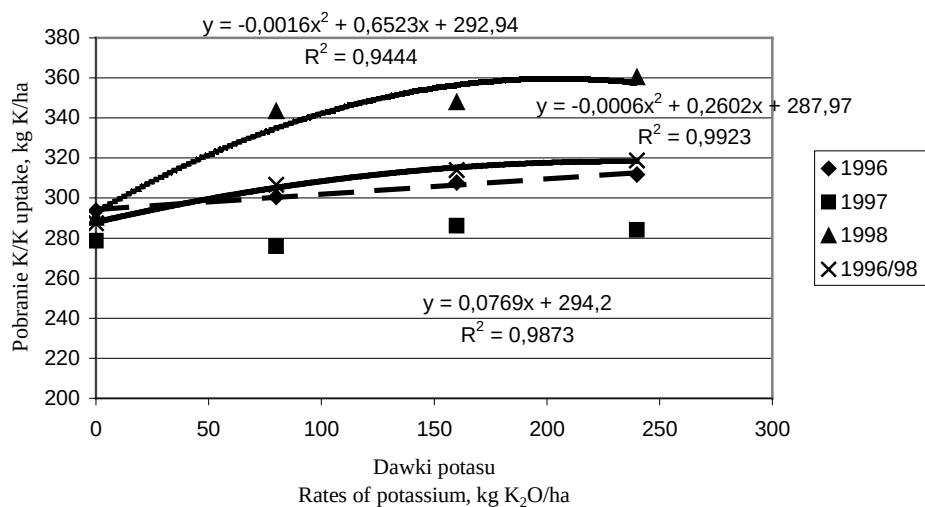
WYNIKI

W grupie stanowisk reagujących na nawożenie potasem tylko w 5 z 12 stanowisk stwierdzono istotną reakcję buraka cukrowego, wyrażoną ilością pobranego potasu, na nawożenie tym składnikiem. Reakcja na dawki potasu, niezależnie od stanowiska, tak jak w przypadku plonu korzeni, wystąpiła w roku 1998. W tym roku, w 3 z 4 stanowisk każda dawka potasu istotnie zwiększała pobranie. W jednym stanowisku istotną reakcję stwierdzono dopiero przy dawce 240 kg K_2O /ha, a w dwóch dalszych pobranie potasu wzrastało aż do najwyższej dawki. Tylko w jednym stanowisku reakcja ta była ujemna.

Przeprowadzona analiza regresji potwierdza dodatni kierunek działania potasu, udowodniony w latach 1996 — liniowy, 1998 — wielomianowy 2° oraz dla średniej z lat 1996–1998 — wielomianowy 2° (rys. 1).

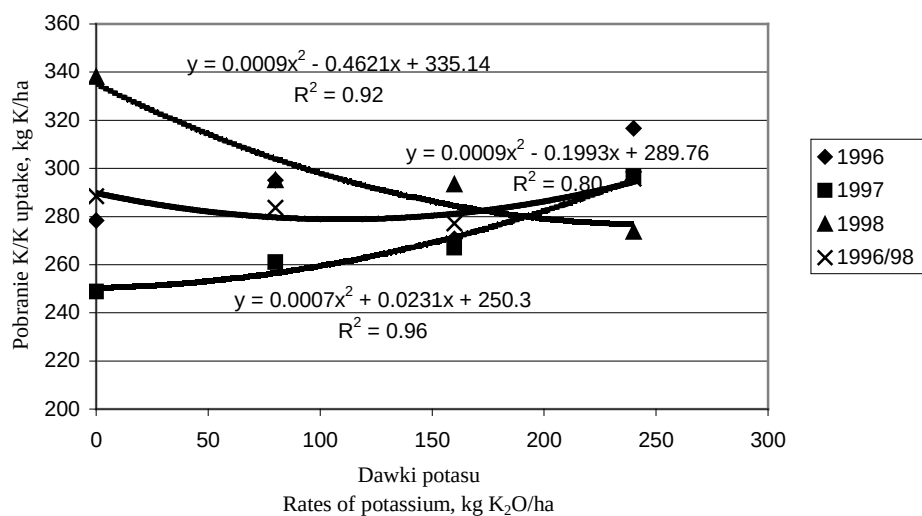
Rośliny uprawiane w stanowiskach nie reagujących na nawożenie potasem, aż w 9 z 12 stanowisk wykazały reakcję na stosowanie tego składnika, z tym że w pięciu przypadkach działanie to było dodatnie. Natomiast, w charakterystycznym pod względem opadowym, roku 1998, wzrastające dawki potasu prowadziły do spadku akumulacji tego składnika w roślinach.

Jak przedstawia rysunek 2, otrzymane krzywe regresji wykazały, w kolejnych latach badań, zróżnicowaną reakcję buraka cukrowego na nawożenie potasem. Uzyskane modele regresyjne opisują równania wielomianowe 2°. Zaobserwowano, że niezależnie od roku, w którym prowadzono badania najmniejsze różnice wystąpiły w wariancie nawożenia 160 kg K_2O /ha, co wskazuje (Milford i in., 2000) na obecność w tych glebach swoistego punktu równowagi geochemicznej między ilością potasu dostępnego a przyswajalnego.



Rys. 1. Regresja całkowitego pobrania potasu względem dawek potasu, (R)

Fig. 1. Regression of total K uptake versus K rates, (R-responsive sites)



Rys. 2. Regresja całkowitego pobrania potasu względem dawek potasu, (NR)

Fig. 2. Regression of total K uptake versus K rates, (NR-non-responsive sites)

Pobranie potasu przez burak cukrowy, całkowite, przez liście i korzenie oraz wyliczony wskaźnik pobrania jednostkowego wykorzystano do kwalifikacji plonu cukru (tab. 1).

Otrzymane zależności wykazują wpływ potasu na plon cukru białego, lecz nie tak znaczny, jak oczekiwano w aspekcie wcześniej prowadzonych badań (Grzebisz i in., 1998). Najlepiej badane zależności odzwierciedla korelacja zachodząca między pobraniem potasu z plonem korzeni. W grupie stanowisk reagujących na nawożenie potasem uzyskana zależność najlepiej opisuje liniowy model regresji, a w grupie nie reagujących — wielomianowy 2°. W odniesieniu do liści, pobrania całkowitego i pobrania jednostkowego, traktowanych jako zmienne niezależne, uzyskane zależności okazały się dodatnie, lecz nieistotne.

Tabela 1

Zależność plonu cukru od pobrania potasu, n = 48
Correlation between K uptake parameters and sugar yield, n = 48

Pobranie potasu Potassium uptake	Grupa stanowisk Group of stands	Współczynnik determinacji R ² Coefficient of determination R ²	Równanie regresji* Equation of regression*
Korzenie Roots	R NR	0,28 0,30	Y = 0,042x + 5,44 Y = -0,000x ² + 0,1369x + 1,91
Liście Leaves	R NR	0,05 0,11	— —
Całkowite Total	R NR	0,15 0,21	— —
Jednostkowe Specific	R NR	0,14 0,04	— —

* Y — Plon cukru (t/ha)

* Y — Sugar yield (t/ha)

x — Pobranie potasu (kg K/ha)

x — Potassium uptake (kg K/ha)

R — Reagujące; Responsive sites

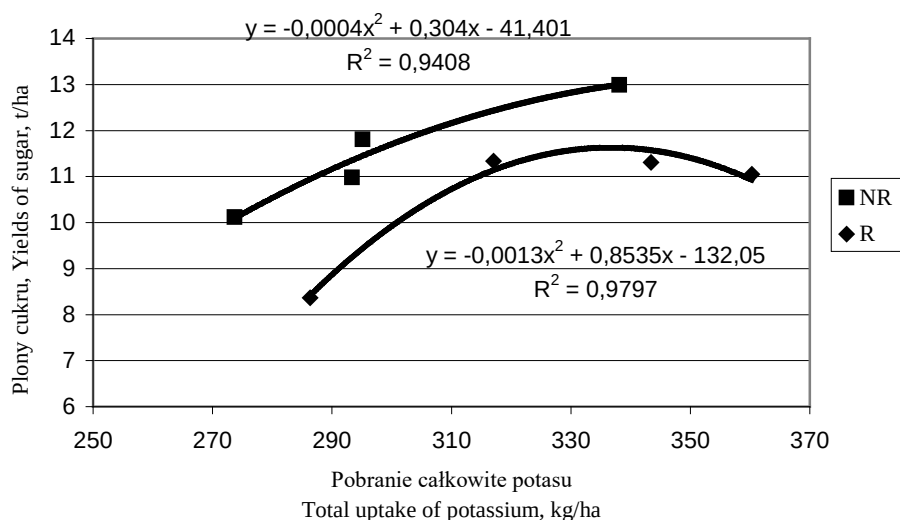
NR — Nie reagujące; Non responsive sites

DYSKUSJA

Wysoko plonująca plantacja buraka cukrowego pobiera 300–400 kg K₂O/ha (Grzebisz, 2000). W badaniach własnych średnie pobranie potasu w grupie stanowisk reagujących na nawożenie potasem wahało się w zakresie 287–319 kg K/ha, a w grupie stanowisk nie reagujących mieściło się granicach 277–295 kg K/ha. Jednakże określając ilościowe pobranie potasu należy uwzględnić fakt, że wartości wyliczone w czasie zbioru nie są równoznaczne z zapotrzebowaniem na ten składnik. Maksymalne pobranie K występuje w połowie sierpnia do początku września (Grzebisz i in., 1998). Buraki, w doświadczeniu własnym, zbierano dopiero w połowie października. Jeśli przyjmiemy za Grzebiszem i wsp. (1998), że pobranie końcowe potasu stanowi 70% maksymalnego, to średnia akumulacja tego pierwiastka we wrześniu w badaniach własnych wynosiła w stanowiskach reagujących na nawożenie potasem 410–456 kg K/ha, a w stanowiskach nie reagujących 395–427 kg K/ha. Zdaniem Draycotta (1996) maksymalne pobranie potasu może wahać się od 400–550 kg K/ha, a więc uzyskane wyniki mieściły się w dolnym zakresie tego przedziału.

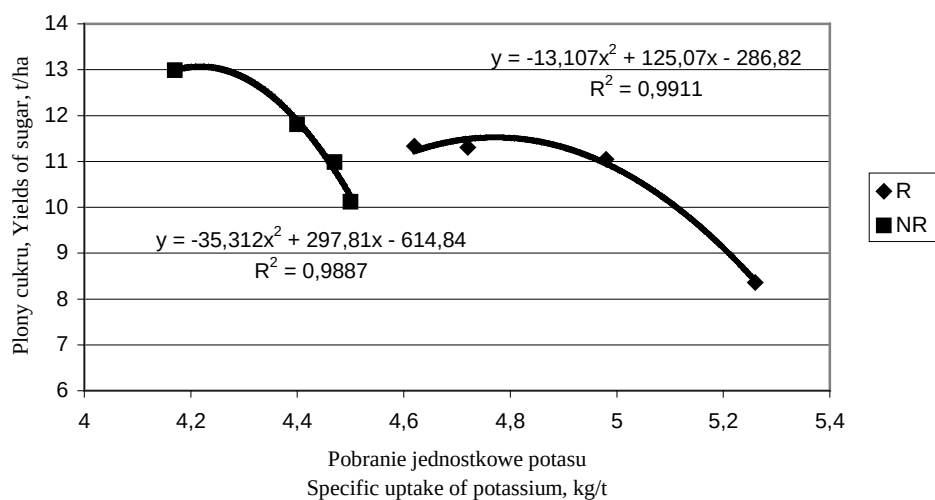
Analiza wpływu pobrania potasu na plon cukru nie dała jednoznacznej odpowiedzi na temat plonotwórczej roli potasu. Otrzymane zależności wykazują zróżnicowany wpływ

potasu w poszczególnych latach badań. Jednakże bardzo specyficzny okazał się rok 1998, w którym w miesiącach letnich wystąpiła susza glebowa. W stanowiskach reagujących (na nawożenie potasem) wzrastające dawki potasu prowadziły do wzrostu pobrania składnika zgodnie z krzywą wielomianową 2^o, natomiast w nie reagujących, do spadku. Jednakże niezależnie od stanowiska wraz ze wzrostem pobrania potasu następował wzrost produkcji cukru rośliny (rys. 3). Otrzymane zależności potwierdzają wyniki Milforda (2000), który wykazał, iż plon korzeni buraka cukrowego, a tym samym cukru uzależniony jest od ilości pobranych składników pokarmowych.



Rys. 3. Zależność plonu cukru od pobrania całkowitego potasu
Fig. 3. Correlation between sugar yields and total K uptake

Bardzo ważną cechą charakteryzującą pobranie potasu okazała się zależność plonu cukru od pobrania jednostkowego, która okazała się istotna tylko w roku o niesprzyjającym przebiegu pogody (rys. 4). Otrzymany model regresyjny 2^o pozwala wyznaczyć zarówno przedziały reakcji pozytywnej, jak i ujemnej roślin buraka na ilość pobranego potasu. Jak wynika z rysunku 4, w 1998 roku wzrost pobrania jednostkowego potasu, niezależnie od stanowiska prowadzi do spadku plonu cukru. W stanowiskach reagujących na nawożenie potasem wartością graniczną było 4,75, a dla nie reagujących — 4,22 kg K/1 t (korzeni + liści). Hipotetycznym wytłumaczeniem tej tak specyficznej zależności może być zakłócenie procesów metabolicznych w roślinie, które wystąpiło w roku z niedoborem wody. Brak tolerancji roślin buraka na wzrost jednostkowego pobierania potasu wynikać może z ujemnego wpływu pobieranego potasu na pobieranie innych składników, a mianowicie wapnia i magnezu, czyli dwóch składników, których pobieranie zależy od ilości dostępnej wody w glebie (Fotyma i Mercik, 1995).



Rys. 4. Zależność plonu cukru od pobrania jednostkowego potasu
Fig. 4. Correlation between sugar yields and specific K uptake

WNIOSKI

1. Pobranie potasu przez burak cukrowy zależy od zawartości tego składnika w glebie, jak i od warunków pogodowych. W grupie stanowisk reagujących (R) na nawożenie potasem pobranie składnika wahało się od 287 do 319 kg K/ha, a w grupie stanowisk nie reagujących (NR) od 277 do 295 kg K/ha.
2. Plon cukru buraka cukrowego tylko w roku, w którym wystąpiła susza glebowa istotnie zależał od ilości pobranego potasu.
3. W niesprzyjających warunkach pogodowych wzrost jednostkowego pobrania potasu może prowadzić do spadku plonu cukru.

LITERATURA

- Draycott A. P. 1996. Aspects of fertiliser use in modern, high-yield sugar beet culture. IPI-Bulletin No.15, Basel: 52.
- Fotyma M., Mercik S. 1995. Chemia rolna. PWRiL, Warszawa.
- Grzebisz W., Barłóg P., Feć M. 1998. The dynamics of nutrient uptake by sugar beet and its effect on dry matter and sugar yields. *Bibliotheca Fragmenta Agronomica*, 3/98: 242 — 248.
- Grzebisz W. 2000. Nutrient management and advisory systems for sugar beet in Poland. In: *Proceedings: Balanced plant nutrition in sugar beet cropping systems for high yield and quality*. Budapest, 1999: 203 — 210.
- Milford G. F. J., Armstrong M. J., Jarvis P. J., Houghton B. J., Bellet-Travers D. M., Jones J., Leigh R.A. 2000. Effect of potassium fertilizer on the yield, quality and potassium offtake of sugar beet crops grown on soils of different potassium status. *J. Agric. Sci.* 135 (Part 1): 1 — 10.

ARKADIUSZ WOJCIECHOWSKI**WITOLD SZCZEPANIAK****WITOLD GRZEBISZ**

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu

Wpływ nawożenia potasem na plon i jakość technologiczną buraka cukrowego Część IV. Ilość potasu przyswajalnego w glebie a plony cukru

Effect of potassium fertilization on yields and technological quality of sugar beet Part IV. Quantity of available soil potassium and sugar yield

W stanowiskach reagujących na nawożenie potasem otrzymano dodatnią, istotną, zależność między plonem cukru a zasobnością gleby w potas, oznaczony metodą Egnera-Riehma wraz z odpowiednią dawką potasu nawozowego. Wartość współczynnika determinacji — R^2 dla tej zależności, wynosząca 0,41 była istotna. Jednakże w grupie stanowisk nie reagujących zależność ta okazała się nieistotna. Celem wykreślenia granicznej zawartości potasu przyswajalnego zastosowano diagram rozproszenia Cate-Nelsona. Oznaczona tą metodą krytyczna zawartość K przyswajalnego w glebie, niezależnie od przynależności stanowiska do grupy reakcji na potas nawozowy wyniosła 190 mg K/kg gleby. W obu grupach wydzielono 4 podgrupy reakcji na poziom zawartości przyswajalnego K w glebie. Najwięcej stanowisk zawierała podgrupa I, a więc o największym prawdopodobieństwie reakcji na wzrost ilości przyswajalnego K w glebie, a także na nawożenie potasem. Obie grupy główne różniła podgrupa III, ze stanowiskami o dużej zasobności gleby w przyswajalny K i dodatniej reakcji na wzrost zasobności. W podgrupie tej nie stwierdzono stanowisk z grupy nie reagujących na nawożenie K.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, metoda graficzna Cate-Nelsona, plony cukru, potas glebowy

Plant-available soil potassium resources are an important factor of sugar beet plants growth over the whole vegetative season. In the K-responsive sites positive relationships were found between yield and the sum of soil available potassium as determined by the Egner-Riehm procedure, and added K-fertilizer. The coefficient of determination — R^2 for this relationship, amounting to 0,41, was significant. For the K-non-responsive sites this relationship was not significant. In order to determine the critical soil K level the Cate-Nelson scatter diagram was developed. The found K critical level, irrespective of a site responsiveness to K-fertilizer, amounted to 190 mg K/1 kg of soil. In both groups of sites 4 sub-groups were distinguished. The most numerous was the subgroup I representing sites of the highest probability of response to increase of soil available K, and also to a K-fertilizer applied. Both the main groups differed by the 3rd subgroup containing sites with high content of plant available

K, but still responsive to the K application. In this subgroup no sites were found of the main K-non-responsive group.

Key words: Cate-Nelson graphic, soil potassium, sugar beet, yield of sugar

WSTĘP

Głównym źródłem potasu dla roślin jest gleba. Niektóre gleby zawierają w warstwie ornej nawet do 20000 kg K/ha, lecz zdecydowana większość, gdyż od 90% do 97% składnika występuje w formach chemicznych niedostępnych dla roślin uprawnych (Draycott, 1996). Rośliny uprawne korzystają z potasu zawartego w roztworze glebowym oraz związanego z fazą stałą gleby. Szybkość procesów zachodzących między fazą stałą gleby, roztworem glebowym, a rośliną decyduje o odżywieniu rośliny (Goulding, 1987; Marschner, 1986). Średnio roczne tempo uwalniania potasu z gleby waha się od 0% do 2% i jest zbyt niskie dla potrzeb wysoko plonujących roślin, zwłaszcza tak wymagającej jak burak cukrowy (Draycott, 1996).

Celem pracy była ocena roli zasobności gleby w potas i potasu nawozowego w kształtowaniu plonów cukru.

MATERIAŁ I METODY

Szczegółową metodykę przeprowadzonych badań przedstawiono w pierwszej części pracy.

Do określenia typu i stopnia zależności użyto standardowy test chemiczny — Egnera-Riehma. Otrzymane wyniki przedstawiono w formie grafiki według Cate-Nelsona (Nelson, Anderson, 1977).

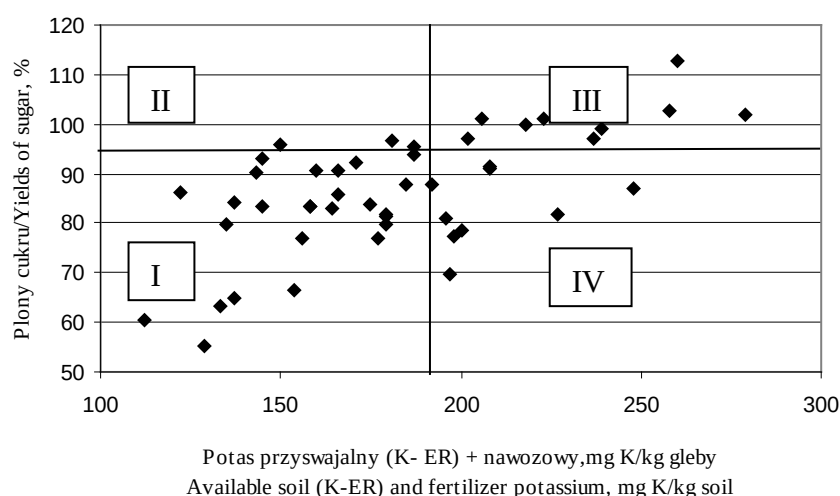
WYNIKI

Zgodnie z założeniem metody Cate-Nelsona plon cukru wyrażono jako procent plonu potencjalnego, który wyliczono jako średnią z 12 największych plonów każdej grupy doświadczeń. W grupie stanowisk reagujących potencjalny plon cukru wynosił 11,22 t/ha, a w grupie nie reagujących — 11,88, czyli był o 6% większy.

Reakcja buraka cukrowego, wyrażona plonem cukru względem sumy potasu przyswajalnego w glebie i wprowadzonego wraz z potasem nawozowym była zróżnicowana w zależności od rozważanej grupy stanowisk. W stanowiskach reagujących na nawożenie potasem otrzymano dodatnią, istotną zależność. Współczynnik determinacji — R^2 , dla tej zależności wynosi 0,41. Stosując metodę Cate-Nelsona wyznaczono wartość graniczną zawartości potasu przyswajalnego w glebie, która wyniosła 190 mg K/kg gleby. Analiza rysunku 1 pozwala wyróżnić 4 typy reakcji buraka cukrowego spośród 48 jednostek doświadczalnych na zawartość przyswajalnego potasu, a mianowicie:

— I. dodatnia reakcja na nawożenie potasem w warunkach zasobności gleby poniżej wartości granicznej; dotyczy 24 jednostek doświadczalnych,

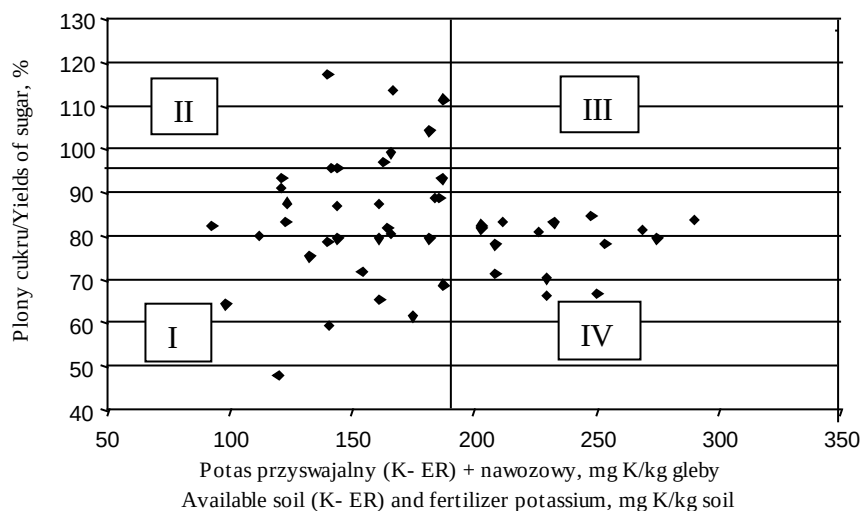
- II. możliwie większa niż oczekiwana reakcja na nawożenie potasem; plon powyżej 95% plonu potencjalnego przy zawartości potasu przyswajalnego poniżej wartości granicznej; 3 jednostki doświadczalne,
- III. dodatnia reakcja na nawożenie potasem przy zawartości potasu przyswajalnego powyżej wartości granicznej; plon powyżej 95% plonu potencjalnego; 12 jednostek doświadczalnych,
- IV. ujemna reakcja na nawożenie potasem przy zawartości potasu glebowego powyżej wartości granicznej; plon poniżej 95% plonu potencjalnego; 9 jednostek doświadczalnych (rys. 1).



Rys. 1. Zależność między zawartością potasu przyswajalnego + potasu nawozowego w glebie a plonami cukru, (R)

Fig. 1. Correlation between content of available soil K + fertilizer potassium and sugar yields, (R — responsive sites)

W grupie stanowisk nie reagujących omawiane zależności okazały się bardziej skomplikowane. Nie otrzymano statystycznie istotnej zależności między sumą zawartości potasu przyswajalnego i nawozowego, a plonem cukru. Pomimo tego, wyznaczona graniczna zawartość potasu przyswajalnego i nawozowego w glebie wyniosła także 190 mg K/kg gleby (rys. 2). Struktura podziału jednostek doświadczalnych przedstawia się następująco: I — 25; II — 8; IV — 15. W porównaniu do grupy stanowisk reagujących na nawożenie potasem nie stwierdzono żadnego obiektu w kwadracie III. Natomiast powiększyła się grupa obiektów reagujących ujemnie na wyższy poziom zasobności gleby. W prowadzonych doświadczeniach ten typ reakcji przejawiał się negatywnym wpływem nawożenia potasem na plony cukru.



Rys. 2. Zależność między zawartością potasu przyswajalnego + potasu nawozowego w glebie a plonami cukru, (NR)

Fig. 2. Correlation between content of available soil K+ fertilizer potassium and sugar yields, (NR — non- responsive sites)

DYSKUSJA

W pracy podjęto próbę wyznaczenia optymalnej dawki potasu w nawożeniu buraków cukrowych. W tym celu wyznaczono krzywą zależności plonu cukru od ilości potasu przyswajalnego + nawozowego w glebie. Otrzymana krzywa regresji, w 42% tłumaczy stopień reakcji buraka cukrowego na ilość potasu, potencjalnie możliwego do pobrania przez roślinę. Niestety przebieg krzywej, z rozległym *plateau*, uniemożliwia wyznaczenie racjonalnie optymalnej dawki potasu dla całej populacji stanowisk. W takiej sytuacji, aby uzyskać dość jednoznaczną odpowiedź na postawione wcześniej pytanie, zastosowano metodę Cate-Nelsona (Nelson, Anderson, 1977). Wyznaczona tą metodą wartość graniczna zawartości glebowego i nawozowego potasu, pozwala prognozować reakcję buraka cukrowego na nawożenie potasem. W omawianej grupie doświadczeń wartość ta wynosiła 190 mg K/ha i wskazuje na stanowiska, które z dużym prawdopodobieństwem będą reagowały zwykłą plonów cukru, na nawożenie potasem. Uzyskane zależności posłużyły do opracowania równania, na podstawie którego można wyznaczyć wielkość dawki potasu nawozowego (tab. 1). Zależność ta przedstawia się następująco:

$$DNK = (190 K_{ER} - K_{azK}) \times 3 \times 1,21 \text{ [kg K}_2\text{O/ha]}$$

gdzie:

DNK — dawka nawozu potasowego, kg K₂O /ha;

190 K_{ER} — krytyczna zawartość potasu przyswajalnego w glebie wyznaczona metodą Egnera-Riehma, mg/kg gleby;

K_{azK} — aktualna zawartość potasu przyswajalnego w glebie wyznaczona metodą Egnera-Riehma, mg/kg gleby;
 3 — przelicznik dawki K na 1 ha;
 1,21 — przelicznik K na K_2O .

Tabela 1

Optymalne dawki potasu w zależności od analizowanej cechy buraka cukrowego w stanowiskach reagujących na nawożenie potasem
Optimal rates of potassium in dependence on sugar beet parameters of yield, in the K- responsive stands

Cecha plonu Yield parameter	Średnia Mean 1996–1998		Rok/Year 1998		1998 × 1996/1998
	K opt, kg/ha	R ²	K opt, kg/ha	R ²	R ²
Plon korzeni Yield of roots	144	0,998	160	0,976	0,963
Plon biologiczny cukru Biological yield of sugar	147	0,994	201	0,946	0,972
Plon technologiczny cukru Technological yield of sugar	128	0,977	170	0,919	0,981
Pobranie K — korzenie K — uptake roots	146	0,9998	151	0,997	0,9998
Średnia Mean	140	—	177	—	—

W grupie stanowisk reagujących na nawożenie potasem odnotowano znaczącą liczbę jednostek eksperymentalnych, około ¼, wykazujących wyraźną reakcję na nawożenie nawet przy wyższym od 190 mg K/ha, poziomie zasobności gleby. Nie jest to wynik odosobniony, gdyż doniesienia z innych krajów także wskazują możliwość zwiększenia dawek potasu, nawet w stanowiskach o wysokim poziomie zawartości przyswajalnego potasu w glebie (Kristek i in., 1996; Orlovius, 1993, 1994). Dodatnia reakcja roślin wynika między innymi z bardzo dużego plonu biomasy wytwarzanej przez burak cukrowy w sezonie wegetacyjnym, zwłaszcza w warunkach sprzyjających wegetacji, czyli przy korzystnym przebiegu pogody (Werker i in., 1999).

W drugiej grupie stanowisk, nie występowała reakcja roślin na nawożenie potasem, a nawet odnotowywano spadek plonu korzeni i cukru w następstwie stosowania tego składnika. Przeciętny, w tej grupie stanowisk, plon cukru był jednakże o 0,246 t/ha, a w roku 1998 nawet o 0,945 t/ha większy niż w grupie stanowisk reagujących na nawożenie potasem. Z powyższego zestawienia wynika, że burak cukrowy uprawiany w stanowiskach nie reagujących na nawożenie potasem, posiadał lepsze warunki do pobierania potasu glebowego. Warunki te były na tyle lepsze, że ilość wytworzonego cukru była większa, co między innymi wynikało także z większej ekstrakcji cukru z korzeni. Takie relacje wskazują na lepsze wykorzystanie azotu przez rośliny nie wykazujące reakcji na nawożenie potasem. Potwierdza tę tezę większa zawartość cukru w korzeniach, przy jednocześnie zdecydowanie mniejszej zawartości azotu α -aminowego. Zważając na fakt, że buraki były nawożone obornikiem w dawce 40 t/ha, a dawka azotu wynosiła 105 kg/ha, uzyskane wyniki wskazują na unikalną wartość tych stanowisk, jako preferowanych do uprawy

buraka cukrowego, gdyż naturalnie wysoka dostępność potasu prowadzi do efektywnej kontroli metabolizmu azotowego w buraku cukrowym, szczególnie w latach sprzyjających mineralizacji azotu (Gething, 1993; Pfefferkon i Koerschoens, 1997; Werker i in., 1999).

W tej grupie stanowisk wystąpiło też zjawisko ujemnej reakcji roślin buraka cukrowego na nawożenie potasem. Wyznaczenie optymalnej dawki potasu, w tej grupie stanowisk (nie reagujących na nawożenie potasem), jest zbędne, aczkolwiek w nielicznych przypadkach notowano niewielki, najczęściej nie udowodniony wzrost plonu pod wpływem stosowania nawozu potasowego. W tej sytuacji koniecznym było wyznaczenie wartości granicznego stężenia potasu przyswajalnego i nawozowego w glebie. Przeprowadzone postępowanie analityczne wykazało, co okazało się także dużym zaskoczeniem, taką samą graniczną wartość potasu przyswajalnego, jak w grupie stanowisk reagujących na nawożenie potasem, a mianowicie 190 mg K/kg gleby, a rośliny buraka uprawiane w stanowiskach o wyższej zasobności gleby w przyswajalny potas reagowały spadkiem plonu cukru na nawożenie tym składnikiem.

WNIOSKI

1. W stanowiskach o wysokim potencjale plonotwórczym podstawowym źródłem potasu dla roślin jest, jak wykazały przeprowadzone badania, gleba, a więc jej żyzność, wyrażona w omawianym eksperymencie zawartością przyswajalnego potasu
2. W uprawie buraka cukrowego byłoby wskazane wyznaczenie wartości granicznej zawartości potasu, która w grupie badanych stanowisk, przyjmując za kryterium metodę Egnera-Riehma kształtowała się na poziomie 190 mg K/kg gleby.

LITERATURA

- Draycott A. P. 1996. Aspects of fertiliser use in modern, high-yield sugar beet culture. IPI-Bulletin No.15, Basel: 52.
- Gething P. A. 1993. The potassium-nitrogen partnership. IPI Research Topics No. 13, Basel: 51.
- Goulding K. W. T. 1987. Potassium fixation and release. In: Proceedings of 20th IPI Colloquium: Methodology in soil K-research. Baden/Wien: 127 — 154.
- Kristek A., Rastija M., Kovacevic V., Liovic I. 1996. Response of sugar beet to potassium fertilization on a high K-fixing soil. Rostlinna Vyroba 42 (11): 523 — 528.
- Marschner H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London.
- Nelson L. A., Anderson R. L. 1977. Partitioning of soil test — crop response probability. In: Soil testing: correlating and interpreting the analytical results. ASA Special Publication no. 29: 19 — 38.
- Orlovius K. 1993. Einfluss unterschiedlicher K-Duengung und K-Bodenversorgung auf die Qualitaet von Zuckerrueben. VDLUFA Kongressband 1993 — Schriftenreihe 37: 107 — 110.
- Orlovius K. 1994. Einfluss verminderter Duengungsintensitaet mit Kalium auf Qualitaet und Ertrag von Zuckerrueben. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 7: 241 — 244.
- Pfefferkon A., Koerschoens M. 1997. Untersuchungen zur Pflanzenqualitaet im Internationalen Organischen Stickstoffdauerduengungsversuch Bad Lauchstaed. Arch. Acker-Pfl.Boden., 41: 93 — 112.
- Werker A. R., Jaggard K. W., Allison M. F. 1999. Modeling partitioning between structure and storage in sugar beet: effects of drought and soil nitrogen. Plant and Soil 207: 97 — 106.

WITOLD SZCZEPANIAK**WITOLD GRZEBISZ****BARBARA ŻUCHLIŃSKA**

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu

Reakcja buraków cukrowych na nawozy azotowe na tle nawożenia potasowo-sodowo- magnezowego

The response of sugar beet to nitrogen fertilizers in relation to potassium-sodium-magnesium fertilization

Ocenę reakcji buraków cukrowych (plon i jakość technologiczna) na nawozy azotowe (saletra wapniowa, saletra amonowa) na tle nawożenia potasem lub potasem wzbogaconym w sód i magnez (dwa warianty KNaMg, KNa₃Mg) przeprowadzono w latach 1999 i 2000 w Donatowie, Wielkopolska. Plony korzeni i cukru, a także jakość technologiczna korzeni zależały od współdziałania obu czynników doświadczalnych, czyli nawozów azotowych i nawozów KNaMg. Tej samej wielkości plony korzeni i cukru uzyskano nawożąc buraki cukrowe saletrą wapniową i solą potasową lub saletrą amonową i nawozem KNaMg. Saletra wapniowa w porównaniu do saletry amonowej zwiększała w korzeniach buraków cukrowych zarówno zawartość cukru, jak i zawartość azotu α -aminowego i potasu. Jak wynika z analizy regresji i ścieżek, plony cukru roślin nawożonych saletrą wapniową zależały głównie od plonów korzeni, a nawożonych saletrą amonową w niemal równym stopniu od plonów korzeni i polaryzacji.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, jakość technologiczna korzeni, nawozy potasowo-sodowo-magnezowe, nawozy azotowe, plony korzeni, plon cukru,

An assessment of the effect of calcium saltpetre and ammonium saltpetre nitrogen fertilizers in relation to potassium fertilization applied alone or enriched with sodium and magnesium (two variants: KNaMg; KNa₃Mg) on roots and sugar yields were conducted in 1999 and 2000 at Donatowo, Wielkopolska. Yields of root, sugar and technological quality of roots depended on interaction of both experimental factors, i.e. N and K-Na-Mg fertilizers. Sugar beet plant fertilized with calcium saltpetre and potassium chloride or ammonium saltpetre together with KNaMg fertilizer resulted in similar level of roots and sugar yields. The calcium saltpetre in comparison to ammonium saltpetre caused increase of sugar content and some molasses forming substances such as α -amino N and K as well. It was found that sugar yields from the combination fertilized with calcium saltpetre depended more on yields of roots, but fertilized with ammonium saltpetre on both yield of roots and sugar content.

Key words: nitrogen fertilizers, potassium-sodium-magnesium fertilizers, sugar beet, technological quality of roots, yields of root yield of sugar

WSTĘP

Burak cukrowy (*Beta vulgaris* L.) charakteryzuje relatywnie krótki okres wegetacji, a jednocześnie bardzo duża dynamika przyrostu biomasy, co w konsekwencji wiąże się z bardzo dużymi wymaganiami pokarmowymi. Potrzeby pokarmowe tej rośliny odnoszą się zarówno do ilości pobieranych składników, jak i dynamiki ich pobierania w sezonie wegetacyjnym (Bell i in., 1996; Draycott, 1996).

Dominująca rola potasu w stabilizacji plonów roślin uprawnych, w tym buraków cukrowych wynika, jak prezentuje szeroka literatura przedmiotu, z funkcji jaką ten pierwiastek pełni w procesach odpowiedzialnych za gospodarkę wodną rośliny i metabolizm azotowy (Marschner, 1993; Armstrong, 1998; Gutmański, 2002). W fazie maksymalnego wzrostu liści (lipiec) wysoko plonujące plantacje buraków (> 50 t/ha) pobierają do 15 kg K₂O/ha (Draycott, 1996; Grzebisz i in., 1998). Tak duże pobranie potasu stanowi warunek efektywnego pobierania i wykorzystania przez rośliny azotu (Marschner i in., 1996).

Pomimo, wydawałoby się dużej wiedzy na temat gospodarki mineralnej buraka cukrowego, w dalszym ciągu wyjaśnienia wymaga plonotwórcza rola sodu (Haneklaus i in., 1998). Niezmiernie ważnym zagadnieniem teoretycznym i praktycznym jest określenie roli magnezu, a w szerszym kontekście współdziałania obu pierwiastków z potasem i azotem. W tym ostatnim przypadku problem dotyczy zarówno dawki, jak i formy azotu w nawozie azotowym. Zagadnienie to jest także ważne z tego względu, że w ciągu ostatnich 25 lat nastąpił znaczny postęp hodowlany, w tym dotyczący tzw. rezerw alkalicznych korzeni buraka cukrowego (Schiweck i Burba, 1993; Pollach i in., 1996).

Celem przeprowadzonych badań było określenie reakcji buraka cukrowego mierzonej wielkością plonów korzeni, cukru i jakością technologiczną korzeni na rodzaj nawozu azotowego na tle nawożenia samym potasem lub potasem wzbogaconym w sód i magnez.

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 1999 i 2000 w miejscowości Donatowo (województwo wielkopolskie). Dwuczynnikowe doświadczenie, w układzie split-plot, w czterech powtórzeniach, założono na glebie płowej, wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego, klasy bonitacyjnej IVa. Gleba o odczynie obojętnym charakteryzowała się średnim poziomem zasobności w potas, fosfor i niską w magnez.

Czynniki doświadczenia:

I. Główny czynnik doświadczalny zawierał 4 warianty nawożenia:

- kontrola bez potasu (lecz z N i P);
- K:150 kg K₂O·ha⁻¹ (60% sól potasowa);
- KNaMg:150 kg K₂O·ha⁻¹ + 10,5 kg Na·ha⁻¹ + 21 kg MgO·ha⁻¹ + 15 kg S·ha⁻¹ (w formie Korn-Kali);
- KNa₃Mg:150 kg K₂O·ha⁻¹ + 10,5 kg Na·ha⁻¹ + 46 kg MgO·ha⁻¹ + 35 kg S·ha⁻¹ (w formie Korn-Kali + kizeryt);

II. Drugi czynnik doświadczalny stanowiły dwa nawozy azotowe:

- Saletra wapniowa (SW);
- Saletra amonowa (SA).

Azot w dawce $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ stosowano w dwóch terminach: przedsiewnie — $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz w fazie 4-tego liścia — $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Nawożenie fosforem w dawce $80 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$ (superfosfat pojedynczy granulowany), potasem i magnezem przeprowadzano jesienią. Dawka obornika wynosiła $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. W obu latach buraki cukrowe odmiany *Fontana* wysiewano w II dekadzie kwietnia w ilości 1,25 jednostki/ha, a zbierano w II dekadzie października.

Warunki pogodowe w obu latach prowadzenia doświadczeń były zróżnicowane. W roku 1999 od sierpnia aż do końca września wystąpiła susza glebowa. Natomiast warunki pogodowe w roku 2000 można uznać za bardzo dobre, co potwierdzają średnie plony buraków cukrowych w Polsce (Rocznik Statystyczny, 2000, 2001).

Obliczenia statystyczne otrzymanych wyników przeprowadzono w oparciu o analizę wariancji dla doświadczenia dwuczynnikowego (program statystyczny STATPAKU), rachunek regresji wielokrotnej z wyborem najlepszego podzbioru zmiennych oraz metodę analizy ścieżkowej (Konys i Wiśniewski, 1991).

WYNIKI I DYSKUSJA

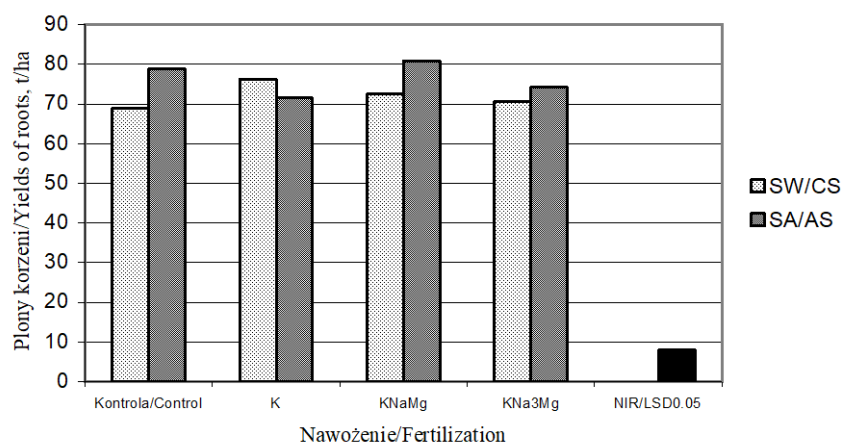
Uzyskane, w przeprowadzonym doświadczeniu, plony korzeni były wysokie — 73 t/ha , zbliżone do potencjału plonowania odmian w Polsce (Siódmiak, 2002). Tak wysoki poziom plonów oraz relatywnie niewielki stopień reakcji na zastosowane nawożenie wskazuje na optymalne warunki żywieniowe wzrostu roślin w całym okresie wegetacji (Herlichy 1992; Dibb, 2000).

W przeprowadzonym doświadczeniu plony korzeni buraków cukrowych w sposób istotny różnicowało współdziałanie nawozów K-Na-Mg i nawozów azotowych (rys. 1). Jednakże kluczem do oceny działania nawozów azotowych są plony roślin nawożonych tylko fosforem i azotem (kontrola). W tym wariancie doświadczalnym buraki cukrowe nawożone saletrą amonową, w porównaniu do saletry wapniowej, wytworzyły o 16,2% większy plon korzeni. Wyjaśnienie, na podstawie otrzymanych wyników, przyczyny tego stanu jest bardzo trudne. Wykluczyć należy toksyczne działanie formy azotu w nawozie azotowym, gdyż różnice w obsadzie roślin wywołane zmiennością glebową były większe, niż działaniem czynników doświadczalnych. Powstały problem wymaga odpowiedzi na pytanie o rolę:

- Ca^{2+} w pobieraniu innych kationów,
- NH_4^+ na pobieranie fosforu i mikroelementów.

Pierwsza z hipotez jest wysoce dyskusyjna, lecz Marschner i Schafarczyk (1967) wykazali możliwy antagonizm między kationami Ca^{2+} a kationami K^+ i Na^+ , w sytuacji nadmiaru jonów wapnia w ryzosferze buraków. Bardziej prawdopodobnym wydaje się hipoteza, że to nie wapń działał antagonistycznie, lecz kation amonowy zawarty w saletrze amonowej stymulował pobieranie fosforu i mikroskładników przez rośliny buraka, a tym samym zwiększał plon korzeni. Podobne zjawisko odnotowano dla rzepaku (Barłóg i in., 2002). Dopiero w tym kontekście, to znaczy na tle plonów korzeni uzyskanych przy braku

nawożenia KNaMg, można rozważać działanie nawozów azotowych. Na obiekcie z saletrą wapniową, w stosunku do kontroli, rośliny buraka cukrowego nawożone samym potasem, wyprodukowały o 12,5% wyższy plon korzeni. Rośliny nawożone KNaMg, a zwłaszcza KNa₃Mg, plonowały wyżej niż kontrolne, lecz niżej niż nawożone samym potasem. Taki układ wyników jednoznacznie wskazuje na antagonizm zachodzący między kationami dwuwartościowymi (Ca^{2+} , Mg^{2+}), a jednowartościowymi (K^+ , Na^+). Antagonizm kationowy, jak wynika z analizy plonów korzeni w kolejnych latach badań, spotęgował stres wodny, który wystąpił w roku 1999.



Rys. 1. Plony korzeni buraka cukrowego, t·ha⁻¹

Fig. 1. Yields of root of sugar beet, t·ha⁻¹

Zdecydowanie odmienną reakcję plonotwórczą wykazały rośliny nawożone saletrą amonową. Najwyższe plony korzeni wytworzyły rośliny nawożone KNaMg, lecz istotną różnicę odnotowano tylko w stosunku do wariantu z solą potasową, a nie do kontroli. Spadek plonów korzeni w wariancie z samym potasem sugeruje antagonizm jonów K^+ i NH_4^+ , który jest wysoce prawdopodobny, gdyż wynika z konkurencji jonów o nośnik (Marschner, 1993). Jednocześnie w wariancie KNa₃Mg wystąpił antagonizm kationowy wywołany nadmiarem wprowadzonych do gleby kationów Mg^{2+} .

Rozpatrując cechy i parametry jakościowe korzeni buraka cukrowego stwierdzono brak jednoznacznych zależności. Najniższą polaryzację wykazały korzenie roślin kontrolnych, czyli nawożonych tylko azotem i fosforem. Tym samym wzrost zawartości cukru w korzeniach roślin nawożonych kationami potwierdza korzystny wpływ nawożenia potasem na akumulację cukru w korzeniach, aczkolwiek zmienny w latach (Herlichy, 1992; Milford i in., 2000). W roku suchym, 1999, polaryzację i to zdecydowanie zwiększało nawożenie samym potasem, a w optymalnym pogodowo roku 2000 — KNaMg (tab. 1).

Tabela 1

Wpływ nawożenia potasem i azotem na parametry jakościowe korzeni buraka cukrowego
Effect of potassium and nitrogen fertilization on root quality parameters of sugar beet

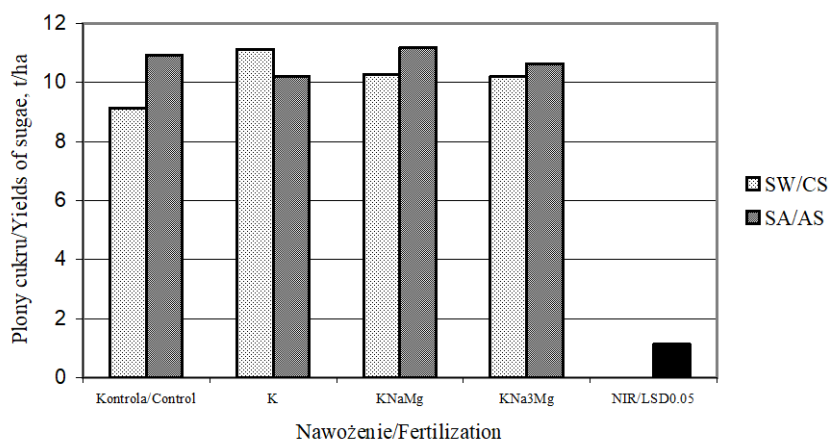
Parametr Parameter	Nawożenie potasem K-fertilization	Rok badań / Nawożenie azotem Year of investigations / N-fertilization							
		1999		Średnia Mean	2000		Średnia Mean	Średnia / Mean 1999/2000	
		SW	SA		SW	SA		SW	SA
Polaryzacja, % Sugar content, %	Kontrola Control	15,73	16,30	16,02	15,79	15,86	15,83	15,76	16,08
	K	17,50	17,28	17,39	16,23	15,60	15,92	16,87	16,44
	KNaMg	16,69	15,56	16,13	16,52	16,41	16,47	16,61	15,99
	KNa ₃ Mg	17,42	16,66	17,04	16,15	16,31	16,23	16,79	16,49
	Średnia Mean	16,84	16,45		16,17	16,05		16,51	16,25
N- α -m. mmol/100 g	Kontrola Control	2,90	2,40	2,65	2,09	2,16	2,13	2,50	2,28
	K	2,29	1,82	2,06	2,62	2,35	2,49	2,46	2,09
	KNaMg	2,81	1,87	2,34	2,47	1,99	2,23	2,64	1,93
	KNa ₃ Mg	2,81	1,81	2,31	2,20	1,88	2,04	2,51	1,85
	Średnia Mean	2,70	1,98		2,34	2,10		2,52	2,04
K mmol/100 g	Kontrola Control	4,06	3,46	3,76	4,58	4,83	4,71	4,32	4,15
	K	3,79	4,17	3,98	4,90	4,44	4,67	4,35	4,31
	KNaMg	5,12	3,90	4,51	5,28	4,53	4,91	5,20	4,22
	KNa ₃ Mg	4,74	4,43	4,59	4,64	4,17	4,41	4,69	4,30
	Średnia Mean	4,43	3,99		4,85	4,49		4,64	4,24
Na mmol/100 g	Kontrola Control	0,62	0,60	0,61	0,75	1,09	0,92	0,69	0,85
	K	0,93	0,59	0,76	0,76	0,77	0,77	0,85	0,68
	KNaMg	0,67	0,61	0,64	0,70	0,78	0,74	0,69	0,70
	KNa ₃ Mg	0,54	0,60	0,57	0,65	1,01	0,83	0,60	0,81
	Średnia Mean	0,69	0,60		0,72	0,91		0,71	0,76
Straty przerobowe, % Sugar losses, %	Kontrola Control	2,34	2,14	2,24	2,22	2,31	2,27	2,28	2,23
	K	2,20	2,09	2,15	2,39	2,27	2,33	2,30	2,18
	KNaMg	2,45	2,07	2,26	2,39	2,19	2,29	2,42	2,13
	KNa ₃ Mg	2,39	2,12	2,26	2,24	2,15	2,20	2,32	2,14
	Średnia Mean	2,35	2,11		2,31	2,23		2,33	2,17
Cukier technologiczny, % Recoverable sugar, %	Kontrola Control	13,39	14,16	13,78	13,57	13,55	13,56	13,48	13,85
	K	15,30	15,19	15,24	13,84	13,33	13,59	14,57	14,26
	KNaMg	14,24	13,49	13,87	14,13	14,22	14,18	14,19	13,86
	KNa ₃ Mg	15,03	14,54	14,78	13,91	14,16	14,03	14,47	14,35
	Średnia Mean	14,49	14,34		13,86	13,82		14,18	14,08

Najbardziej charakterystyczną cechą działania badanych nawozów azotowych okazał się wzrost zawartości cukru w korzeniach roślin nawożonych saletrą wapniową w połączeniu z jednoczesnym wzrostem zawartości azotu α -aminowego i potasu. Większa

zawartość azotu α -aminowego w korzeniach roślin buraków nawożonych saletrą wapniową wskazuje na lepsze warunki zaopatrzenia w azot mineralny, niż roślin nawożonych saletrą amonową (Pocock i in., 1990). W rezultacie większe straty przerobowe cukru przejawiały rośliny buraka nawożone saletrą wapniową. W pierwszym roku badań straty te potęgowało nawożenie KNaMg, a w drugim także samym potasem. Przy czym, niezależnie od nawozu azotowego, ze względu na wielkość strat przerobowych można je zakwalifikować do klasy dobrej, która mieści się w zakresie od 2,01–2,40 mmol/100 g korzeni (Anonim, 1995).

Zawartość cukru technologicznego (wydatek) prezentuje wartość będąca różnicą między polaryzacją, a stratami przerobowymi cukru. Analiza średnich z 2-letnich wyników badań wykazała nieznaczną, poza wariantem kontrolnym, przewagę saletry wapniowej, zwłaszcza w roku niekorzystnym pogodowo, jakim był rok 1999. Średni wydatek cukru roślin nawożonych saletrą wapniową w stosunku do saletry amonowej był wyższy o 0,1%, a samym potasem do 0,3%.

Plony cukru technologicznego zależały od współdziałania obu czynników nawozowych (rys. 2). Największe różnice w działaniu nawozów azotowych wystąpiły na kontroli potasowej. Plony cukru uzyskane z buraków nawożonych saletrą wapniową stanowiły 84% nawożonych saletrą amonową. Na tle kontroli, w pierwszym obiekcie stwierdzono istotne działanie tylko soli potasowej, a w drugim żaden z wariantów nawożenia potasem nie wykazał istotnej różnicy w stosunku do kontroli.



Rys. 2. Plon technologiczny cukru
Fig. 2. Technological yield of sugar, t·ha⁻¹

Celem określenia roli nawozu azotowego w kształtowaniu plonów cukru buraków zastosowano analizę regresji, w której za zmienną zależną przyjęto plon cukru technologicznego (y), a za zmienne niezależne plony korzeni (x_1), polaryzację (x_2) i zawartość melasotworów (N α -aminowy; K, Na). Uzyskane zależności, dla obiektów z azotem, przedstawiają poniższe równania:

1. Saletra wapniowa

$$y = -3,048 + 0,184 x_1 \quad \text{dla} \quad R^2 = 82,84\% \quad n = 8 \quad (1)$$

$$y = -11,891 + 0,136 x_1 + 0,747 x_2 \quad \text{dla} \quad R^2 = 99,28\% \quad n = 8 \quad (2)$$
 2. Saletra amonowa

$$Y = 2,817 + 0,104 x_1 \quad \text{dla} \quad R^2 = 53,42\% \quad n = 8 \quad (3)$$

$$Y = -13,034 + 0,141 x_1 + 0,799 x_2 \quad \text{dla} \quad R^2 = 99,42\% \quad n = 8 \quad (4)$$
- Z powyższych równań wynikają dwa fakty:
- plon cukru uzyskany z buraków nawożonych saletrą amonową w prawie równym stopniu zależał od plonu korzeni, jak i polaryzacji;
 - zawarte w korzeniach melasotwory, niezależnie od zastosowanego nawozu azotowego, nie odgrywały istotnej roli w kształtowaniu plonów cukru.
- Powyższe zależności potwierdziła, aczkolwiek nie w pełni, analiza ścieżek (tab. 2). Plony cukru zależały, jak wynika z analizy wartości współczynników ścieżek, tylko od dwóch cech struktury plonu, a więc plonów korzeni i polaryzacji.

Tabela 2

Współczynniki korelacji i ścieżki dla zależności plonów cukru od plonów korzeni i jakości technologicznej korzeni buraków cukrowych
Coefficients of correlation and paths analysis for the relationships between sugar yields and yields of roots and their technological parameters

Zmienne niezależne Independent variables	Saletra wapniowa Calcium salpeter		Saletra amonowa Ammonium salpeter	
	współczynniki coefficients			
	korelacji correlation	ścieżki path	korelacji correlation	ścieżki path
Plon korzeni Yield of roots	0,91	0,687	0,73	0,96
Zawartość cukru Sugar content	0,81	0,463	0,37	0,68
N α -aminowy α -amino N	-0,28	-0,055	-0,44	-0,05
K	0,24	-0,051	-0,36	-0,07
Na	0,31	0,007	-0,15	-0,02

WNIOSKI

1. Wysoko plonujące plantacje buraków cukrowych wymagają precyzyjnego doboru nawozu azotowego i potasowego uwzględniającego ich skład chemiczny; wzajemne relacje między składnikami pokarmowymi mogą wywierać znaczący wpływ na plon cukru.
2. W omawianym doświadczeniu największe plony korzeni i cukru otrzymano nawożąc buraki saletrą wapniową oraz solą potasową lub saletrą amonową oraz nawozem zawierającym poza potasem także sód i magnez.
3. Ocena plonotwórczego działania nawozów azotowych wymaga wyjaśnienia roli formy chemicznej azotu w nawozie. Plony buraków nawożonych saletrą wapniową w

przeważającym stopniu zależały od plonu korzeni, a nawożonych saletra amonową zarówno od plonu korzeni, jak i polaryzacji.

LITERATURA

- Anonim 1995. Ein starkes Stück: Qualität von KWS. KWS, Einbeck: 31.
- Armstrong D. I. 1998. (ed.). Potassium for agriculture. Better Crops. 3: 40.
- Barlóg P., Grzebisz W. 2002. The influence of the kind of fertilizer and the method of division of nitrogen on the content and dynamics of micronutrient uptake by winter oilseed rape. In: Chemistry for Agriculture. Vol. 3. Chemical Products In: Agriculture and Environment: 195 — 198.
- Bell Ch., Milford G. F. J., Leigh R-A. 1996. Sugar beet. In: Photoassimilate Distribution in Plants and Crops. (Eds. E. Zamski and A. A. Schaffer) New York, Marcel Dekker Inc: 691 — 707.
- Dibb D. W. 2000. The mysteries (myths) of nutrient use efficiency. Better Crops 84, 3: 3 — 5.
- Draycott, A. P. 1996. Aspects of fertilizer use in modern, high-yield sugar beet culture. IPI- Bulletin 15, IPI, Basel/Switzerland: 52.
- Grzebisz W., Barlóg P., Feć M., 1998. The dynamics of nutrient uptake by sugar beet and its effect on dry matter and sugar yields. Bibliotheca Fragmenta Agronomica, 3/98: 242 — 248.
- Grzebisz W., Barlóg P. 2002. Zasady nawożenia. W: Nowoczesna uprawa buraków cukrowych. W. Grzebisz (red.). Wyd. AR Poznań: 62 — 85.
- Gutmański I. 2002. Znaczenie nawożenia potasem dla efektywnej uprawy buraka cukrowego. IPI, IHAR: 32.
- Haneklaus S., Knudsen L., Schnug E. 1998. Relationship between potassium and sodium in sugar beet. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 29 (11–14): 1793 — 1798.
- Herlihy M., 1992. Effects of N, P and K on yield and quality of sugar beet. Irish J. of Agric. Food Res. 31: 35 — 49.
- Konys L., Wiśniewski P. 1991. Analiza ścieżkowa w układach przyczynowo-skutkowych. Roczniki AR w Poznaniu CLIII: 37 — 45.
- Marschner H., Schafarczyk W. 1967. Influx und Efflux von Natrium und Kalium bei Mais- und Zuckerrübenpflanzen. Zeitschrift für Pflanzenernähr. Bodenk. 118: 172 — 187.
- Marschner H. 1993. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London — Toronto.
- Marschner H., Kirkby E.A., Cackmak J. 1996. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photo-assimilates and cycling of mineral nutrients. J. Exp. Botany: 1255 — 1263.
- Milford G. F. J., Armstrong M. J., Jarvis P. J., Houghton B. J., Bellet-Travers D. M., Jones J., Leigh R. A. 2000. Effect of potassium fertilizer on the yield, quality and potassium offtake of sugar beet crops grown on soils of different potassium status. J. Agric. Sci. 135 (Part 1): 1 — 10.
- Pocock T. O., Milford G. F. J., Armstrong M. J. 1990. Storage root quality in relation to nitrogen uptake. J. Agric. Sci. Cambridge 115: 355 — 362.
- Pollach G., Hein W., Rösner G. 1996. Definition der inneren Qualität von Zuckerrüben. Zuckerind. 121, 5: 332 — 344.
- Rocznik Statystyczny. 2000, 2001. Wydawn. Statystyczne GUS, Warszawa.
- Schiweck H., Burba M. 1993. Abschätzung der Alkalitätsreserven von Zuckerrüben aus der Ionenbilanz von Dicksäften. Zuckerind., 118: 241 — 246.
- Siódmiak J. 2002. Odmiany buraka cukrowego, ich ocena i wartość gospodarcza. W: Nowoczesna uprawa buraków cukrowych. W. Grzebisz (red.). Wyd. AR Poznań: 29 — 40.

HENRYK ŁAWIŃSKI¹
MAŁGORZATA SZCZEŚNIAK¹
ROBERT FABIAŃSKI²
WITOLD GRZEBISZ¹

¹ Katedra Chemii Rolnej

² Katedra Ekonomiki Gospodarki Żywnościowej
Akademia Rolnicza w Poznaniu

Efektywność azotu nawozowego w systemach uprawy buraka cukrowego w mulcz

Efficiency of nitrogen fertilizer in sugar beet mulch cultivation systems

W latach 1998–2000 przeprowadzono serię doświadczeń, których celem była optymalizacja nawożenia buraków cukrowych azotem, w alternatywnych, tzn. w systemach uprawy w mulcz (ścierniskowy, zielony z gorczycy białej i z facelii). Efektywność azotu w tych systemach porównano z systemem klasycznym, tj. z orką i obornikiem. Założone cele uprawy buraków cukrowych wyznaczone wielkością plonów korzeni, cukru biologicznego, cukru technologicznego oraz zysku, wykazały wyraźną reakcję na dawki azotu. Jednak system uprawy w znacznie większym stopniu, niż cel uprawy, określał wielkość optymalnej dawki azotu. Plony maksymalne korzeni, będące skutkiem systemu uprawy okazały się głównym czynnikiem określającym opłacalność uprawy buraków, która zwiększała się w kierunku: mulcz ścierniskowy (SM) ≤ mulcz z gorczycy białej (WMM) ≤ mulcz z facelii (PhM) < system klasyczny (FM). W tym samym kierunku wzrastał także zysk. Ze względu na wielkość optymalnej dawki azotu wydzielono dwie grupy celów uprawowych, a mianowicie pierwszą z większą dawką N_{opt} , której celem okazał się plon korzeni; drugą z dawką mniejszą, w której równorzędnymi celami okazała się produkcja cukru technologicznego oraz zysk.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, efektywność agronomiczna azotu, nawożenie azotowe, zysk

A series of field experiments on optimization of N-fertilization in sugar beet were carried out in 1998–2000 for various in mulch cultivation systems [stubble mulch (SM), white mustard green mulch (WMM), phacelia green mulch (PhM)]. These systems were compared to the classical one, i.e. including ploughing and farmyard manure (FM). Goals of sugar beets cultivation, i.e. yield of roots, biological sugar, recoverable sugar and net return highly responded to the applied N rates. However, the type of the cultivation system affected the optimum N rate more deeply than the management goals. The maximal yields of roots, resulting from the assessed cultivation systems, was the main factor affecting sugar beet profitability and increased in the following order: SM ≤ WMM ≤ PhM < FM. The same order of the net return response to N rates was found. With respect to the optimum N rate, two groups of goals were established, the first one characterized by higher N_{opt} rate, comprised yield of roots and the second one with lower N_{opt} rate — yield of recoverable sugar and net return.

Key words: net return, nitrogen apparent efficiency, nitrogen fertilization, sugar beet

WSTĘP

Poglądy na temat uprawy roli, a zwłaszcza celowości wykonywania orki pod buraki cukrowe, która była i jest podstawowym warunkiem uzyskania wysokich i stabilnych plonów roślin, ulegają w ostatnich latach znacznej ewolucji. W Niemczech systemy bezorkowe w uprawie buraka cukrowego uznaje się za równoważne z klasycznymi — orkowymi (Becker i in., 1996; Becker i in., 1998). W Polsce także prowadzi się intensywne prace badawcze nad różnymi wariantami przygotowania roli pod zasiewy buraka cukrowego (Kordas, 1997; Zimny, 1997; Dzieńka, 1999; Gutmański i in., 1999).

Alternatywne systemy uprawy wymagają jednak zmian w całej technologii, nawet w technice nawożenia, w tym azotem. Wybór najbardziej ekonomicznego wariantu uproszczenia uprawowego można ocenić na podstawie efektywności nawożenia azotem, mając na względzie cztery cele uprawy buraka cukrowego, a mianowicie maksymalizację (Tassell i in., 1996):

- plonu korzeni,
- plonu cukru biologicznego,
- plonu cukru technologicznego,
- zysku.

Celem badań była ocena efektywności przyrodniczej i ekonomicznej azotu nawozowego w zależności od systemu uprawy buraka cukrowego w mulcz.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe, z burakiem cukrowym odmiany Sonia, prowadzono w latach 1998–2000 na glebach kompleksu żytniego bardzo dobrego, klasy bonitacyjnej IVa. Doświadczenie w układzie zależnym obejmowało następujące czynniki:

- I-rzędu — system uprawy: mulcz ścierniskowy (SM); mulcz zielony — gorczyca (WMM); mulcz zielony — facelia (PhM); orka + obornik (FM),
- II-rzędu — dawki azotu: 0 kg N·ha⁻¹; 60 kg N·ha⁻¹; 120 kg N·ha⁻¹; 180 kg N·ha⁻¹.

Dawki fosforu i potasu wynosiły odpowiednio 60 kg P₂O₅·ha⁻¹ i 150 kg K₂O·ha⁻¹. Dawka obornika 30 t·ha⁻¹. Międzyplony wysiewano w 2 dekadzie sierpnia w ściernisko o wysokości ok. 10 cm. Ilość suchej masy wprowadzona z międzyplonami do gleby wynosiła średnio 26,23 dt·ha⁻¹ (zawartość N — 3,59%) dla gorzycy i 26,43 dt·ha⁻¹ (N — 3,55%) dla facelii. Uprawa przedsiewna pod buraki cukrowe ograniczała się do użycia rototilera, po uprzednim zastosowaniu Roundupu w dawce 4 l·ha⁻¹. Siewu buraka cukrowego dokonywano w 2 dekadzie kwietnia. Do siewu użyto siewnika Unicorn-3. Nasiona wysiewano w odstępach 18 cm w rzędzie i na głębokości 1,5 cm.

Analizę ekonomiczną przeprowadzono dla każdego systemu uprawy oddzielnie posługując się danymi z tabeli 1.

Tabela 1

Źródła kosztów bezpośrednich w zależności od systemu uprawy buraka cukrowego (PLN·ha⁻¹)
Sources of direct costs in accordance to the sugar beets cultivation system (PLN·ha⁻¹)

Rodzaj kosztów Structure of costs	System uprawy Cultivation system			
	SM	WMM	PhM	FM
Nawożenie P i K P and K fertilization	250	250	250	250
Podorywka + uprawa Skimming + cultivation	x	70	70	70
Siew poplonu Catch crop sowing	x	150	115	x
Nawożenie obornikiem Organic fertilization	x	x	x	190
Orka głęboka Deep ploughing	x	x	x	210
Zwalczanie chwastów Weeding	220	220	220	x
Uprawa przedsiewna Sowing cultivation	80	80	80	80
Siew buraków Beets sowing	490	490	490	490
Nawożenie azotem N fertilization	310	310	210	210
Zwalczanie powstające chwastów Post-emerging weeding	820	820	820	820
Zbiór i transport buraków Beets harvest and transportation	780	780	780	780

Dochód brutto wyliczono jako iloczyn plonu korzeni, modyfikowany wartością polaryzacji oraz ceny jednostkowej korzeni (zgodnie z procedurą stosowaną w latach badań w Cukrowni Kościan).

Zbiór korzeni, z poletek o powierzchni 18 m², przeprowadzano corocznie w drugiej dekadzie października. W korzeniach, na auto-analizatorze Venema, oznaczono zawartość cukru, azotu α -aminowego, potasu i sodu. Straty cukru (S) wyliczono z równania (Buchholz, 1995):

$$S = 0,12 \times (K + Na) + 0,24 \times N\text{-}\alpha\text{-amin} + 1,08 \%$$

Po odjęciu od polaryzacji (C_b) strat cukru otrzymano procentową zawartość cukru technologicznego (C_t):

$$C_t = \% C_b - S (\%)$$

Plon cukru biologicznego (Y_{cb}) wyliczono wg wzoru :

$$Y_{cb} = (Y_k \times \% C_b) \times 100\% (\text{t}\cdot\text{ha}^{-1})$$

Plon cukru technologicznego (Y_{ct}) wyliczono wg wzoru:

$$Y_{ct} = (Y_k \times \% C_t) \times 100\% (\text{t}\cdot\text{ha}^{-1})$$

Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji dla doświadczeń dwuczynnikowych w układzie zależnym, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Otrzymane, przy zastosowaniu

regresji prostej, równania wielomianowe 2° posłużyły do wyliczenia (Fotyma i Mercik, 1995):

— optymalnej dawki azotu (X_{opt}):

$$X_{opt} = -\frac{b}{2c} \times (kg \cdot N \cdot ha^{-1})$$

— maksymalnego plonu korzeni (Y_{max}):

$$Y_{max} = a - \frac{b^2}{4c} \times (t \cdot ha^{-1})$$

gdzie:

K, Na, N α -aminowy — zawartości (mmol·100g korzeni⁻¹)

Y_k — plon korzeni (t·ha⁻¹)

a, b, c — współczynniki funkcji wielomianowej 2°

WYNIKI BADAŃ

Analizie wariancji poddano cztery cechy biologiczne i jedną cechę ekonomiczną plonów buraka cukrowego (tab. 2).

Tabela 2

Istotność czynników wpływających na plony korzeni i cukru oraz na zysk
Significance of factors influencing on yields of roots and sugars and net return

Źródło zmienności Source of variation	System uprawy — Cultivation system			
	mulcz ściernisko stubble mulch SM	mulcz gorczyca white mustard mulch WMM	mulcz facelia phacelia mulch PhM	obornik farmyard manure FM
Plon korzeni — Yield of roots, t·ha ⁻¹				
Azot — Nitrogen (N)	**	**	**	**
Lata — Years (L)	**	**	**	**
N × L	NS	NS	NS	NS
Polaryzacja — Polarization %				
Azot — Nitrogen (N)	**	**	**	**
Lata — Years (L)	**	**	**	**
N × L	NS	NS	NS	NS
Plon cukru biologicznego — Yield of biological sugar, t·ha ⁻¹				
Azot — Nitrogen (N)	**	**	□	**
Lata — Years (L)	**	**	**	**
N × L	NS	NS	NS	NS
Plon cukru technologicznego — Yield of technological sugar, t·ha ⁻¹				
Azot — Nitrogen (N)	**	*	□	**
Lata — Years (L)	**	**	*	**
N × L	NS	NS	NS	NS
Zysk — Net return (PLN·ha ⁻¹)				
Azot — Nitrogen (N)	**	**	□	**
Lata — Years (L)	**	**	**	**
N × L	NS	NS	NS	NS

NS — Nieistotne; Non significant

** — Istotne dla $\alpha = 0,01$; Significant at $\alpha = 0.01$

* — Istotne dla $\alpha = 0,05$; Significant at $\alpha = 0.05$

□ — Istotne dla $\alpha = 0,1$; Significant at $\alpha = 0.1$

Reakcja poszczególnych cech na czynnik doświadczalny, jakim były dawki azotu okazała się dodatnia. Niezależnie od systemu uprawy roli, plon korzeni i polaryzacja wykazały istotność reakcji na dawki azotu na poziomie $P \leq 0,01$. W trzech systemach uprawy, a mianowicie siewu w mulcz ścierniskowy, mulcz z gorczycy i w klasycznym, plony cukru biologicznego, cukru technologicznego i zysk, wykazały reakcję na nawożenie azotem na poziomie $P \leq 0,01$. Tylko w przypadku siewu w mulcz z facelii, otrzymano istotność reakcji na dawki azotu na poziomie $P \leq 0,1$. Dla każdego z badanych wariantów uprawy i badanych cech plonu wystąpiło istotne działanie lat ($P \leq 0,01$), jednakże nie stwierdzono współdziałania dawek azotu z latami. Wyniki te stały się podstawą do przeprowadzenia analizy regresji badanych cech względem dawek azotu na podstawie średnich z lat.

Regresja plonów korzeni buraka cukrowego względem dawek azotu wykazała reakcję typu równania 2° (tab. 3).

Tabela 3

Regresje plonów korzeni, cukru i zysku względem dawek azotu w zależności od systemu uprawy buraka cukrowego
Regression of yields of roots and sugar versus nitrogen rates in dependence on sugar beet cultivation system

System uprawy Cultivation system	Równanie regresji, współczynnik R^2 Regression equation, R^2 coefficient	N_{opt} ($kg \cdot ha^{-1}$)	Plon _{max} , $t \cdot ha^{-1}$ / zysk _{max} , ($PLN \cdot ha^{-1}$) Yield _{max} , $t \cdot ha^{-1}$ / net return _{max} ($PLN \cdot ha^{-1}$)
Plon korzeni — Yield of roots, $t \cdot ha^{-1}$			
SM*	$Y = -0,0003x^2 + 0,106x + 36,232$ ($R^2 = 0,955$)	176,66	Plon _{max} = 45,56
WMM	$Y = -0,0003x^2 + 0,0926x + 41,032$ ($R^2 = 0,998$)	154,33	Plon _{max} = 48,20
PhM	$Y = -0,0003x^2 + 0,0824x + 43,451$ ($R^2 = 0,75$)	137,33	Plon _{max} = 49,12
FM	$Y = -0,0007x^2 + 0,1616x + 46,134$ ($R^2 = 0,985$)	115,43	Plon _{max} = 55,45
Plon cukru biologicznego — Yield of biological sugar, $t \cdot ha^{-1}$			
SM*	$Y = -0,00006x^2 + 0,0169x + 6,3925$ ($R^2 = 0,935$)	140,83	Plon _{max} = 7,64
WMM	$Y = -0,00007x^2 + 0,0165x + 7,0825$ ($R^2 = 0,994$)	117,86	Plon _{max} = 8,15
PhM	$Y = -0,00005x^2 + 0,0112x + 7,7895$ ($R^2 = 0,604$)	112,00	Plon _{max} = 8,29
FM	$Y = -0,0001x^2 + 0,0253x + 8,051$ ($R^2 = 0,965$)	126,50	Plon _{max} = 9,55
Plon cukru technologicznego — Yield of technological sugar, $t \cdot ha^{-1}$			
SM*	$Y = -0,00006x^2 + 0,0148x + 5,7435$ ($R^2 = 0,929$)	123,33	Plon _{max} = 6,57
WMM	$Y = -0,00007x^2 + 0,0143x + 6,324$ ($R^2 = 0,988$)	102,15	Plon _{max} = 7,03
PhM	$Y = -0,00005x^2 + 0,0091x + 7,0075$ ($R^2 = 0,619$)	91,00	Plon _{max} = 7,41
FM	$Y = -0,0001x^2 + 0,0214x + 7,1275$ ($R^2 = 0,962$)	107,00	Plon _{max} = 8,25
Zysk — Net return ($PLN \cdot ha^{-1}$)			
SM*	$Y = -0,0324x^2 + 8,5314x + 847,9$ ($R^2 = 0,899$)	129,50	Zysk _{max} = 1409,5
WMM	$Y = -0,0311x^2 + 7,0984x + 1072,7$ ($R^2 = 0,999$)	111,96	Zysk _{max} = 1477,7
PhM	$Y = -0,0316x^2 + 6,3494x + 1345,9$ ($R^2 = 0,526$)	98,33	Zysk _{max} = 1664,8
FM	$Y = -0,0712x^2 + 13,646x + 1532,7$ ($R^2 = 0,978$)	94,88	Zysk _{max} = 2186,5

* — Oznaczenia w tabeli 1; Denotations as in the table 1

Wielkość wyliczonych optymalnych dawek azotu wskazuje na fakt, że każde uproszczenie systemu uprawy prowadziło, w odniesieniu do systemu klasycznego, do wzrostu optymalnej dawki azotu, która nie rekompensowała jednakże strat plonu. Optymalna dawka azotu wyliczona dla systemu klasycznego wyniosła 115,4 $kg N \cdot ha^{-1}$. Uproszczenie uprawy do siewu bezpośredniego buraka cukrowego w mulcz zielony

zwiększyło optymalną dawkę azotu o 19% w odniesieniu do mulczu z facelii i o 34% do mulczu z gorczycy. Dla najbardziej skrajnego uproszczenia roli — siewu w mulcz ściernikowy, optymalna dawka azotu zwiększyła się aż o 53%.

Maksymalne plony korzeni buraka cukrowego okazały się odwrotnie proporcjonalne do optymalnej dawki azotu. W stosunku do maksymalnego plonu korzeni wynoszącego 55,4 t·ha⁻¹, uzyskanego w systemie klasycznym, plony w wariantach uproszczonych wynosiły odpowiednio 82% dla mulczu ścierniskowego i 87–89% dla mulczów zielonych.

Wyraźne zmniejszenie się plonów korzeni buraka cukrowego, w alternatywnych systemach uprawy, przy wzroście optymalnej dawki azotu podkreśla uniwersalne znaczenie obornika, który jest nie tylko źródłem azotu (Wadman, 1987). Zawężając wartość obornika tylko do azotu, wystarczyłoby w alternatywnych systemach uprawy buraka cukrowego zwiększyć, w stosunku do zastosowanej w uprawie klasycznej, dawkę azotu o 40–50 kg·ha⁻¹. Przykładem jest system siewu w mulcz ściernikowy, w którym wzrost dawki o 60 kg N·ha⁻¹ nie skompensował wartości stanowiska.

Reakcja plonów cukru biologicznego na nawożenie azotem okazała się odmienna, niż do plonu korzeni. Optymalna dawka azotu dla wariantu klasycznego wynosząca 126,5 kg N·ha⁻¹, okazała się większa, niż dla mulczu zielonego z gorczycy — 118 kg N·ha⁻¹, czy z facelii — 112 kg N·ha⁻¹. Plony maksymalne cukru biologicznego potwierdziły jednakże prawidłowość, którą stwierdzono dla plonu korzeni. W stosunku do systemu klasycznego (9,5 t·ha⁻¹) w systemach siewu bezpośredniego nastąpił spadek plonów cukru biologicznego o 20% — mulcz ściernikowy i średnio o 4% dla mulczu zielonego. Drastyczny spadek plonu cukru w systemie siewu w mulcz ściernikowy wynika prawdopodobnie z wielu przyczyn zarówno natury fizycznej, jak i biologiczno-chemicznej. W tym ostatnim przypadku odniesionej do gospodarki azotem (Becker i in., 1996; Kreykenbohm i in., 1998).

Analiza reakcji plonów cukru technologicznego na wzrastające dawki azotu wykazała jeszcze mniejsze wartości dawek optymalnych, a stwierdzone prawidłowości okazały się analogiczne, do otrzymanych dla plonu cukru biologicznego. Maksymalne plony cukru technologicznego także potwierdziły zależności, które uzyskano dla plonu cukru biologicznego.

Ostatnim kryterium oceny efektywności plonotwórczej azotu był zysk. W stosunku do wariantu klasycznego (2186,5 PLN·ha⁻¹) w systemie uprawy bezpośredniej w mulcz z facelii zysk zmniejszył się o 521,7 PLN·ha⁻¹ (strata 24%), a w systemie uprawy bezpośredniej w mulcz z gorczycy o 708,8 PLN·ha⁻¹ (strata 32,5%). Najniższy zysk uzyskano siejąc nasiona buraka cukrowego w mulcz ściernikowy — 1409,5 PLN·ha⁻¹, czyli o 35,5% mniej, niż w systemie klasycznym. Optymalne dawki azotu były o kilka kilogramów mniejsze, niż dla plonów cukru technologicznego, lecz tylko w systemach uprawy alternatywnej.

Przedstawiona w tabeli 4 analiza opłacalności uprawy buraków cukrowych w alternatywnych systemach uprawy jednoznacznie potwierdza rolę samego systemu uprawy, gdyż dawka azotu stanowiła tylko część kosztów bezpośrednich, wahając się od 6,4% w systemie klasycznym do 10,3% w systemie siewu w mulcz ściernikowy.

Tabela 4

Oplacalność uprawy buraków cukrowych w alternatywnych systemach uprawy
Profitability of sugar beet cultivation in the alternative cultivation systems

Źródła zmiennych Sources of variability	Systemy uprawy Cultivation systems			
	SM*	WMM	PhM	FM
Optymalna dawka N, kg·ha ⁻¹ Optimum N rate, kg·ha ⁻¹	176	154	137	115
Plon korzeni, t·ha ⁻¹ Yield of roots, t·ha ⁻¹	46	48	49	55
Dochód brutto, PLN·ha ⁻¹ Gross revenue, PLN·ha ⁻¹	4318	4519	4544	5193
Koszty N, PLN·ha ⁻¹ N costs, PLN·ha ⁻¹	303	265	235	198
Koszty inne, PLN·ha ⁻¹ Other costs, PLN·ha ⁻¹	2636	2860	2825	2891
Koszty całkowite, PLN·ha ⁻¹ Total costs, PLN·ha ⁻¹	2950	3170	3035	3100
Zysk netto, PLN·ha ⁻¹ Net return, PLN·ha ⁻¹	1379	1394	1483	2104

* * — Oznaczenia w tabeli 1; Denotations as in the table 1

Tabela 5

Zysk dla optymalnej dawki azotu w zależności od celu uprawy buraka cukrowego w zależności od systemu uprawy
Net return for the optimum N rate for each management goal of sugar beet cultivation in dependence on cultivation system

Cel uprawy Management goal	Systemy uprawy, Cultivation systems			
	SM*	WMM	PhM	FM
Zysk — Net return				
Dawka N N rate, kg·ha ⁻¹	129,5	112,0	98,3	95,0
Zysk Return, PLN·ha ⁻¹	1459	1466	1550	2139
Plon korzeni — Yield of roots				
Dawka N N rate, kg·ha ⁻¹	176,0	154,0	137,0	115
Zysk Return, PLN·ha ⁻¹	1379	1394	1483	2104
Plon cukru — Sugar yield				
Dawka N N rate, kg·ha ⁻¹	141,0	118,0	112	126
Zysk Return, PLN·ha ⁻¹	1439	1456	1526	2085
Plon cukru technologicznego — Recoverable sugar yield				
Dawka N N rate, kg·ha ⁻¹	123,0	102,0	91,0	107,0
Zysk Return, PLN·ha ⁻¹	1470	1484	1562	2127

Jak wynika z przeprowadzonej analizy regresji, dochód brutto (y) zależał dodatnio od plonu korzeni (x_1), lecz jednocześnie kształtował się w odwrotnej relacji do wielkości dawek

azotu (x_2), czyli zmniejszał się wraz ze wzrostem dawki tego składnika. Obie zależności przedstawiają poniższe równania:

$$\begin{array}{llll} Y = 97,733x_1 - 194,3 & \text{dla} & R^2 = 99,23\% & P \leq 0,01 \\ Y = -13,416x_2 + 6595,6 & \text{dla} & R^2 = 83,29\% & P \leq 0,05 \end{array}$$

Oplącalność uprawy buraka cukrowego wyznaczają cele uprawy tej rośliny, a rozważając zagadnienie w szerszym kontekście, szereg technicznych i ekonomicznych uwarunkowań, zależnych zarówno od plantatora, jak i od wymagań jakościowych określonych przez cukrownię. Taką ocenę zamieszczono w tabeli 5. Przeprowadzona analiza wykazała, że nadrzędnym czynnikiem decydującym o oplącalności uprawy okazał się system uprawy, a zysk generalnie wzrastał w kierunku: $SM \leq WMM \leq PhM < FM$. Cele uprawy można także uszeregować; oplącalność uprawy buraków w systemach alternatywnych zwiększała się w kierunku: plon korzeni < plon cukru biologicznego $\leq$ zysk $\leq$ plon cukru technologicznego. W systemie klasycznym kierunek zmian kształtował się nieznacznie odmiennie, a mianowicie plon cukru biologicznego $\leq$ plon korzeni $\leq$ plon cukru technologicznego $\leq$ zysk. W sytuacji, gdy celem uprawy buraka cukrowego jest plon korzeni dawkę azotu można zwiększyć, lecz jednocześnie zmniejsza się oplącalność. W odniesieniu do innych celów uprawy tej rośliny, otrzymane różnice w wielkości dawek azotu i zysk kształtowały się na zbliżonym poziomie w danym systemie uprawy.

WNIOSKI

1. Każde uproszczenie systemu uprawy prowadzi do zmiany wielkości optymalnej dawki azotu.
2. Cel uprawy buraków, w danym systemie uprawy, modyfikuje zarówno wielkość optymalnej dawki azotu, jak i wynikający z uzyskanego plonu korzeni zysk.
3. Ocena oplącalności uprawy wskazuje na dużą zbieżność celu ekonomicznego i celów produkcyjno-jakościowych, głównie w odniesieniu do celu, którym jest produkcja cukru białego.

LITERATURA

- Becker C., Hermann M., Koch H-J. 1996. Pfluglose Bodenbearbeitung zu Zuckerrüben — pflanzenbauliche und ökonomische Ergebnisse einer Versuchsserie auf Großparzellen. (Sugar beet production with ploughless soil tillage-agronomic and economic results of an on-farm trial series). Zuckerind. 121 (8): 609 — 615.
- Becker C., Lücke L., Lücke W. 1998. Pflugverzicht bei Zuckerrüben. Dauerhaft pfluglose Bodenbearbeitung zu Zuckerrüben im Großflächenmaßstab. Landtechnik 53 (2): 62 — 63.
- Buchholz K. 1995. Neubewertung des technischen Wertes von Zuckerrüben. Re-evaluation of technical value of sugar beet. Zuckerind. 120 (2): 113 — 121.
- Dzienia S. 1999. Zachowawcza uprawa roli pod burak cukrowy. Folia Univ. Agric. Stetin. 195 Agricultura (74): 131 — 134.
- Fotyma M., Mercik S. 1995. Chemia rolna. Wyd. II. PWN, Warszawa.
- Gutmański I. 1999. Nakłady i koszty produkcji buraka cukrowego z siewu w mulcz. Folia Univ. Agric. Stetin 195 Agricultura (74): 97 — 103.

- Kordas L. 1997. Uprawa buraka cukrowego technologią siewu bezpośredniego. Nowoczesne technologie oraz uwarunkowania ekonomiczne produkcji buraka cukrowego i ziemniaka. Materiały seminaryjne. AR, Wrocław: 31 —38.
- Kreykenbohm G., Lickfett T., Przemeck E. 1998. Aspects of sugar beet nutrition with green fallow-derived nitrogen. Transformation von organisch gebundenem Stickstoff aus unterschiedlichen Brachebegrünungen in die Folgefrucht Zuckerrüben. Zuckerindustrie 123 (3): 221 —222.
- Tassell L. W., Yang B., Blaylock, B. 1996. An economic analysis of alternative nitrogen fertilization methods for sugar beets, J. Prod. Agric. 9/3: 390 —394.
- Wadman W. P. 1987. Organic manures as sources of P, K and Na in sugar beet production. 50th Winter Congress, Brussels: 43 —50.
- Zimny L. 1997. Modyfikacje uprawy roli pod burak cukrowy, Nowoczesne technologie oraz uwarunkowania ekonomiczne produkcji buraka cukrowego i ziemniaka. Materiały seminaryjne, AR Wrocław: 17 —29.

HENRYK ŁAWIŃSKI
JAROSŁAW POTARZYCKI
ALEKSANDRA BAER
Katedra Chemii Rolnej
Akademia Rolnicza, Poznań

Wpływ systemu uprawy i nawożenia azotem na pobranie mikroelementów przez buraki cukrowe

The effect of tillage system and nitrogen fertilization on micronutrients uptake by sugar beet

W latach 1998–2000 prowadzono badania polowe nad wpływem uproszczenia uprawy na pobranie miedzi i cynku w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem (0, 60, 120 i 180 kg N/ha). Ocenie poddano cztery systemy uprawy (klasyczny: orka + obornik OB, siew bezpośredni w mulcz ścierniskowy MS, siew bezpośredni w mulcz zielony z gorczycy białej MG oraz z facelii MF). W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że system uprawy kształtował tylko zawartość miedzi w liściach. Całkowite pobranie miedzi i cynku przez rośliny w pierwszej kolejności określane było przez dawkę azotu. Rola systemu uprawy przedsiewnej buraka cukrowego w kształtowaniu możliwości pobrania przez rośliny miedzi i cynku zmniejszała się w miarę wzrostu dawki nawozu azotowego. Wykazano dodatni związek między pobraniem jednostkowym miedzi przez buraki nawożone 120 i 180 kg N/ha, a zawartością cukru w korzeniach. Zawartość miedzi w liściach buraków pobranych w fazie dojrzałości technologicznej była istotnie skorelowana z polaryzacją, a wartości współczynników determinacji zwiększały się w miarę wzrostu poziomu nawożenia azotem.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, cynk, miedź, pobranie, system uprawy

In 1998–2000 field experiments were conducted in order to evaluate the effect of four tillage systems (classical — ploughing + farmyard manure OB., stubble mulch MS, white mustard green mulch MG and phacelia green mulch MF) on Cu and Zn uptake under the differentiated rates of N fertilization (0, 60, 120, 180 kg N/ha). It was found that the tillage system influenced only Cu content in leaves. The total uptake of Cu and Zn was significantly influenced by N rates. It was stated that higher N rate, the lower impact of tillage system on Cu and Zn uptake could be expected. The specific Cu uptake of sugar beet fertilized with 120 and 180 kg N/ha showed high positive effect on sugar content. The content of Cu in leaves, at technological maturity of roots, significantly correlated with sugar content in roots and determination coefficient R^2 increased parallel to increasing N rates.

Key words: copper, sugar beet, uptake, tillage system, zinc

WSTĘP

Uprawa bezorkowa buraków cukrowych staje się coraz powszechniejsza w krajach Unii Europejskiej, zwłaszcza w Niemczech (Merkes, 1987; Becker i in., 1998). Nowe technologie weryfikowane są także w warunkach glebowo-klimatycznych Polski (Kordas i Zimny, 1997; Gutmański, 1996; Ławiński i Grzebisz, 2000). Według prognoz Stroppela (1998) współczesne rolnictwo będzie ewaluować w kierunku rezygnacji z uprawy tradycyjnej.

Korzyści wynikające z uproszczeń w uprawie odnoszone są najczęściej do poprawy właściwości fizycznych (rzadziej chemicznych) warstwy ornej gleb uprawnych poprzez ograniczenie „degradującego” wpływu orki (Schütz, 1997; Emminger, 1998; Becker i in., 1998) oraz do zmniejszenia kosztów ponoszonych na uprawę roli, które według Gutmańskiego (1996) w porównaniu z systemem orkowym mogą być mniejsze o 60–70%.

Burak cukrowy jest gatunkiem wykazującym duże zapotrzebowanie na mikroelementy (Czuba, 1986). Jednak miedź i cynk nie są wymieniane w grupie składników pokarmowych koniecznych do stosowania w uprawie buraków. Brak reakcji tej rośliny wynika z faktu, że składniki te dostarczane są najczęściej w dostatecznych ilościach w nawozach organicznych, a zwłaszcza w oborniku. Potrzeby nawozowe względem tych pierwiastków mogą natomiast pojawiać się w warunkach braku stosowania obornika (Draycott, 1996). Stąd też uproszczenia w przygotowaniu gleby do siewu, uwzględniać powinny zapotrzebowanie na dany mikroskładnik, traktując system oparty na orce i oborniku jako punkt odniesienia do dalszych rozważań.

Celem pracy było porównanie wpływu systemu uprawy roli pod buraki cukrowe na zawartość oraz pobranie miedzi i cynku.

METODY BADAŃ

Badania polowe prowadzono w latach 1998–2000 na glebach kompleksu żyniego bardzo dobrego, klasy IVa, charakteryzujących się wysoką zasobnością w składniki pokarmowe. W doświadczeniu dwuczynnikowym badano reakcję buraków cukrowych odmiany Sonja, na uproszczenia w uprawie w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem (stosowanego bezpośrednio pod buraki). Ocenie poddano następujące czynniki:

I. System uprawy:

- orka + nawożenie obornikiem (system klasyczny — OB)
- bezorkowy, siew bezpośredni (mulcz ścierniskowy — MS)
- podorywka + gorczyca biała, siew bezpośredni (mulcz zielony z gorczycy — MG)
- podorywka + facelia, siew bezpośredni (mulcz zielony z facelii — MF)

II. Nawożenie azotem: 0, 60, 120 i 180 kg·ha⁻¹

Zawartość azotu mineralnego w glebie w okresie wiosny była największa w roku 1999, wahając się w przedziale od 94–160 kg N·ha⁻¹. Najmniej azotu w glebie odnotowano w roku 2000, a uzyskane wartości zawierały się w przedziale od 22 do 60 kg N·ha⁻¹. W każdym roku badań ilość N mineralnego w warstwie 0–60 cm była przeciętnie dwukrotnie większa w wariantach z obornikiem (dane dostępne u autorów).

Buraki nawożono fosforem i potasem w dawkach wynoszących odpowiednio 60 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ i 150 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$. Pełną ochronę fungicydową przeprowadzono zgodnie z zaleceniami dla tej rośliny. Poza Soluborem nie stosowano żadnych nawozów mikroelementowych.

WYNIKI I DYSKUSJA

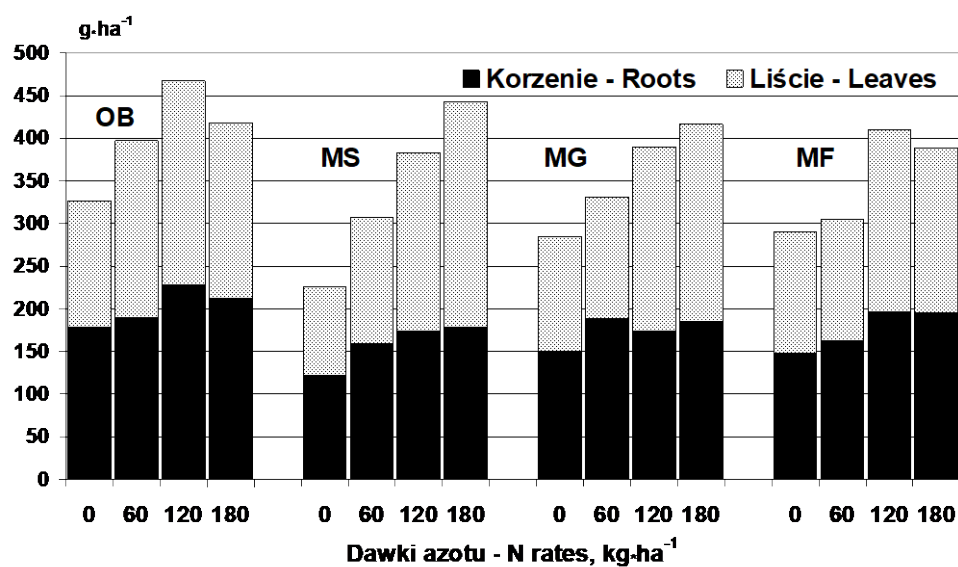
W fazie dojrzałości technologicznej system uprawy nie różnicował zawartości cynku w korzeniach i liściach buraków cukrowych (tab. 1). O ile akumulacja miedzi w korzeniach nie zależała od zabiegów wykonanych przed siewem, tak zawartość tego mikroelementu w liściach pochodzących z obiektu nawożonego obornikiem była istotnie mniejsza w porównaniu z wariantem z siewem bezpośrednim w ściernisko (MS). Ilość cynku w liściach i korzeniach buraków wykazała reakcję na nawożenie azotem. W porównaniu z obiektem nie nawożonym, zastosowanie 180 kg N/ha prowadziło do istotnego zwiększenia się ilości tego mikroskładnika w obu badanych organach. Dawka azotu nie miała wpływu na koncentrację miedzi w roślinie.

Tabela 1

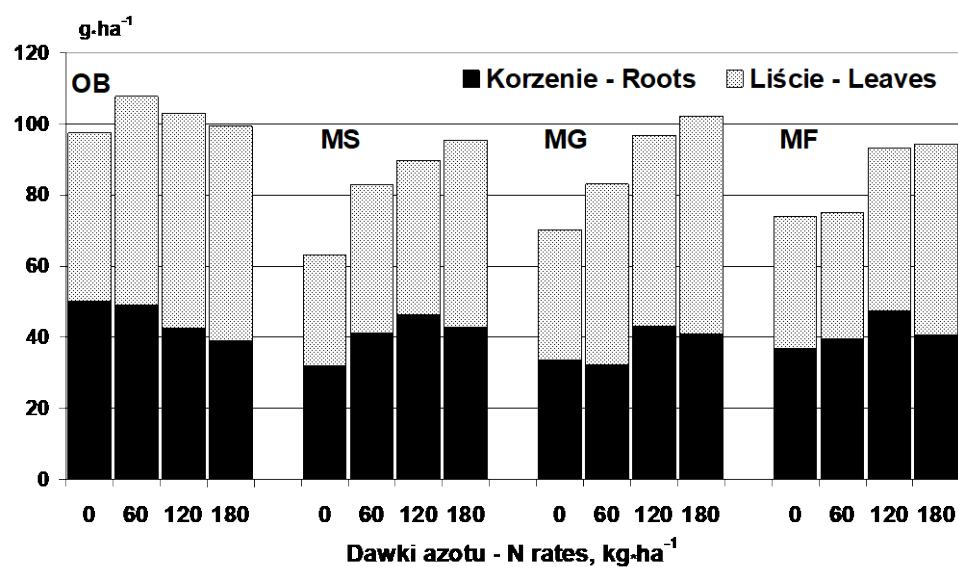
Zawartość mikroelementów w liściach i korzeniach buraków ($mg \cdot kg^{-1}$)
Content of micronutrients in leaves and roots ($mg \cdot kg^{-1}$)

Czynniki doświadczalne Experimental factors	Liście Leaves		Korzenie Roots	
	Zn	Cu	Zn	Cu
System uprawy Tillage system				
OB	19,27	5,71	13,09	2,93
MS	21,40	6,88	13,15	3,15
MG	19,06	6,76	13,04	2,78
MF	20,68	6,40	12,66	2,87
NIR _{0,05}	r.n.	1,08	r.n.	r.n.
LSD _{0,05}	n.s.		n.s.	n.s.
Nawożenie azotem N rates, $kg \cdot ha^{-1}$				
0	18,89	6,09	12,18	3,01
60	18,39	6,42	12,70	2,82
120	20,91	6,17	13,39	3,04
180	22,21	7,07	13,67	2,84
NIR _{0,05}	3,43	1,09	1,13	r.n.
LSD _{0,05}				n.s.

Sumaryczne pobranie miedzi i cynku przez rośliny określał zarówno system uprawy przedsięwziętej, jak i poziom nawożenia azotem, lecz oba badane czynniki działały niezależnie (rys. 1 i 2, tab. 2). Pozytywne działanie obornika jako źródła mikroelementów zaznaczyło się w stanowiskach o mniejszej dostępności azotu dla roślin. W porównaniu z siewami w mulcz (MS, MG i MF), buraki uprawiane w systemie klasycznym (orka + obornik) i nie nawożone azotem lub nawożone 60 kg N/ha, pobrały przeciętnie o 24% i 37% więcej odpowiednio cynku i miedzi. W miarę zwiększania się dawki N rola systemu uprawy w kształtowaniu końcowego pobrania przez buraki miedzi i cynku zmniejszała się.



Rys. 1. Pobranie cynku przez buraki cukrowe
Fig. 1. Uptake of zinc by sugar beet



Rys. 2. Pobranie miedzi przez buraki cukrowe
Fig. 2. Uptake of copper by sugar beet

Tabela 2

Pobranie mikroelementów przez buraki cukrowe (g·ha⁻¹)
Uptake of micronutrients by sugar beet (g·ha⁻¹)

Czynniki doświadczalne Experimental factors	Liście Leaves		Korzenie Roots		Razem Total	
	Zn	Cu	Zn	Cu	Zn	Cu
System uprawy Tillage system						
OB	199,8	56,8	199,0	45,2	398,8	102,0
MS	181,7	42,3	159,2	39,7	340,9	82,0
MG	181,3	50,6	175,2	37,5	356,5	88,1
MF	172,9	43,1	174,3	41,1	347,2	84,2
NIR _{0,05}	r.n.			r.n.	r.n.	
LSD _{0,05}	n.s.	6,6	20,7	n.s.	n.s.	9,7
Nawożenie azotem N rates, kg·ha ⁻¹						
0	132,0	38,0	148,8	38,2	280,8	76,2
60	160,4	46,8	182,2	40,5	342,6	87,3
120	219,8	50,8	192,8	44,9	412,6	95,7
180	223,6	57,1	191,5	40,8	415,1	97,9
NIR _{0,05}	49,8	6,6	20,7	r.n.	3,2	9,7
LSD _{0,05}				n.s.		

Powyższe zależności tłumaczyć można dużą dostępnością mikroelementów z obornika (Mercik i in., 1992; Domska i in., 2000) oraz zwiększającym się tempem mineralizacji „świeżej” materii organicznej pod wpływem wysokich dawek azotu, określanego w literaturze mianem efektu bodźcowego (Mengel, 1985). Pobieranie mikroelementów przez buraki najintensywniej przebiega w pierwszych dwóch miesiącach wegetacji (Wiśniewski, 1994). Wczesne zapotrzebowanie buraków na mikroelementy wymusza konieczność stworzenia roślinom warunków do ich pobierania praktycznie od początku wegetacji, co pośrednio potwierdziły uzyskane wyniki.

Maksymalne pobranie obu badanych pierwiastków przez buraki siane w mulcze ścierniskowy i z gorczycy odnotowano w wariantach z największą dawką azotu, przy czym szczególnie dużą dynamikę zmian zanotowano dla cynku. Wyniesienie tego mikroelementu z plonem korzeni i liści w zakresie wyznaczonym od minimalnej do maksymalnej dawki N, podwoiło się. W systemie uprawy z obornikiem oraz z siewem w mulcz z facelii, największe pobranie cynku stwierdzono w warunkach zastosowania 120 kg N/ha. Uzyskane prawidłowości przedstawiają równania ($n = 4$):

$$(OB): \quad y = -30,18x^2 + 185,52x + 164,53; \quad R^2 = 0,93 \quad (1)$$

$$(MS): \quad y = 72,73x + 157,80; \quad R^2 = 0,99 \quad (2)$$

$$(MG): \quad y = 45,41x + 241,95; \quad R^2 = 0,98 \quad (3)$$

$$(MF): \quad y = -9,15x^2 + 86,03x + 201,75; \quad R^2 = 0,78 \quad (4)$$

gdzie:

x — dawka azotu, kg N·ha⁻¹

y — całkowite pobranie Zn g·ha⁻¹

Pobranie miedzi przez buraki uprawiane w systemie klasycznym w niewielkim stopniu wiązało się ze stosowaniem azotu mineralnego, a maksymalne wartości stwierdzono już po

wprowadzeniu do gleby najmniejszej dawki nawozu (60 kg N/ha). Na obiektach z uproszczoną uprawą (MS, MG i MF) potwierdzono wpływ nawożenia azotem na całkowite pobranie miedzi przez rośliny, a uzyskane prawidłowości opisują funkcje wielomianowe ($n = 4$):

$$(OB): \quad y = -3,5x^2 + 17,56x + 84,25; \quad R^2 = 0,79 \quad (5)$$

$$(MS): \quad y = -3,5x^2 + 27,86x + 39,45; \quad R^2 = 0,99 \quad (6)$$

$$(MG): \quad y = 0,625x^2 + 6,865x + 63,67; \quad R^2 = 0,96 \quad (7)$$

$$(MF): \quad y = 0,05x^2 + 8,19x + 64,05; \quad R^2 = 0,84 \quad (8)$$

gdzie:

x — dawka azotu, $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$

y — całkowite pobranie Cu $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$

Według Allisona i wsp. (1998) dla buraków sianych w mulcz ekonomicznie uzasadniona dawka azotu wynosi $96 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Zakładając za Ławińskim i wsp. (2002), że optymalne dawki azotu dla plonu korzeni w zależności od systemu uprawy wahają się w szerokich granicach 115 (system z obornikiem) do $177 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (mulcz ścierniskowy), to wartości maksymalnego pobrania badanych mikroelementów mieszczą się w podanych przedziałach określonych dla dawek nawozowych. Wiśniewski (1994) sugeruje jednak, że kumulacja składników pokarmowych przez buraki w niektórych fazach wegetacji może być większa od stwierdzonej przy zbiorze, dlatego wnioskowanie o potrzebach pokarmowych na podstawie końcowego pobrania mikroelementów może być mało precyzyjne.

Ocenie poddano także jednostkowe pobranie obu mikroelementów, wyrażające się ilością składnika wyniesioną z gleby z plonem 1 t korzeni wraz z odpowiednią masą liści (PK) oraz pobranie wyrażone 1 t plonu cukru (PCB) (tab. 3).

Tabela 3

Jednostkowe pobranie mikroelementów ($\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$)
Specific uptake of micronutrients by sugar beet ($\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$)

Czynniki doświadczalne Experimental factors	Pobranie jednostkowe plonu korzeni Specific uptake — 1 t of roots (PK)		Pobranie jednostkowe plonu cukru Specific uptake — 1 t of sugar (PCB)	
	Zn	Cu	Zn	Cu
System uprawy Tillage system				
OB	7,80	1,96	45,86	10,81
MS	8,05	1,94	47,57	10,03
MG	7,63	1,93	44,93	10,38
MF	7,47	1,78	43,33	9,18
NIR _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
LSD _{0,05}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Nawożenie azotem N — rates, $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$				
0	6,74	1,81	38,46	9,40
60	7,14	1,83	41,02	9,51
120	8,37	1,94	49,68	10,37
180	8,71	2,05	52,53	10,1
NIR _{0,05}	1,14	0,18	7,82	1,18
LSD _{0,05}				

Uzyskane wartości kształtowały się na poziomie podawanym przez innych autorów (Gutmański 1996; Wiśniewski 1994). Generalnie nie odnotowano różnicującego działania systemu uprawy na pobranie jednostkowe mikroelementów. W porównaniu z pozostałymi wariantami uprawy, stwierdzono jedynie trend do większego zapotrzebowania na cynk buraków sianych w mulcz ścierniskowy. Na podstawie ilości miedzi i cynku potrzebnych do wyprodukowania 1 t cukru biologicznego (PCB) można stwierdzić, że najefektywniej gospodarowały badanymi mikroelementami rośliny uprawiane po międzyplonie z facelii (tab. 3). Jednak uzyskane wartości PCB zarówno dla miedzi, jak i cynku, w pierwszej kolejności zależały od nawożenia azotem, zwiększając się wraz ze wzrostem dawki nawozu azotowego.

W prowadzonych badaniach wykazano dodatni związek między pobraniem jednostkowym miedzi (PK) przez buraki nawożone 120 i 180 kg N/ha, a zawartością cukru w korzeniach (tab. 4), co wskazuje na większe potrzeby pokarmowe roślin względem miedzi na tych obiektach.

Tabela 4

Zależności korelacyjne między pobraniem jednostkowym mikroelementów a polaryzacją, n = 12
Correlation coefficient between specific uptake of micronutrients and sugar content, n = 12

Dawki azotu N — rates, kg·ha ⁻¹			
0	60	120	180
Cynk — Zinc			
-0,04	-0,10	-0,32	-0,19
Miedź — Copper			
0,35	0,50	0,65*	0,68**

* P ≤ 0,05

** P ≤ 0,01

Tabela 5

Zależności między zawartością miedzi w liściach (mg·kg⁻¹) a polaryzacją korzeni (%), n = 12
Relationship between copper content in leaves (mg·kg⁻¹) and sugar content in roots (%), n = 12

Nawożenie azotem N — rates	Współczynnik korelacji Correlation coefficient	Równanie regresji Regression equation	Współczynnik determinacji, R ² R ² coefficient
0	0,81**	$y = -0,0057x^2 + 0,3332x + 15,819$	0,66
60	0,79**	$y = -0,0325x^2 + 0,7965x + 13,967$	0,66
120	0,86**	$y = 0,0015x^2 + 0,3128x + 15,106$	0,73
180	0,75**	$y = -0,00667x^2 + 1,3585x + 11,132$	0,83

** — P ≤ 0,01

Niezależnie od czynnika doświadczalnego, którym był system uprawy, zwiększające się pobranie miedzi, w następstwie nawożenia azotem określone było głównie przez akumulację składnika w liściach (rys. 2, tab. 2). Gromadzenie mikroskładników w liściach znacznie wyprzedza kumulację w korzeniu (Wiśniewski, 1994), co wiązać należy z katalityczną rolą mikroelementów w procesach fotosyntezy. Zawartość miedzi w liściach buraków pobranych w fazie dojrzałości technologicznej była istotnie skorelowana z

polaryzacją, a wartości współczynników determinacji zwiększały się w miarę wzrostu poziomu nawożenia azotem (tab. 5).

Mimo, iż Allison i wsp. (1996) nie stwierdzili jednoznacznego związku między plonem, jakością korzeni buraków, a nawożeniem dolistnym miedzią, to uzyskane w niniejszej pracy zależności, wskazują na znaczenie jakie może odgrywać miedź w fizjologii syntezy sacharozy w korzeniach buraków cukrowych uprawianych w warunkach stosowania dużych dawek azotu.

WNIOSKI

1. Rola systemu uprawy przedsewnej buraka cukrowego w kształtowaniu możliwości pobrania przez rośliny miedzi i cynku zmniejsza się w miarę wzrostu dawki nawozu azotowego.
2. Akumulację miedzi i cynku w organach buraków cukrowych określała dawka azotu, a wartości maksymalnego pobrania badanych mikroelementów pokrywają się z przedziałami wyznaczającymi optymalne dawki nawozów azotowych dla plonu korzeni.
3. Zawartość miedzi w liściach w fazie dojrzałości technologicznej jest skorelowana z zawartością cukru w korzeniach buraków cukrowych.

LITERATURA

- Allison M. F., Last P. J., Bean K. M. R. 1996. Responses of sugar beet (*Beta vulgaris*) to foliar sprays of copper. J. Sci. Food Agric. 72 2: 219 — 225.
- Allison M. F., Armstrong M. J., Jaggard K. W., Todd A. D. 1998. Integration of nitrate cover crops into sugar beet (*Beta vulgaris*) rotations. II. Effect of cover crops on growth, yield and N requirement of sugar beet. J. Agric. Sci. 130/1: 61 — 67.
- Becker C., Lücke L., Lücke W. 1998. Pflugverzicht bei Zuckerrüben, Dauerhaft pfluglose Bodenbearbeitung zu Zuckerrüben im Großflächenmaßstab, Landtechnik 53 (2): 62 — 63.
- Czuba R. 1986. Zmiany zawartości składników w roślinach uprawnych na terenie kraju w zależności od nawożenia. W: Wpływ nawożenia na jakość plonów. Materiały z sympozjum, Olsztyn 24–25.06.1986: 34 — 42.
- Domska D., Wojtkowiak K., Warechowska M. 2000. „Zawartość mikroelementów w roślinach w płodozmianie z nawożeniem organicznym” Folia Univ. Stetin. 211 Agricultura (84): 99 — 102.
- Draycott A.P. 1996: Aspects of fertiliser use in modern, high-yield sugar beet culture. IPI-Bulletin No. 15, Basel: 52.
- Emminger R. (ed.) 1998. Landwirtschaft ohne Pflug. 1/98. Berlin: 5 — 2.
- Gutmański I. 1996. Niskonakładowa technologia produkcji buraka cukrowego. IHAR, Bydgoszcz.
- Kordas L., Zimny L. 1997. Wpływ wybranych poplonów ścierniskowych na plonowanie buraka cukrowego uprawianego technologią siewu bezpośredniego. Biul. IHAR 202: 207 — 211.
- Ławiński H., Grzebisz W. 2000. Ocena wpływu systemu uprawy i dawek azotu na plon i jakość technologiczną buraka cukrowego. Folia Univ. Agric. Stetin. 211 Agricultura 84: 251 — 256
- Ławiński H., Fabiański R., Szcześniak M., Grzebisz W. 2002. Efektywność azotu nawozowego w systemach uprawy buraka cukrowego w mulcz. Biul. IHAR 222: 91 — 99.
- Mengel K. 1985. Dynamics and availability of major nutrients in soils. Adv. Soil Sci. 2: 65 — 131
- Merkes R. 1987: Mulchsaat bei Zuckerrüben. DLG Mitt. 102: 368 — 369
- Mercik S., Stępień W., Kubik I. 1992. Wpływ wieloletniego nawożenia mineralnego i organicznego na zawartość mikroelementów w glebie. W: Mikroelementy w rolnictwie. Materiały z VII Sympozjum. Wrocław 16–17. 09. 1992: 71 — 75.

- Schütz G. 1997. Siew w mulcz — metoda uprawy buraków cukrowych przyjazna dla gleby. *Burak cukrowy* 4/97: 8 — 9.
- Stoppel A. 1998. Nowe tendencje w technice uprawy gleby i siewu. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Kielce, 1998. Techniki i technologie w wybranych działach produkcji roślinnej. IBMER, Warszawa: 29 — 34.
- Wiśniewski W. 1994. Dynamika wzrostu i pobierania składników pokarmowych przez buraki cukrowe i pastewne z uwzględnieniem ich jakości. *Hod. Rośl. Aklim.* 38 z.1/2: 3 — 41.

JAROSŁAW POTARZYCKI¹**LUCYNA LEWICKA**²¹ Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu² Zakłady Chemiczne LUBON S.A.

Efektywność plonotwórcza nawozów wieloskładnikowych w uprawie buraka cukrowego

Yielding efficiency of multicomponent fertilizers in sugar beet cultivation

W latach 1999–2001 w Wielkopolsce, prowadzono badania, których celem było określenie efektywności plonotwórczej trzech nawozów wieloskładnikowych: mieszaniny nawozowej (0–12–20), nawozu mieszanego — blending (6–16–26) i nawozu kompleksowego — amofos (6–20–30). Na każdym obiekcie dodatkowo stosowano azot w formie saletrazaku i saletry amonowej. Dawki nawozów zbilansowano, tak aby ilości N, P i K wynosiły odpowiednio: 150 kg N/ha, 60 kg P₂O₅/ha i 100 kg K₂O/ha. Stwierdzono, że plon korzeni i cukru w pierwszej kolejności kształtowany był przez warunki meteorologiczne, a rodzaj zastosowanego nawozu wieloskładnikowego okazał się czynnikiem drugorzędym. Spośród testowanych nawozów wieloskładnikowych największe działanie plonotwórcze wykazał nawóz o składzie 0–12–20, co wiązać można z obecnością siarki w superfosfacie prostym, użytym w procesie produkcji. Zastosowanie tego nawozu umożliwiło uzyskanie wysokiej jakości technologicznej korzeni buraków cukrowych. Rodzaj nawozu wieloskładnikowego w największym stopniu wpływał na zawartość N alfa-aminowego i K w miazdze korzeniowej, a w dalszej kolejności na polaryzację. Znaczenie melasotworów w kształtowaniu plonu cukru technologicznego zmniejszało się w kierunku: K > Na > N alfa-aminowy.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, plon, nawozy wieloskładnikowe

Three-year (1999–2001) field experiments were carried out in Wielkopolska region (Poland) in order to determine the yielding efficiency of three multicomponent fertilizers, namely: fertilizer mixture (0–12–20), mixed fertilizer — blending (6–16–26) and complex fertilizer (6–20–30). Fertilizer rates were properly balanced for the N, P and K as follows: 150 kg N/ha (in ammonium-calcium saltpeter form), 60 kg P₂O₅/ha and 100 kg K₂O/ha, respectively. It was found that root yield and sugar yield were strongly influenced by weather conditions, whereas the application of multicomponent fertilizers was observed to be secondary factor in sugar beet production. The overall analysis of the tested NPK fertilizers revealed that the highest yielding efficiency resulted from the application of the 0–12–20 fertilizer mixture. Such effect can be attributed to the occurrence of sulfur in simple superphosphate. The application of this fertilizer allowed to reach a high technological quality of sugar beet roots. Fertilizer type influenced more content of the amino-alpha N and K in the root pulp and to a lesser extent the sugar content. The significance of molasses-forming elements in the technological sugar yield formation decreased accordingly: K > Na > amino-alpha N.

Key words: NPK fertilizers, sugar beet, yield

WSTĘP

Burak cukrowy jest gatunkiem o specyficznych wymaganiach żywieniowych, ponieważ w krótkim okresie wytwarza dużą biomasę, co wiąże się z intensywnym pobieraniem składników pokarmowych (Wiśniewski, 1994). Oznacza to, że uprawa buraków jest możliwa wyłącznie w stanowiskach zasobnych w makro i mikroelementy. Nowoczesne technologie nawożenia buraka cukrowego uwzględniać powinny nie tylko realizację potencjału genetycznego odmiany, lecz także wysokie wymagania jakościowe stawiane przez cukrownie (Draycott, 1996; Gutmański, 1996).

Od początku lat 90. zmiany w strukturze zużycia nawozów w Polsce zmierzają w kierunku coraz powszechniejszego stosowania nawozów wieloskładnikowych. Ta grupa nawozów nabiera szczególnego znaczenia w systemach produkcji roślinnej bez obornika, a także ze względu na możliwości zastosowań specjalistycznych w uprawie buraka i kukurydzy. Szeroka oferta firm nawozowych, obejmująca mieszaniny nawozowe, mieszanki nawozowe (blendingi) oraz nawozy kompleksowe, z założenia winna ułatwiać plantatorowi wybór nawozu, a raczej dobór nawozu do technologii nawożenia stosowanej w gospodarstwie (Grzebisz, 2000).

Wobec dużej różnorodności produktów przemysłu nawozowego oraz uwzględniając zapotrzebowanie praktyki rolniczej na ścisłe zalecenia nawozowe, podjęto badania, których celem było określenie efektywności plonotwórczej trzech nawozów wieloskładnikowych, zróżnicowanych pod względem właściwościami fizycznych i chemicznych.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 1999–2001 w południowo-zachodniej Wielkopolsce, na glebach średnich, o odczynie obojętnym, charakteryzujących się wysoką zasobnością w przyswajalny fosfor i magnez oraz średnią w potas. W każdym roku badań stosowano obornik w dawce 20 t/ha.

W doświadczeniu polowym ocenie poddano trzy nawozy wieloskładnikowe. Dobór nawozów nie był przypadkowy. Z szerokiej gamy produktów przemysłu nawozowego wybrano nawozy zaliczane do różnych grup, a kryterium wyboru była technologia produkcji oparta o różne komponenty. Testowano następujące nawozy:

- 0–12–20; mieszanina superfosfatu prostego i soli potasowej wysokoprocentowej (Zakłady Chemiczne, Luboń)
- 6–16–26; blending powstały ze zmieszania superfosfatu potrójnego, CANu i KCl (Hydro Poland)
- 6–20–30; nawóz kompleksowy typu amofos z dodatkiem siarczanu amonu (Zakłady Chemiczne, Police).

Nawozy wieloskładnikowe stosowano przedsięwzięcie. Dawki fosforu i potasu zbilansowano do 60 kg P₂O₅·ha⁻¹ i 100 kg K₂O·ha⁻¹. Azot wprowadzono do gleby w łącznej dawce 150 kg N·ha⁻¹, z czego połowę dawki zastosowano przedsięwzięcie w formie

saletrzaku, korygując ilość nawozu o zawartość azotu w nawozie wieloskładnikowym. Poglówne nawożenie azotem wykonano saletrą amonową.

Zbiór korzeni dokonano z powierzchni 32 m², w trzech powtórzeniach. W korzeniach na auto-analizatorze Venema oznaczono zawartość cukru, azotu alfa-aminowego, potasu i sodu.

Straty cukru (S) wyliczono z równania (Anonim, 1995):

$$S = 0,241 N\text{-alfa} + 0,117 (K + Na) + 1,08$$

gdzie:

S — straty (%)

N-alfa, K, Na (mmol/100 g miazgi)

W pracy analizowano także zawartość cukru technologicznego, którą wyliczono z różnicy między polaryzacją a stratami cukru (S).

WYNIKI I DYSKUSJA

Plony korzeni buraków oraz cukru biologicznego i technologicznego wykazywały dużą zmienność w okresie trzyletnich badań (na poziomie istotności dla $\alpha = 0,01$, tab. 1, rys. 1).

Tabela 1

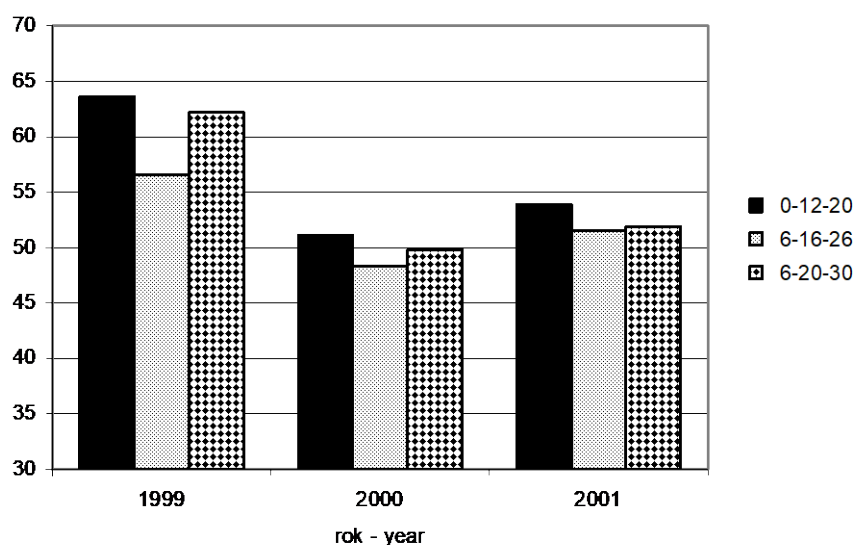
Czynniki doświadczalne Experimental factors	Plon korzeni i cukru, t·ha ⁻¹ Yield of roots and sugar, t·ha ⁻¹		
	korzeni roots	cukru biologicznego biological sugar	cukru technologicznego technological sugar
Lata Years			
1999	60,8	11,71	10,46
2000	49,9	9,35	8,28
2001	52,4	8,53	7,41
NIR	2,9 **	0,60 **	0,55 **
LSD			
Rodzaj nawozu Fertilizer type			
0–12–20	56,2	10,26	9,07
6–16–26	52,3	9,55	8,43
6–20–30	54,6	9,71	8,55
NIR	2,9 *	0,60 *	0,55 *
LSD			

** $P \leq 0,01$

* $P \leq 0,05$

Z przeprowadzonej analizy wariancji wynika, że zróżnicowanie w działaniu poszczególnych nawozów rozpatrywać można na poziomie istotności dla $\alpha = 0,05$. Oznacza to, że najważniejszym czynnikiem kształtującym plon buraków cukrowych okazały się warunki pogodowe panujące w okresie wegetacji buraków. Powyższe relacje potwierdzają badania prowadzone w Polsce i za granicą, w których wykazano zależność plonu korzeni buraka

cukrowego od warunków termiczno-wilgotnościowych w okresie dużego zapotrzebowania roślin na składniki pokarmowe (Rudnicki i in., 1997; Freckleton i in., 1999; Pacuta i in., 2000). Największe plony korzeni odnotowano w roku 1999, a uzyskane wartości wahały się w przedziale od 56,6 do 63,6 t/ha i były przeciętnie o 10% większe niż w latach 2000–2001. Średnio, w okresie prowadzonych badań, największym działaniem plonotwórczym charakteryzował się nawóz o składzie 0–12–20, a przeciętny plon korzeni stwierdzony na tym obiekcie był o 8% większy w stosunku do wariantu z blendingiem 6–16–26. Różnice między wymienionymi nawozami w sposób szczególny zaznaczyły się w pierwszym roku badań, w którym poziom plonów był najwyższy.



Rys. 1. Plon korzeni, t·ha⁻¹

Fig. 1. Yield of roots, t·ha⁻¹

W każdym roku badań, wielkość plonów korzeni i cukru zmniejszała się w kierunku: 0–12–20 ≥ 6–20–30 > 6–16–26. Ustalając dawki składników pierwszoplanowych (azotu, potasu i fosforu) na tym samym poziomie, różnice w działaniu testowanych nawozów można wyjaśnić obecnością innych makro i mikrośladników, często pomijanych w nawożeniu buraka. Uwzględniając ilość siarki wprowadzonej do gleby na poszczególnych obiektach doświadczalnych [0–12–20 (20 kg S/ha) > 6–20–30 (9 kg) > 6–16–26 (0 kg)], uzyskane przyrosty plonów korzeni i cukru przedstawiają się analogicznie jak dawki siarki.

W nawozie kompleksowym 6–20–30 siarka obecna jest w formie siarczanu amonu, natomiast w mieszaninie 0–12–20 nośnikiem siarczanów jest gips, a raczej anhydryt, co jednak nie wyklucza przydatności tego związku jako źródła siarki dla roślin uprawnych (Potarzycki i Gaj, 2001). Ponadto z nawozem 0–12–20 wprowadzono także do gleby mikroelementy (B, Cu, Mn, Mo i Zn). Znaczenie mikroelementów w żywieniu buraka

cukrowego jest powszechnie znane, natomiast siarka postrzegana była do tej pory jako pierwiastek nie odgrywający istotnej roli w nawożeniu tego gatunku. Mimo, iż Grzebisz (1997) zaliczył burak cukrowy do grupy roślin o dużym zapotrzebowaniu na siarkę, to niewielkie zainteresowanie plantatorów nawozami siarkowymi w przeszłości związane było z dużą depozycją ditlenku siarki, w pełni pokrywającą zapotrzebowanie buraka na ten pierwiastek (Härdter i in., 1999) oraz wynikało z przekonania o obecności siarki w nawozach organicznych. W doświadczeniach niemieckich stwierdzono, że potrzeby pokarmowe buraków względem siarki mogą być w pełni pokrywane z zasobów glebowych (Hoffmann, 1998), jednak najnowsze badania prowadzone w tym zakresie potwierdzają korzystny wpływ siarki nawozowej na procesy metaboliczne związane z przemianami azotu i aktywność fotosyntetyczną liści buraków (Thomas i in., 2000).

Analizując cechy jakościowe korzeni buraków wskazać należy, podobnie jak to miało miejsce w odniesieniu do uzyskanych plonów, na dużą zmienność zawartości cukru, potasu i sodu w korzeniach, w poszczególnych latach badań (na poziomie istotności dla $\alpha = 0,01$; tab. 2).

Tabela 2

Charakterystyka jakościowych cech korzeni buraka cukrowego
Characteristics of quality parameters of sugar beet of roots

Czynniki doświadczalne Experimental factors	Cechy jakościowe — Quality parameters						
	Zawartość — Content of					Straty cukru Losses, %	Wydajność cukru Productivity, %
	% cukru sugar, %	N α am.	K	Na			
mmol·100g korzeni ⁻¹ — roots ⁻¹							
Lata Years							
1999	19,26	2,15	3,49	0,35	2,05	89,3	
2000	18,74	2,05	4,03	0,40	2,14	88,6	
2001	16,28	2,20	4,01	0,53	2,14	86,9	
NIR LSD	0,35 **	0,10 *	0,11 **	0,02 **	—	—	
Rodzaj nawozu Fertilizer type							
0–12–20	18,26	2,03	3,68	0,44	2,05	88,4	
6–16–26	18,25	2,22	3,85	0,43	2,12	88,3	
6–20–30	17,78	2,14	4,00	0,41	2,11	88,1	
NIR LSD	0,35 *	0,10 **	0,11 **	r.n. n.s.	—	—	

** $\alpha = 0,01$

* $\alpha = 0,05$

Rodzaj stosowanych nawozów wieloskładnikowych w różny sposób kształtował jakość technologiczną korzeni. Generalnie wpływ nawożenia na cechy jakościowe buraków przedstawiał się następująco: N α -aminowy, K > polaryzacja > Na. Zastosowanie nawozu opartego na fosforanie amonu (6–20–30) prowadziło do istotnego zmniejszenia zawartości cukru w korzeniach (tab. 2). W doświadczeniu z nawozami wieloskładnikowymi podobny trend zaobserwowali Nowakowski i wsp. (2001). Najmniejsze wartości zawartości N α -aminowego w korzeniach na obiekcie z nawozem 0–12–20 prawdopodobnie potwierdzają fizjologiczną rolę siarki jako składnika pokarmowego

odpowiedzialnego za metabolizm azotowy (Hell i Rennenberg, 1998). Traktując zawartość N alfa-aminowego w miazdze korzeniowej jako wskaźnik stanu metabolizmu azotowego roślin buraka cukrowego, wskazać należy na dobre odżywienie azotem roślin nawożonych blendingiem 6–16–26. Mniejsza efektywność plonotwórcza tego nawozu mogła być wynikiem zakłóceń w końcowej fazie tworzenia plonu cukru, a także skutkiem działania czynnika minimum jakim było złe zbilansowanie, a raczej brak niektórych składników pokarmowych.

Azot alfa-aminowy, K i Na określane są mianem melasotworów, których obecność w miazdze korzeniowej utrudnia odzyskanie cukru (Herlihy, 1992). Według Kovaca (1998) zawartość cukru najsilniej skorelowana jest z obecnością w korzeniach N alfa-aminowego oraz w mniejszym stopniu z zawartością sodu. Z analizy współczynników korelacji zawartych w tabeli 3 jasno wynika, że niezależnie od nawożenia, wpływ badanych melasotworów na plon cukru technologicznego zmniejszał się w kierunku: K > Na > N-alfa. Wydajność cukru nie zależała od rodzaju zastosowanego nawozu, a wartości odnotowane w poszczególnych latach badań różniły się niewiele.

Wielkość plonu cukru technologicznego (PCt) była wypadkową plonu korzeni i zawartości cukru technologicznego (Ct) (tab. 3). W stanowiskach, w których uzyskano największą efektywność nawożenia (0–12–20 i 6–20–30) plon cukru technologicznego związany był głównie z plonem korzeni (dla $\alpha = 0,01$), a w dalszej kolejności z Ct (dla $\alpha = 0,05$). Jedynie po zastosowaniu blendingu 6–16–26 oba badane czynniki okazały się równocenne. Uzyskane prawidłowości wskazują na plon korzeni jako najważniejszy czynnik kształtujący plon cukru.

Tabela 3

Macierz współczynników korelacji dla plonu cukru technologicznego, n = 9
Correlation coefficients for yield of technological sugar, n = 9

Rodzaj nawozu Fertilizer type	Plon korzeni Yield of roots	Cukier technologiczny Recoverable sugar	N α -amiowy Amino-alpha N	K	Na
0–12–20	0,92**	0,69*	0,37	-0,91**	-0,68*
6–16–26	0,88**	0,80**	-0,26	-0,91**	-0,65*
6–20–30	0,94**	0,70*	-0,39	-0,85**	-0,69*

** $\alpha = 0,01$

* $\alpha = 0,05$

Porównując wpływ polaryzacji i zawartości cukru technologicznego (Ct) na plon cukru (PCt) wykazano, że na obiekcie nawożonym mieszaniną 0–12–20, PCt jest ściślej związany z polaryzacją niż z Ct (tab. 4). Wartości współczynników ścieżki odnotowane w pozostałych wariantach nawożeniowych potwierdzają istotną rolę Ct w kształtowaniu plonu cukru. Zawartość cukru technologicznego (Ct) wylicza się z różnicy między polaryzacją a stratami (S). Z powyższych relacji wynika, że zastosowanie nawozu o składzie 0–12–20 uzupełnionego azotem azotanowo-aminowym, pozwala na uzyskanie wysokiego plonu cukru technologicznego (PCt) niezależnie od wartości wskaźnika straty (S). Pośrednio wskazuje na pozytywne działanie tego nawozu nie tylko w kontekście wielkości plonu korzeni, lecz także możliwości uzyskania wysokiej jakości technologicznej buraków cukrowych.

Tabela 4

Współczynniki ścieżki między plonem cukru technologicznego ($t \cdot ha^{-1}$) a polaryzacją (%) i zawartością cukru technologicznego (%), $n = 9$

Path coefficient between yield of technological sugar ($t \cdot ha^{-1}$), sugar content (%) and recoverable sugar (%), $n = 9$

Rodzaj nawozu Fertilizer type	Polaryzacja Sugar content	Cukier technologiczny Recoverable sugar
0–12–20	0,657	-0,195
6–16–26	0,130	0,393
6–20–30	-0,495	0,882

WNIOSKI

1. Poziom plonów korzeni i cukru w pierwszej kolejności określany był przez warunki meteorologiczne w sezonie wegetacyjnym, a rodzaj zastosowanego nawozu wieloskładnikowego okazał się czynnikiem drugorzędnym produkcji buraków cukrowych.
2. Spośród testowanych nawozów wieloskładnikowych największe działanie plonotwórcze wykazał nawóz o składzie 0–12–20, co wiązać można z obecnością siarki w superfosfacie prostym, użytym w procesie produkcji. Zastosowanie tego nawozu pozwala na osiągnięcie wysokiej jakości technologicznej korzeni buraków cukrowych.
3. Rodzaj nawozu wieloskładnikowego w największym stopniu wpływał na zawartość N alfa-aminowego i K w miążdze korzeniowej, a w dalszej kolejności na polaryzację.

LITERATURA

- Anonim 1995. Die Qualitaet der Zuckerrueben. KWS Verlag, Einbeck: 10 — 23.
- Draycott A. P. 1996. Aspects of fertiliser use in modern, high-yield sugar beet culture. IPI-Bulletin No. 15, Basel: 52.
- Freckleton R. P., Watkinson A. R., Webb D. J. 1999. Yield of sugar beet in relation to weather and nutrients. Agric. For. Meteorol. 93 1: 39 — 51.
- Grzebisz W. 1997. Czy nawożenie siarką jest konieczne?. Top Agrar Polska 1: 20 — 23.
- Grzebisz W. 2000. Agrochemiczne zalety nawozów wieloskładnikowych — zasady doboru i stosowania. Wieś Jutra 11/28: 15 — 17.
- Gutmański I. 1996. Niskonakładowa technologia produkcji buraka cukrowego. IHAR, Bydgoszcz.
- Härdter R., Maibaum M., Ross M. 1999. Time to take centre stage. Fertilizer International, 371, 43 — 45.
- Hell R., Rennenberg H. 1998. The plant sulphur cycle. In: Sulphur in agroecosystems. Ed. Schnug, Kulwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London: 135 — 173.
- Herlihy M. 1992. Effects of N, P and K on yield and quality of sugar beet. Irish J. Agric. Food Res. 31: 35 — 49.
- Hoffmann C., Koch H. J., Schlinder G., Sander G., Sauer M., Burcky K. 1998. Supply and nutrient demand of sugar beet for sulphur. Zuckerindustrie 123 9: 675 — 682.
- Kovac K 1998. The effect of different soil cultivation and fertilization on yield, quality and uptake of nutrients in sugar beet. Rostl. Vyroba 44 2: 59 — 64.
- Nowakowski M., Szymczak-Nowak J., Kostka-Gościński D. 2001. Oddziaływanie dawek Polifoski 6, Kemiry Beta 14 i Hydro Vikinga 13 na wschody, plon i zdrowotność buraka cukrowego. Folia Univ. Agric. Stetin. 223 Agricultura 89: 151 — 158.
- Pacuta V, Cerny I, Karabinova M. 2000. The effect of selected factors on the yield and quality of sugar beet. Rostl. Vyroba. 46 8: 371 — 378.
- Potarzycki J., Gaj R. 2001. Sulphur — a chance for superphosphate. In: „Pollution control in agriculture and fertilizer industry” H. Górecki, J. Zwoździak (eds.) Czech-Pol Trade, Praha: 218 — 223.

- Thomas S. G., Bilsborrow P. E., Hockling T. J., Bennett J. 2000. Effect of sulphur deficiency on the growth and metabolism of sugar beet *Beta vulgaris* cv Druid . J. Sci. Food Agric. 80 14: 2057 — 2062.
- Rudnicki F., Wasilewski P., Urbanowski S. 1997. Zależność plonu buraka cukrowego od warunków opadowo-termicznych w okresie wegetacji. Biul. IHAR 202: 97 — 103.
- Wiśniewski W. 1994. Dynamika wzrostu i pobierania składników pokarmowych przez buraki cukrowe i pastewne z uwzględnieniem ich jakości. Hod. Rośl. Aklim. 38 z.1/2: 3 — 41.

PRZEMYSŁAW BARŁÓG¹**WITOLD GRZEBISZ¹****ARTUR PARADOWSKI²**¹ Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu² KWS SAAT AG, Poznań

Wpływ nawożenia potasem, sodem i magnezem na plonowanie trzech odmian buraka cukrowego Część I. Plon korzeni i cukru

Effect of potassium, sodium and magnesium fertilization on yielding of three sugar beet varieties

Part I. Yields of root and sugar

W trzyletnim doświadczeniu polowym badano wpływ nawożenia potasem (K) oraz sodem i magnezem (K + Na + 1 Mg, K + Na + 2 Mg) na plon i jakość technologiczną korzeni trzech odmian buraka cukrowego (Nilla, Merlin, Kristall). Dawka potasu, niezależnie od wariantu nawozowego, wynosiła 160 kg K₂O·ha⁻¹. Dodatkowo na obiektach K + Na + 1 Mg i K + Na + 2 Mg zastosowano odpowiednio 12 kg Na + 24 kg MgO i 12 kg Na + 51 kg MgO na 1 ha. Różnice w działaniu badanych czynników zależały od sezonu wegetacyjnego. Najlepszą jakość technologiczną korzeni buraka uzyskano w wariacie nawożenia K + Na + 1 Mg.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, jakość technologiczna, magnez, nawożenie, odmiany, plon korzeni, potas, sól

The effect of potassium fertilization on yield and quality parameters of sugar beet roots was investigated in a three years field experiment. The following factors were studied: three cultivars (Nilla, Merlin, Fontana) and three potassium fertilizers (K, K + Na + 1 Mg, K + Na + 2 Mg). The potassium rate amounted 160 kg K₂O·ha⁻¹. In two fertilization treatments sodium and magnesium were applied additionally: 12 kg Na + 24 kg MgO (K + Na + 1 Mg) and 12 kg Na + 51 kg MgO (K + Na + 2 Mg)·ha⁻¹. The differences related to the factors depended on weather conditions over a vegetation period. The highest technological quality of roots was observed in treatments with the K + Na + 1 Mg fertilization.

Key words: fertilization, magnesium, potassium, root yield, sodium, sugar beet varieties, technological quality

WSTĘP

Większość gleb Polski powstała z utworów polodowcowych, które charakteryzują się niekorzystnym składem granulometrycznym i mineralnym, a tym samym niską zasob-

nością w przyswajalny potas (Fotyma, Gosek, 2000). Burak cukrowy należy do roślin rolniczych o bardzo dużych wymaganiach pokarmowych względem potasu (Gutmański, 1991; Herlichy, 1992; Orlovius, 1993; Draycott, 1996). Nawożenie tym składnikiem zwiększa masę korzeni, a w rezultacie plon cukru. Dodatnio wpływa także na jakość przemysłową korzeni. Jednakże, jednostronne nawożenie wysokimi dawkami potasu, bez uwzględnienia innych równie ważnych składników pokarmowych, może ograniczać plony cukru (Herlichy, 1989; Gutmański, 1991; Haneklaus i in., 1998). Dlatego niezmiernie istotnym zadaniem diagnostycznym jest pełne zbilansowanie potrzeb pokarmowych buraka cukrowego. Jednym ze sposobów prowadzących do tego celu jest wybór odpowiedniego nawozu potasowego.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu dodatku sodu i magnezu do soli potasowej na plon korzeni i cukru trzech odmian buraka cukrowego.

MATERIAŁY I METODY

Trzyletnie badania polowe przeprowadzono w miejscowości Borówko Nowe (Czempin, województwo wielkopolskie). W doświadczeniu badano wpływ następujących czynników:

- Trzy odmiany firm zagranicznych (o ploidalności) — Nilla (2n), Merlin (3n) Kristall (3n),
- Obiekty nawożenia — kontrola (O); nawożenie potasem (K); potasem, sodem i magnezem ($K + Na + 1 Mg$) oraz potasem, sodem i podwojoną dawką magnezu ($K + Na + 2 Mg$).

Niezależnie od obiektu nawożenia dawka potasu (K_2O) wynosiła $160 kg \cdot ha^{-1}$. Na poletkach nawożonych tylko potasem (K), składnik ten stosowano w formie soli potasowej. W wariancie $K + Na + 1 Mg$ do gleby wprowadzano ponadto $12 kg Na \cdot ha^{-1}$ oraz $24 kg MgO \cdot ha^{-1}$ w kornkali (kameksie). W wariancie $K + Na + 2 Mg$ dodatkowo zastosowano magnez w formie kizerytu ($100 kg \cdot ha^{-1}$) i całkowita dawka MgO wynosiła $51 kg \cdot ha^{-1}$. Doświadczenia założono w układzie split-plot, w czterech powtórzeniach. Właściwości agrochemiczne gleby przedstawiono w tabeli 1. Dawka obornika wynosiła $30 t \cdot ha^{-1}$; fosforu $60 kg P_2O_5 \cdot ha^{-1}$; azotu $120 kg \cdot ha^{-1}$.

Ocenę parametrów jakościowych zebranych korzeni (polaryzacja, zawartość K, Na, N-amin.) przeprowadzono przy pomocy Autoanalyzera Venema Typ IIG, w Cukrowni Środa Wlkp. Zawartość i plon cukru technologicznego wyliczono według następujących wzorów:

$$CT = Pol - (0,177 \times (K + Na) + 0,247 \times N\text{-amin.} + 1,08)$$

$$PCT = (PK \times CT) : 100$$

gdzie:

CT — zawartość cukru technologicznego (% świeżej masy),

Pol — zawartość cukru biologicznego — polaryzacja (% świeżej masy),

K, Na i N-amin. — zawartość potasu, sodu i azotu α -aminowego ($mmol \cdot 100g^{-1}$),

PK i PCT — plon korzeni oraz cukru technologicznego ($t \cdot ha^{-1}$),

Porównania statystyczne otrzymanych wyników przeprowadzono w oparciu o analizę wariancji dla doświadczenia dwuczynnikowego oraz analizę regresji wielokrotnej z wyborem najlepszego podzbioru danych.

Tabela 1

Właściwości agrochemiczne gleby
Agrochemical properties of soil

Właściwości gleby Properties of soil		Rok Year		
		1997	1998	2000
pH	1 M KCl	5,8	6,5	6,1
Części ilaste — Clay	g·kg ⁻¹	60	90	90
C org	g·kg ⁻¹	5,4	10,5	7,5
K-ER*	mg·kg ⁻¹	137	214	182
K-W**	cmol·kg ⁻¹	0,24	0,61	0,49
P-ER*	mg·kg ⁻¹	162	182	175
Mg-S***	mg·kg ⁻¹	61	76	69

* ER — Metoda Egnera-Riehma

* ER — Egner-Riehm method

** W — Potas wymienny

** W — Exchange potassium

*** S — Metoda Schachtsabela

*** S — Schachtsabel method

WYNIKI

Plon korzeni buraka cukrowego zależał od współdziałania odmiany i składników pokarmowych dostarczonych w nawozach potasowych. W poszczególnych latach badań obserwowano jednak zmiany układów. W latach 1997 i 1998 przeciętnie największy plon korzeni otrzymano uprawiając odmianę Merlin (83,8 t·ha⁻¹). Plony tej odmiany były większe od wytworzonych plonów przez odmiany Kristall i Nilla, odpowiednio o 14% i 18%. W roku 2000 najlepiej natomiast plonowała odmiana Nilla (85,4 t·ha⁻¹), następnie Merlin i Kristall (78,3 i 76,1 t·ha⁻¹). W roku 1997 nawożenie potasem, jak również sodem i magnezem istotnie zwiększyło w porównaniu do kontroli plon korzeni odmiany Merlin. W latach 1998 i 2000 dodatni wpływ nawożenia potasem stwierdzono praktycznie tylko dla odmiany Nilla, zwłaszcza na obiekcie K + Na + 1 Mg. W roku 1998 zastosowanie soli potasowej (K) oraz K + Na + 2 Mg obniżyło, w porównaniu do kontroli, plon korzeni odmiany Merlin i Kristall (tab. 2).

Plon technologiczny cukru zależał również od współdziałania badanych czynników doświadczalnych (tab. 3). W odróżnieniu od plonu korzeni w roku 1997 zanotowano istotny, w porównaniu do kontroli, wzrost plonu cukru odmiany Kristall nawożonej K + Na + 2 Mg, a w roku 1998 K + Na + 1 Mg. O plonie cukru odmiany Nilla decydowała przede wszystkim masa zebranych korzeni, a odmian Merlin i Kristall również zawartość cukru biologicznego — polaryzacja (n = 12):

Nilla	PCT = -1,51 + 0,160 PK	R ² = 95,3%,
Merlin	PCT = 2,10 + 0,110 PK	R ² = 75,0%,
	PCT = -19,98 + 0,141PK + 1,217 Pol	R ² = 98,5%,
Kristall	PCT = 2,69 + 0,096 PK	R ² = 54,5%,
	PCT = -14,28 + 0,120 PK + 0,9701 Pol	R ² = 98,3%.

Tabela 2

Wpływ nawozów potasowych na plon korzeni ($t \cdot ha^{-1}$)
Effect of potassium fertilizers on the yield of roots ($t \cdot ha^{-1}$)

Rok Year	Odmiana Variety	Warianty Treatments				Średnia Mean
		O	K	K + Na + 1 Mg	K + Na + 2 Mg	
1997	Nilla	81,2	80,7	78,0	80,9	80,2
	Merlin	81,2	84,2	89,7	91,6	86,7
	Kristall	82,9	77,2	76,3	81,1	79,4
	Średnia					
	Mean	81,8	80,7	81,3	84,6	82,1
NIR _{0,05} dla odmian = 4,7; nawożenia = r.n.; współdziałania = 6,6 LSD _{0,05} for varieties = 4,7; fertilization = r.n.; interaction = 6,6						
1998	Nilla	48,2	62,9	76,8	59,7	61,9
	Merlin	90,0	68,7	86,4	78,0	80,8
	Kristall	69,0	59,2	77,2	63,2	67,2
	Średnia					
	Mean	69,1	63,6	80,1	67,0	69,9
NIR _{0,05} dla odmian = 1,9; nawożenia = 2,5; współdziałania = 4,2 LSD _{0,05} for varieties = 1,9; fertilization = 2,5; interaction = 4,2						
2000	Nilla	78,3	86,0	90,1	87,0	85,4
	Merlin	87,2	87,2	73,8	65,1	78,3
	Kristall	77,4	78,5	73,5	75,0	76,1
	Średnia					
	Mean	81,0	83,9	79,1	75,7	79,9
NIR _{0,05} dla odmian = 4,1; nawożenia = 2,3; współdziałania = 4,0 LSD _{0,05} for varieties = 4,1; fertilization = 2,3; interaction = 4,0						
Średnia Mean	Nilla	69,2	76,5	81,6	75,9	75,8
	Merlin	86,1	80,0	83,3	78,2	81,9
	Kristall	76,4	71,6	75,3	73,1	74,2
	Średnia					
	Mean	77,3	76,1	80,2	75,8	77,3

r.n. — Różnica nieistotna

r.n. — Difference not significant

Nawożenie potasem dodatkowo kształtowało zawartość cukru biologicznego w korzeniach, aczkolwiek wyniki były dość zmienne w latach (tab. 4). W roku 1997 największą polaryzację w korzeniach, niezależnie od odmiany, otrzymano w wariacie nawożenia K + Na + 1 Mg. Również w roku 2000 najwięcej cukru zawierały korzenie odmian Nilla i Merlin nawożone K + Na + 1 Mg. Odmiana Kristall uprawiana w latach 1998 i 2000 reagowała wzrostem polaryzacji na obiekcie z samym potasem (K).

Średnia z trzech lat, zawartość cukru technologicznego (CT) w korzeniach odmiany Nilla i Kristall zależała głównie od polaryzacji ($R^2 = 99,9\%$), a odmiany Merlin ponadto od potasu ($CT = 6,366 + 0,568 \text{ Pol} - 0,136 \text{ K}$; $R^2 = 71,9\%$), która wśród porównywanych odmian wyróżniała się najmniejszą zawartością K i największą N- α -aminowego. Nawożenie roślin K + Na + 1 Mg obniżyło przeciętną zawartość N- α -amin. i sodu, a w rezultacie wielkość strat cukru (tab. 5). Korzenie odmian Nilla i Merlin nawożone K + Na + 1 Mg, jako jedyne można było zaklasyfikować do dobrej klasy jakości przerobowej (Anonim, 1995).

Tabela 3

Wpływ nawozów potasowych na technologiczny plon cukru (t·ha⁻¹)
Effect of potassium fertilizers on the yield of recoverable sugar (t·ha⁻¹)

Rok Year	Odmiana Variety	Warianty Treatments				Średnia Mean
		O	K	K + Na + 1 Mg	K + Na + 2 Mg	
1997	Nilla	12,0	11,6	11,7	11,6	11,7
	Merlin	10,2	10,7	11,9	11,7	11,1
	Kristall	9,4	9,8	10,1	11,5	10,0
	Średnia Mean	10,5	10,7	11,2	11,3	10,9
	NIR _{0,05} dla odmian = 0,55; nawożenia = 0,50; współdziałania = 0,87 LSD _{0,05} for varieties = 0.55; fertilization = 0.50; interaction = 0.87					
1998	Nilla	6,3	8,3	9,9	8,0	8,1
	Merlin	12,1	9,2	11,9	8,0	11,0
	Kristall	8,9	8,6	9,6	8,1	8,8
	Średnia Mean	9,1	8,66	10,5	9,0	9,3
	NIR _{0,05} dla odmian = 0,28; nawożenia = 0,33; współdziałania = 0,56 LSD _{0,05} for varieties = 0.28; fertilization = 0.33; interaction = 0.56					
2000	Nilla	11,4	11,9	13,1	11,9	12,1
	Merlin	12,5	12,2	11,0	9,4	11,3
	Kristall	10,8	11,2	10,1	10,3	10,6
	Średnia Mean	11,6	11,8	11,4	10,5	11,3
	NIR _{0,05} dla odmian = 0,57; nawożenia = 0,33; współdziałania = 0,56 LSD _{0,05} for varieties = 0.57; fertilization = 0.33; interaction = 0.56					
Średnia Mean	Nilla	9,9	10,6	11,6	10,5	10,7
	Merlin	11,6	10,7	11,6	10,6	11,1
	Kristall	9,7	9,9	9,9	9,6	9,8
	Średnia Mean	10,4	10,4	11,0	10,5	10,5

Tabela 4

Wpływ nawozów potasowych na polaryzację w latach 1997–2000 (%)
Effect of potassium fertilizers on the polarimetric content of sugar in the years 1997–2000 (%)

Rok Year	Odmiana Variety	Warianty Treatments				Średnia Mean
		O	K	K + Na + 1 Mg	K + Na + 2 Mg	
1997	Nilla	17,20	16,99	17,41	16,82	17,11
	Merlin	15,25	15,46	15,81	15,47	15,50
	Kristall	14,08	15,42	15,77	15,76	15,21
	Średnia Mean	15,51	15,96	16,26	16,02	15,94
1998	Nilla	15,58	15,52	15,3	15,69	15,52
	Merlin	16,08	16,01	16,33	16,23	16,16
	Kristall	15,39	16,18	15,02	15,39	16,50
	Średnia Mean	15,68	15,90	15,55	15,77	16,06
2000	Nilla	16,76	16,1	16,81	15,89	16,39
	Merlin	16,40	16,18	16,89	16,65	16,53
	Kristall	16,22	16,55	16,00	15,83	16,15
	Średnia Mean	16,46	16,28	16,57	16,12	16,36

Tabela 5

Wpływ nawozów potasowych na parametry jakościowe korzeni (średnia dla lat)
Effect of potassium fertilizers on the root quality parameters (mean for years)

Parametry Parameters	Odmiana Variety	Warianty Treatments				Średnia Mean
		O	K	K + Na + 1 Mg	K + Na + 2 Mg	
Polaryzacja Polarization %	Nilla	16,51	16,20	16,51	16,13	16,34
	Merlin	15,91	15,88	16,34	16,12	16,06
	Kristall	15,23	16,05	15,53	15,66	15,62
	Średnia Mean	15,83	16,04	16,13	15,97	16,00
K mmol·kg ⁻¹	Nilla	55,3	56,0	54,5	56,2	55,5
	Merlin	51,0	54,0	51,5	52,4	52,2
	Kristall	57,4	56,1	59,3	59,2	58,0
	Średnia Mean	54,6	55,5	55,1	55,9	55,3
Na mmol·kg ⁻¹	Nilla	3,6	3,5	3,6	3,7	3,6
	Merlin	4,3	4,1	3,9	4,2	4,1
	Kristall	5,2	5,4	5,0	5,5	5,3
	Średnia Mean	4,4	4,3	4,2	4,4	4,3
N-α-amin. mmol·kg ⁻¹	Nilla	24,9	25,8	24,3	22,4	24,4
	Merlin	31,1	32,4	26,0	28,7	29,6
	Kristall	28,6	25,8	26,9	27,7	27,3
	Średnia Mean	28,2	28,0	25,7	26,3	27,1
Straty cukru Overall processing losses %	Nilla	2,37	2,40	2,35	2,32	2,36
	Merlin	2,48	2,55	2,36	2,43	2,46
	Kristall	2,50	2,42	2,48	2,50	2,48
	Średnia Mean	2,45	2,45	2,39	2,42	2,43
Cukier technologiczny Recoverable sugar %	Nilla	14,14	13,80	14,16	13,81	13,98
	Merlin	13,43	13,33	13,98	13,69	13,6
	Kristall	12,73	13,63	13,05	13,16	13,14
	Średnia Mean	13,38	13,59	13,74	13,55	13,57

DYSKUSJA

Otrzymane w niniejszej pracy wyniki świadczą o zmiennym w latach wpływie nawożenia potasem na plon buraków cukrowych. Prawidłowość tę potwierdzają również badania wcześniejsze (Herlihy, 1989; Orlovius, 1993). Według tych autorów nawożenie potasem może zwiększyć plon korzeni o 10–30%. Millford i wsp. (2000) prowadząc badania w Anglii, na 26 doświadczeń, tylko w jednym wykazał istotny wpływ nawożenia potasem na plon korzeni. Wyniki jego wskazują, że wzrostu plonu korzeni można się spodziewać, wyłącznie na glebach o małej zawartości wymiennego potasu. Może to częściowo tłumaczyć brak dodatniej reakcji odmian Merlin i Kristall na nawożenie potasem w latach 1998 i 2000. Należy jednak zaznaczyć, że pobieranie potasu zależy nie tylko od stanu zasobności gleby w ten pierwiastek, lecz także od rozkładu opadów w sezonie wegetacyjnym (Herlihy, 1989). Wpływ nawożenia potasem w bardzo dużym stopniu zależy również od interakcji Na/K, gdyż sód jest pierwiastkiem bardziej mobilnym

w liściach buraka niż potas. Jego rola w gospodarce wodnej wzrasta w latach suchych. Jednakże, sód nie zastępuje w funkcjach metabolicznych potasu (Herlihy 1989; Draycott, 1996). Nawożenie obu tymi składnikami zwiększa powierzchnię asymilacyjną liści. Wielu autorów wykazuje, że to właśnie ten aspekt działania sodu w znaczącym stopniu wpływa na późniejszy plon korzeni (Milford i in., 1985).

Akumulacja cukrów w korzeniach jest odwrotnie skorelowaną z ogólną zawartością jonów, w tym potasu (Bell i in., 1992; Winzer i in., 1996). Generalnie jednak, pierwiastek ten obniża zawartość N- α -aminowego oraz sodu w korzeniach, w małym stopniu jednakże zmniejszając wydajność ekstrakcji (Beringer, 1987; Herlihy, 1989). W badaniach własnych najlepszą jakość korzeni otrzymano w wariacie nawożenia K + Na + 1 Mg. Dodatek magnezu do kornakali nie miał już istotnego znaczenia. Dlatego głównie w wyniku kompleksowego oddziaływania potasu oraz sodu, na plon korzeni i ich jakość, notowano wzrost plonu cukru technologicznego.

WNIOSKI

1. Wpływ odmiany i nawożenia potasem, sodem i magnezem na plon korzeni i technologicznego cukru buraka cukrowego uprawianego na glebie o wysokiej zasobności w potas zależał od współdziałania obu czynników doświadczalnych oraz od sezonu wegetacyjnego.
2. Spośród testowanych odmian, najlepiej na zastosowane nawożenie potasem, sodem i magnezem (K + Na + 1 Mg) reagowała odmiana Nilla.
3. Wpływ nawożenia potasem, sodem i magnezem na jakość przemysłową korzeni zależał od odmiany. Największą, przeciętną zawartość cukru technologicznego w korzeniach odmiany Kristall otrzymano na obiekcie nawożonym tylko potasem, a odmiany Merlin — K + Na + 1 Mg.

LITERATURA

- Anonim 1995. Ein starkes Stueck: Qualitaet von KWS. KWS, Einbeck, s. 31.
- Bell C. I., Jones J., Milford G. F., Leigh R. A. 1992. The effects of crop nutrition on sugar beet quality. *Aspects Appl. Biol.* 32: 19 — 26
- Beringer H. 1987. Höhe und Wirkung der K-Düngung bei heutigem Ertragsniveau. *KALI-BRIEFE (Büntehof)* 18 (8): 585 — 594.
- Draycott A. P. 1996. Aspects of fertiliser use in modern, high-yield sugar beet culture. *IPI-Bulletin No. 15*: 50 pp.
- Fotyma M., Gosek S. 2000. Zmiany w zużyciu nawozów potasowych i ci konsekwencje dla żyzności gleby i poziomu produkcji roślinnej w Polsce. Nawozy i nawożenie. *Fertilizer and Fertilization* 1 (2): 1 — 52.
- Gutmański I. 1991. Produkcja buraka cukrowego. PWRiL, Poznań: 699 pp.
- Haneklaus S., Knudsen L., Schnug E. 1998. Relationship between potassium and sodium in sugar beet. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29 (11–14): 1793 — 1798.
- Herlihy M. 1989. Effect of potassium on sugar accumulation in storage tissue. Reprint from: *Proc. 21st Colloquium Int. Potash Institute, Bern*.
- Herlihy M. 1992. Effects of N, P and K on yield and quality of sugar beet. *Irish. J. Agric. Food Research* 31: 35 — 49.

- Milford G. F. J., Pocock T.O., Riley J., Messum A. B. 1985. An analysis of leaf growth in sugar. III. Leaf expansion in field crops. *Ann. Appl. Biol.* 106: 187 — 203.
- Milford G. F. J., Armstrong M. J., Jarvis P. J., Houghton B. J., Bellett-Travers D. M., Jones J., Leigh R. A. 2000. Effect of potassium fertilizer on the yield, quality and potassium offtake of sugar beet crops grown on soils of different potassium status. *J. Agric. Sci.* 135 (1): 1 — 10.
- Orlovius K. 1993. Sugar beet quality — the importance of potassium. *Int. Potash Institute. Potash Review* 2, 6 pp.
- Winzer T., Lohaus G., Heldt H-W. 1996. Influence of phloem transport, N-fertilization and ion accumulation on sucrose storage in the taproots of fodder beet and sugar beet. *J. Experim. Bot.* 47 (300): 863 — 870.

PRZEMYSŁAW BARŁÓG¹**WITOLD GRZEBISZ¹****ARTUR PARADOWSKI²**¹ Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu² KWS SAAT AG, Poznań

Wpływ nawożenia potasem, sodem i magnezem na plonowanie trzech odmian buraka cukrowego Część II. Zawartość i pobieranie makroskładników

Effect of potassium, sodium and magnesium fertilization on yielding of three sugar beet varieties

Part II. Content and uptake of macronutrients

W trzyletnim doświadczeniu polowym badano wpływ nawożenia potasem, sodem i magnezem (K, K + Na + 1 Mg, K + Na + 2 Mg) na zawartość i pobieranie makroskładników przez trzy odmiany buraka cukrowego (Nilla, Merlin, Kristall). Dawka potasu, niezależnie od wariantu nawozowego, wynosiła 160 kg K₂O·ha⁻¹. Dodatkowo na obiektach K + Na + 1 Mg i K + Na + 2 Mg zastosowano odpowiednio 12 kg Na + 24 kg MgO i 12 kg Na + 51 kg MgO na 1 ha. Różnice między odmianami w ilości pobieranych makroskładników zależały od sezonu wegetacyjnego. Pobieranie magnezu i sodu było natomiast wynikiem współdziałania odmiany i stosowanych nawozów. Plony korzeni i cukru odmian Nilla i Kristall korelowały dodatnio z pobraniem magnezu w korzeniach, a ujemnie z sodem i wapniem. Ilość pobieranego azotu i fosforu decydowała o plonie liści.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, magnez, nawożenie, odmiany, pobieranie makroskładników, potas, sól

A three-year field experiment was established in order to assess the effect of potassium, sodium and magnesium fertilization (K, K + Na + 1 Mg, K + Na + 2 Mg) on the content and uptake of macronutrients by three sugar beet varieties (Nilla, Merlin, Kristall). Potassium rate amounted to 160 kg K₂O·ha⁻¹. In two fertilization treatments sodium and magnesium were applied additionally: 12 kg Na + 24 kg MgO (K + Na + 1 Mg) and 12 kg Na + 51 kg MgO (K + Na + 2 Mg)·ha⁻¹. The differences between varieties depended on weather conditions over a vegetation period. Magnesium and sodium uptake depended on the interaction between sugar beet varieties and fertilizers. Yields of roots and sugar of the Nilla and Kristall varieties correlated positively with magnesium uptake, but negatively with sodium and calcium uptake. Nitrogen uptake influenced yield of tops, mainly.

Key words: fertilization, magnesium, potassium, sodium, sugar beet, uptake of macronutrients, varieties

WSTĘP

Nawożenie potasem jest jednym z najważniejszych zabiegów agrotechnicznych w uprawie buraka cukrowego. O efektywności nawożenia tym składnikiem decyduje także obecność w glebie innych składników pokarmowych. Szczególną rolę odgrywają dwa pierwiastki — sód i magnez (Herlihy, 1989; Gutmański, 1991; Draycott, 1996; Haneklaus i in., 1998; Grzebisz i in., 2001). Pomimo istnienia wielu prac dotyczących funkcji potasu, sodu i magnezu w roślinie, nadal nierozwiązanym problemem pozostaje plonotwórcze znaczenie tych składników, a także wzajemne oddziaływania w pobieraniu składników pokarmowych.

Celem przeprowadzonych badań było porównanie nawożenia potasem, sodem i magnezem na zawartość oraz pobieranie makroskładników przez odmiany buraka cukrowego.

MATERIAŁY I METODY

Trzyletnie badania polowe przeprowadzono w miejscowości Borówko Nowe (Czempiń, województwo wielkopolskie). W doświadczeniu badano wpływ następujących czynników:

- Trzy odmiany firm zagranicznych (o ploidalności) — Nilla (2n), Merlin (3n) Kristall (3n),
- Obiekty nawożenia — kontrola (O); nawożenie potasem (K); potasem, sodem i magnezem (K + Na + 1 Mg) oraz potasem, sodem i podwojoną dawką magnezu (K + Na + 2 Mg).

Niezależnie od obiektu nawożenia dawka potasu (K_2O) wynosiła $160\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na polatkach nawożonych tylko potasem (K), składnik ten stosowano w formie soli potasowej. W wariancie K + Na + 1 Mg do gleby wprowadzano ponadto $12\text{ kg Na}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz $24\text{ kg MgO}\cdot\text{ha}^{-1}$ w kornkali. W wariancie K + Na + 2 Mg zastosowano dodatkowo magnez w formie kizerytu ($100\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) i całkowita dawka MgO wynosiła $51\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Doświadczenia zakładano w układzie split-plot, w czterech powtórzeniach. Buraki cukrowe uprawiano na glebie średniej, o wysokiej zasobności w potas i średniej w magnez. Szczegółowe właściwości agrochemiczne gleby przedstawiono w części I — tabela 1. Dawka obornika wynosiła $30\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$; fosforu $60\text{ kg P}_2\text{O}_5\cdot\text{ha}^{-1}$; azotu $120\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

W liściach i korzeniach buraka cukrowego oznaczano zawartość azotu ogólnego metodą Kjeldahla; potasu, wapnia i sodu — emisyjnej spektrometrii atomowej (ESA); magnezu — absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA); fosforu — kolorymetryczną z wanadynianem amonu.

Porównania statystyczne otrzymanych wyników przeprowadzono w oparciu o analizę korelacji i regresji prostoliniowej oraz wariancji dla doświadczenia dwuczynnikowego.

WYNIKI

Zawartość azotu w liściach, w zależności od roku badań, wahała się od 2,63% do 3,06%, a w korzeniach od 0,62% do 1,05%; fosforu odpowiednio 0,31 — 0,61% i 0,12 — 0,33%; potasu 2,69 — 2,98% i 0,67 — 1,04%; sodu 0,43 — 1,50% i 0,03 — 0,11%; wapnia 0,35 — 1,30% i 0,09 — 0,18%; magnezu 0,29 — 0,62% i 0,07 — 0,15%. Największą zawartość

azotu i fosforu w roślinach stwierdzono w roku 2000, natomiast pozostałych składników w roku 1998. Badane czynniki doświadczalne nie różnicowały w sposób istotny zawartości makroskładników.

Średnie, końcowe nagromadzenie składników w roślinach (w $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) wynosiło dla N — 381; P — 55; K — 386; Na — 86; Ca — 76; Mg — 57. Największe pobieranie potasu stwierdzono w roku 1998, co należy wiązać z bardzo dobrą zasobnością gleby w ten składnik. Różnice odmianowe zależały od sezonu wegetacyjnego. Najwięcej makroskładników w roku 1997 pobierała odmiana Kristall. Uzyskane dla tej odmiany wartości były istotnie większe, niż dla odmiany Nilla. W roku 1998 najwięcej azotu nagromadziła odmiana Merlin, natomiast fosforu, wapnia i magnezu odmiana Nilla. W roku 2000 testowane odmiany różniły się istotnie tylko pobieraniem potasu (tab. 1).

Tabela 1

Pobieranie makroskładników przez odmiany buraka cukrowego ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
Macronutrients uptake by sugar beet varieties ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Rok Year	Odmiana Variety	Pierwiastek Element					
		N	P	K	Na	Ca	Mg
1997	Nilla	280	36	294	59	44	48
	Merlin	317	41	334	53	39	48
	Kristall	331	44	390	72	46	55
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	32	4	35	9	5	5
1998	Nilla	328	31	394	158	150	74
	Merlin	379	23	426	143	129	63
	Kristall	338	22	408	146	129	61
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	34	1	r.n.	r.n.	10	6
2000	Nilla	508	107	449	49	56	57
	Merlin	497	104	424	49	49	52
	Kristall	441	86	352	47	71	52
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	60	r.n.	90	r.n.	r.n.	r.n.
Średnia Mean	Nilla	372	58	379	89	83	60
	Merlin	398	56	395	82	72	54
	Kristall	370	51	383	88	82	56
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. — Różnica nieistotna r.n. — Difference not significant

Wpływ nawożenia na pobieranie składników pokarmowych zależał przede wszystkim od roku badań i nie miał istotnego wpływu na wartości średnie dla 3 lat. Tylko dla magnezu i sodu udowodniono, niezależne od lat, współdziałanie nawożenia oraz odmiany (tab. 2).

Przeprowadzona analiza korelacji wykazała zasadnicze różnice między odmianami, w związkach między pobieraniem makroskładników a plonem technologicznym cukru, korzeni i liści (tab. 3). Odmiany Nilla i Kristall były do siebie bardziej fizjologicznie podobne, niż Merlin. Całkowite pobranie azotu było dodatnio związane głównie z plonem liści (R^2 = Nilla — 77%; Merlin 66%; Kristall 52%). Dla odmian Nilla i Kristall stwierdzono dodatni związek między plonem cukru a pobieraniem magnezu w korzeniach (R^2 = 81% i 74%), natomiast ujemny dla sodu (średnio R^2 = 71%) i wapnia (średnio R^2 = 58%).

Tabela 2

Wpływ nawożenia potasem, sodem i magnezem na pobieranie makroskładników (kg·ha⁻¹)
Effect of potassium, sodium and magnesium fertilization on the macronutrients uptake (kg·ha⁻¹)

Odmiana Covariety	Wariant Treatments	Pierwiastek Element					
		N	P	K	Na	Ca	Mg
Nilla	O	364	51	362	93	86	59
	K	381	61	361	81	67	53
	K + Na + 1 Mg	356	55	382	80	73	53
	K + Na + 2 Mg	388	63	410	100	108	73
Merlin	O	436	63	440	75	80	56
	K	395	60	389	75	66	51
	K + Na + 1 Mg	354	52	380	96	75	60
	K + Na + 2 Mg	405	50	369	72	71	61
Kristall	O	371	54	421	96	87	62
	K	366	49	399	95	79	61
	K + Na + 1 Mg	379	54	354	76	58	47
	K + Na + 2 Mg	364	47	359	87	64	54
NIR _{0,05} dla współdziałania LSD _{0,05} for interaction		r.n.	r.n.	r.n.	8,1	r.n.	5,1
Średnia Mean	O	390	56	408	88	84	59
	K	381	57	383	84	71	55
	K + Na + 1 Mg	363	54	372	84	69	53
	K + Na + 2 Mg	386	53	379	86	81	63
NIR _{0,05} dla średniej LSD _{0,05} for mean		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. — Różnica nieistotna r.n. — Difference not significant

Tabela 3

Współczynniki korelacji między pobieraniem makroskładników a plonem cukru, korzeni i liści
Correlation coefficients between macronutrients uptake and yields of sugar, roots and leaves

Pierwia stek Element	Pobranie Uptake	Odmiany Varieties								
		Nilla			Merlin			Kristall		
		PCT	PK	PL	PCT	PK	PL	PCT	PK	PL
N	Cał. - Total	0,30	0,41	0,88***	0,34	0,01	0,81**	0,50	0,13	0,72**
	Korz. - Roots	0,65*	0,72**	0,55	0,45	0,17	0,40	0,66*	0,32	0,73**
K	Cał. - Total	-0,06	0,08	0,92***	0,54	0,22	0,59	-0,21	0,04	-0,52
	Korz. - Roots	0,18	0,33	0,62	0,29	0,14	0,03	-0,11	-0,13	-0,09
Na	Cał. - Total	-0,91***	-0,84***	0,02	0,03	-0,05	-0,05	-0,86***	-0,72**	-0,38
	Korz. - Roots	-0,83**	-0,73**	0,02	0,10	0,07	-0,10	-0,85***	-0,59	-0,50
Mg	Cał. - Total	-0,69*	-0,58	0,41	0,37	0,27	0,30	-0,44	-0,33	0,09
	Korz. - Roots	0,90***	0,87***	0,19	0,37	0,43	-0,04	0,86***	0,82***	0,25
P	Cał. - Total	0,54	0,62*	0,75**	0,29	0,05	0,64	0,75**	0,42	0,67*
	Korz. - Roots	0,56	0,66*	0,70**	0,29	0,06	0,56	0,79**	0,41	0,70*
Ca	Cał. - Total	-0,82**	-0,76**	0,20	-0,02	-0,10	0,14	-0,79**	-0,75**	-0,21
	Korz. - Roots	-0,80**	-0,70**	0,04	-0,21	-0,39	0,21	-0,72**	-0,81**	-0,11

PCT — Plon technologiczny cukru;

PCT — Yield of recoverable sugar

PK — Plon korzeni;

PK — Yield of roots

PL — Plon liści;

PL — Yield of leaves

Poziom istotności: * $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$; Level of significance: * $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$

Cał. — Całkowite

Korz. — Korzenie

Pobieranie makroskładników przez odmiany wyrażone $\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$ plonu korzeni przedstawiono w tabeli 4. Zamieszczone w niej wyniki potwierdzają większe zmiany w latach, niż wpływ działania odmiany. Szczególnie dużą zmienność w pobieraniu składników odnotowano dla sodu, wapnia oraz fosforu. Wpływ nawożenia kationami na pobieranie jednostkowe magnezu i sodu zależał od współdziałania nawozów i odmiany (tab. 5). Zaznaczył się jednak trend do mniejszego pobierania składników na obiekcie z wariantem K + Na + 1 Mg.

Tabela 4

Pobieranie makroskładników na jednostkę plonu przez odmiany buraka cukrowego ($\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$ świeżej masy korzeni + liście)

Macronutrients uptake by sugar beet varieties ($\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$ fresh matter of roots + leaves)

Rok Year	Odmiana Variety	Pierwiastek Element					
		N	P	K	Na	Ca	Mg
1997	Nilla	3,49	0,44	3,67	0,74	0,55	0,60
	Merlin	3,66	0,48	3,85	0,61	0,45	0,55
	Kristall	4,17	0,56	4,91	0,91	0,58	0,69
	NIR — LSD _{0,05}	0,39	0,05	0,43	0,10	0,06	0,06
1998	Nilla	5,31	0,50	6,38	2,56	2,44	1,20
	Merlin	4,69	0,28	5,27	1,77	1,60	0,78
	Kristall	5,03	0,32	6,08	2,17	1,93	0,91
	NIR — LSD _{0,05}	0,49	0,06	r.n.	r.n.	0,14	0,09
2000	Nilla	5,95	1,25	5,26	0,57	0,66	0,67
	Merlin	6,35	1,33	5,42	0,63	0,63	0,66
	Kristall	5,80	1,12	4,63	0,62	0,54	0,68
	NIR — LSD _{0,05}	0,40	r.n.	0,62	r.n.	r.n.	r.n.
Średnia Mean	Nilla	4,92	0,73	5,10	1,29	1,22	0,82
	Merlin	4,90	0,70	4,85	1,00	0,89	0,66
	Kristall	5,00	0,67	5,21	1,23	1,02	0,76
	NIR — LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. — Różnica nieistotna

r.n. — Difference not significance

Tabela 5

Wpływ nawożenia potasem, sodem i magnezem na pobieranie makroskładników przez jednostkę plonu buraka cukrowego ($\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$ świeżej masy korzeni + liście)

Effect of potassium, sodium and magnesium fertilization on the macronutrients uptake by sugar beet ($\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$ fresh matter of roots + leaves)

Odmiana Variety	Wariant Treatments	Pierwiastek Element					
		N	P	K	Na	Ca	Mg
1	2	3	4	5	6	7	8
Nilla	O	5,26	0,74	5,23	1,34	1,24	0,85
	K	4,98	0,80	4,72	1,06	0,88	0,69
	K + Na + 1 Mg	4,36	0,67	4,68	0,98	0,89	0,65
	K + Na + 2 Mg	5,11	0,83	5,40	1,32	1,42	0,96
Merlin	O	5,06	0,73	5,11	0,87	0,93	0,65
	K	4,94	0,75	4,86	0,94	0,83	0,64
	K + Na + 1 Mg	4,25	0,62	4,56	1,15	0,90	0,72
	K + Na + 2 Mg	5,18	0,64	4,72	0,92	0,91	0,78

c.d.Tabela 5

1	2	3	4	5	6	7	8
Kristall	O	4,86	0,71	5,51	1,26	1,14	0,81
	K	5,11	0,68	5,57	1,33	1,10	0,85
	K + Na + 1 Mg	5,03	0,72	4,70	1,01	0,77	0,62
	K + Na + 2 Mg	4,98	0,64	4,91	1,19	0,88	0,74
NIR _{0,05} dla współdziałania		r.n.	r.n.	r.n.	0,11	r.n.	0,06
LSD _{0,05} for interaction							
Średnia Mean	O	5,06	0,73	5,28	1,16	1,10	0,77
	K	5,01	0,74	5,05	1,11	0,93	0,73
	K + Na + 1 Mg	4,55	0,67	4,65	1,05	0,86	0,66
	K + Na + 2 Mg	5,09	0,70	5,01	1,14	1,07	0,83
NIR _{0,05} dla średniej		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
LSD _{0,05} for mean							

r.n. — Różnica nieistotna

r.n. — Difference not significant

DYSKUSJA

Maksymalne pobieranie K, N i Na przez buraki cukrowe przypada najczęściej na początek września, natomiast magnezu, fosforu i wapnia na koniec wegetacji (Grzebisz i in., 1998). Ilość pobranego w roku 1997 potasu była mniejsza, a w latach 1998 i 2000 zbliżona do optymalnego, wynoszącego około 400–550 kg K·ha⁻¹ (Draycott, 1996). Zakładając, że pobranie końcowe potasu stanowi 70% maksymalnego (Grzebisz i in., 1998), to akumulacja tego pierwiastka we wrześniu w latach 1998 i 2000 prawdopodobnie wynosiła około 580 kg K·ha⁻¹. Według niektórych źródeł, buraki cukrowe mogą pobrać nawet do 720 kg K·ha⁻¹ (Kalidüngung und Zuckerrübenqualität, 1983). W badaniach własnych największe pobieranie potasu stwierdzono na glebie o dużej zawartości potasu wymiennego. Zależność tą potwierdzają badania Milforda i wsp. (2000).

Przeciętne pobieranie składników przez buraki na tonę plonu korzeni wynosi 4–5 kg N; 0,65–0,87 kg P; 5–6,6 kg K; 0,9–1,2 kg Mg; 0,35–0,45 kg Ca i 1,8 kg Na (Gutmański, 1991; Gutmański, 1996). W badaniach własnych, w niektórych latach, wartości te przekroczyły podane zakresy (tab. 4). Przykładowo, w roku 2000 stwierdzono bardzo duże pobieranie azotu. Było ono większe od przeciętnych wartości podawanych w literaturze naukowej (Grzebisz i in., 1998; Wenderburg, Koch, 1996) i wynikało z dużego plonu liści, wynoszącego aż 73 t·ha⁻¹. Większe pobieranie fosforu w tymże roku zależało nie tylko od plonu liści, lecz także od dużej koncentracji tego składnika w roślinach. Wzrost pobierania sodu i wapnia w roku 1998 wynikał natomiast ze wzrostu zawartości tych składników w roślinach.

Otrzymane wyniki sugerują, że pobieranie składników zależało przede wszystkim od warunków glebowych w sezonie wegetacyjnym oraz uprawianej odmiany. Nawożenie kationami w małym stopniu różnicowało pobieranie składników mineralnych.

WNIOSKI

1. Różnice w pobieraniu makroskładników między badanymi odmianami buraka cukrowego (Nilla, Merlin i Kristall) zależały od sezonu wegetacyjnego.

2. Wpływ nawożenia potasem, sodem i magnezem na pobieranie makroskładników zależał od roku badań, uprawianej odmiany oraz od zasobności gleby w badany pierwiastek. Tylko dla magnezu i sodu stwierdzono, niezależne od sezonu wegetacyjnego, współdziałanie odmiany buraka cukrowego oraz nawożenia kationami.
3. Plony korzeni i cukru odmian Nilla i Kristall były dodatnio związane z pobieraniem magnezu w korzeniach, natomiast ujemnie z sodem i wapniem. Pobieranie azotu, a także fosforu decydowało głównie o plonie liści.

LITERATURA

- Draycott A. P. 1996. Aspects of fertiliser use in modern, high-yield sugar beet culture. IPI-Bulletin No.15: 50 pp.
- Grzebisz W., Barłóg P., Feć, M. 1998. The dynamics of nutrient uptake by sugar beet and its effect on dry matter and sugar yield. *Bibliotheca Fragmenta Agronomica* 3/98: 242 —249.
- Grzebisz W., Barłóg P., Lehrke R. 2001. Effect of the interaction between the method of magnesium application and amount of nitrogen fertilizer application on sugar recovery and technical quality of sugar beet. *Zuckerind.* 126 (51): 956 — 960
- Gutmański I. 1991. Produkcja buraka cukrowego. PWRiL Poznań, ss. 699.
- Gutmański I. 1996. Niskonakładowa technologia produkcji buraka cukrowego. IHAR, Bydgoszcz, ss. 87.
- Haneklaus S., Knudsen L., Schnug E. 1998. Relationship between potassium and sodium in sugar beet. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 29 (11-14): 1793 — 1798.
- Herlihy M. 1989. Effect of potassium on sugar accumulation in storage tissue. Reprint from: *Proc. 21st Colloquium Int. Potash Institute*, Bern.
- Kalidüngung und Zuckerrübenqualität. 1983. Information der Landwirtschaftliche Kaliberatung der Kali und Saltz AG, Bonn.
- Milford G. F. J., Armstrong M. J., Jarvis P. J., Houghton B. J., Bellett-Travers D. M., Jones J., Leigh R. A. 2000. Effect of potassium fertilizer on the yield, quality and potassium offtake of sugar beet crops grown on soils of different potassium status. *J. Agric. Sci.* 135 (1): 1 — 10.
- Wendenburg Ch., Koch H-J. 1996. Zum Einfluß unterschiedlicher Sorteneigenschaften auf den Stickstoffentzug von Zuckerrüben. *Zuckerind.* 121 (8): 623 — 630.

PRZEMYSŁAW BARŁÓG**WITOLD GRZEBISZ****DARIUSZ GÓRSKI****RENATA GAJ**

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu

Reakcja plennych odmian buraka cukrowego na nawożenie potasem, sodem i magnezem

Response of high-yielding sugar beet varieties to fertilization with potassium, sodium and magnesium

Celem przeprowadzonych, w latach 1998–2000, badań było określenie wpływu nawożenia potasem, sodem i magnezem (K, K + Na + 1 Mg, K + Na + 2 Mg) na plon korzeni, parametry jakościowe i pobranie makroskładników przez dwie pełne odmiany buraka cukrowego (Fontana, Marathon). Dawka potasu, niezależnie od wariantu nawożenia, wynosiła 140 kg K₂O·ha⁻¹. Dodatkowo na obiektach K + Na + 1 Mg i K + Na + 2 Mg zastosowano odpowiednio 10,5 kg Na + 21 kg MgO i 10,5 kg Na + 48 kg MgO na 1 ha. Testowane odmiany nie różniły się wielkością plonu korzeni i cukru. W roku o optymalnym przebiegu pogody, największy plon korzeni wytworzyły rośliny nawożone tylko potasem (K). W latach o mniej korzystnych warunkach pogodowych, największe plony otrzymano nawożąc rośliny jednocześnie potasem, sodem i magnezem (K + Na + 1 Mg lub K + Na + 2 Mg). O technologicznym plonie cukru decydowała przede wszystkim masa wytworzonych korzeni, a dopiero w dalszej kolejności polaryzacja. Plon technologiczny cukru korelował dodatnio z pobieraniem azotu.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, magnez, nawożenie, odmiany, pobieranie makroskładników, plon cukru, plon korzeni, potas, sól

The objective of the study was to assess the effect of potassium, sodium and magnesium fertilization (K, K + Na + 1 Mg, K + Na + 2 Mg) on root yield, quality parameters and uptake of macronutrients by two sugar beet varieties (Fontana, Marathon). The experiment was carried out in the years 1998–2000. Potassium rate, irrespective of the fertilization variants, amounted to 140 kg K₂O·ha⁻¹. In two fertilization treatments sodium and magnesium were applied additionally: 10,5 kg Na + 21 kg MgO (K + Na + 1 Mg) and 10,5 kg Na + 48 kg MgO (K + Na + 2 Mg)·ha⁻¹. Root and sugar yields were not significantly affected by the tested varieties. In the year characterized by optimal weather conditions, higher yields were harvested from the plots fertilized only with K. In the years with less favourable growth conditions, higher yields were obtained from the plots fertilized with K together with Na and Mg. Recoverable sugar yield depended mainly on roots biomass, and less so, on polarimetric sugar content. Nitrogen taken up by the final yield influenced significantly yields of recoverable sugar.

Key words: sugar beet, potassium, sodium and magnesium fertilization, root and sugar yield, macronutrients uptake, varieties

WSTĘP

Potas jest jednym z najważniejszych pierwiastków kształtujących plon i jakość korzeni buraka cukrowego (Gutmański, 1991; Herlihy, 1992; Orlovius, 1993; Draycott, 1996). Efektywność nawożenia buraków potasem zależy nie tylko od zasobności tego pierwiastka w glebie, ale także współdziałania z innymi składnikami pokarmowymi. Szczególnie ogromnie znaczenie mają dwa pierwiastki: sód i magnez (Orlovius, 1994; Haneklaus i in., 1998; Grzebisz i in., 2001).

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu nawozów potasowych wzbogaconych w sód i magnez na plon korzeni i cukru oraz jakość przemysłową korzeni dwóch plennych odmian buraka cukrowego.

MATERIAŁY I METODY

Badania prowadzono w latach 1998–2000 w Gospodarstwie Rolnym Ciołkowo (powiat Gostyń). Dwuczynnikowe doświadczenia polowe założono w układzie split-plot, w czterech powtórzeniach. Czynniki doświadczenia były:

- odmiana buraka cukrowego — Fontana, Marathon;
- obiekty nawożenia — kontrola (O); potas (K); kornkali (K + Na + 1 Mg); mieszanina kornkali i kizerytu (K + Na + 2 Mg).

Niezależnie od zastosowanego nawozu, dawka potasu (K_2O) wynosiła $140\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. W wariancie K + Na + 1 Mg wprowadzano do gleby ponadto $10,5\text{ kg Na}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz $21\text{ kg MgO}\cdot\text{ha}^{-1}$, a w wariancie K + Na + 2 Mg dodatkowo Mg w formie kizerytu ($100\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), czyli łącznie $48\text{ kg MgO}\cdot\text{ha}^{-1}$. Buraki uprawiano na glebie lekkiej (piasek gliniasty mocny), należącej do klasy bonitacyjnej IVa. Właściwości agrochemiczne gleby w roku 1998: pH — 6,5; $\text{mg P}_2\text{O}_5\cdot\text{kg}^{-1}$ — 136; $\text{mg K}_2\text{O}\cdot\text{kg}^{-1}$ — 191; $\text{mg Mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ — 64; w roku 1999 odpowiednio — 6,6; 102; 182; 25; w roku 2000 — 5,0; 113; 154; 28. Dawka obornika: $30\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, fosforu $60\text{ kg P}_2\text{O}_5\cdot\text{ha}^{-1}$, azotu $120\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Warunki meteorologiczne w latach 1998–2000 przedstawiono w tabeli 1.

Plon technologiczny cukru wyliczono z równania (Anonim, 1995):

$$\text{PCT} = [(\text{PK} \times (\text{Pol} - (0,117(\text{K} + \text{Na}) + 0,241\text{N-amin} + 1,08))] : 100$$

gdzie:

PCT — plon cukru technologicznego ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$),

PK — plon korzeni ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$),

Pol — zawartość cukru biologicznego — polaryzacja (%),

K, Na i N-amin. — zawartość potasu, sodu i azotu α -aminowego ($\text{mmol}\cdot 100\text{g}^{-1}$ świeżej masy).

Ogólną zawartość makroskładników oznaczono standardowymi metodami. Ocenę jakościową korzeni buraka cukrowego przeprowadzono przy pomocy Autoanalyzera Venema Typ IIG w Cukrowni Środa Wlkp. Porównania statystyczne otrzymanych wyników przeprowadzono w oparciu o analizę wariancji dla doświadczenia dwuczynnikowego oraz regresję wielokrotną z wyborem najlepszego podzbioru danych.

WYNIKI

W przeprowadzonym doświadczeniu poziom plonowania buraka cukrowego zależał przede wszystkim od przebiegu pogody w sezonie wegetacyjnym. Mniejszy plon korzeni w roku 1999 wynikał z bardzo małych opadów atmosferycznych w lipcu i sierpniu, czyli w fazie intensywnego wzrostu roślin (tab. 1). Przyczyną spadku plonu w roku 2000 był opóźniony siew, niedostateczna wilgotność gleby oraz niska temperatura w fazie wschodów.

Tabela 1

Warunki meteorologiczne w okresie wegetacji buraka cukrowego, Ciołkowo
Weather conditions during vegetation of sugar beet, Ciołkowo

Rok Year	Miesiące — Months						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Temperatura — Temperature (°C)							
1998	10,5	14,7	18,1	17,5	16,9	13,5	7,9
1999	9,5	15,0	16,0	20,0	17,7	16,5	8,2
2000	8,1	14,0	17,5	16,2	18,1	17,2	8,6
1961–1999	8,2	14,1	15,9	18,0	17,5	13,9	8,1
Opady — Rainfall (mm)							
1998	45,0	28,0	82,0	67,0	76,0	87,0	98,0
1999	40,3	52,0	100,0	35,3	20,8	20,0	32,0
2000	22,3	62,1	35,5	94,2	78,6	21,5	34,4
1961–1999	34,1	42,2	61,0	80,9	60,0	38,4	30,5

Tabela 2

Wpływ nawozów potasowych na plon korzeni (t·ha⁻¹)
Effect of potassium fertilizers on the yield of roots (t·ha⁻¹)

Rok Year	Odmiana Variety	Warianty — Treatments				Średnia Mean
		O	K	K + Na + 1 Mg	K + Na + 2 Mg	
1998	Fontana	70,2	73,1	68,0	71,3	70,7
	Marathon	65,9	77,3	64,7	64,5	68,1
	Średnia — Mean	68,1	75,2	66,4	67,9	69,4
	NIR _{0,05} dla odmian = r.n.; nawożenia = 4,6; współdziałania = r.n. LSD _{0,05} for varieties = r.n.; fertilization = 4,6; interaction = r.n.					
1999	Fontana	50,4	55,0	57,8	55,3	54,6
	Marathon	56,6	52,0	60,7	66,8	59,0
	Średnia — Mean	53,5	53,5	59,2	61,0	56,8
	NIR _{0,05} dla odmian = r.n.; nawożenia = 7,4; współdziałania = r.n. LSD _{0,05} for varieties = r.n.; fertilization = 7,4; interaction = r.n.					
2000	Fontana	44,7	45,7	57,4	54,8	50,7
	Marathon	49,4	51,0	54,7	56,9	53,0
	Średnia — Mean	47,1	48,3	56,1	55,8	51,8
	NIR _{0,05} dla odmian = r.n.; nawożenia = 8,2; współdziałania = r.n. LSD _{0,5} for varieties = r.n.; fertilization = 8,2; interaction = r.n.					
Średnia Mean	Fontana	55,1	57,9	61,1	60,5	58,6
	Marathon	57,3	60,1	60,1	62,7	60,0
	Średnia — Mean	56,2	59,0	60,6	61,6	59,3

r.n. — Różnica nieistotna r.n. — Difference not significant

Badane odmiany nie różniły się istotnie wielkością wytworzonego plonu korzeni. Przeciętny plon korzeni odmiany Fontana wynosił 58,6 t·ha⁻¹, a odmiany Marathon — 60,0

t·ha⁻¹. W roku 1998 największy plon korzeni otrzymano w wariantach, w którym zastosowano wyłącznie potas (K), wzrost o 11% w porównaniu do kontroli. W roku 1999 istotny wzrost plonu korzeni (o 14%), w porównaniu do kontroli, stwierdzono na obiekcie nawożonym K + Na + 2 Mg. W roku 2000 istotny przyrost plonu otrzymano w wariantach K + Na + 1 Mg oraz K + Na + 2 Mg. Różnice, w porównaniu do kontroli, wynosiły odpowiednio 18% i 19% (tab. 2). W przeprowadzonym doświadczeniu plon korzeni nie zależał od współdziałania badanych czynników.

Korzenie odmiany Fontana zebrane z obiektu kontrolnego i nawożonego K + Na + 1 Mg charakteryzowały się większą polaryzacją, niż odmiany Marathon (tab. 3).

Tabela 3

Wpływ nawożenia potasowego na parametry jakościowe korzeni buraka cukrowego
Effect of potassium fertilization on root quality parameters of sugar beet

Parametry Parameters	Nawożenie Fertilization	Rok / Odmiany Year / Varieties							
		1998		1999		2000		Średnia Mean	
		F*	M	F	M	F	M	F	M
Polaryzacja Polarization %	O	18,51	18,26	19,63	19,28	18,11	17,75	18,75	18,43
	K	18,26	18,62	18,64	19,34	17,70	18,37	18,20	18,77
	K + Na + 1 Mg	18,50	18,05	19,25	17,99	18,60	17,94	18,78	17,99
	K + Na + 2 Mg	18,45	18,00	18,52	17,59	17,59	17,74	18,19	17,78
	Średnia Mean	18,43	18,23	19,01	18,55	18,00	17,95	18,48	18,24
K mmol·kg ⁻¹	O	50,5	39,4	51,8	53,9	43,0	41,7	48,4	45,0
	K	43,0	41,8	52,9	52,0	47,7	48,5	47,9	47,4
	K + Na + 1 Mg	44,0	42,0	50,7	56,1	52,3	49,4	49,0	49,1
	K + Na + 2 Mg	42,0	39,4	52,1	52,7	52,6	43,0	48,9	45,0
	Średnia Mean	44,9	40,6	51,9	53,7	48,9	45,6	48,6	46,6
Na mmol·kg ⁻¹	O	5,1	3,7	8,2	8,1	2,5	3,2	5,3	5,0
	K	3,5	3,5	7,6	7,8	3,3	3,3	4,8	4,9
	K + Na + 1 Mg	3,6	4,5	6,4	7,3	2,9	3,7	4,3	5,2
	K + Na + 2 Mg	3,7	4,2	8,3	7,1	3,0	3,5	5,0	4,9
	Średnia Mean	4,0	4,0	7,6	7,6	2,9	3,4	4,9	5,0
N-α-am. mmol·kg ⁻¹	O	10,3	6,9	19,7	24,5	10,2	8,2	13,4	13,2
	K	6,9	6,4	22,3	20,9	10,4	14,6	13,2	14,0
	K + Na + 1 Mg	8,3	6,8	17,0	20,7	13,5	13,3	12,9	13,6
	K + Na + 2 Mg	7,0	6,8	23,0	22,6	13,5	11,1	14,5	13,5
	Średnia Mean	8,12	6,73	20,5	22,2	11,9	11,8	13,5	13,6
Cukier tech. Rec. sugar (%)	O	16,53	16,51	17,37	16,88	16,25	15,95	16,72	16,45
	K	16,47	16,86	16,31	17,06	15,77	16,33	16,19	16,74
	K + Na + 1 Mg	16,66	16,26	17,09	15,67	16,55	15,92	16,77	15,95
	K + Na + 2 Mg	16,67	16,25	16,18	15,27	15,53	15,85	16,13	15,79
	Średnia Mean	16,58	16,47	16,74	16,22	16,03	16,01	16,45	16,23

* F — Fontana

M — Marathon

Odwrotną zależność zaobserwowano na obiekcie nawożonym tylko potasem (K). Nawożenie K + Na + 2 Mg spowodowało natomiast spadek zawartości cukru w korzeniach obu odmian. Spośród badanych parametrów jakościowych największy wpływ na zawartość cukru technologicznego wywierała polaryzacja (Fontana $R^2 = 89,5\%$; Marathon $R^2 = 90,2\%$).

Plon technologiczny cukru zależał przede wszystkim od plonu korzeni (Fontana $R^2 = 87,5\%$; Marathon $R^2 = 94,3\%$). Drugą istotną cechą była polaryzacja ($n = 12$):

Fontana PCT = $8,484 + 0,166 PK + 0,455 Pol$ ($R^2 = 99,7\%$)

Marathon PCT = $9,745 + 0,170 PK + 0,510 Pol$ ($R^2 = 98,6\%$)

Uprawiane odmiany nie różniły się istotnie wielkością wytworzonego plonu cukru technologicznego, a wpływ nawożenia K, Na i Mg zależał od sezonu wegetacyjnego. W roku 1998 istotny wzrost plonu cukru technologicznego otrzymano w wariacie nawożonym tylko K, a w roku 2000 K + Na + 1 Mg (tab. 4).

Tabela 4

Wpływ nawożenia potasowego na plon cukru technologicznego ($t \cdot ha^{-1}$)
Effect of potassium fertilization on recoverable sugar yield ($t \cdot ha^{-1}$)

Rok Year	Odmiana Variety	Warianty Treatments				Średnia Mean
		O	K	K + Na + 1 Mg	K + Na + 2 Mg	
1998	Fontana	11,6	12,0	11,3	11,7	11,7
	Marathon	10,9	13,0	10,6	10,5	11,2
	Średnia — Mean	11,2	12,5	10,9	11,1	11,4
	NIR _{0,05} dla odmian = r.n.; nawożenia = 0,78; współdziałania = r.n.					
	LSD _{0,05} for varieties = r.n.; fertilization = 0.78; interaction = r.n.					
1999	Fontana	8,7	9,0	9,9	9,0	9,1
	Marathon	9,6	8,9	9,5	10,2	9,5
	Średnia — Mean	9,2	8,9	9,7	9,6	9,3
	NIR _{0,05} dla odmian = r.n.; nawożenia = r.n.; współdziałania = r.n.					
	LSD _{0,05} for varieties = r.n.; fertilization = r.n.; interaction = r.n.					
2000	Fontana	7,3	7,2	9,5	8,5	8,1
	Marathon	7,9	8,3	8,7	9,0	8,5
	Średnia — Mean	7,6	7,8	9,2	8,8	8,3
	NIR _{0,05} dla odmian = r.n.; nawożenia = 1,3; współdziałania = r.n.					
	LSD _{0,05} for varieties = r.n.; fertilization = 1.3; interaction = r.n.					
Średnia Mean	Fontana	9,2	9,4	10,2	9,7	9,6
	Marathon	9,4	10,1	9,6	9,9	9,8
	Średnia — Mean	9,3	9,7	9,9	9,8	9,7

r.n. — Różnica nieistotna r.n. — Difference non significant

Wpływ badanych czynników na pobranie końcowe makroskładników przedstawiono w tabelach 5 i 6. Plon technologiczny cukru był dodatnio skorelowany z pobieraniem azotu. Odmiana Marathon wykazała istotny związek z całkowitym pobieraniem ($R^2 = 89\%$), a Fontana większy z akumulacją azotu w korzeniach ($R^2 = 75\%$), niż w plonie całkowitym ($R^2 = 56\%$). Dla odmiany Fontana otrzymano ponadto dodatnią prostoliniową korelację między plonem cukru a pobieraniem potasu w korzeniach ($R^2 = 67\%$). Pobieranie pozostałych pierwiastków nie wykazało istotnych zależności z wielkością plonu korzeni i cukru.

Tabela 5

Pobranie makroskładników przez odmiany buraka cukrowego (kg·ha⁻¹)
Macronutrients uptake by the sugar beet varieties (kg·ha⁻¹)

Pierwiastek Element	Rok badań / Odmiany Year of investigations / Varieties								
	1998			1999			2000		
	F	M	NIR _{0,05} LSD _{0,05}	F	M	NIR _{0,05} LSD _{0,05}	F	M	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
N	293,1	270,8	18,1	280,9	250,8	20,5	200,3	211,9	r.n.
K	194,2	187,6	r.n.	252,0	215,8	29,3	186,3	220,3	38,2
Na	41,1	33,8	4,52	27,2	25,0	2,2	35,9	39,3	r.n.
Ca	51,2	48,2	r.n.	120,0	99,4	13,9	53,4	71,3	17,1
Mg	28,4	22,8	2,7	35,9	32,0	2,0	18,8	23,4	3,1

* F — Fontana

M — Marathon

r.n. — Różnica nieistotna

r.n. — Difference not significant

Tabela 6

Wpływ nawożenia potasowego na końcowe pobranie makroskładników (kg·ha⁻¹)
Effect of potassium fertilization on macronutrients uptake (kg·ha⁻¹)

Rok Year	Warianty Treatments	Pierwiastek Element				
		N	K	Na	Ca	Mg
1998	O	284,6	204,8	36,8	52,6	25,9
	K	309,2	207,6	44,3	55,1	27,6
	K + Na + 1 Mg	278,3	175,8	32,3	44,1	24,2
	K + Na + 2 Mg	255,9	175,4	36,8	47,0	24,8
	NIR _{0,05}	21,4	14,5	3,1	4,5	1,7
	LSD _{0,05}					
1999	O	270,4	238,6	22,5	102,0	33,8
	K	251,8	232,4	26,9	103,5	32,8
	K + Na + 1 Mg	261,6	226,3	29,2	112,0	33,8
	K+Na+2Mg	279,5	238,2	25,8	120,0	35,6
	NIR _{0,05}	r.n.	r.n.	3,9	r.n.	r.n.
	LSD _{0,05}					
2000	O	182,7	189,7	30,2	53,5	17,2
	K	197,3	179,7	34,5	60,2	20,7
	K + Na + 1 Mg	216,8	227,0	33,5	67,2	22,7
	K + Na + 2 Mg	227,6	216,7	52,3	68,7	23,8
	NIR _{0,05}	29,7	33,4	6,6	11,0	3,3
	LSD _{0,05}					
Średnia Mean	O	245,9	211,0	29,7	69,4	25,6
	K	252,8	206,5	35,2	72,9	27,0
	K + Na + 1 Mg	252,2	209,7	31,6	74,5	26,9
	K + Na + 2 Mg	254,4	210,1	38,3	78,8	28,1
	NIR _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
	LSD _{0,05}					

r.n. — Różnica nieistotna

r.n. — Difference not significant

DYSKUSJA

Wpływ potasu na akumulację cukru w burakach jest funkcją wielu indywidualnych procesów biochemicznych. Generalnie pierwiastek ten dodatnio wpływa na fotosyntezę, fotorespirację, transport, wykorzystanie asymilatów i gospodarkę wodną rośliny. W rezultacie nawożenie tym pierwiastkiem może zwiększyć plon korzeni od 10 do 30% (Beringer, 1987; Orlovius, 1993). Jednocześnie zabieg ten obniża zawartość N-aminowego oraz sodu w korzeniach, w małym stopniu zmniejszając wydajność ekstrakcji (Herlihy, 1989). Akumulacja cukrów w korzeniach jest jednak odwrotnie skorelowaną z ogólną zawartością jonów, w tym także i potasu (Winzer, 1996). W rezultacie kompleksowego oddziaływania potasu na plon korzeni i ich jakość notuje się wzrost plonu cukru nawet ponad 20% (Herlihy, 1989).

W doświadczeniu własnym wpływ nawożenia na plon korzeni i cukru zależał od składu chemicznego nawozów i przebiegu pogody w sezonie wegetacyjnym. Zmienność reakcji buraka cukrowego w latach na nawożenie potasem potwierdzają wcześniejsze prace (Herlihy, 1989; Orlovius, 1993). W przeprowadzonym doświadczeniu, w latach o mniej korzystnym przebiegu warunków atmosferycznych (1999 i 2000), wzrosła rola jednoczesnego nawożenia K, Na i Mg. Sód jest pierwiastkiem, którego znaczenie wzrasta szczególnie w latach suchych (Herlihy, 1989; Draycott, 1996). Magnez jest natomiast pierwiastkiem, który odgrywa szczególną rolę w metabolizmie związków energetycznych oraz azotu. Nawożenie tym składnikiem umożliwia uzyskanie wysokiego poziomu plonowania, przy znacznie mniejszej dawce azotu (Grzebisz i in., 2001).

Plon korzeni buraka cukrowego, a ty samym cukru zależy od ilości pobieranych składników pokarmowych (Milford, 2000). W badaniach własnych dodatnią korelację między wielkością plonu cukru technologicznego, a całkowitym pobieraniem pierwiastków stwierdzono tylko dla azotu. Rezultat ten zgodny jest z wynikami Wendenburga i Kocha (1996).

WNIOSKI

1. Wpływ nawożenia potasem, sodem i magnezem na plonowanie buraka cukrowego zależał od sezonu wegetacyjnego. W latach o niekorzystnym dla wzrostu buraka przebiegu pogody, dodatek sodu i magnezu do nawozu potasowego zwiększył, niezależnie od odmiany, plon korzeni i cukru technologicznego.
2. Spośród badanych makroskładników, tylko pobieranie azotu było dodatnio związane z plonem technologicznym cukru.
3. W doświadczeniu nie stwierdzono istotnego antagonistycznego oddziaływania zastosowanych dawek K, Na i Mg na ich akumulację w plonie buraka cukrowego.

LITERATURA

- Anonim 1995. Ein starkes Stueck: Qualitaet von KWS. KWS, Einbeck: 31.
- Beringer H. 1987. Höhe und Wirkung der K-Düngung bei heutigem Ertragsniveau. KALI-BRIEFE (Büntehof) 18 (8): 585 — 594.
- Draycott A. P. 1996. Aspects of fertiliser use in modern, high-yield sugar beet culture. IPI-Bulletin No.15: 50 pp.
- Gutmański I. 1991. Produkcja buraka cukrowego. PWRiL, Poznań: 699 ss.
- Grzebisz W., Barłóg P., Lehrke R. 2001. Effect of the interaction between the method of magnesium application and amount of nitrogen fertilizer application on sugar recovery and technical quality of sugar beet. Zuckerind. 126 (51): 956 — 960.
- Haneklaus S., Knudsen L., Schnug E. 1998. Relationship between potassium and sodium in sugar beet. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 29 (11–14): 1793 — 1798.
- Herlihy M. 1989. Effect of potassium on sugar accumulation in storage tissue. Reprint from: Proc. 21st Colloquium Int. Potash Institute, Bern.
- Herlihy M. 1992. Effects of N, P and K on yield and quality of sugar beet. Irish J. Agric. Food Res. 31: 35 — 49.
- Milford G. F. J., Armstrong M. J., Jarvis P. J., Houghton B.J., Bellett-Travers D. M., Jones J., Leigh R. A. 2000. Effect of potassium fertilizer on the yield, quality and potassium offtake of sugar beet crops grown on soils of different potassium status. J. Agric. Sci. 135 (1): 1 — 10.
- Orlovius K. 1993. Sugar beet quality — the importance of potassium. Int. Potash Institute. Potash Review 2, 6 pp.
- Orlovius K. 1994. Einfluss der Magnesium-Versorgung auf Ertrag und Qualität von Zuckerrüben. Biul. Magn. 5: 7 — 11.
- Wendenburg Ch., Koch H-J. 1996. Zum Einfluß unterschiedlicher Sorteneigenschaften auf den Stickstoffentzug von Zuckerrüben. Zuckerind. 121 (8): 623 — 630.
- Winzer T., Lohaus G., Heldt H-W. 1996. Influence of phloem transport, N-fertilization and ion accumulation on sucrose storage in the taproots of fodder beet and sugar beet. J. Experim. Bot. 47 (300): 863 — 870.

RENATA GAJ ¹
PRZEMYSŁAW BARŁÓG ¹
DARIUSZ GÓRSKI ¹.
HELIODOR BANASZAK ²

¹ Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu

² Terenowa Stacja Doświadczalna w Toruniu, Instytut Ochrony Roślin w Poznaniu

Wpływ dolistnego stosowania askorbinianu tytanu na plon i jakość korzeni buraka

The effect of titanium ascorbate on yield and quality of sugar beet roots

Celem prowadzonych badań w latach 1998–2001 była ocena wpływu dwukrotnie zastosowanego askorbinianu tytanu na plon i jakość korzeni buraka cukrowego. W ciągu trzech sezonów wegetacyjnych przeprowadzono 9 doświadczeń polowych na terenie Wielkopolski i Kujaw. W eksperymentach porównywano obiekty kontrolne z obiektami, w których zastosowano tytanit w fazie 6 liści oraz po upływie 10 dni. Niezależnie od lokalizacji doświadczeń stwierdzono wzrost plonu korzeni o 9%, a cukru technologicznego o 12%. Tytanit nie miał istotnego wpływu na zawartość związków melasotwórczych.

Słowa kluczowe: buraki cukrowe, cukier biologiczny i technologiczny, jakość korzeni, związki melasotwórcze,

The aim of the study was to assess the effect of foliar application of titanium ascorbate on yield and quality of sugar beet roots. In the three consecutive growing seasons (1998–2001), nine field trials were set up in the Wielkopolska and Kujawy regions. A comparison was made between controls (NPK) and objects receiving additionally two titanium treatments: at the 6th leaf stage and repeated 10 days later. A roots yield increase of 9% and recoverable sugar yield of 12% has been observed as the affect of titanium ascorbate application, irrespective of location. This fertilization has not influenced the content of molasses forming substances.

Key words: sugar beet, recoverable sugar yield, quality of roots, molasses forming substances

WSTĘP

Szczególne miejsce buraka cukrowego w produkcji roślinnej wynika z różnorodnego i dużego zapotrzebowania na składniki pokarmowe. Zarówno plon, jak i jakość technologiczna korzeni są warunkowane szeregiem czynników naturalnych i agrotechnicznych, takich jak: odmiana, nawożenie, ochrona (Draycott, 1996; Werker i Haggard, 1998).

Spośród mikrośladników najczęściej w nawożeniu buraka wymieniane są bor i mangan, gdyż pierwiastki te spełniają wiele funkcji metabolicznych oraz wpływają na wartość technologiczną korzeni buraka. Obok wymienionych mikrośladników coraz większą rolę w nawożeniu roślin odgrywają stymulatory wzrostu, które wzmagają procesy biochemiczne, fotosyntezę, oddychanie itp. Do takich substancji można zaliczyć tytan. Jak dotąd nie udowodniono jednoznacznie niezbędności tego pierwiastka dla roślin. Dotychczas przeprowadzone prace badawcze wskazują na specyficzne działanie tytanu, które polega na stymulowaniu pobierania mikrośladników, przyspieszeniu procesów fotosyntezy oraz podnoszeniu aktywności enzymatycznej (Pais, 1983; Carvajal i Alcaraz, 1998). W ostatnim dwudziestolecu szerokie badania nad tytanem, jako śladnikiem pokarmowym przeprowadził węgierski badacz Pais (1983), uzyskując istotne zwwyżki plonów roślin uprawnych nawożonych tym pierwiastkiem.

Celem przeprowadzonych badań w latach 1998–2001, było oszacowanie wpływu dolistnego stosowania askorbinianu tytanu na plon i jakość korzeni buraka cukrowego.

MATERIAŁY I METODY.

W trzech sezonach wegetacyjnych przeprowadzono dziewięć doświadczeń zlokalizowanych na terenie Wielkopolski i Kujaw. Doświadczenia przeprowadzono na glebach o wysokiej i średniej zawartości przyswajalnych form potasu i fosforu, o pH (6,4–7,6)

Analizie porównawczej poddano obiekty kontrolne (bez nawożenia tytanem) z obiektami, w których zastosowano 0,2 l·ha⁻¹ askorbinianu tytanu w fazie 6 liści oraz drugi zabieg 0,2 l·ha⁻¹ po upływie 10 dni od przeprowadzonego pierwszego. Połączenie chlorku tytanu z kwasem askorbinowym jest uznane za najkorzystniejszą formę, ponieważ ten chelat jest związkiem dobrze rozpuszczalnym w wodzie i jest nietoksyczny dla roślin.

Nawożenie fosforem i potasem stosowano wczesną wiosną w dawkach odpowiednio 60 i 120 kg·ha⁻¹. Azot stosowano w dawce 120 kg·ha⁻¹ w formie saletry amonowej w dwóch terminach; w pierwszym przed siewem 60 kg·ha⁻¹ oraz w drugim w fazie 6-liścia (60 kg·ha⁻¹).

Wielkość poletek doświadczalnych wynosiła 54 m², natomiast plon korzeni określono na podstawie ręcznie zebranych roślin z powierzchni 10,8 m².

Ocenę parametrów jakościowych zebranych korzeni (polaryzacja, zawartość K, Na, N-amin.) przeprowadzono przy pomocy Autoanalyzera Venema Typ IIG, w cukrowni Środa Wlkp. Zawartość i plon cukru technologicznego wyliczono według następujących wzorów:

$$CT = Pol - (0,177 \times (K + Na) + 0,247 \times N\text{-amin.} + 1,08)$$

$$PCT = (PK \times CT) : 100\%$$

gdzie:

CT — zawartość cukru technologicznego (% świeżej masy)

Pol — zawartość cukru biologicznego — polaryzacja (% świeżej masy)

K, Na i N-amin. — zawartość potasu, sodu i azotu α-aminowego (mmol·100g⁻¹)

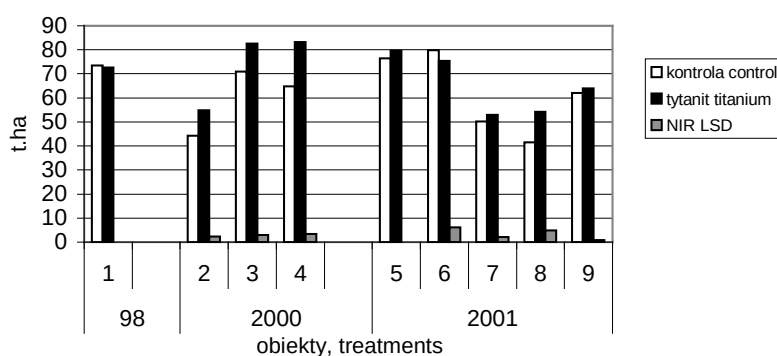
PK i PCT — plon korzeni oraz cukru technologicznego (tha⁻¹) (Anonim, 1995).

Porównania statystyczne otrzymanych wyników przeprowadzono w oparciu o analizę wariancji dla doświadczenia dwuczynnikowego oraz analizę regresji wielokrotnej z wyborem najlepszego podzbioru danych.

WYNIKI I DYSKUSJA

Plon korzeni

Optymalne warunki pogodowe oraz dobry poziom zaopatrzenia w przyswajalne formy składników mineralnych pozwoliły na uzyskanie wysokich plonów. Średni plon korzeni buraków z trzech lat na obiekcie kontrolnym wynosił $62,6 \text{ t ha}^{-1}$ i wahał się w przedziale od $41,5$ do $73,5 \text{ t ha}^{-1}$. Plony buraków na obiektach z tytanitem były również zróżnicowane i kształtowały się na poziomie od $54,8$ do $83,2 \text{ t ha}^{-1}$. W porównaniu do kontroli dolistny oprysk askorbinianem tytanu zwiększył plon korzeni o $6,2 \text{ t ha}^{-1}$ (9%). Wzrost plonu korzeni w następstwie dolistnej aplikacji tytanitu był zróżnicowany w zależności od lokalizacji doświadczenia i od przebiegu warunków pogodowych w sezonie wegetacyjnym (rys. 1). Niezależnie od roku badań, istotny wzrost plonu stwierdzono w 7 z 9 doświadczeń. Pais (1983) badając wpływ tytanu w technologii nawożenia buraków uzyskał wzrost plonu korzeni o 10–20%.



Rys. 1. Plony korzeni buraków t ha^{-1} w zależności od roku badań i lokalizacji doświadczenia

Fig. 1. Yield (t ha^{-1}) of sugar beet roots according to the localities and years of investigation

Wysokie plony korzeni w przeprowadzonych eksperymentach wynikały zarówno z korzystnego działania czynników naturalnych i agrotechnicznych, jak i żyzności gleby, optymalnego odczynu, a także dwukrotnego oprysku tytanitem.

Uproszczona kalkulacja uwzględniająca koszty preparatu (dwukrotny oprysk) wynosząca 13 PLN na 1 ha, koszt zabiegu 40 PLN oraz średnią cenę korzeni buraków z terenu Wielkopolski — 90 PLN za ostatnie 4 lata, bez wątplenia wskazuje na osiągnięty zysk netto w wysokości 500 PLN. W kontekście powyższych rozważań należy postawić sobie pytanie: czy tytanit może być wykorzystany jako jeden z czynników nawożeniowych, zwiększających plony korzeni i cukru?

Jakość korzeni

Ocenę jakości technologicznej korzeni buraków dokonano w oparciu o zawartość cukru oraz związków melasotwórczych (tab. 1). Tendencję do nieznacznego wzrostu polaryzacji

zanotowano dla 50% badanych przypadków. Działanie tytanitu nie miało wpływu na zawartość związków melasotwórczych. Dość znaczne różnice między wartościami minimalnymi i maksymalnymi prawdopodobnie wynikają z właściwości stanowiska oraz rodzaju stosowanych nawozów.

Tabela 1

Wpływ tytanitu na parametry jakościowe korzeni buraka (1998–2001) (n = 9)
Effect of titanium on the quality parameters of sugar beet roots (1998–2001) (n = 9)

Obiekty Treatments	PCT t·ha ⁻¹	PCB t·ha ⁻¹	Polaryzacja Sugar %	N	Na	K
				mmol/100 g miazgi mmol/ 100 g of pulp		
Kontrola Control	9,42 (7,16–11,68)	11,13 (8,22–13,01)	16,28 (15,34–17,71)	2,26 (1,17–3,70)	0,58 (0,34–1,54)	4,56 (3,90–4,98)
Tytanit Titanium	10,55 (7,34–13,01)	11,99 (8,46–14,50)	16,55 (15,67–17,71)	2,08 (1,44–3,80)	0,71 (0,29–1,54)	4,43 (3,42–5,07)

Plon cukru technologicznego

Plon cukru białego jest wypadkową plonu biologicznego i wielkości strat, będących następstwem akumulacji w korzeniach buraka związków melasotwórczych. Plony cukru w przeprowadzonych doświadczeniach były wysokie, lecz zróżnicowane w poszczególnych latach. Znaczny wpływ na uzyskany plon cukru technologicznego miała także lokalizacja doświadczeń. Niezależnie od roku prowadzonych badań i lokalizacji zanotowano tendencję do wzrostu plonu cukru pod wpływem stosowania tytanitu. Średni plon cukru technologicznego na obiekcie kontrolnym wynosił 9,42t·ha⁻¹, a w wariancie z tytanitem 10,55 t·ha⁻¹ i był przeciętnie większy o 12% (tab. 1).

Zwyzkę plonu cukru o 29% oraz korzeni w następstwie nawożenia tytanitem stwierdził Kirżala (1989). Analiza regresji oraz analiza ścieżkowa czynników decydujących o plonie cukru z wyborem najlepszego podzbioru zmiennych wskazuje jednoznacznie na czynniki determinujące plonu cukru białego takie jak plon korzeni jak i polaryzację (równania 1, 2). Powyższą zależność stwierdzono zarówno w wariantach kontrolnych, jak i z tytanitem.

$$\text{Kontrola: } \text{PCT} = -14,367 + 0,142 \text{ P} + 0,877 \text{ ZC} \quad R^2 = 98,12 \quad n = 7(1)$$

$$\text{Tytanit: } \text{PCT} = -16,904 + 0,146 \text{ P} + 1,017 \text{ ZC} \quad R^2 = 90,73 \quad n = 7(2)$$

WNIOSKI

1. Jednoznaczne zdefiniowanie funkcji tytanu jest trudne, lecz na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że sprowadza się do stymulowania procesów fotosyntezy w roślinie, a w konsekwencji do wzrostu plonów buraków w przeprowadzonych doświadczeniach.
2. Efekt działania tytanu można uzyskać w warunkach optymalnego odżywienia buraka cukrowego podstawowymi składnikami pokarmowymi oraz w sprzyjających warunkach pogodowych, szczególnie przy dobrym zaopatrzeniu w wodę.

LITERATURA

- Anonim 1995. Ein starkes Stueck: Qualitaet von KWS. KWS, Einbeck: 31.
- Carvajal M., Alcaraz C. F. 1998. Titanium as a beneficial for *Capsicum annuum*, L. plants. Recent Res. Devel. in Phytochem. 2: 83 — 94.
- Draycott A. P. 1996. Aspects of fertilizer use in modern, high-yield sugar beet culture. IPI Bull. 15: 50 pp.
- Kiržala J. 1995. Vysledky vegetacnich zkusek novych druhu hnojiv z prerovskich chemickych zavodu. Paožti Biologicky Aktivnich Latek v Reprodukci Zahradnickych Rostlin: 52 — 60.
- Pais I. 1983. The biological importance of titanium. J. Plant Nutr. 6: 3 — 133
- Werker A. R., Haggard K. W. 1998. Dependence of sugar beet yield on light intereception and evapotranspiration. Agric. For. Meteorol., 89: 229 — 240.

DANIELA OSTROWSKA
KATARZYNA KUCIŃSKA
ARKADIUSZ ARTYSZAK

Katedra Agronomii, Zakład Szczegółowej Uprawy Roślin
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

Wpływ wielkości masy korzenia buraka cukrowego na wartość technologiczną surowca

The influence of root mass of sugar beet on technological value of raw material

Wyniki badań oparto na statycznym doświadczeniu polowym przeprowadzonym w Zakładzie Doświadczalnym Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego, Chylice, w latach 2000–2001. W pracy przedstawiono wartość technologiczną korzeni buraka wyrażoną zawartością sacharozy, N- α -NH₂, K, Na, zawartością cukru oczyszczonego, oraz wydajnością cukru zależnie od wielkości masy korzeni (frakcje: < 200, 201–800, 801–1400, 1401–2000 i > 2000 g.) Uzyskane wyniki badań wskazują, że najwyższa zawartość sacharozy, podobnie jak cukru oczyszczonego i jego wydajność występuje w korzeniach o masie w granicach 201–2000 g. Zdecydowanie niekorzystne właściwości wykazują korzenie duże powyżej 2000 g, a w mniejszym stopniu drobne, poniżej 200 g. Istotnym czynnikiem różniącym wartość technologiczną korzeni buraka, jest przebieg warunków pogodowych. Zawartość składników melasotwórczych była istotnie wyższa w 2000 roku, ze względu na nierównomierny rozkład opadów w okresie wegetacji. W miesiącach kwiecień — czerwiec panowała susza, a w lipcu wystąpiły nadmierne opady. Taki przebieg pogody w większym stopniu stymulował rozwój liści, co mogło mieć niekorzystny wpływ na wzrost związków melasotwórczych, szczególnie azotu szkodliwego w korzeniu, w porównaniu do 2001 roku.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, cechy jakościowe, masa korzenia

The results of investigations are based on static field experiment carried out at Experimental Field Station of Warsaw Agricultural University — Chylice in 2000–2001. Technological value of roots expressed in content of sucrose, N- α -NH₂, K, Na, pure sugar and efficiency of sugar in relation to roots mass (fractions: <200; 201–800; 801–1400; 1401–2000 and >2000 g) is presented in this paper. The obtained results showed that roots with mass in the range of 201–1400 g were characterized by highest sucrose content, pure sugar and sugar output. The large roots and to some extent roots below 200 g were characterized by less desirable technological properties. The important factor determining technological value of beet roots was weather conditions during growing season. Content of N- α -NH₂, K, Na was higher in 2000. It results from unequal falls distribution, drought in April — June and excessive falls in July. Such a weather conditions favoured development of leaves, what could have undesirable influence on increase of molasses forming components, mainly detrimental nitrogen in roots in comparison to 2001.

Key words: quality features, root mass, sugar beet

WSTĘP

Technologia uprawy buraka cukrowego, a w szczególności zbiorów mechanicznych, przechowywalność i proces przerobu w cukrowni wymaga możliwie homogenicznego surowca pod względem kształtu, jak i masy korzenia. Zgodnie z wynikami badań, korzenie buraka cukrowego nie zawsze spełniają wymagane kryteria pod względem zewnętrznych i wewnętrznych cech jakościowych. Z punktu widzenia mechanizacji zbioru, zarówno duży udział korzeni drobnych na plantacji, poniżej 250 g, jak i dużych, powyżej 1800 g jest niekorzystny. Korzenie ponad normatywne stanowią główne źródło straty masy i wydajności cukru w wyniku pozostawienia ich na polu, lub niewłaściwego ogławiania (zbyt niskiego lub zbyt wysokiego), a także obłamywania się podczas zbioru dolnej części korzenia właściwego. W skrajnym przypadku straty masy mogą dochodzić nawet do 35% (Bornscheuer, 1979; Dobrzycki, 1984; Kästner, 1989).

W pełni zmechanizowana technologia uprawy buraka cukrowego, przy użyciu otoczkowanego materiału siewnego odmian mieszańcowych, chemicznych środków ochrony roślin, wymaga stałego poszukiwania przyczyn zbyt dużej zmienności masy korzenia. Aby ograniczyć heterogeniczność surowca buraczanego, wyrażonego współczynnikiem zmienności ($V\%$), to jego wartość nie powinna przekraczać 60%. Według Kästnera (1989) zróżnicowanie masy korzeni powinno mieścić się w granicach $V\% = 60-70$, w obrębie danej plantacji.

Celem podjętych badań była analiza zmian wewnętrznych cech jakościowych korzenia o zróżnicowanej masie, w zakresie < 200 g, 201–800, 801–1400, 1401–2000 i > 2000 g.

MATERIAŁ I METODY

Badania oparto na statycznym doświadczeniu polowym, założonym w Zakładzie Doświadczalnym Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego — Chylice, na glebie: czarnej ziemi zdegradowanej, klasy bonitacyjnej IVa, kompleksu żyniego bardzo dobrego.

Przedplon — jęczmień jary + międzyplon (facelia). Odmiana triploidalna Dojana, o wysokim plonie korzeni. Nawożenie organiczne — obornik 300 dt/ha, zastosowany jesienią. Nawożenie azotem w dawce $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, stosowano w dwóch terminach: przedsiewnie i powschodowo w stadium BBCH — 15 (trzecia para liści), (Meier, 1997). Fosfor $48 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($110 \text{ kg P}_2\text{O}_5$), potas $166 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($200 \text{ kg K}_2\text{O}$) zastosowano jesienią. Wielkość poletka do zbioru wynosiła 24 m^2 .

Okres wegetacji buraków wynosił 173 dni w 2000 i 167 dni w 2001 roku. Siew buraków wykonano 17.04.2000 i 20.04.2001 roku, na odległość międzyrzędzi co 45 cm, a w rzędzie co 12 cm, po wschodach przeprowadzono przecinkę co 20 cm. Obsada końcowa roślin buraka wynosiła 78000 na hektar w 2000 roku i 83000 na hektar w 2001 roku. Zbiór korzeni przeprowadzono 8. 10. 2000 i 5. 10. 2001 roku.

Po zbiorze buraków wybrano 5 frakcji korzeni różniących się masą <200 , 201–800, 801–1400, 1401–2000, >2000 g.

Analizy chemiczne korzeni na zawartość sacharozy, N- α -NH₂, K i Na wykonano na linii automatycznej Venema w Stacji Hodowli Roślin Straszów.

WYNIKI

Zarówno jakość zewnętrzna jak i wewnętrzna korzenia buraka cukrowego uwarunkowana jest genetycznie, niemniej jednak w znacznym stopniu zależy od warunków glebowych, pogodowych i czynników agrotechnicznych (Oltmann i in., 1984). W ramach danej odmiany buraka cukrowego występuje duża zmienność osobnicza, która wyraża się w zróżnicowanej masie korzenia w zakresie od poniżej 200 do ponad 2000 g, na co wskazują wyniki badań wielu autorów (tab. 1). Korzenie zarówno drobne, poniżej 200 g, jak i zbyt duże, powyżej 2000 g wykazują zdecydowanie niższą jakość w porównaniu do korzeni frakcji w zakresie 201–2000 g. Analizę wewnętrznej jakości korzeni przedstawiono poniżej.

Tabela 1

Zakres zmienności masy korzeni buraka cukrowego według różnych autorów
Range of variability of sugar beet root mass according to different authors

Masa korzenia (g) Root weight		Literatura References
korzystne desirable	niekorzystne undesirable	
500 – 700		Mitchell, 1973
200 – 1000	<200;>1000	Bornscheuer, 1979
500 – 700		Smith, Martin, 1978
1000 – 1400	<200;>2400	Dobrzycki, 1984
200 – 1600	<200;>1600	Ostrowska, 1988
700 – 800		Kästner, Jahns, 1989
600 – 900	<300;>1200	Rozbicki, Kalinowska-Zdun, 1993
200 – 1800	<200;>1800	Ostrowska i in., 2001

Tabela 2

Cechy jakościowe korzeni buraka cukrowego zależnie od ich masy. ZD Chylice. Średnie z lat 2000–2001
Sugar beet root quality features related to their mass. Average from 2000–2001

Masa korzenia Root mass	<200	201–800	801–1400	1401–2000	>2000	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
Zawartość sacharozy (%) Sucrose content (%)	16,93 C	17,52 B	17,36 AB	17,05 A	16,32 D	0,34
Zawartość cukru oczyszczonego (%) Pure sugar content (%)	14,34 B	15,32 A	15,05 A	14,66 B	13,42 C	0,39
Zawartość K (mval/100 g miazgi) K content (mval/100 g pulp)	4,92 A	4,64 B	4,91 A	5,06 C	6,26 D	0,26
Zawartość Na (mval/100 g miazgi) Na content (mval/100 g pulp)	1,02 C	0,41 A	0,45 A	0,42 A	0,53 B	0,05
Zawartość N- α -NH ₂ (mval/100 g miazgi) N- α -NH ₂ content (mval/100 g pulp)	2,84 B	1,81 A	1,99 A	2,27 C	3,05 B	0,23
Wydajność cukru (%) Sugar output (%)	84,75 C	87,45 B	86,67 AB	86,03 A	82,19 D	0,87

* Wartości w wierszu oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie

* The values in row marked by the same letter does not differ significantly

Zawartość sacharozy

Zależnie od masy korzenia zawartość sacharozy wahała się od 16,32 do 17,52%. Korzenie o masie w granicach 201–1400 g miały najwyższą zawartość cukru, w porównaniu do korzeni dużych (16,32%) (tab. 2). Z przeprowadzonej analizy korelacji wynika, że brak jest zależności między masą korzenia w granicach 200–2000 g. Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic między latami w zawartości sacharozy (tab. 3).

Zawartość cukru oczyszczonego

Korzenie o masie w przedziale 201–1400 g wykazywały istotnie najwyższą zawartość cukru oczyszczonego. Nieznacznie niższą zawartość miały korzenie frakcji o masie 1401–2000 g, a korzenie drobne, poniżej 200 g i duże, powyżej 2000 g, cechowały się najniższą zawartością cukru oczyszczonego (tab. 2). Istotne różnice w zawartości cukru oczyszczonego wystąpiły między latami (tab. 3).

Tabela 3

Cechy ilościowe i jakościowe korzeni buraka cukrowego
Quantity and quality features of sugar beet roots

Wyszczególnienie Specification	Rok Year		Istotność Significance
	2000	2001	
Plon korzeni (dt/ha) Root yield (dt/ha)	634,50	435,50	*
Biologiczny plon cukru (dt/ha) Biological sugar yield (dt/ha)	108,10	75,30	*
Plon cukru oczyszczonego (dt/ha) Pure sugar yield (dt/ha)	90,70	64,50	*
Zawartość sacharozy (%) Sucrose content (%)	17,04	17,03	n.i.
Zawartość cukru oczyszczonego (%) Pure sugar content (%)	14,30	14,82	*
Zawartość K. (mval/100 g miazgi) K content (mval/100 g pulp)	5,56	4,75	*
Zawartość Na. (mval/100 g miazgi) Na content (mval/100 g pulp)	0,69	0,44	*
Zawartość N- α -NH ₂ . (mval/100 g miazgi) N- α -NH ₂ content (mval/100 g pulp)	3,19	1,59	*
Wydajność cukru (%) Sugar output (%)	83,90	86,9	*

Zawartość związków melasotwórczych

Potas — zawartość tego składnika wahała się od 4,64 do 6,26 mval/100 g miazgi zależnie od masy korzeni. Korzenie o masie 200–1400 g wykazywały najniższą zawartość K i różnice między poszczególnymi frakcjami były istotne. Zdecydowanie najwyższą zawartością K odznaczały się korzenie duże, powyżej 2000 g, (tab. 2). Istotne różnice pod względem tej cechy wystąpiły również między latami (tab. 3).

Sód — zawartość wahała się od 0,41 do 1,02 mval/100 g miazgi zależnie od masy korzeni. Korzenie drobne poniżej 200 g wykazywały najwyższą zawartość tego składnika, podobnie jak duże, powyżej 2000 g. Korzenie o masie 201–2000 g miały najniższą

zawartość Na, przy różnicach nieistotnych między frakcjami (tab. 2). Zawartość Na w korzeniach różniła się również istotnie zależnie od lat (tab. 3).

Azot — N- α -NH₂ zawartość tego składnika zależała od masy korzenia i wahała się od 1,81 do 3,05 mval/100 g miazgi. Istotnie najniższą zawartością N- α -NH₂ cechowały się korzenie frakcji w zakresie 201–1400 g. Zdecydowanie wysoka zawartość N- α -NH₂ wystąpiła w korzeniach poniżej 200 g i powyżej 2000 g, (tab. 2). Największe istotne zróżnicowanie w zawartości tego składnika w korzeniach widoczne jest między latami, co wynika z faktu, iż w 2000 roku udział korzeni dużych w plonie, o wyższej zawartości azotu szkodliwego był wyższy w porównaniu do 2001 roku.

Wydajność cukru

Wydajność cukru na jednostkę masy korzeni jest istotnym kryterium oceny surowca buraczanego, którym posługuje się przemysł cukrowniczy. Wydajność cukru jest tym większa, im lepsza jest jakość korzeni. W przeprowadzonych badaniach, najwyższą wydajnością cukru (86,7–87,4%) cechowały się korzenie o masie w zakresie 201–1400 g. Zaś nieznacznie niższą (86,0%) korzenie o masie 1401–2000 g. Istotnie najniższą wydajność cukru (84,8%) miały korzenie drobne, poniżej 200 g, a także (82,2%) korzenie duże, powyżej 2000 g (tab. 2). Wyraźne różnice w wydajności cukru wystąpiły również między latami (tab. 3).

WNIOSKI

1. Najwyższą wydajnością cukru cechowały się korzenie o masie od 201 do 2000 g. Niekorzystne pod względem tej cech są korzenie drobne, poniżej 200 g i zdecydowanie duże, powyżej 2000 g.
2. Korzenie o masie w zakresie 201–2000 g nie wykazują istotnego związku między masą a zawartością sacharozy, (współczynnik korelacji $r = 0,1889$).
3. Udział korzeni ponadnormatywnych (<200 i >2000 g) w plonie nie przekraczał 10%, zaś współczynnik zmienności masy korzenia jako miara rozrzutu nie przekraczał normy i mieścił się w granicach 60–70%.
4. Wydajność cukru, jako istotne kryterium jakości surowca, uwarunkowana jest głównie zawartością sacharozy i azotu- α -NH₂ w korzeniach. Zmienność tej cechy w latach zależy od udziału w plonie korzeni drobnych i dużych, na co wpływa przebieg pogody w okresie wegetacji oraz zasobność gleby w azot.

LITERATURA

- Bornscheuer E. 1979. Der Einfluß der Bestandesdichte auf die Leistungsmerkmale der Zuckerrübe. Zuckerrübe 28/2: 14 — 15.
- Dobrzycki J. 1984. Chemiczne podstawy technologii cukru. Wyd. Nauk.-Tech. Warszawa: 116 — 177.
- Kästner B., Jahns M. 1989. Die form des Rübenkörpers und ihre Bedeutung für die Zuckerrübenenernte. Feldwirtschaft 30: 394 — 396.
- Meier U. 1997. Phenological growth stages and BBCH-identification keys of beet. BBCH-Monograph. Blackwell Wissenschafts-Verlag Berlin-Wien: 40 — 44.
- Mitchell A. 1973. Zuckerrübenbau in England heute. Zucker 26: 251 — 252.

- Oltmann W., Burba M., Bolz G. 1984. Die Qualität der Zuckerrübe, Bedeutung, Beurteilungskriterien und züchterische Maßnahmen zur Verbesserung. Fortschritte d. Pflanzenzüchtung. Beihefte zu Zeit. Pflanzenzüchtung 12.
- Ostrowska D. 1988. Einflußgrößen auf erntemaschinengerechte Zuckerrübenstände unter besondere Berücksichtigung der Scheitelhöhe und ihrer Variabilität bei verschiedenen Genotypen von Zuckerrüben. Diss. B. Berlin. H. U.
- Ostrowska D., Kucinska K., Artyszak A. 2001. Technological value of sugar beet related to root mass and level of nitrogen fertilization. Zbornik vedeckých prác z konferencie s medzinárodnou účasťou konanej. 7 marca 2001, Nitre.
- Rozbicki J., Kalinowska-Zdun M. 1993. Badania nad wpływem struktury morfologicznej łanu na plon i wartość technologiczną buraka cukrowego na tle sposobu siewu i nawożenia azotem. Roczn. Nauk Rol. s. A. T. 110, Z. 1/2: 77 — 84.
- Smith G. A., Martin S. S. 1978. Einfluss der Bestandesdichte und N-Versorgung auf die Reinheitskomponente der Zuckerrübe. Zuckerind 103: 1085.

FRANCISZEK BORÓWCZAK**STANISŁAW GRZEŚ**

Katedra Uprawy Roli i Roślin

Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

Wpływ deszczowania, dokarmiania dolistnego i nawożenia azotem na plony i efekty ekonomiczne uprawy buraków cukrowych na nasiona

Influence of irrigation, foliar fertilization and nitrogen application on the yields and economic effects of sugar beet cultivation for seeds

W doświadczeniach przeprowadzonych w latach 1998–2000 badano wpływ deszczowania, dokarmiania dolistnego i nawożenia azotem na plony nasion i efekty ekonomiczne uprawy buraków cukrowych. Deszczowanie zwiększyło plony nasion o $0,56 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (26,4%) i wartość plonu o 3395 PLN/ha. W przeliczeniu na 1 mm wody z deszczowania uzyskano przyrost 3,2 kg nasion z ha. Wyliczenia z rachunku regresji wykazały, że najwyższy plon uzyskano przy dawce $230,5 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. W warunkach deszczowania plony przyrastały prostoliniowo do największej dawki ($240 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$). Deszczowanie poprawiło produktywność 1 kg N i wartość przyrostu plonu na 1 PLN wydatkowany na nawozy. Nie stwierdzono wpływu dokarmiania dolistnego na plony nasion.

Słowa kluczowe: buraki nasienne, deszczowanie, nawożenie azotem

The influence of irrigation, foliar fertilization and nitrogen application on seed yields and economic effects of sugar beet cultivation was investigated in 1998–2000. Irrigation increased seed yield by $0.56 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ and crop value by 3959 PLN/ha. The increment of 3.2 kg of seeds per 1mm of irrigation water was achieved. Regression equations showed that the highest yield under non-irrigated conditions was obtained at the dose of $230.5 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Under irrigation the yields increased in simple linear way up to the highest nitrogen dose ($240 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$). Irrigation enhanced productivity of 1 kg N and value of yield increase per 1 PLN spent on fertilizer. Foliar fertilization had no effect on seed yield.

Key words: irrigation, nitrogen fertilization, sugar beet seed

WSTĘP

Plony i wartość siewna nasion buraków cukrowych mogą być modyfikowane przez wiele czynników, spośród których największe znaczenie przypisuje się przebiegowi

pogody w okresie wegetacji nasienników i sposobowi uprawy (Longdem, 1970; Piechowiak i in., 1978; Małecka i Borówczak, 1991; Podlaska, 1993; Borówczak, 2000).

Z czynników pogodowych, największy wpływ na plon nasion mają opady i ich rozkład. W warunkach Wielkopolski ich częsty niedobór w okresie wegetacji jest powodem ograniczania produktywności roślin i pogorszenia jakości zbieranych nasion. Zapobieganie skutkom deficytu wody możliwe jest przez stosowanie nawadniania.

Z zabiegów agrotechnicznych najsilniej na plony nasion oddziałuje nawożenie azotem. W literaturze spotyka się jednak rozbieżności w podawanej wysokości optymalnego poziomu nawożenia tym składnikiem (Kusiorska, 1983; Jassem, 1990; Borówczak, 2000).

Wszystkie zalecane praktyce rozwiązania agrotechniczne powinny mieć uzasadnienie ekonomiczne. W przeprowadzonych badaniach dokonano oceny efektów produkcyjnych i ekonomicznych deszczowania, dokarmiania dolistnego i nawożenia azotem buraków cukrowych w uprawie na nasiona.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia polowe z burakami cukrowymi triploidalnej odmiany „Polko” przeprowadzono w latach 1998–2000 w Zakładzie Doświadczalno-Dydaktycznym Gorzyń, filia Złotniki k/Poznań. Założono je metodą losowanych bloków, w czterech powtórzeniach, na glebie płowej zaliczanej do klasy bonitacyjnej IVa i IVb, kompleksów żyniego bardzo dobrego i dobrego.

Czynnik I rzędu stanowiły dwa warianty wodne, tj. nie deszczowany (naturalny układ warunków wilgotnościowych) i deszczowany — przy spadku wilgotności gleby w warstwie 0–30 cm do 70% ppw w okresie największej wrażliwości roślin na niedobór wody. Czynnikiem II rzędu było dokarmianie dolistne: kontrola, jednokrotny i dwukrotny zabieg dokarmiania. Czynnikiem III rzędu stanowiły cztery poziomy nawożenia azotowego: 0, 80, 160 i 240 kg N·ha⁻¹. Do dokarmiania dolistnego użyto 300 l cieczy użytkowej na 1 ha zawierającej 5% mocznika, 5% siarczanu magnezu i 0,2% boraksu. Pierwszy oprysk wykonano w momencie wybijania pędów nasiennych, a drugi po kwitnieniu.

Buraki uprawiano na oborniku w stanowisku po pszenicy ozimej. Gleby pola charakteryzowały się wysoką zawartością fosforu i potasu. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 21 m².

W badaniach określono plony nasion, produktywność wody z opadów naturalnych i deszczowania, produktywność 1 kg N, wartość plonów brutto i netto (po odjęciu kosztów nawozu) i wskaźniki efektywności krańcowej nawożenia azotem.

Wskaźniki efektywności krańcowej informują o wartości przyrostu plonu na 1 PLN wydatkowany na nawozy. Produktywność opadów naturalnych wyliczono w odniesieniu do sumy opadów w okresie od sadzenia do desykacji roślin, a produktywność azotu ze stosunku przyrostu plonu do przyrostu dawki azotu.

Wartość plonów wyliczono według zasad stosowanych w Wielkopolskiej Hodowli Buraka Cukrowego zmniejszając je o frakcję nasion o kalibrze poniżej 3,25 mm i korygując do normy 80% zdolności kiełkowania. Ocenę zdolności kiełkowania nasion wykonano na materiale nie frakcjonowanym, o średnicy powyżej 3,25 mm. Cenę skupu

nasion tak skorygowanego plonu przyjęto w wysokości 6000 PLN za 1 t, a cenę 1 kg azotu w wysokości 1,60 PLN.

W tabeli 1 przedstawiono temperatury i opady w okresie wegetacji nasienników buraków cukrowych oraz ilość wody z deszczowania. Warunki pogodowe w latach badań były zmienne, szczególnie pod względem rozkładu opadów. W latach 1998 i 2000 sumaryczna ilość opadów w okresie wegetacji była nieznacznie niższa od średnich w wieloleciu, a większe niedobory wody dla roślin wystąpiły w pierwszym roku w maju, a w drugim w czerwcu. W 1999 roku w lipcu i sierpniu było mało opadów, które stanowiły odpowiednio 40,9 i 30,3% normy wieloletniej. Średnie temperatury okresu kwiecień — sierpień w latach przewyższały średnią wieloletnią w granicach od 2,1° C (1998 rok) do 3,0° C (2000 rok).

Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji, kalkulując najmniejsze istotne różnice na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Tabela 1

Opady i temperatura w okresie wegetacji buraków cukrowych
Rainfall and temperature during the vegetation period of sugar beet

Lata Years	Miesiące Months						Woda z deszczowania Irrigation water
	IV	V	VI	VII	VIII	IV–VIII	
Opady Rainfall (mm)							
1950–1997	31,0	48,9	59,3	77,8	53,4	270,5	—
1998	34,9	30,6	72,2	60,6	60,0	258,3	160
1999	60,6	44,4	75,4	31,8	16,2	228,4	200
2000	18,2	50,6	42,1	69,1	72,7	252,5	160
Temperatura Temperature (°C)							
1950–1997	8,0	13,7	17,1	18,7	18,0	15,1	—
1998	12,0	17,1	19,4	19,5	18,3	17,3	—
1999	11,6	16,0	18,3	22,4	20,3	29,5	—
2000	14,6	18,6	19,9	17,5	20,1	18,1	—

WYNIKI

Plony nasion buraków cukrowych w latach badań na obiektach nie deszczowanych różniły się w zależności od warunków pogodowych, a przede wszystkim od rozkładu opadów naturalnych (tab. 2). Największe plony w tych warunkach zebrano w najcieplejszym i o najkorzystniejszym rozkładzie opadów 2000 roku. Niskie plony w 1998 roku związane były z gorszym stanem zdrowotnym roślin. Przyrosty plonów uzyskane pod wpływem deszczowania wynosiły w zależności od roku od 0,28 do 0,71 t·ha⁻¹ (tab. 3). Średnio dla trzyletniego cyklu badań deszczowanie zwiększyło plon nasion o 0,56 t·ha⁻¹ (26,4%).

W przeliczeniu na 1 mm wody produktywność opadów naturalnych, średnio dla 3 lat, wyniosła 10,7 kg, a wody z deszczowania 3,2 kg nasion na 1 ha (tab. 3).

Tabela 2

Plony nasion buraków cukrowych w zależności od deszczowania w latach 1998–2000
Yield of sugar beet seed depending on irrigation in 1998–2000

Lata Years	Plon Yield (t·ha ⁻¹)		Przyrost Increase	
	nie deszczowane non irrigated	deszczowane irrigated	t/ha	%
1998	1,45	2,16	0,71	49,0*
1999	2,10	2,79	0,69	32,9*
2000	2,80	3,08	0,28	10,0
Średnio Average	2,12	2,68	0,56	26,4*

* — Różnica istotna

* — Significant difference

Tabela 3

Produktywność 1 mm wody z opadów naturalnych i deszczowania
Productivity of 1 mm of rainfall and irrigation water

Lata Years	Ilość wody Amount of water quantity (mm)		Produktywność wody Water productivity (kg/ha)	
	opady rainfall	deszczowanie irrigation	opady rainfall	deszczowanie irrigation
1998	239,3	160	6,1	4,4
1999	190,3	200	11,0	3,5
2000	185,0	160	15,1	1,8
Średnio Average			10,7	3,2

Deszczowanie wpływało na plony nasion, współdziałając z nawożeniem azotem. Nie stwierdzono istotnego wpływu na ich wielkość dokarmiania dolistnego. Zaznaczyła się tylko nieznaczna tendencja wzrostu plonów na obiektach z dokarmianiem (tab. 4).

Tabela 4

Plony nasion buraków cukrowych w zależności od dokarmiania dolistnego
Yields of sugar beet seeds depending on foliar fertilization

Dokarmianie dolistne Foliar fertilization	Plon nasion Seed yield (t·ha ⁻¹)
Kontrola Control	2,34
1 oprysk 1 spray	2,41
2 opryski 2 sprays	2,44

Jak wynika z tabeli 5, plony wzrastały w miarę zwiększania dawek azotu (w warunkach bez deszczowania do dawki 160 kg N·ha⁻¹, a w warunkach deszczowania do 240 kg N·ha⁻¹).

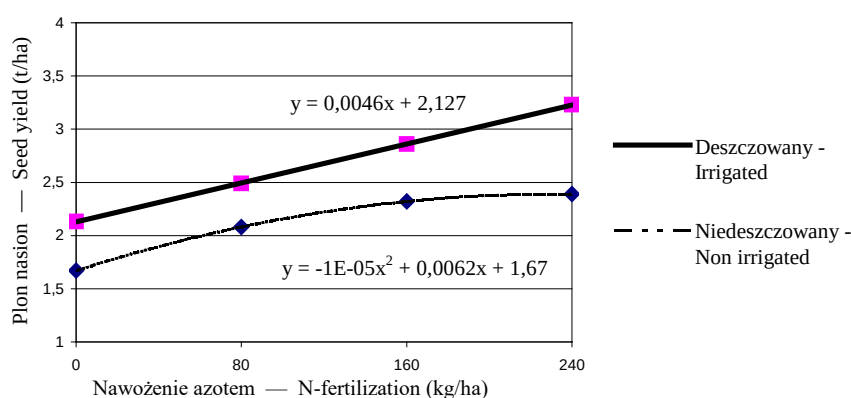
Wyliczona z równania regresji optymalna dawka azotu dla plonu w warunkach bez deszczowania wynosiła 230,5 kg N·ha⁻¹.

W warunkach deszczowania plony przyrastały prostoliniowo w miarę zwiększania dawek azotu (rys. 1).

Tabela 5

Plony nasion buraków cukrowych w t/ha w zależności od deszczowania i nawożenia azotem
Yields of sugar beet seed in t/ha depending on irrigation and nitrogen fertilization

Wariant wodny Water variant	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization (kg N/ha)				Średnio Average
	0	80	160	240	
Nie deszczowany Non irrigated	1,68	2,05	2,36	2,38	2,12
Deszczowany Irrigated	2,12	2,49	2,88	3,21	2,68
Średnio Average	1,90	2,27	2,62	2,79	
NIR dla deszczowania LSD for irrigation	0,12				
NIR dla nawożenia LSD for fertilization	0,07				
NIR dla interakcji LSD for interaction	0,15				



Rys. 1. Plon nasion buraków w kg/ha w zależności od nawożenia azotem
Fig. 1. Sugar beet seed in kg/ha yield depending on nitrogen fertilization

Deszczowanie zwiększyło produktywność 1 kg azotu (tab. 6). W przedziale dawek 0–80 kg N·ha⁻¹ przyrosty plonów na 1 kg azotu w obu wariantach wodnych były takie same. Przy dalszym zwiększaniu dawek azotu w przedziale 80–160 kg N·ha⁻¹ uzyskano w warunkach deszczowania wzrost produktywności azotu o 1,0 kg, a w przedziale 160–240 kg N·ha⁻¹ o 3,85 kg plonu nasion.

Wartość plonów brutto i netto (po odjęciu kosztu nawozu) przyrastała w obu wariantach wodnych w miarę zwiększania dawek azotu (tab. 7). Przyrost wartości plonu netto przy

dawce 240 kg N·ha⁻¹ w stosunku do kombinacji bez azotu w warunkach bez deszczowania wyniósł 3236 PLN, a w warunkach deszczowania 5296 PLN.

Tabela 6

Produktywność 1 kg azotu w zależności od deszczowania i dawki nawozu (kg·ha⁻¹)
Productivity of 1 kg of nitrogen depending on irrigation and fertilizer dose (kg·ha⁻¹)

Wariant wodny Water variant	Poziom nawożenia azotem Nitrogen fertilization level				
	0–80	0–160	0–240	80–160	160–240
Nie deszczowany Non irrigated	4,60	4,25	2,90	3,90	0,25
Deszczowany Irrigated	4,60	4,75	4,54	4,90	4,10

Tabela 7

Ekonomiczna efektywność deszczowania i nawożenia azotem nasienników buraków cukrowych
The economic effectiveness of irrigation and nitrogen fertilization in sugar beet seed crops

Wariant wodny Water variant	Dawka azotu N-dose (kg N·ha ⁻¹)	Wartość plonu Yield value (PLN/ha)		Wartość przyrostu plonu Increase of yield value (PLN/ha)	
		brutto gross	netto net	brutto gross	netto net
Nie deszczowany Non irrigated	0	7940	7940	—	—
	80	9800	9672	1860	1732
	160	11120	10864	3180	2924
	240	11560	11176	3620	3236
	średnio average	10105			
Deszczowany Irrigated	0	10380	10380	—	—
	80	12860	12732	2480	2352
	160	14700	14444	4320	4064
	240	16060	15676	5680	5296
	średnio average	13500			
Przyrost Increase		3395			

W przeliczeniu na 1 PLN zainwestowany w nawozy (wskaźnik przychodów krańcowych) wartość przyrostu plonu malała w miarę wzrostu dawek azotu (tab. 8). Należy jednak wskazać na duże wartości przyrostów, 10,3 PLN w warunkach bez deszczowania i 14,4 PLN w warunkach deszczowania, na 1 PLN wydany na nawozy przy zwiększaniu nawożenia w przedziale 80–160 kg N na 1 ha. Deszczowanie poprawiało efektywność nakładu 1 PLN na nawozy przy dawce 80 kg N/ha o 4,9 PLN, a przy dawce 160 kg·ha⁻¹ o 4,5 PLN. Bardzo duże było zróżnicowanie wskaźnika przychodów krańcowych w wariantach wodnych przy zwiększaniu dawki azotu z 160 do 240 kg N·ha⁻¹. W tym przedziale dawek deszczowanie zwiększyło go z 3,4 PLN do 10,6 PLN.

Tabela 8

Wskaźniki efektywności krańcowej nawożenia azotem buraków cukrowych w zależności od deszczowania (PLN/PLN w nawozie)

Extreme effectiveness coefficients of nitrogen fertilization (PLN/PLN in fertilizer)

Wariant wodny Water variant	Poziom nawożenia azotem Nitrogen fertilization level (kg N·ha ⁻¹)				
	0–80	0–160	0–240	80–160	160–240
Nie deszczowany Non irrigated	14,5	12,4	9,4	10,3	3,4
Deszczowany Irrigated	19,4	16,9	14,8	14,4	10,6

DYSKUSJA

W przeprowadzonych badaniach plon nasion zmieniał się w latach oraz w zależności od deszczowania i nawożenia azotem. Nie stwierdzono natomiast wpływu dokarmiania dolistnego na plony.

Zależnie od warunków pogodowych w latach plony wahały się w granicach 1,45–2,90 t·ha⁻¹. Na wielkość plonów z czynników pogodowych przede wszystkim wpływ miał rozkład opadów w okresie wegetacji. Uzyskane wyższe plony pod wpływem deszczowania pozwalają przyjąć, że w warunkach Wielkopolski na glebach lekkich, typowych dla regionu, czynnikiem ograniczającym plonowanie nasienników buraków jest niedobór opadów. Potwierdzeniem dużych potrzeb wodnych nasienników są również wyższe plony pod wpływem deszczowania w granicach 10–180% uzyskane w innych badaniach (Dolja i Ostrowskij, 1971; Snytko, 1983; Małecka i Borówczak, 1991; Podlaska, 1993; Borówczak, 2000). W badaniach własnych deszczowanie spowodowało, średnio dla trzech lat, wzrost plonu o 0,56 t·ha⁻¹ (26,4%), co stanowi przyrost 3,2 kg na 1 mm wody użytej do zabiegu.

Podawane w literaturze najkorzystniejsze dla plonu dawki azotu, w zależności od rodzaju gleby, przebiegu pogody i nawadniania mieszczą się w przedziale od 80 do 250 kg na 1 ha (Longdem, 1970; Dolja i Ostrowskij, 1971; Kusiorska, 1983; Jassem, 1990; Borówczak, 2000). W badaniach własnych w warunkach bez deszczowania optymalną okazała się dawka azotu 230,5 kg·ha⁻¹. W warunkach deszczowania plony przyrastały prostoliniowo do największej ze stosowanych dawek, tj. 240 kg N·ha⁻¹ i być może większe nawożenie również okazałoby się być efektywne. Dlatego też produktywność jednostkowa azotu w warunkach deszczowania była większa, szczególnie na dawkach 160 i 240 kg N·ha⁻¹.

Wykazane efekty deszczowania i nawożenia azotem mają pełne uzasadnienie ekonomiczne. Trudny jest do określenia czysty zysk z deszczowania nasienników buraków, ze względu na zmienność kosztów zabiegu w zależności od typu deszczowni. Deszczowanie ponadto poprawiało opłacalność nawożenia azotem. Potwierdzają to uzyskane w miarę zwiększania dawek azotu przyrosty wartości plonów, jak również przychody krańcowe. Deszczowanie zwiększyło efektywność 1 PLN zainwestowanego w nawozy przy dawce 240 kg N·ha⁻¹ z 9,4 PLN do 14,8 PLN.

W przeprowadzonych badaniach nie uzyskano spodziewanych efektów dokarmiania dolistnego. W badaniach z innymi gatunkami roślin uprawnych w literaturze wykazuje się zróżnicowane efekty stosowania tego zabiegu, również ich brak (Czuba, 1988; Faber i Kęsik, 1992; Borówczak, 2000). Korzystny wpływ dokarmiania dolistnego nasienników preparatami mikroelementowymi buraków wykazuje natomiast Wiśniewski (1993).

WNIOSKI

1. Deszczowanie w trzyletnim okresie badań zwiększyło plon nasion o 0,56 t·ha⁻¹ (26,4%).
2. Produktivność opadów naturalnych wynosiła 10,7, a wody z deszczowania 3,2 kg nasion na 1 mm z ha.
3. Reakcja buraków na nawożenie azotem zależała od deszczowania. W warunkach bez deszczowania nastąpił przyrost plonu nasion wraz ze zwiększaniem nawożenia do 230,5 kg N na 1 ha, a w warunkach deszczowania prostoliniowo do największej ze stosowanych dawek.
4. Produktivność azotu na obiektach nawożonych dawkami 160 i 240 kg N na 1 ha wzrastała pod wpływem deszczowania odpowiednio o 0,5 kg i 1,6 kg nasion na 1 kg azotu.
5. Deszczowanie zwiększyło wartość plonu nasion, bez pomniejszania jej o koszty zabiegu o 3395 PLN/ha.
6. Najwyższa ze stosowanych dawek azotu tj. 240 kg N·ha⁻¹ okazała się w obu wariantach wodnych najkorzystniejszą ekonomicznie. W przedziale dawek 0–240 kg N na 1 ha wartość przyrostu plonu na 1 PLN zainwestowany w nawozy wzrosła pod wpływem deszczowania z 9,4 do 14,8 PLN.
7. Nie stwierdzono wpływu dokarmiania dolistnego na plony nasion.

LITERATURA

- Borówczak F. 2000. Wpływ warunków pogodowych i czynników agrotechnicznych na plony i wartość siewną nasion buraków cukrowych. *Rocz. AR Poznań*, z. 304: 1 — 94.
- Czuba R. 1988. Efekty produkcyjne dokarmiania dolistnego roztworem mocznika i mikroelementami zbóż, rzepaku i buraka cukrowego. *Mat. sem. nauk.: Dolistne dokarmianie i ochrona roślin w świetle badań i doświadczeń praktyki rolniczej*. Puławy: 24 — 33.
- Dolja V. S., Ostrowskij L. L. 1971. Pitanie i udobrenie semennikov sacharnoj svėkly. *Agrotechnika vyraščivanija semjan sacharnoj svėkly*. Kiev.
- Faber A., Kęsik K. 1992. Ocena skuteczności dolistnego dokarmiania roślin wieloskładnikowymi nawozami płynnymi typu WUXAL. Puławy.
- Jassem M. 1990. Uprawa buraka cukrowego na nasiona. PWRiL, Poznań.
- Kusiorska K. 1983. Produkcja materiału siewnego roślin rolniczych PWRiL, Warszawa.
- Longdem P. C. 1970. Harvesting sugar-beet seed. *J. Agric. Sci.* 83: 435 — 442.
- Małecka I., Borówczak F. 1991. Wpływ deszczowania, nawożenia azotowego i gęstości roślin na wielkość i jakość plonu kłębków buraków cukrowych. *Cz. I. Plony kłębków*. *Rocz. AR Poznań*, 226, Rol. 38: 95 — 103.
- Piechowiak K., Sobiech S., Orłowski F., Borówczak F. 1978. Wpływ różnych poziomów nawożenia w warunkach deszczowania na plon niektórych roślin uprawnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 199: 27 — 35.

- Podlaska J. 1993. Wpływ nawadniania, nawożenia i rozstawy roślin na wielkość i jakość plonu nasion buraka cukrowego. Cz. I. Wielkość i struktura plonu. Roczn. AR Poznań, 247, Rol. 43: 197 — 211.
- Snytko A. J. 1983. Racionalnyj režim orešenija semennikow sacharnoj svėkly v uslovijach Zapadnoj Sibiri. W: Biologičeskie i agrotechničeskie osnovy orošaemogo zemledelija. AN SSSR, Moskwa.
- Wiśniewski W. 1993. Dolistne dokarmianie nasienników buraka cukrowego preparatami mikroelementowymi z zastosowaniem tytanu. W: Znaczenie materiału siewnego w produkcji roślinnej. Konf. Nauk. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa: 361 — 367.

BERNARD SŁOMA

Wielkopolska Hodowla Buraka Cukrowego w Poznaniu

Wartość nasienna odmian buraków cukrowych reprodukowanych w zróżnicowanych warunkach agroekologicznych

Seed quality of sugar beet varieties reproduced in various agroecological conditions

Jakość nasion buraków cukrowych nabrała szczególnego znaczenia z chwilą wyhodowania i wprowadzenia do uprawy przemysłowej odmian genetycznie jednokielkowych, umożliwiających pełną mechanizację uprawy tej rośliny. W krajach Europy Zachodniej stosuje się wysiew nasion „na gotowo” w odstępach 18–20 cm w rzędzie. W Polsce około 95% areалу uprawy obsiewane jest również w ten sam sposób. Nasiona muszą odznaczać się wysoką laboratoryjną zdolnością kiełkowania (LZK) i wysoką polową zdolnością wschodów (PZW) w celu otrzymania optymalnej obsady roślin tj. około 90 tys./ha. Warunki klimatyczne Polski (rozkład temperatur i opadów) nie są zbyt korzystne dla produkcji nasion o wysokich parametrach jakościowych. Badania obejmowały trzy odmiany buraka cukrowego reprodukowane w trzech rejonach w Polsce oraz w trzech krajach Europy Południowej. Wartość siewną odmian określono na podstawie laboratoryjnej zdolności kiełkowania oraz polowej zdolności wschodów. Wykazano, że nasiona wszystkich odmian z reprodukcji we Włoszech, Francji i Grecji wyróżniły się wyższą laboratoryjną zdolnością kiełkowania i polową zdolnością wschodów w porównaniu do reprodukowanych w Polsce, z wyjątkiem rejonu Elbląga. Nasiona z tego rejonu nie ustępowały rozmnażanym na południu Europy.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, jakość nasion, laboratoryjna zdolność kiełkowania, polowa zdolność wschodów

Sugar beet seed quality became of great importance after monogerm varieties have been developed and introduced on industrial scale enabling the mechanization of this crop. In Western Europe seed are drilled in distance of 18–20 cm within the row. In Poland about 95% of the acreage is drilled in similar way. Seeds should meet certain requirements, they should have high laboratory germination and high field emergence to provide about 90.000 plants/ha. Climatic conditions in Poland (temperatures and rainfall distributions) have not been too favourable for a high quality seed production. The aim of the study was to compare seed quality of three sugar beet varieties reproduced in three sites in Poland and in three South European countries. Seed quality was assessed on the basis of laboratory germination and field emergence. It has been shown that seeds of all varieties reproduced in Italy, France and Greece exceeded those reproduced in Poland in respect of the laboratory, germination and field emergence with the exception of one site in Poland, viz. Elbląg. Seed quality produced at this site was comparable with those from the above mentioned countries.

Key words: field emergence, laboratory germination, seed quality, sugar beet

WSTĘP

Plon korzeni i zawartość cukru, poza wartością genetyczną odmiany i czynnikami glebowo-klimatycznymi, wynikają z optymalnej obsady roślin (około 90 tys./ha) i prawidłowego ich rozmieszczenia na plantacji. Obsadę taką można uzyskać, gdy nasiona mają wysoką laboratoryjną zdolność kiełkowania (LZK), w granicach 95% i wysoką połową zdolność wschodów (PZW). Uzyskanie materiału siewnego o tych parametrach, umożliwiających siew „na gotowo” zależy od warunków glebowych, zabezpieczających szybki wzrost nasienników i klimatycznych, a przede wszystkim od ilości opadów w okresie kwitnienia, co wpływa istotnie na obfite przepylenie. Bardzo istotne są również warunki pogodowe w okresie dojrzewania i sprzętu nasion. Badania nad wpływem warunków agroekologicznych na wartość nasienną prowadzili Battle i Whittington (1969), Bornscheuer (1975), Londgen (1986), Podlaski (1987 a), Jassem (1990), Jassem i Sadowski (1995), Kawakatsu i wsp. (1996), Sadeghian i Khodaii (1998) i inni.

Warunki klimatyczne Polski (opady i temperatury) w czasie kwitnienia roślin, dojrzewania i sprzętu nasion są często niekorzystne, co ma decydujący wpływ na wielkość plonu i jego jakość oraz produkcję materiału siewnego o wysokich parametrach. Badania nad wpływem warunków glebowo-klimatycznych na plon i jakość nasion nie były prowadzone w Polsce w szerszym zakresie.

Celem pracy było porównanie wartości siewnej odmian Polko, Kaliwia i Prisma, reprodukowanych w różnych warunkach środowiskowych Polski, we Włoszech, Francji i Grecji. Wyniki badań miały wskazać, w jakich rejonach Polski lub Europy można uzyskać wysoki i dobry jakościowo plon nasion oraz czy warunki reprodukcji mają wpływ na zdolność kiełkowania i połowę zdolność wschodów.

MATERIAŁ I METODY

Do badań wykorzystano trzy jednokiełkowe, heterozyjne, triploidalne odmiany buraków cukrowych: Polko hodowli IHAR, Kaliwia hodowli SHR Kalinowa i Prisma hodowli firmy Danisco. Odmianę Polko reprodukowano w Polsce w rejonie Elbląga i Konina, we Francji, Grecji i we Włoszech; Kaliwię w rejonie Konina i w Grecji, a Prismę w rejonie Konina i Lublina oraz w Grecji i Francji. Z nasion uzyskanych w kraju i za granicą wydzielono 500 kg partii, a do badań laboratoryjnych i doświadczeń polowych pobrano z każdej partii po 10 kg nasion o kalibrze 3,25–4,50 mm. Nasiona przed wysiewem zaprawiono fungicydem Oxafun T w celu ochrony kiełkujących nasion przed chorobami grzybowymi. Dla oceny wartości siewnej odmian określono laboratoryjną zdolność kiełkowania (LZK) po 4, 7 i 14 dniach od momentu siewu, w 3 powtórzeniach po 100 nasion oraz połowę zdolność wschodów (PZW) w dwóch kolejnych latach (1997/1998), po 7, 14 i 21 dniach od pojawienia się pierwszych wschodów, w 4 powtórzeniach po 100 nasion wysianych co 10 cm. PZW oceniana była na polu doświadczalnym w Bydgoszczy, na glebie zakwalifikowanej (wg PTG) jako piasek gliniasty lekki, o zawartości próchnicy 2,2%, pH 7,2, o wysokiej zasobności gleby w fosfor, magnez i wapń oraz niskiej w potas i azot azotanowy.

WYNIKI

Laboratoryjna zdolność kiełkowania

Ocenę laboratoryjnej zdolności kiełkowania przeprowadzono na odmianach wyprodukowanych w kraju i za granicą. Stwierdzono istotne różnice pomiędzy odmianami i obiektami na poziomie istotności 0,05. Najwyższą laboratoryjną zdolność kiełkowania nasion wykazała odmiana Polko wyprodukowana we Włoszech, a trochę niższą pochodząca z Francji i Grecji oraz z rejonu Elbląga, a najslabszą — z rejonu Konina. Nasiona odmiany Prisma z Francji i Grecji kiełkowały wyżej niż reprodukowane w rejonie Konina i Lublina, a odmiana Kaliwia z reprodukcji w Grecji kiełkowała lepiej niż z rejonu Konina. Wyniki kiełkowania nasion można podsumować następująco: warunki glebowe i klimatyczne Europy Południowej są korzystniejsze dla produkcji nasion wysokiej jakości, tj. laboratoryjnej zdolności kiełkowania, za wyjątkiem rejonu Elbląga, z którego otrzymano nasiona o porównywalnej wartości siewnej do uzyskanych w południowej Europie (tab. 1).

Tabela 1

Laboratoryjna zdolność kiełkowania Laboratory seed germination		
	Obiekty Objects	Średnia Average %
	Polko	Francja
	Polko	Grecja
	Polko	Elbląg
	Polko	Włochy
	Polko	Konin
	Prisma	Francja
	Prisma	Grecja
	Prisma	Lublin
	Prisma	Konin
	Kaliwia	Grecja
	Kaliwia	Konin
	Atair	Standard
	Średnia Average	90,39
	NIR $p = 0,05$	
	LSD $p = 0,05$	3,01

Półowa zdolność wschodów

Wszystkie odmiany z reprodukcji w Polsce i za granicą oceniane były również z uwzględnieniem wartości PZW. Stwierdzono istotne różnice pomiędzy odmianami i miejscami reprodukcji. Nasiona odmiany Polko, pochodzące z Włoch i Francji oraz z rejonu Elbląga, istotnie przewyższały pod względem wartości PZW nasiona z Grecji i z rejonu Konina. Natomiast nasiona odmiany Prisma z reprodukcji z Grecji kiełkowały lepiej w porównaniu do nasion z Francji oraz z rejonu Lublina i Konina. Nasiona odmiany Kaliwia z Grecji wykazały również wyższą PZW niż w przypadku tej samej odmiany z rejonu Konina. Różnice pomiędzy odmianami były istotne na poziomie $p = 0,05$. Wyniki

dowodzą, że PZW nasion z reprodukcji w Europie Południowej i rejonu Elbląga była wyższa w porównaniu do otrzymanych z rejonu Konina i Lublina. Stwierdzono pewną zgodność pomiędzy laboratoryjną zdolnością kiełkowania, a połową zdolnością wschodów (tab. 2).

Tabela 2

Połowa zdolność wschodów Field emergence		Średnia Average %
Obiekty Objects		
Polko	Francja	73,33
Polko	Grecja	66,00
Polko	Elbląg	75,00
Polko	Włochy	75,25
Polko	Konin	66,92
Prisma	Francja	67,67
Prisma	Grecja	71,92
Prisma	Lublin	66,33
Prisma	Konin	62,83
Kaliwia	Grecja	79,58
Kaliwia	Konin	72,17
Atair	Standard	77,00
Średnia Average		71,17
NIR p = 0,05		4,64
LSD p = 0,05		

DYSKUSJA

Plon i jakość nasion uwarunkowane są czynnikami genetycznymi i modyfikowane zewnętrznymi, w których są reprodukowane. Badania Jassem (1990) wskazują, że laboratoryjna zdolność kiełkowania w pewnym stopniu wynika ze zdolności kombinacyjnej krzyżowanych linii czy rodów. Sadeghian i Khodaii (1998) stwierdzili, że masa 1000 kielków, wigor i szybkość kiełkowania nasion wynikają częściowo z addytywnego działania genów. Zmienność w obrębie genotypów dotycząca wigoru i szybkości kiełkowania nasion nie była istotna i wskazuje, że obie te cechy modyfikowane są środowiskiem. Badania własne potwierdzają częściowo prace wspomnianych autorów. Różnice pomiędzy odmianami i w obrębie obiektów były znaczne i udowodnione statystycznie. Badania Herzoga (1973) wykazały wysoką, dodatnią korelację ($r = 0,6-0,8$) pomiędzy zdolnością kiełkowania, a połową zdolnością wschodów, która była jednak bardziej uwarunkowana środowiskiem niż różnicami genetycznymi, wynikającymi z selekcji genotypów o wyższej zdolności kiełkowania. Wysoka zdolność kiełkowania i wigor nasion mogą wywierać istotny wpływ na początkowy wzrost roślin, a następnie na wielkość i jakość plonu (Podlaski, 1987). Otrzymane wyniki wskazują, że miejsce produkcji nasion miało wpływ na cechy genetyczne i następnie na LZK i PZW. Kiełkowanie nasion, jak wykazały liczne badania, ograniczane jest również zawartością inhibitorów w owocni (Battle i Whittington, 1969) oraz warunkami środowiska, które odgrywają znaczną rolę w gromadzeniu

głównych inhibitorów, tj. jonów sodu i potasu (Londgen, 1986). Niekorzystne warunki w czasie dojrzwiania nasion i przedwczesny sprzęt zwiększają ich ilość w owocni (Jassem i Sadowski, 1995; Inoue i Yamamoto, 1997). Inhibitory mogą być częściowo usunięte z owocni w czasie ocierania i szlifowania nasion, a następnie wypłukiwane w wodzie lub słabych roztworach ługu sodowego (Trzebiński, 1980; Podlaski i Chrobak, 1986; Sadowski, 1991). Zabiegi te nie eliminują wad występujących w samym nasieniu, a przede wszystkim nasion niedorozwiniętych. Nasion takich nie da się usunąć na stołach grawitacyjnych. W warunkach polskich, niejednoczesne wybijanie w pędy nasienne spowodowane różną wielkością sadzonek i często małym zagęszczeniem roślin, prowadzi do niezsynchronizowanego i przedłużonego kwitnienia roślin i do powstawania nasion niedorozwiniętych lub pustych.

Jassem i Sadowski (1995) uważają, że u nas można produkować materiał siewny o wysokich parametrach jakościowych w południowo-zachodnich i zachodnich rejonach kraju. Nasiona produkowane w kraju są ponadto tańsze i nie ma obawy tworzenia się tzw. burakochwastów w wyniku krzyżowania się z dzikim podgatunkiem buraka nadmorskiego (*Beta maritima* L.), który u nas nie występuje. Reprodukacja nasion prowadzona przez Wielkopolską Hodowlę Buraka Cukrowego w różnych rejonach kraju wykazała, że jedynie rejon Elbląga ma korzystniejsze warunki glebowo-klimatyczne, gdzie można uzyskać wysoki i dobry plon nasion. Gleby na Żuławach są lepiej uwilgocone, zapewniają roślinom lepszy rozwój po wysadzeniu, a susze wiosenne, jeśli się zdarzają, nie są zbyt dotkliwe. W okresie kwitnienia nie ma wysokich temperatur ani obfitych opadów, które utrudniają przepylenie i zawiązywanie nasion. Zdarzają się jednak lata niekorzystne i wtedy plon jest mały z dużym odsetkiem nasion niedorozwiniętych. Liczba plantacji nasiennych w Polsce zmniejsza się z tego powodu corocznie i obecnie około 95% reprodukcji odmian ma miejsce w krajach Europy Południowej. Wznawiając reprodukcję nasion w Polsce na większą skalę, należałoby założyć plantacje u wybranych rolników, pod ścisłym nadzorem inspektorów plantacyjnych, z zachowaniem zasad przyjętych w produkcji nasiennej plantatorów, a u wybranych plantatorów można by reprodukować nawet odmiany triploidalne.

WNIOSKI

1. Miejsce produkcji nasion porównywanych odmian miało istotny wpływ na laboratoryjną zdolność kiełkowania i połowę zdolność wschodów.
2. Nasiona wszystkich odmian pochodzących z reprodukcji we Włoszech, Francji i Grecji, wyróżniały się wyższą laboratoryjną zdolnością kiełkowania i połową zdolnością wschodów w porównaniu do reprodukowanych w Polsce, z wyjątkiem rejonu Elbląga. Nasiona z tego rejonu nie ustępowały rozmnażanym na południu Europy.

LITERATURA

- Battle J. P., Whittington W. J. 1969. The influence of genetic and environmental factors on the germination of sugar beet seeds. *J. Agri. Sci. Cambridge*, 73: 329 — 338.
- Bornscheuer E. 1975. L'influence des zones climatiques différentes sur des caractéristiques qualitatives divers des variétés de betteraves à sucre d'une origine génétique différenciée. 38 Congrès d'hiver de L'IIRB, Rapport 2.4.
- Herzog K. 1973. Möglichkeiten der züchterischen Verbesserung von Samenträger und Saatguteigenschaften bei monokarpen diploiden Zuckerrüben und deren Einfluss auf Leistung und Schossresistenz. Diss., Berlin.
- Inoue K., Yamamoto R. 1997. The growth inhibitors in sugar beet balls. III. Change of growth during maturity. *Proc. Crop. Sug. Soc. Japan*. 46: 298 — 305.
- Jassem M. 1990. Improvement of sugar-beet seed germination and vigour by breeding methods. 53rd Winter Congress of II RB: 155 — 160.
- Jassem M., Sadowski H. 1995. Factors influencing the quality of sugar-beet seed produced in Poland. 58th Congress of II RB: 64 — 70.
- Kawakatsu M., Ogata N., Tanaka M. 1996. Studies on improvement of sugar beet seed qualities. 1. Influences of seed growing conditions on seed qualities. *Proc. Jap. Soc. Sug. Beet Technol.* Nr. 38: 48 — 56.
- Longden P. C. 1986. Influence of seed crop environment on the quality of sugar beet seed. 49th Winter Congress of II RB: 1 — 17.
- Podlaski S. 1987. Wpływ niektórych cech biologicznych nasienników buraków cukrowych na plon i jakość nasion. Cz. I. Zależność między plonem nasion, a elementami jego struktury. *Post. Nauk Rol. Seria A*, t. 106, z. 2: 7 — 19.
- Podlaski S. 1987 a. Wpływ niektórych cech biologicznych nasienników buraków cukrowych na plon i jakość nasion. Cz. II. Wpływ tempa wzrostu i rozwoju na plon i jakość nasion. *Post. Nauk Rol. Seria A*, t. 106, z. 3: 35 — 44.
- Podlaski S., Chrobak Z. 1986. Über den Einfluss des durch die Leitfähigkeit der Wasserextrakte von Zuckerrübenfrüchten gemessenen Keiminhibitorgehaltes auf die Keimfähigkeit und Keimgeschwindigkeit bei Rüben. *Seed Sci. Technol.* 14: 631 — 640.
- Sadeghian S. Y., Khodaii H. 1998. Diallel cross analysis of seed germination traits in sugar beet. *Euphytica*. 103: 2: 259 — 263.
- Sadowski H. 1991. Poprawa jakości nasion buraka cukrowego metodami chemicznymi. *Biul. IHAR*, 177: 71 — 82.
- Trzebiński J. 1980. Metoda poprawiania polowej zdolności wschodów przez przedsięwzięte moczenie nasion w roztworach ługu. *Biul. IHAR* 142: 39.

JAROSŁAW MIKITA
IZYDOR GUTMAŃSKI

Zakład Technologii Produkcji Roślin Korzeniowych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Bydgoszcz

Wpływ warunków glebowo-klimatycznych wybranych plantacji nasiennych na wartość siewną nasion oraz plonowanie buraka cukrowego Część I. Warunki reprodukcji i skład chemiczny nasion

**Effect of soil and climatic conditions of selected seed plantations on seed sowing
value and yielding of sugar beet**

Part I. Conditions of reproduction and chemical composition of seed

W latach 1996–1998 pobrano próby glebowe z plantacji nasiennych buraka cukrowego (faza wykształconych pędów nasiennych) w głównych rejonach reprodukcji tej rośliny w Polsce. Stwierdzono zróżnicowanie składu mechanicznego, odczynu, zawartości próchnicy, składników pokarmowych i azotu ogółem. Zestawiono dane dotyczące opadów, temperatury powietrza i usłonecznienia. Najwyższe opady i temperatury odnotowano w 1998 roku. Obliczono współczynnik hydrotermiczny i stwierdzono występowanie okresów posusznych we wszystkich latach. Pobrano też próby nasion, które podzielono na frakcje < 3,50; 3,50–4,50 i > 4,50 mm i poddano analizie laboratoryjnej. W latach 1996 i 1997 stwierdzono zróżnicowanie w zawartości makroelementów w owocni i nasieniu o kalibrze 3,50–4,50 mm oraz występowanie korelacji między zawartością niektórych makroelementów w glebie i nasionach buraka cukrowego.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, gleba, klimat, nasiona, skład chemiczny

In 1996–1998 soil samples were taken from sugar beet seed plantations (in stage of developed seed stalk) in main regions of reproduction in Poland. Differences in soil mechanical composition, pH, humus, nutrient and total nitrogen content were stated. Data of rainfalls, air temperatures and insolation were tabulated. The highest rainfalls and temperatures were in 1998. The hydrothermal coefficients were calculated and dry periods were indicated in all the years of study. Seed samples were taken next sorted into fractions < 3.50; 3.50–4.50, and > 4.50 mm and analyzed in chemical laboratory. In 1996 and 1997 the macronutrient content was diversified in pericarp and seed of fruits with the 3.50–4.50 mm diameter. Correlations were found between macronutrient content in soil and that in sugar beet seeds.

Key words: climate, composition, seeds, soil, sugar beet

WSTĘP

Na wielkość i jakość plonu buraka cukrowego wywierają wpływ czynniki glebowe, pogodowe (Borówczak, 1996; Rudnicki i in., 1997), agrotechniczne (Gutmański i Mikita, 2001; Gutmański, 2002), jak również wartość siewna nasion (Gutmański i Sadowski, 1984; Podlaski, 1990). Nasienniki buraka cukrowego wymagają korzystnego przebiegu pogody oraz zrównoważonego zaopatrzenia w składniki pokarmowe do wydania dużego plonu nasion (Wiśniewski, 1993; Borówczak, 1996). Uzyskane nasiona są uszlachetniane różnymi kosztownymi metodami (Krzymuski i Krzeczowska, 1993). Dużego znaczenia nabiera zoptymalizowanie warunków reprodukcji nasion (Jassem, 1990; Gutmański i Mikita, 2001). Istotne dla plonu jest także zapewnienie w czasie wschodów buraków optymalnego zaopatrzenia kielków w składniki pokarmowe (Gutmański i Sadowski, 1984).

Dla zapewnienia wysokiej jakości materiału siewnego buraka cukrowego powszechnie wysiewanego w odstępach docelowych (na gotowo) od wielu lat reprodukcję nasienną stosują wszystkie kraje, w tym Polska, na terenie południowej Europy.

Celem tej części badań było określenie wpływu warunków glebowych i pogodowych na wybranych plantacjach nasiennych w latach 1996–1998 na zawartość makroelementów w nasieniu i owocni buraka cukrowego (1996 i 1997).

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono na plantacjach nasiennych buraka cukrowego z odmianami Ada (diploid), Janus (triploid), Polko (triploid) oraz jednym mieszańcem hodowli IHAR (triploid). Plantacje były zlokalizowane w następujących rejonach kraju: południowo-wschodnim w okolicach Nałęczowa (miejscowości Chmielnik i Wojciechów), południowo-zachodnim koło Wrocławia (Małkowice), środkowym w okolicach Kutna (Karszew, Rośle, Długoleka, Witonia i Nędzrzew) oraz północnym na Żuławach koło Nowego Stawu (Nowa Cerkiew i Lichnowy). W okolicy Bydgoszczy w Myślicinku założono podobne badania z mieszańcem buraka na dwóch zróżnicowanych siedliskach glebowych. Plantacje były prowadzone według powszechnie obowiązujących zasad (Jassem, 1990) i nadzorowane odpowiednio przez Lubelską, Śląską, Kutnowską i Wielkopolską Hodowlę Buraka Cukrowego.

W fazie wykształconych pędów nasiennych pobierano próby glebowe z dwóch warstw (0–30 i 30–60 cm) i oznaczano skład mechaniczny, zasolenie, odczyn (pH w 1 M KCl), zawartość makroelementów (metodą uniwersalną), azotu ogólnego i próchnicy powszechnie stosowanymi metodami. Na podstawie danych IMiGW (ze stacji położonych najbliżej badanych plantacji) obejmujących miesięczne sumy opadów, średnie temperatury powietrza i uśłonecznienia obliczono współczynnik hydrotermiczny Sielanianowa (K) wg wzoru:

$$K = O \times 10/T \times n$$

gdzie O — miesięczna suma opadów,

10 — mnożnik,

T — średnia miesięczna temperatura powietrza,

n — liczba dni w miesiącu.

Z plantacji, podczas zbioru (I dekada września), pobierano średnie próbki nasion (10 kg), które czyszczono i frakcjonowano na kalibraże: < 3,50 mm, 3,50–4,50 mm i > 4,50 mm. Dla frakcji środkowej oddzielano owocnię od nasienia i oznaczano w nich zawartość makroelementów: azotu, fosforu, potasu, sodu, magnezu i wapnia.

WYNIKI I DYSKUSJA

Warunki glebowe badanych plantacji były bardzo zróżnicowane (tab. 1). Zawartość części spławialnych (< 0,02 mm) wahała się w warstwie ornej od 9 (Rośle) do 72% (Lichnowy II) zaś części pylastych (0,1–0,02 mm) od 14 (Karszew I) do 51% (Chmielnik). Zasolenie gleby było w tej warstwie w większości plantacji niskie i jedynie w siedmiu przypadkach (28% prób) przekraczało 0,2 g/l. Odczyn gleb wahał się od pH 5,2 (Karszew I) do pH 7,8 (Małkowice I). Zasobność w składniki pokarmowe (P, K, Na, Mg i Ca), według przyjętych liczb granicznych (Gutmański, 2002), była bardzo niska lub niska. Stwierdzono dosyć wysokie zawartości sodu. Zawartość wapnia wykazywała związek z odczynem gleby. Zawartość próchnicy w głębszej warstwie była 1,1–4,6-krotnie zaś azotu ogólnego 2–4-krotnie niższa niż w ornej. Stosunek C:N częściej był szerszy w warstwie podornej.

Opady i temperatura w okresie wegetacji nasienników w latach prowadzonych badań wykazywały znaczne zróżnicowanie w poszczególnych miejscowościach (rys. 1). Najniższe opady zanotowano w Myślicinku (312 mm), zaś najwyższe, w 1998 roku na Żuławach, które przekroczyły 500 mm. W Nowej Cerkwi i Lichnowych, we wszystkich latach, wystąpiły jednak okresy niedoboru wody w glebie (rys. 1). W latach 1996 i 1997 posucha miała miejsce we wszystkich miejscowościach, zaś suszę odnotowano w 1996 roku na początku wegetacji w Nowej Cerkwi oraz w latach następnych, tuż przed zbiorem nasienników, w Długołęce, Witonii i Nędzierzewie.

Zawartość makroelementów w suchej masie owoców cukrowego była zróżnicowana zależnie od lat, siedlisk reprodukcji oraz części owocu (tab. 2). Największe różnice między plantacjami w zawartości makroelementów w nasionach wystąpiły dla sodu (różnica między skrajnymi wynikami 29-krotna) i wapnia (13-krotna), najmniejsze zaś dla potasu i magnezu (różnica 1,6-krotna) oraz fosforu (1,5). W nasionach, więcej niż w owocniach, było azotu (3,3–2,2-krotnie), fosforu (27,0–3,0) i magnezu (2,5–1,3), mniej zaś potasu (2,0–1,1-krotnie), sodu (7,5–1,4) i wapnia (17,8–1,2). Obecność w owocniach inhibitorów kiełkowania (jonów sodu i potasu) powodować może wstępowanie nasion niekiełkujących pełnych (Dokić, 1981) i obniżyć zdolność kiełkowania (Lexander, 1980; Podlaski, 1990). Usunięcie ich z owocni poprawia wartość siewną nasion (Harper i in., 1997). Według Podlaskiej (1993) warunki opadowo-termiczne reprodukcji nasion silnie różnicują zawartość potasu, sodu, magnezu i wapnia w ekstrakcie wodnym z owoców buraka cukrowego. Według badań własnych średnia zawartość potasu wyniosła 0,88% w nasionach i 1,17% w owocniach, zaś sodu odpowiednio 0,11% i 0,30%.

Tabela 1

Warunki glebowe miejsc reprodukcji nasion buraka cukrowego
Soil conditions of sites of sugar beet seed reproduction

Rok reprodukcji nasion, lokalizacja, nr plantacji nasiennej i typ gleby Year of reproduction, localization, no. of seed plantation and soil type	Warstwa gleby Soil layer (cm)	Udział frakcji gleby Soil fraction share (%)		Gatunek gleby* Soil species	Zasolenie Salinity (g/l)	pH w KCl pH in KCl	Zasobność w składniki pokarmowe** Nutrient availability					Zawartość Content (%)		Stosunek Ratio C:N
		0,1–0,02 mm	<0,02 mm				P	K	Na	Mg	Ca	N ogólny N total	próchnica humus	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1996														
Myślecinek I	0–30	32	21	gsp	0,07	5,9	bn	bn	nt	bn	bn	nt	nt	nt
Płowa — grey-podsolic	30–60	33	28	gl	0,05	6,4	n	bn	nt	bn	bn	nt	nt	nt
Myślecinek II	0–30	37	17	pgm	0,14	5,5	bn	n	nt	bn	bn	nt	nt	nt
Płowa — grey-podsolic	30–60	45	14	pgl	0,06	6,3	bn	bn	nt	bn	bn	nt	nt	nt
Nowa Cerkiew I	0–30	42	27	płg	0,20	6,3	n	n	ś	ś	bn	0,12	nt	nt
Mada — alluvial	30–60	54	26	płg	0,18	6,5	n	bn	ś	bn	bn	0,06	nt	nt
Nowa Cerkiew II	0–30	18	47	gs	0,38	6,8	ś	bn	n	w	w	0,12	nt	nt
Mada — alluvial	30–60	13	20	pgm	0,12	7,0	n	bn	w	bw	ś	0,04	nt	nt
Nowa Cerkiew III	0–30	17	35	gl	0,22	7,7	ś	bn	ś	bw	ś	0,14	nt	nt
Mada — alluvial	30–60	16	50	gs	0,21	6,5	n	bn	n	ś	bn	0,11	nt	nt
Karszew I	0–30	14	10	ps	0,16	5,2	n	w	w	w	n	0,07	nt	nt
Płowa — grey-podsolic	30–60	14	16	pgm	0,15	5,8	bn	n	w	ś	n	0,04	nt	nt
Karszew II	0–30	17	18	pgm	0,14	6,0	n	bw	bw	ś	n	0,11	nt	nt
Płowa — grey-podsolic	30–60	24	11	pgl	0,11	6,2	n	bn	w	n	n	0,03	nt	nt
Rośle	0–30	6	9	ps	0,35	5,4	bn	ś	bw	ś	n	0,07	nt	nt
Płowa — grey-podsolic	30–60	20	23	gp	0,08	6,4	bn	bn	ś	bn	bn	0,02	nt	nt
Małkowice I	0–30	37	48	gsp	0,09	5,7	bn	bn	nt	n	bn	0,12	nt	nt
Mada — alluvial	30–60	38	47	gsp	0,11	7,8	n	bn	nt	ś	bn	0,05	nt	nt
Małkowice II	0–30	36	36	gsp	0,15	7,6	n	bn	nt	ś	bw	0,25	nt	nt
Mada — alluvial	30–60	30	45	gsp	0,15	7,6	n	bn	nt	w	bw	0,18	nt	nt
Małkowice III	0–30	32	48	gsp	0,14	7,1	n	bn	nt	w	bw	0,17	nt	nt
Mada — alluvial	30–60	36	43	gsp	0,11	7,3	n	bn	nt	w	bw	0,04	nt	nt

c.d. Tabela 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1997														
Nowa Cerkiew IV	0–30	37	39	gsp	0,20	6,7	ś	bn	bn	ś	bn	0,14	1,69	7,0
Mada — alluvial	30–60	38	46	gsp	0,18	7,1	n	bn	bn	ś	bn	0,10	1,48	8,6
Nowa Cerkiew V	0–30	31	25	gpp	0,46	6,4	ś	bn	ś	ś	n	0,17	2,05	7,0
Mada — alluvial	30–60	40	20	pgmp	0,19	7,0	n	bn	w	ś	n	0,06	0,70	6,6
Nowa Cerkiew VI	0–30	31	29	gpp	0,52	5,5	n	ś	w	n	bn	0,18	1,86	6,0
Mada — alluvial	30–60	35	33	glp	0,12	6,6	n	bn	w	n	bn	0,09	1,12	7,2
Lichnowy I	0–30	19	51	gc	0,17	7,5	w	bn	ś	ś	n	0,23	3,65	9,2
Mada — alluvial	30–60	11	82	i	0,20	7,7	n	bn	ś	ś	n	0,11	1,96	10,4
Długoleśka I	0–30	18	18	pgm	0,11	5,7	bn	n	ś	n	n	0,17	1,86	6,4
Płowa — grey-podsolic	30–60	21	22	gp	0,12	6,2	n	bn	n	n	bn	0,08	0,84	6,1
Długoleśka II	0–30	16	18	pgm	0,38	5,9	n	bn	ś	bn	n	0,19	2,63	8,1
Płowa — grey-podsolic	30–60	20	18	pgm	0,25	7,4	n	bn	ś	ś	n	0,04	0,57	8,3
Chmielnik	0–30	51	39	pli	0,20	6,8	n	bn	ś	n	bn	0,08	0,52	3,8
Płowa — grey-podsolic	30–60	62	28	plg	0,13	5,8	bn	bn	ś	bn	bn	0,03	0,36	7,3
Wojciechów	0–30	47	42	pli	0,30	7,1	ś	n	ś	bn	n	0,11	1,38	7,3
Płowa — grey-podsolic	30–60	39	50	gsp	0,15	6,7	n	bn	ś	ś	bn	0,07	0,69	7,4
1998														
Nowa Cerkiew VII	0–30	25	14	gs	0,16	6,0	ś	bn	w	bw	ś	0,15	1,51	5,9
Mada — alluvial	30–60	25	17	pgm	0,16	6,0	n	bn	bw	w	n	0,14	1,34	5,6
Nowa Cerkiew VIII	0–30	41	37	gsp	0,12	6,7	bw	bn	ś	bn	bn	0,09	0,89	5,8
Mada — alluvial	30–60	21	42	gs	0,09	7,4	n	bn	ś	bn	bn	0,03	1,12	21,7
Nowa Cerkiew IX	0–30	31	11	psp	0,21	5,6	n	n	w	w	n	0,14	1,79	7,4
Mada — alluvial	30–60	41	30	glp	0,15	6,1	n	bn	ś	w	n	0,08	0,89	6,5
Lichnowy II	0–30	13	72	gc	0,27	6,9	ś	bn	ś	w	n	0,32	2,75	5,0
Mada — alluvial	30–60	7	85	i	0,28	7,5	n	bn	ś	ś	n	0,15	1,79	6,9
Nędzrzew	0–30	21	14	pgl	0,18	7,2	ś	bn	w	ś	ś	0,10	1,03	6,0
Płowa — grey-podsolic	30–60	17	16	pgl	0,11	7,0	n	bn	w	ś	n	0,06	0,82	8,0
Witonia	0–30	17	10	ps	0,07	5,9	ś	ś	bw	n	n	0,04	1,03	15,0
Płowa — grey-podsolic	30–60	13	9	ps	0,19	7,3	n	ś	w	ś	n	0,09	1,38	2,4

*ps — Piasek słabo gliniasty (Slightly loamy sand); psp — Piasek słabo gliniasty pylasty (Slightly loamy silty sand); pgl — Piasek gliniasty lekki (Light loamy sand); pgm — Piasek gliniasty mocny (Loamy sand); pgmp — Piasek gliniasty mocny pylasty (Silty loamy sand); gp — Gлина piaszczysta (Sandy loam); gpp — Gлина piaszczysta pylasta (Silty sandy loam); gl — Gлина lekka (Light loam); glp — Gлина lekka pylasta (Silty light loam); gs — Gлина średnia (Medium loam); gsp — Gлина średnia pylasta (Silty dium loam); gc — Gлина ciężka (Heavy loam); i — il (Clay); plg — pył gliniasty (Loamy silt); pli — Pył ilasty (Clay silt);

** Zasobność: bn — Bardzo niska, n — Niska, ś — Średnia, w — Wysoka, bw — Bardzo wysoka;

** Nutrient availability: bn—Very low, n—Low, ś—Middle, w—High, bw—Very high;

nt — Nie oznaczano — Not tested

Tabela 2

Zawartość makroelementów w nasieniu i owocni buraka cukrowego frakcji 3,50–4,50 mm reprodukowanych w różnych warunkach agroklimatycznych

Content of macronutrients in fraction 3.50–4.50 mm of seed and pericarp of sugar beet reproduced in various agroclimatic conditions

Rok reprodukcji nasion, lokalizacja, numer plantacji i typ gleby Year of seed reproduction, localization, number of seed plantation and soil type	Zawartość makroelementów Macronutrient content (%)											
	N		P		K		Na		Mg		Ca	
	N*	O**	N	O	N	O	N	O	N	O	N	O
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1996												
Myszęcinek I, płowa grey-podsolic	3,61	1,29	1,05	0,12	0,86	1,46	0,02	0,15	0,48	0,31	0,09	0,69
Myszęcinek II, płowa grey-podsolic	3,64	1,20	1,09	0,04	0,78	1,31	0,01	0,11	0,45	0,18	0,04	0,58
Nowa Cerkiew I, mada alluvial	3,41	1,12	1,04	0,10	0,79	1,12	0,06	0,29	0,59	0,26	0,09	0,79
Nowa Cerkiew II, mada alluvial	3,41	1,23	0,97	0,11	0,70	1,08	0,05	0,27	0,57	0,30	0,06	0,82
Nowa Cerkiew III, mada alluvial	3,36	1,51	1,02	0,13	0,86	1,10	0,11	0,30	0,52	0,34	0,07	0,68
Karszew I, płowa grey-podsolic	3,58	1,40	1,18	0,13	0,74	1,02	0,02	0,11	0,51	0,39	0,04	0,71
Karszew II, płowa grey-podsolic	3,36	1,15	1,16	0,14	0,83	0,91	0,05	0,15	0,50	0,29	0,12	0,85
Rośle, płowa- grey-podsolic	3,64	1,51	1,14	0,19	0,73	1,03	0,02	0,12	0,51	0,52	0,04	0,61
Małkowice I, mada alluvial	3,53	1,29	1,14	0,17	0,81	1,16	0,03	0,15	0,52	0,35	0,05	0,64
Małkowice II, mada alluvial	3,50	1,26	1,14	0,13	0,77	0,75	0,02	0,11	0,53	0,28	0,05	0,69
Małkowice III, mada- alluvial	3,47	1,32	1,02	0,07	0,77	0,67	0,02	0,11	0,50	0,32	0,05	0,75
Średnio — Mean Nowa Cerkiew I, II, III	3,39	1,38	1,01	0,11	0,78	1,10	0,07	0,29	0,56	0,30	0,07	0,76
Średnio wszystkie Mean all	3,50	1,30	1,09	0,12	0,78	1,06	0,04	0,17	0,52	0,32	0,06	0,71

c.d. Tabela 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1997												
Nowa Cerkiew IV, mada alluvial	3,33	1,34	1,20	0,28	1,05	1,68	0,20	0,64	0,68	0,54	0,13	0,67
Nowa Cerkiew V, mada alluvial	3,44	1,26	1,21	0,26	0,95	1,18	0,17	0,42	0,71	0,44	0,13	0,78
Nowa Cerkiew VI, mada alluvial	3,36	1,04	1,24	0,16	0,85	0,73	0,14	0,30	0,67	0,33	0,11	1,13
Lichnowy I, płowa grey-podsolic	2,63	0,95	0,85	0,20	1,05	1,12	0,29	0,42	0,52	0,24	0,36	0,75
Długoleśka I, płowa grey-podsolic	3,22	1,29	1,17	0,23	0,98	1,39	0,16	0,37	0,72	0,35	0,13	0,58
Długoleśka II, płowa grey-podsolic	3,44	1,39	1,30	0,33	1,03	2,04	0,13	0,28	0,71	0,30	0,09	0,59
Chmielnik, płowa grey-podsolic	2,72	1,09	1,12	0,24	1,05	1,62	0,18	0,40	0,55	0,23	0,21	0,80
Wojciechów, płowa grey-podsolic	3,05	1,37	0,99	0,30	1,12	0,79	0,18	0,45	0,67	0,47	0,53	0,61
Średnio — Mean Nowa Cerkiew IV, V, VI	3,38	1,21	1,22	0,23	0,95	1,20	0,17	0,45	0,69	0,44	0,12	0,86
Średnio wszystkie Mean all	3,15	1,22	1,14	0,25	1,01	1,32	0,18	0,41	0,65	0,36	0,21	0,74

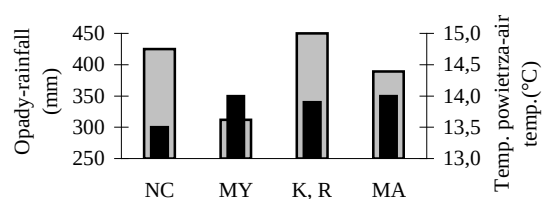
* — N — Nasiono

* — N — Seed

** — O — Owocnia

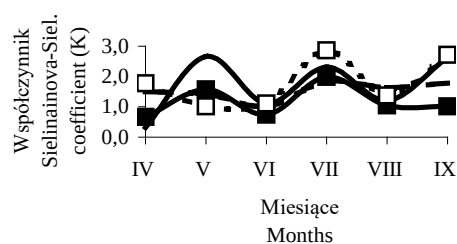
** — O — Pericarp

1996



■ Suma opadów - rainfall sums

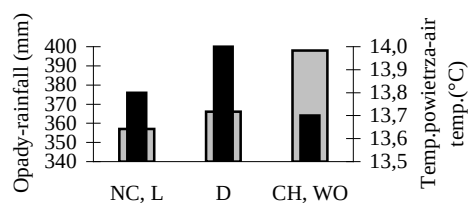
■ Średnia temperatura powietrza - mean air temperature



NC — Nowa Cerkiew
 MY — Myślecinek
 K — Karszew
 R — Rośle
 MA — Małkowice

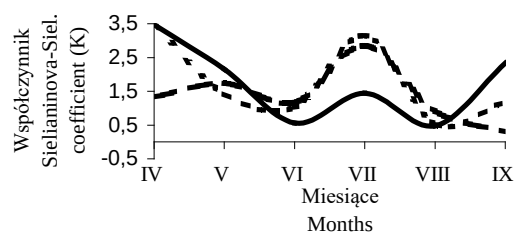
— NC —■ MY — — K, R — □ MA

1997



■ Suma opadów - rainfall sums

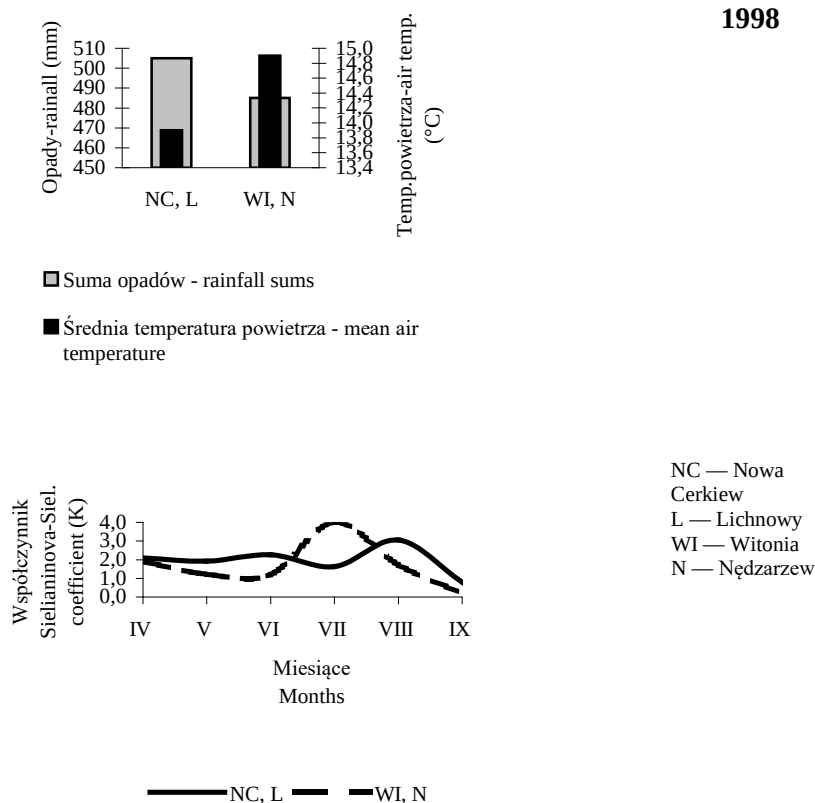
■ Średnia temperatura powietrza - mean air temperature



NC — Nowa Cerkiew
 L — Lichnowy
 D — Długoleka
 CH — Chmielnik
 WO — Wojciechów

— NC, L —■ D — □ CH, WO

1998



Rys. 1. Sumy opadów, średnie miesięczne temperatury powietrza (IV-IX) oraz wartości współczynnika hydrotermicznego Sielanianova (K) dla poszczególnych lat i miejscowości reprodukcji nasion buraka cukrowego

Fig. 1. Rainfall sums, mean monthly air temperatures (IV-IX) and values of Sielanianov's hydrothermal coefficient (K) for years and sites of sugar beet seed reproduction

Różnice w zawartości makroelementów wystąpiły również pomiędzy latami reprodukcji. Zawartość azotu zarówno w nasionach, jak i owocniach była w 1997 roku niższa, zaś pozostałych składników pokarmowych (zwłaszcza sodu i wapnia) wyższa. Różnice te wystąpiły zarówno pomiędzy średnimi dla lat ze wszystkich plantacji, jak i z plantacji tylko w Nowej Cerkwi. Największą zawartość azotu miały nasiona buraka cukrowego z Myślicinka I i II oraz Rośli. Wyższymi zawartościami pozostałych makroelementów wyróżniły się nasiona pochodzące z Nowej Cerkwi IV i V oraz Długołęki II.

Bardzo niska zasobność badanych gleb w azot i potas nie pozwoliła określić istotnych korelacji między zawartością tych składników w glebie i owocach buraka cukrowego. Zawartość w glebie fosforu wykazywała dodatnią korelację z zawartością potasu w nasionach oraz sodu w nasionach i owocniach (tab. 3). Zawartość potasu w owocniach korelowała ujemnie z zasobnością gleb w sód, magnez i wapń.

Tabela 3

Istotne współczynniki korelacji między zasoleniem gleby i zawartością makroelementów w glebie a zawartością makroelementów w nasionach buraka cukrowego*
Significant correlation coefficients between salinity or macronutrient content in soil and macronutrient content in sugar beet seeds*

Zasolenie i zawartość makroelementów w glebie Salinity and soil macroelement content (0–60 cm)	Zawartość makroelementów w nasionach buraka cukrowego Macronutrient content in sugar beet seeds						Elektroprzewodnictwo ekstraktu wodnego z nasion Electroconduct. of water extract from seeds
	K w nasieniu in seed	K w owocni in pericarp	Na w nasieniu in seed	Na w owocni in pericarp	Mg w owocni in pericarp	Ca w owocni in pericarp	
Zasolenie Salinity	0,3808 ¹	-	0,4522 ²	-	0,4746 ⁴	-	-
N	-	-	-	-	-	-	-
P	0,3485 ¹	-	0,3955 ¹	0,4493 ²	-	-	-
K	-	-	-	-	-	-	-
Na	-	-0,3541 ¹	-	-	-	0,3404 ¹	-
Mg	-	-0,4531 ²	-	-	-	-	-0,4056 ²
Ca	-	-0,4217 ²	-	-	-	-	-0,4096 ²

* — Oznaczano tylko dla frakcji 3,50–4,50 mm

* — Determined only for fraction 3.50–4.50 mm

Wielkość korelacji; correlation value: $0,3000 \leq r < 0,5000$ — przeciętna; average: $0,5001 \leq r < 0,7000$ — wysoka; high: $0,7001 \leq r < 0,9000$ — bardzo wysoka; very high

Poziomy istotności współczynnika korelacji: 1–0,10; 2–0,05; 3–0,02; 4–0,01

Levels of significance of correlation coefficient: 1–0.10; 2–0.05; 3–0.02; 4–0.01

- — Współczynniki korelacji na poziomach istotności $p > 0,10$; Correlation coefficients with significance levels > 0.10

Dla poszczególnych makroelementów nie wykazano istotnych korelacji między ich zawartością w glebie i w nasionach najbardziej wartościowej frakcji owoców buraka cukrowego.

Odnotowano statystycznie istotne korelacje między sumą opadów, temperatur oraz usłonecznieniem w poszczególnych miesiącach wegetacji buraka a zawartością makroelementów w owocach tego gatunku (tab. 4). Stwierdzano korelacje między warunkami pogodowymi a zawartością fosforu, potasu, sodu i magnezu w nasionach oraz azotu, potasu i sodu w owocniach. Czynniki pogodowe częściej wykazywały istotny wpływ na zawartość makroelementów w nasionach niż w owocniach. Spośród analizowanych elementów pogodowych w poszczególnych miesiącach okresu wegetacji najczęściej ze składem chemicznym owoców buraka wykazywała korelację średnio miesięczna temperatura powietrza w kwietniu i czerwcu, opady w kwietniu i sierpniu, oraz usłonecznienie w czerwcu i sierpniu. Najważniejsze dla składu chemicznego owoców okazały się kwiecień, czerwiec i sierpień, a więc okresy najintensywniejszego przyrostu części wegetatywnej rośliny i formowania się owoców. Istotne statystycznie, dodatnie współczynniki korelacji, wszystkie lub w większości, okazały się dla: zawartości w nasionach azotu, fosforu i magnezu, oraz w owocniach potasu i wapnia. Badane czynniki pogodowe były skorelowane ujemnie (z wyjątkiem usłonecznienia od maja do sierpnia) z zawartością potasu i sodu w owocach buraka cukrowego. Z dokonanych analiz wynika, że o zawartości makroskładników w nasionach i owocniach buraka cukrowego w większym stopniu decyduje przebieg warunków pogodowych w okresie wegetacji niż zawartość przyswajalnych form makroskładników w glebie do głębokości 60 cm.

Tabela 4

Istotne współczynniki korelacji między warunkami pogodowymi plantacji a zawartością makroelementów w nasionach buraka cukrowego*
Significant correlation coefficients between weather conditions of plantations and macronutrient content in sugar beet seeds

Warunki pogodowe plantacji Weather conditions of plantations	Zawartość makroelementów w nasionach buraka cukrowego Macronutrient content in sugar beet seeds											
	N w nasioniu in seed	N w owocni in pericarp	P w nasioniu in seed	P w owocni in pericarp	K w nasioniu in seed	K w owocni in pericarp	Na w nasioniu in seed	Na w owocni in pericarp	Mg w nasioniu in seed	Mg w owocni in pericarp	Ca w nasioniu in seed	Ca w owocni in pericarp
Opady-rainfalls IV**	-	-0,6525 ⁴	0,5557 ²	-0,5045 ¹	-	-	-	0,4778 ²	0,5332 ¹	-	-	0,7184 ⁴
Opady-rainfalls V	-	0,4657 ¹	-0,5098 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Opady-rainfalls VI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Opady-rainfalls VII	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Opady-rainfalls VIII	-	-	-	-	-0,5956 ²	-0,5008 ¹	-0,6357 ³	-0,8570 ⁴	-0,5394 ¹	-	-	-
Suma opadów Rainfalls sum IV-VIII	-	-	-	-	-	-	-	-0,4709 ¹	-	-	-	-
Temperatura-temperature IV	-	-	-	-	-0,5802 ²	-0,6433 ⁴	-0,4990 ²	-0,8761 ⁴	-0,7380 ⁴	-	-	-
Temperatura-temperature V	-	-	-	-	-	-	-0,6466 ⁴	-	-	-	-	-
Temperatura-temperature VI	0,7321 ⁴	-0,7179 ⁴	0,7226 ⁴	-0,7174 ⁴	-0,5958 ²	-	-0,6285 ³	-	-	-	-0,6920 ⁴	0,6815 ⁴
Temperatura-temperature VII	-	-0,4588 ¹	-	-	-	-	-	0,8361 ⁴	0,7656 ⁴	-	-	-
Temperatura-temperature VIII	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Średnia temp. mies. IV-VIII Mean monthly temp. IV-VIII	-	-	-	-	-0,7238 ⁴	-	-0,8050 ⁴	-0,7093 ⁴	-	-	-	-
Usłonecznienie-insolation IV	-	-	-	-	-0,5227 ¹	-	-0,6215 ³	-0,8487 ⁴	-0,5865 ²	-	-	-
Usłonecznienie-insolation V	-	-	-	-	-	0,6345 ³	-	-	0,5364 ¹	-	-	-
Usłonecznienie-insolation VI	0,4959 ¹	-0,4875 ¹	0,5955 ²	-	-	-	-	-	0,5149 ¹	-	-0,4720 ¹	-
Usłonecznienie-insolation VII	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4906 ¹	-	-	0,5176 ¹
Usłonecznienie VIII Insolation VIII	-	-	-	-	0,5632 ²	0,4781 ¹	0,6131 ³	0,8186 ⁴	0,6099 ³	-	-	-
Suma usłonecznienia IV-VIII Insolation sum IV-VIII	-	-	0,6108 ³	-	-	0,5109 ¹	-	-0,5593 ²	0,7410 ⁴	-	-	-

* — Oznaczano tylko dla frakcji 3,50-4,50 mm

* — Tested only for fraction 3.50-4.50 mm

** IV-VIII-miesiące-months

Poziomy istotności współczynnika korelacji i wielkość korelacji jak w tabeli 3 — Levels of significance of correlation coefficient and correlation values as in table 3

- — współczynniki korelacji na poziomach istotności $p > 0,10$ — Correlation coefficients with significance levels $> 0,10$

WNIOSKI

1. Warunki glebowe badanych plantacji nasiennych buraka cukrowego były bardzo zróżnicowane pod względem granulometrycznym i agrochemicznym. Większość siedlisk glebowych wykazywała niską zawartość przede wszystkim fosforu i potasu.
2. Na badanych siedliskach średnie z trzech lat opady z okresu wegetacji (IV–IX) wyniosły 392 mm, zaś temperatura powietrza 13,9° C. Dla Żuław wynosiły odpowiednio 429 mm i 13,7° C, rejonu Kutna 434 mm i 14,3° C, Bydgoszczy 312 mm i 14,0° C, Nałęczowa 398 mm i 13,7° C oraz Wrocławia 389 mm i 13,9° C. Pewne niedobory opadów występowały w kwietniu, czerwcu i sierpniu.
3. Zawartość makroelementów w owocach buraka cukrowego zależała od roku i miejsca reprodukcji. W nasionach przeważała zawartość azotu, fosforu i magnezu, natomiast w owocniach potasu, sodu i wapnia.
4. Zawartość potasu i sodu w nasionach oraz sodu w owocniach wykazała dodatnią korelację z zasobnością gleb w fosfor, natomiast zawartość potasu w owocni skorelowana była ujemnie z zasobnością gleb w sód, magnez i wapń.
5. Zawartość potasu i sodu w nasionach i w owocniach w większości była ujemnie skorelowana z sumą opadów i średnią temperaturą powietrza, szczególnie w sierpniu, zaś usłonecznienie oddziaływało dodatnio na zawartość potasu, sodu i magnezu.

LITERATURA

- Borówczak F. 1996. Wpływ warunków pogodowych, deszczowania i nawożenia na plony nasion buraka cukrowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 438: 69 — 75.
- Dokić P. 1981. Fiziološki procesi pri klijanju semena šećerne repe. Fiziologija šećerne repe u Jugoslaviji. Šećerna repa. Monografija. SAN, Posebna A. L. Beograd.
- Gutmański I. 2002. Znaczenie potasu dla efektywnej uprawy buraka cukrowego. IPI Basel/IHAR Radzików, ss. 32.
- Gutmański I., Mikita J. 2001. Plon i jakość nasion buraka cukrowego nawożonego dogłębowo i dokarmianego dolistnie wieloskładnikowymi nawozami mineralnymi w drugim roku wegetacji. Fol. Univ. Agric. Stet. 222 Agricultura (89): 67 — 74.
- Gutmański I., Sadowski H. 1984. Wpływ traktowania nasion preparatami mineralnymi oraz otoczkowania na wschody i plony buraka cukrowego. Biul. IHAR 154: 167 — 178.
- Harper S., Gummerson R., Osborne R., Halmer P. 1997. Advantage: a commercial treatment to advance the germination and emergence of sugar beet. Technical Papers. Germain's U. K. Ltd, pp. 6.
- Jassem M. 1990. Uprawa buraka cukrowego na nasiona. PWRiL, Poznań, ss. 63.
- Krzymuski J., Krzeczowska A. 1993. Koszty i efekty uszlachetniania nasion. Badania symulacyjne na przykładzie buraka cukrowego. Materiały z konferencji „Znaczenie jakości materiału siewnego w produkcji roślinnej. Warszawa 23–24. 09. 1993”. Wyd. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa: 159 — 163.
- Lexander K. 1980. Seed composition on connection with germination and bolting of *Beta vulgaris* L. (sugar beet). In: Seed Production, Butterworths, London.
- Podlaska J. 1993. Wpływ nawadniania, nawożenia i rozstawy roślin na wielkość i jakość plonu nasion buraka cukrowego. Część II. Cechy jakościowe nasion. Roczn. AR w Poznaniu, CCXLVII: 212 — 226.
- Podlaski S. 1990. Właściwości owoców buraka cukrowego wpływające na kiełkowanie nasion, wschody i wzrost roślin. Rozpr. habil. SGGW, Warszawa.

- Rudnicki F., Wasilewski P., Urbanowski S. 1997. Zależność plonu buraka cukrowego od warunków opadowo-temicznych w okresie wegetacji. Biul. IHAR 202: 97 — 103.
- Wiśniewski W. 1993. Dynamika pobierania składników pokarmowych przez nasienniki buraka cukrowego. Materiały z konferencji „Znaczenie jakości materiału siewnego w produkcji roślinnej”. Warszawa 23–24. 09. 1993. Wyd. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa: 205 — 208.

JAROSŁAW MIKITA
IZYDOR GUTMAŃSKI

Zakład Technologii Produkcji Roślin Korzeniowych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Bydgoszcz

Wpływ warunków glebowo-klimatycznych wybranych plantacji nasiennych na wartość siewną nasion oraz plonowanie buraka cukrowego Część II. Zależność jakości nasion od warunków glebowo-klimatycznych

**Effect of soil and climatic conditions of selected seed plantations on seed sowing
value and yielding of sugar beet
Part II. Influence of soil and climatic conditions on seed quality**

W latach 1996–1998 wykonano badania nasion z produkcyjnych plantacji nasiennych buraka cukrowego zlokalizowanych w kilku głównych rejonach reprodukcji tej rośliny w Polsce. Analiza laboratoryjna wykazała istotne zróżnicowanie energii i zdolności kiełkowania oraz zdrowotności korzonków i świeżej masy kiełków w zależności od stanu pogody w okresie wegetacji i miejsca reprodukcji nasion. Zróżnicowany był również udział nasion pustych i niekiełkujących pełnych. Wykazano istotne korelacje między warunkami glebowo-klimatycznymi siedlisk reprodukcji a elementami wartości siewnej nasion jak również między poszczególnymi cechami jakości nasion.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, gleba, jakość, kiełkowanie, klimat, nasiona

In 1996–1998 analyses were carried out of seeds from sugar beet seed plantations localized in main reproduction regions of this crop in Poland. As a result of laboratory analysis we found significant diversity of vigour, lab germination, share of empty and ungerminated full seeds, radicles health and fresh weight of sprouts depending on weather conditions and localization of seed reproduction. Correlations were estimated between soil and climatic conditions of reproduction sites and elements of seeds sowing value as well as between individual elements of seed quality.

Key words: climate, germination, quality, seeds, soil, sugar beet

WSTĘP

Wartość siewna reprodukowanego materiału siewnego buraka cukrowego zależy w dużym stopniu od żyzności gleb, rozkładu opadów i temperatury (Snyder, 1971; Podlaska, 1993 b; Borówczak, 1996), a także od zabiegów stosowanych przez rolnika w okresie wegetacji (Borówczak, 1993; Bornscheuer i in., 1993; Podlaska, 1993 a).

Celem badań było określenie wpływu siedliska, w którym są uprawiane nasienniki buraka cukrowego na jakość reprodukowanych nasion oraz wykazanie związku między zawartością makroelementów w nasionach a ich wartością siewną.

MATERIAŁ I METODY

Do badań wykorzystano nasiona z plantacji produkcyjnych, których lokalizację i warunki glebowo-klimatyczne opisano szczegółowo w części pierwszej niniejszej pracy. Nasiona reprodukowano w latach 1996–1998. Po czterech miesiącach od zbioru nasiona dzielono na frakcje < 3,50, 3,50–4,50 i > 4,50 mm i poddawano analizie laboratoryjnej. Przed ich otarciem określano masę tysiąca nasion (MTN), elektroprzewodnictwo ekstraktu wodnego z nasion oraz zawartość w tym ekstrakcie jonów potasu i sodu. Po otarciu badano energię i laboratoryjną zdolność kiełkowania (LZK). Określono udział nasion pustych i niekiełkujących pełnych, świeżą masę 100 kiełków oraz udział korzonków chorych. Nasiona kiełkowano w kiełkowniku na bibule (20° C, 65% ppw). Na podstawie danych liczbowych, charakteryzujących warunki glebowo-klimatyczne siedlisk reprodukcji, obliczono współczynniki korelacji między zawartością składników pokarmowych w glebie oraz warunkami pogodowymi plantacji nasiennych a elementami jakości nasion, a także między zawartością makroelementów w nasionach i owocniach buraka cukrowego a jakością nasion.

WYNIKI I DYSKUSJA

W tabeli 1 zestawiono wyniki analiz nasion z trzech lat badań podając średnie dla plantacji oraz średnie dla kalibrażu. Wigor nasion wyrażony zdolnością kiełkowania nasion po czterech dniach oraz wskaźnikiem WS (Jassem, 1995) był najwyższy dla nasion pochodzących z 1996 roku, a najniższy w roku 1998. Dobry wigor miały nasiona z 1997 roku z Nowej Cerkwi (Żuław, plantacja IV) oraz z roku 1998 z Witonii i Nędzierzewa (okolice Kutna). Podobne wyniki uzyskano dla zdolności kiełkowania po 14 dniach. Część nasion różniących się zdolnością kiełkowania po 4 dniach miała podobną lub równą po dniach 14. Rozpiętość LZK nasion wynosiła od 54 do 93%. Według Szklarza i wsp. (1983) duży wpływ na zdolność kiełkowania ma zdrowotność plantacji.

Udział nasion niekiełkujących pełnych był wyższy dla nasion o niższej LZK. Nasiona z dwóch plantacji w 1996 i czterech w 1998 roku miały wyższy udział nasion pustych niż niekiełkujących pełnych. Wyjątkowo dużo było tych ostatnich na plantacjach w 1998 roku z Żuław (Nowa Cerkiew i Lichnowy). W tym rejonie kraju w 1998 roku zanotowano wysokie opady i niską temperaturę.

Tabela 1

Analiza laboratoryjna nasion buraka cukrowego reprodukowanych w różnych latach i miejscach
Laboratory analysis of sugar beet seeds reproduced in various years and sites

Rok reprodukcji nasion, lokalizacja i numer plantacji nasiennej, odmiana Year of seed reproduction, localization and symbol of seed plantation, variety	LZK* po 4 dniach LZK* after 4 days (%)			LZK* po 14 dniach LZK* after 14 days (%)			Masa tysiąca nasion Thousand seed weight (g)	Ekstrakt wodny z nasion Water extract from seeds			Masa 100 kiełków świeżych 100 sprouts fresh weight (g)	Korzonki chore Diseased radicles (%)
	>15** mm	ogółem total	WS***	ogółem total	Nasiona Seeds			Zawartość Content (%)	Elektroprzewod dnictwo Electroconducti- vity (mS/cm)			
					puste empty	niekiełkujące pełne full ungerminated				K		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1996												
Myślicinek I (mieszaniec – hybrid)	60	81	74	90	6	4	10,4	0,96	0,17	5,3	1,56	17
Myślicinek II (mieszaniec – hybrid)	22	72	31	86	10	4	9,9	0,94	0,13	5,0	1,60	13
Nowa Cerkiew I (Polko)	17	71	24	87	4	9	11,6	0,67	0,22	3,7	1,55	22
Nowa Cerkiew II (Polko)	25	74	34	90	3	7	12,7	0,61	0,22	3,5	1,40	7
Nowa Cerkiew III (Polko)	46	78	59	88	4	8	12,7	0,54	0,22	3,1	1,80	45
Karszew I (Ada)	38	85	45	92	3	5	10,0	0,52	0,10	2,5	2,07	12
Karszew II (Ada)	27	79	34	89	4	7	10,0	0,42	0,10	2,0	2,14	7
Rośle (Ada)	36	86	42	92	3	5	11,9	0,58	0,12	2,8	2,67	5
Małkowice I (Polko)	30	78	38	86	5	9	11,7	0,50	0,12	2,7	1,55	6
Małkowice II (Polko)	38	78	49	91	2	7	11,1	0,31	0,10	1,6	2,02	19
Małkowice III (Polko)	53	85	62	93	2	5	11,3	0,32	0,10	1,8	1,83	19
NIR (p = 0,05)	9	7	10	5	4	3	nt	nt	nt	nt	nt	nt
LSD (p = 0.05)												
Frakcja nasion — Seed fraction												
< 3,50 mm	43	77	56	88	5	7	6,9	nt	nt	nt	nt	nt
3,50-4,50 mm	35	82	43	90	2	8	10,2	0,58	0,15	3,1	1,84	16
> 4,50 mm	29	79	37	91	5	4	16,6	nt	nt	nt	nt	nt
NIR (p = 0,05)												
LSD (p = 0.05)	3	2	3	2	1	1	nt	nt	nt	nt	nt	nt

* — Laboratoryjna zdolność kiełkowania

* — Lab germination

** — Korzonki zarodkowe o długości powyżej 15 mm;

** — For length of radicle above 15 mm

*** — współczynnik określający procentowy udział nasion dających korzonki zarodkowe o długości powyżej 15 mm po 96 godzinach kiełkowania

*** — Coefficient describing share of seeds with radicles above 15 mm after 96 hours of germination.

nt — Nie badano; Not tested

ni. — Nieistotne; n.s. — Not significant

c.d. Tabela 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1997												
Nowa Cerkiew IV (Polko)	16	72	21	77	11	12	10,8	0,95	0,35	5,0	1,24	50
Nowa Cerkiew V (Polko)	32	64	54	67	15	18	11,1	0,82	0,32	4,5	1,67	28
Nowa Cerkiew VI (Polko)	48	80	61	81	13	6	11,5	0,30	0,16	1,7	1,95	21
Lichnowy I (Polko)	15	66	24	68	23	9	11,1	0,69	0,32	4,1	2,09	23
Długołęka I (Janus)	4	62	6	78	13	9	13,6	1,12	0,32	6,2	1,06	30
Długołęka II (Janus)	2	46	5	66	23	11	14,2	1,59	0,24	7,4	0,78	22
Chmielnik (Polko)	23	65	35	68	13	19	11,5	1,08	0,29	5,3	1,90	31
Wojciechów (Polko)	9	61	14	63	14	23	11,8	1,18	0,29	6,3	1,16	31
NIR (p = 0,05)												
LSD (p = 0,05)	7	5	7	6	6	4	nt	nt	nt	nt	0,08	4
Frakcja nasion — Seed fraction												
< 3,50 mm	19	56	31	59	22	19	8,7	1,12	0,32	5,8	0,89	32
3,50–4,50 mm	20	68	28	78	11	11	13,6	0,90	0,26	4,8	1,53	31
> 4,50 mm	15	69	22	76	15	9	18,0	0,77	0,25	4,2	2,00	23
NIR (p = 0,05)												
LSD (p = 0,05)	3	3	3	3	3	2	nt	nt	nt	nt	0,23	3
1998												
Nowa Cerkiew VII (Polko)	7	47	21	55	6	39	13,7	0,89	0,30	4,4	1,45	38
Nowa Cerkiew VIII (Polko)	38	48	22	55	7	38	13,0	0,98	0,29	5,0	1,38	71
Nowa Cerkiew IX (Polko)	12	54	22	56	10	34	13,7	1,03	0,29	4,3	1,24	67
Lichnowy II (Polko)	10	52	16	54	15	31	13,6	0,70	0,33	3,7	1,25	75
Nędzrzew (Janus)	16	75	81	85	6	9	15,8	0,76	0,25	4,0	2,37	23
Witonia (Janus)	16	74	20	83	8	9	15,7	0,86	0,27	4,0	2,34	40
NIR (p = 0,05)					ni.							
LSD (p = 0,05)	3	4	4	4	n.s.	4	nt	nt	nt	nt	0,16	10
Frakcja nasion — Seed fraction												
< 3,50 mm	18	52	34	58	11	31	9,3	0,98	0,30	4,3	1,33	54
3,50–4,50 mm	17	62	29	68	8	24	13,1	0,85	0,28	4,0	1,69	45
> 4,50 mm	14	69	23	76	8	16	19,7	0,78	0,29	3,9	1,89	45
NIR (p = 0,05)	ni.											
LSD (p = 0,05)	n.s.	4	3	3	3	3	nt	nt	nt	nt	0,15	7

Według Rajiça i wsp. (1998) udział w plonie nasion niekiełkujących pełnych bardziej niż od warunków wodnych zależy od dostępności składników pokarmowych i terminu siewu elit przy metodzie bezwysadkowej.

Masa tysiąca nasion najwyższa była w roku 1998 (średnio 14,8 g) w pozostałych dwóch latach wahała się w zakresie od 9,9 do 14,2 g. Dla poszczególnych kalibrów wynosiła: < 3,50 mm od 6,9 do 9,3 g; 3,50–4,50 mm 10,2–13,1 g i > 4,50 mm — 16,6–19,7 g. Elektroprowadność ekstraktu wodnego z nasion buraka cukrowego zależała od stężenia jonów sodu i potasu w tymże ekstrakcie, co potwierdzają współczynniki korelacji z tabeli 4. Zawartość sodu w ekstrakcie była 3–7-krotnie mniejsza niż potasu (tab. 1). Masa 100 kiełków świeżych wahała się od 0,78 do 2,67 g i ujemnie była skorelowana z zawartością sodu w glebie (tab. 2), a także z temperaturą i usłonecznieniem w końcowym okresie wegetacji nasienników (tab. 3). Udział nasion z chorymi korzonkami był duży zapewne wskutek ich zakażenia przez grzyb *Phoma beate*. Zdrowotność korzonków zależała wyraźnie od roku reprodukcji. Cecha ta była uzależniona dodatnio od opadów, a ujemnie od temperatury i usłonecznienia (tab. 3). LZK po 4 i 14 dniach były dodatnio skorelowane z zawartością potasu, a ujemnie z zawartością fosforu w glebie (tab. 2).

Tabela 2

Istotne współczynniki korelacji między elementami analizy gleby (0–60 cm) a elementami analizy laboratoryjnej nasion o kalibrze 3,50–4,50 i >4,50 mm*
Significant correlation coefficients between elements of soil analysis (0–60 cm) and elements of laboratory analysis of two seed fractions (3,50–4,50 and >4,50 mm) *

Zawartość składników w glebie (0–60 cm) Nutrient content in soil (0–60 cm)	LZK po 4 dniach Lab germination after 4 days	Współczynnik WS WS coefficient	LZK po 14 dniach Lab germination after 14 days	Udział nasion niekiełkujących pełnych Share of full ungerminated seeds	Świeża masa kiełków Fresh weight of sprouts
P	-0,3861 ¹ -	- -	-0,5593 ⁴ -0,5950 ⁴	0,5336 ⁴ 0,6713 ⁴	- -
K	0,3454 ¹ 0,3579 ¹	- -	- 0,3476 ¹	- -	- -
Na	- -	- -	- -	0,3941 ¹ -	-0,4785 ² -
Mg	-	-	-	-	-
Ca	-	-	-	-	-
Stosunek — Ratio C:N — 0–60 cm	- -	0,6014 ² 0,6401 ³	- -	- 0,4456 ¹	- -

* — Objaśnienia jak w tabeli 1

* — Explanations as in table 1

Liczby bez kursywy — frakcja nasion 3,50–4,50 mm, kursywą — > 4,50 mm

Regular numbers — fraction of seeds 3.50–4.50 mm, numbers in italics — >4.50 mm

Wielkość korelacji: 0,3000 ≤ r < 0,5000 — przeciętna; 0,5001 ≤ r < 0,7000 — wysoka; 0,7001 ≤ r < 0,9000 — bardzo wysoka

Correlation value: 0.3000 ≤ r < 0.5000 — average; 0.5001 ≤ r < 0.7000 — high; 0.7001 ≤ r < 0.9000 — very high

Poziomy istotności współczynnika korelacji: 1–0,10; 2–0,05; 3–0,02; 4–0,01

Levels of significance of correlation coefficient: 1–0.10; 2–0.05; 3–0.02; 4–0.01

- — Współczynniki korelacji na poziomach istotności p > 0,10

- — Correlation coefficients with significance levels > 0.10

Tabela 3

Istotne współczynniki korelacji między opadami, temperaturą powietrza i usłonecznieniem a analizą laboratoryjną nasion frakcji 3,50–4,50 i > 4,50 mm*
Significant correlation coefficients between rainfalls, air temperature, insolation, and laboratory seed analysis (3,50–4,50 and > 4,50 mm)*

Warunki pogodowe Weather conditions	Masa tysiąca nasion Thousand seed weight	LZK po 4 dniach Lab germination after 4 days	Współczynnik WS coefficient	LZK po 14 dniach Lab germination after 14 days	Udział nasion niekiełkujących pełnych Share of full ungerminated seeds	Udział korzonków chorych Share of diseased radicles	Świeża masa kiełków Fresh weight of sprouts
Opady VI	0,4658 ³	-0,6410 ⁴	-	-0,7339 ⁴	0,7868 ⁴	0,6597 ⁴	-0,5758 ⁴
Rainfalls VI	0,5225 ⁴	-0,4652 ³	-	-0,4610 ²	0,6942 ⁴	0,7079 ⁴	-0,6432 ³
Opady VII	0,3670 ¹	-	-0,4655 ³	-	-	-	-
Rainfalls VII	0,3733 ¹	-	-0,3932 ¹	-	-	-	-
Opady VIII	-	-0,4078 ²	-	-0,5034 ³	0,6310 ⁴	0,5282 ⁴	-
Rainfalls VIII	0,4366 ²	-	-	-	0,4943 ³	0,7641 ⁴	-0,5843 ²
Suma opadów IV–VIII	0,5332 ⁴	-0,5098 ⁴	-	-0,5557 ⁴	0,6160 ⁴	0,5249 ⁴	-0,6409 ⁴
Rainfalls sum IV–VIII	0,6409 ⁴	-	-	-	0,5378 ⁴	0,5534 ²	-0,7364 ⁴
Temperatura VI	-	0,3448 ¹	-	0,3840 ¹	-0,3675 ¹	-	-
Temperature VI	0,4167 ²	0,3647 ¹	-	-	-	-	-
Temperatura VII	-	-	-	-	-	-	-
Temperature VII	-	-	-	-	-	-0,6630 ⁴	0,6535 ⁴
Temperatura VIII	-0,3752 ¹	0,5054 ³	-	0,7543 ⁴	-0,8059 ⁴	-0,6810 ⁴	0,5917 ²
Temperature VIII	-0,5623 ⁴	0,3580 ¹	-	0,4877 ³	-0,7595 ⁴	-0,7418 ⁴	0,5751 ²
Średnia. temperatura miesięczna IV–VIII	-	0,3628 ¹	-	0,4037 ²	-	-	-
Mean monthly temp. IV–VIII	0,4327 ²	0,3839 ¹	-	0,5685 ⁴	-0,3604 ¹	-	-
Usłonecznienie VI	-	-	-	0,4483 ²	-0,5673 ⁴	-0,5207 ⁴	-
Insolation VI	-	-	-	-	-0,5151 ⁴	-0,6810 ³	-
Usłonecznienie VII	-	0,5665 ⁴	-	0,5504 ⁴	-0,6548 ⁴	-0,5233 ⁴	0,3733 ¹
Insolation VII	-	0,4338 ²	-	0,4629 ²	-0,5434 ⁴	-0,6890 ⁴	0,5715 ²
Usłonecznienie VIII	-	-	-	0,3908 ¹	-0,5727 ⁴	-0,3952 ¹	-
Insolation VIII	-0,3901 ¹	-	-	-	-0,4334 ²	-0,7282 ⁴	0,6521 ³
Suma usłonecznienia IV–VIII	-	0,4034 ²	-	0,5962 ⁴	-0,7418 ⁴	-0,6119 ⁴	-
Insolation sum IV–VIII	-	0,3652 ¹	-	0,3652 ¹	-0,6321 ⁴	-0,7999 ⁴	-

Objaśnienia jak w tabeli 1

Explanations as in table 1

VI–VIII — miesiące; months;

Frakcje nasion, wartości krytyczne współczynników korelacji i wielkość korelacji jak w tabeli 2

Seed fractions, critical values of correlation coefficients and correlation values as in table 2

- — Współczynniki korelacji na poziomach istotności $p > 0,10$

- — Correlation coefficients with significance levels $> 0,10$

Jest to odwrotna zależność niż się to powszechnie uważa o dodatnim wpływie fosforu na jakość nasion. Podobna zależność zaistniała w stosunku do udziału nasion niekiełkujących. Największą masę 100 świeżych kiełków miały nasiona odmiany Janus z Witonii i Nędzerczewa w 1998 roku. Podlaska w swoich badaniach (1993 a, 1993 b) wykazała wpływ warunków pogodowych na wysokość i strukturę plonu, elektroprzewodnictwo ekstraktu wodnego oraz wigor i zdolność kiełkowania nasion buraka cukrowego.

Jakość nasion zależała również od kalibrażu (tab. 1). Podobnie jak w badaniach Podlaskiej i Artyszaka (1993) wraz ze zwiększaniem się frakcji wzrastała masa tysiąca nasion, zdolność kiełkowania po 4 i 14 dniach oraz masa 100 świeżych kiełków (z wyjątkiem nasion wyprodukowanych w 1996 roku). Zmniejszył się zaś natomiast udział nasion dających korzonki o długości >15 mm, wigor nasion, udział nasion niekiełkujących pełnych, zawartość jonów potasu i sodu w ekstrakcie wodnym z owoców oraz elektroprzewodnictwo tego ekstraktu.

Tabela 2 ilustruje statystycznie istotne współczynniki korelacji między zawartością składników w glebie (warstwa 0–60 cm) badanych plantacji a jakością uzyskiwanych na nich nasion buraka cukrowego. Widoczny jest pozytywny wpływ wyższej zasobności stanowisk w potas na zdolność kiełkowania, odwrotnie niż w przypadku fosforu. Udział nasion niekiełkujących pełnych był dodatnio skorelowany z zasobnością gleby w fosfor, sód oraz stosunkiem C:N.

Tabela 4

Istotne współczynniki korelacji między zawartością makroelementów w nasionach buraka cukrowego a ich jakością*,**
Significant correlation coefficients between content of macronutrients in seeds of sugar beet and their quality*,**

Zawartość makroelementów Macronutrient content	LZK* po 4 dniach LZK* after 4 days	WS*	LZK* po 14 dniach LZK* after 14 days	Udział nasion niekiełkujących pełnych Share of ungerminated full seeds	Elektroprzewodnictwo ekstraktu wodnego z nasion Electroconductivity of water extract from seeds	Udział korzonków chorych Share of diseased radicles
K w nasieniu K in seed	-0,7464 ⁴	-0,6249 ⁴	-0,5816 ³	-	0,6996 ⁴	-
K w owocni K in pericarp	-0,6990 ⁴	-0,4952 ²	-0,6115 ⁴	-	0,8853 ⁴	-
Na w nasieniu Na in seed	-	-	-0,3967 ¹	-	-	-
Na w owocni Na in pericarp	-	-	-0,7208 ⁴	0,5025 ²	0,4460 ¹	0,6393 ⁴
Mg w nasieniu Mg in seed	-	-	-0,6111 ⁴	-	-	-
Ca w nasieniu Ca in seed	-	0,4019 ¹	-	-	-	-

* — Objasnienia jak w tabeli 1

* — Explanations as in table 1

** — Badano tylko dla frakcji 3,50–4,50 mm

** — Tested only 3.50–4.50 mm fraction

Poziomy istotności współczynnika korelacji i wielkość korelacji jak w tabeli 2

Significance levels of correlation coefficient and correlation values as in table 2

- — Współczynniki korelacji na poziomach istotności $p > 0,10$

- — Correlation coefficients with significance levels > 0.10

Snyder (1971), Borówczak (1993) i Podlaska (1993 b) donoszą o istotnym wpływie warunków pogodowych na jakość nasion buraka cukrowego. Według Borówczaka (1996) zdolność kiełkowania nasion była skorelowana dodatnio z wysokością opadów a ujemnie ze średnią temperaturą okresu wegetacji. Badania własne (tab. 3) wykazały, że zbyt

wysokie opady miały niekorzystny wpływ i były dodatnio skorelowane jedynie z masą tysiąca nasion oraz udziałem nasion niekiełkujących i korzonków zarodkowych chorych. Dodatnia korelacja była między jakością nasion a temperaturą powietrza i usłonecznieniem. Najsilniej z jakością nasion były skorelowane wysokość opadów w czerwcu, sierpniu i suma z całego okresu wegetacji oraz średnia temperatura miesięczna z sierpnia oraz usłonecznienie z lipca i jego suma za okres wegetacji.

Zawartość w nasionach i owocniach buraka cukrowego inhibitorów kiełkowania — potasu i sodu była ujemnie skorelowana z wartością materiału siewnego (tab. 4). Najsilniej z zawartością potasu była skorelowana energia kiełkowania a dodatkowo z sodem laboratoryjna zdolność kiełkowania po 14 dniach. Elektryczność ekstraktu wodnego było skorelowane dodatnio z zawartością potasu i sodu w owocach buraka.

WNIOSKI

1. Analiza laboratoryjna nasion buraka cukrowego wykazała wpływ warunków siedliska reprodukcji na jakość materiału siewnego.
2. Nasiona poniżej 3,50 mm miały gorsze parametry w porównaniu do nasion o kalibrze 3,50–4,50 i >4,50 mm.
3. Zasobność siedliska glebowego w potas była skorelowana dodatnio, zaś w fosfor ujemnie z jakością nasion.
4. Wartość użytkowa nasion była dodatnio skorelowana z wysokością temperatury powietrza i usłonecznieniem a ujemnie z opadami w okresie wegetacji nasienników w okresie kwitnienia i po ścięciu nasienników.
5. Zawartość potasu i sodu w owocni i nasieniu buraka cukrowego była ujemnie skorelowana z wigorem nasion i zdolnością kiełkowania.

LITERATURA

- Bornscheuer E., Meyerholz K., Wunderlich K. H. 1993. Seed production and quality. In: The sugar beet crop. Science into practice. Chapman and Hall, London: 121 — 125.
- Borówcak F. 1993. Wpływ deszczowania i sposobu stosowania azotu na wartość siewną kłębów buraka cukrowego. Materiały z konferencji „Znaczenie jakości materiału siewnego w produkcji roślinnej. Warszawa 23–24. 09. 1993”. Wyd. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa: 343 — 349.
- Borówcak F. 1996. Wpływ warunków pogodowych, deszczowania i nawożenia azotem na plony nasion buraka cukrowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 438: 69 — 75.
- Jassem M. 1995. Kryteria laboratoryjnej oceny jakości nasion buraka cukrowego. Gazeta Cukrownicza 3: 53 — 56.
- Podlaska J. 1993 a. Wpływ nawadniania, nawożenia i rozstawy roślin na wielkość i jakość plonu nasion buraka cukrowego. Część I. Wielkość i struktura plonu. Roczn. AR w Poznaniu, CCXLVII: 197 — 211.
- Podlaska J. 1993 b. Wpływ nawadniania, nawożenia i rozstawy roślin na wielkość i jakość plonu nasion buraka cukrowego. Część II. Cechy jakościowe nasion. Roczn. AR w Poznaniu, CCXLVII: 212 — 226.
- Podlaska J., Artyszak A. 1993. Wpływ uszlachetniania materiału siewnego na kiełkowanie, wschody i przyrost masy siewek buraka cukrowego. Materiały z konferencji „Znaczenie jakości materiału siewnego w produkcji roślinnej. Warszawa 23–24. 09. 1993”. Wyd. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa: 169 — 175.

- Rajić M., Marinković B., Borówczak F. 1998. Effect of agricultural practices in seed plants on the germination of sugar beet seeds. *Rocz. AR w Poznaniu, CCCVII*: 313 — 318.
- Snyder F. W. 1971. Relation of sugar beet germination to maturity and fruit moisture at harvest. *J. of the Assoc. of Amer. Sugar Beet Technol.* 16: 541 — 551.
- Szklarz J., Wójcik S., Łupina J. 1983. Wpływ czynników siedliska na plon i wartość użytkową nasion buraków cukrowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 253: 117 — 125.

JAROSŁAW MIKITA
DAMRAWA KOSTKA-GOŚCINIAK
IZYDOR GUTMAŃSKI

Zakład Technologii Produkcji Roślin Korzeniowych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Bydgoszcz

Wpływ warunków glebowo-klimatycznych wybranych plantacji nasiennych na wartość siewną nasion oraz plonowanie buraka cukrowego Część III. Wysokość i jakość plonu buraka cukrowego

**Effect of soil and climatic conditions of selected seed plantations on seed sowing
value and yielding of sugar beet
Part III. Quantity and quality of sugar beet yield**

W latach 1997–1999 założono, na stanowiskach z glebą płową właściwą, doświadczenia polowe z przemysłowym burakiem cukrowym. Wysiewane nasiona pochodziły z głównych rejonów reprodukcji tej rośliny w Polsce, z poprzedzających wymienione lata okresów wegetacyjnych. Określono współczynnik wschodów, obsadę roślin, wielkość i strukturę plonów buraka cukrowego a także zawartość cukru, melasotworów, plon technologiczny cukru i zużycie surowca na tonę cukru. Najwyższe plony, zawartości cukru i najniższe zawartości azotu alfa-aminowego uzyskano z nasion reprodukowanych w 1997 roku. Istotne różnice pomiędzy miejscami reprodukcji nasion odnotowano dla nasion z roku 1998. Obliczono współczynniki korelacji między elementami wartości siewnej nasion a elementami wysokości i jakości technologicznego plonu korzeni buraka cukrowego.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, plon, nasiona

Field experiments with sugar beet were carried out on grey podsolic soil in the years 1997–1999. The used seeds were reproduced in main reproduction regions of this crop in Poland in the last preceding years. Emergence coefficient, quantity and structure of sugar beet yield, content of sugar, α -NH₂-N, K and Na, technological sugar yield and consumption of roots per 1 t of sugar were estimated. The highest yield, sugar content and the lowest content of α -NH₂-N were obtained from seeds reproduced in 1997. We found significant differences between seed reproduction sites for seeds from 1998. Correlation coefficients between seed sowing value and quantity and quality of sugar beet roots were calculated.

Key words: seeds, sugar beet, yield

WSTĘP

Wysoka jakość materiału siewnego roślin rolniczych jest we współczesnym rolnictwie nieodzowna. Jest to szczególnie ważne przy stosowanej obecnie technice wysiewu nasion buraka cukrowego siewnikami punktowymi w odstępach docelowych („na gotowo”). Jednym ze sposobów sprawdzenia realnej wartości materiału siewnego są doświadczenia polowe, chociaż zdania wielu autorów odnośnie tej metody są podzielone (Bekendam, 1986; Wunderlich, 1986; Borówczak i Małecka, 1992).

Celem badań było określenie wpływu różnych warunków glebowo-klimatycznych siedlisk reprodukcji oraz jakości nasion na wysokość i jakość przetwórczą plonu przemysłowego buraka cukrowego.

MATERIAŁ I METODY

Do doświadczeń polowych wykorzystano nasiona, których pochodzenie (lokalizacja i warunki glebowo-klimatyczne ich reprodukcji) opisano szczegółowo w części pierwszej niniejszej pracy. Z przyczyn organizacyjnych nie wysiano jedynie nasion z plantacji Nowa Cerkiew I i II. Doświadczenia polowe założono w woj. Kujawsko-Pomorskim na glebie płowej właściwej — w Kończewicach koło Torunia w latach 1997 i 1999 oraz na czarnej ziemi w Więclawicach koło Inowrocławia w 1998 roku, w układzie split-plot, w czterech powtórzeniach. Pod buraki jesienią zastosowano nawożenie obornikiem (30 t/ha), fosforem (80 kg P_2O_5 /ha) i potasem (180 kg K_2O /ha), wiosną azotem (100 kg N/ha). Nasiona (reprodukowane w latach 1996, 1997 i 1998) inkrustowano Oxafunem T oraz Prometem, lecz nie otoczkowano. Wysiewano je w III dekadzie kwietnia odpowiednio w latach: 1997, 1998 i 1999. Trzy tygodnie po pierwszych wschodach obliczono na każdym poletku połowę zdolność wschodów, a korzystając z analizy zdolności kiełkowania zamieszczonej w drugiej części pracy obliczono współczynnik wschodów (Ww), określający stosunek PZW do LZK, wyrażony w %. W I dekadzie października dokonano zbioru buraka cukrowego. Określono plon korzeni, liści, udział korzeni o średnicy 6–12 cm, średnią masę korzenia oraz zużycie surowca na 1 tonę cukru. Na aparaturze Venema oznaczono w korzeniach zawartość cukru, azotu α -aminowego, potasu i sodu, co umożliwiło obliczenie technologicznego plonu cukru według formuły Reinefelda i wsp. (1974). Dysponując danymi z pierwszej i drugiej części pracy obliczono współczynniki korelacji między elementami wartości siewnej nasion a połową zdolnością wschodów oraz wysokością i jakością przemysłową plonu korzeni buraka cukrowego. Przebieg pogody w okresie wegetacji w latach 1997 i 1998 był bardziej korzystny niż w roku 1999, co ujawniło się w poziomie uzyskanych plonów buraka cukrowego.

WYNIKI I DYSKUSJA

Dane zawarte w tabeli 1 przedstawiają wyniki uzyskane z nasion odmian reprodukowanych w wymienionych miejscowościach tylko dla kalibrażu 3,50–4,50 mm (1997 rok) oraz dodatkowo średnie dla trzech kalibraży (1998 i 1999).

Tabela 1

Wpływ jakości nasion buraka cukrowego na wartość współczynnika wschodów oraz na plon i jakość przemysłową korzeni

Effect of sugar beet seed quality on emergence coefficient, yield and quality of roots

Rok wysiania/reprodukcji nasion, lokalizacja i numer plantacji nasiennej, odmiana Year of seed sowing/reproduction, localization and symbol of seed plantation, variety	Ww* Emergence coefficient (%)	Plon Yield		Współczynnik ulistnienia Foliage coefficient	Udział korzeni o Ø 6–12 cm Share of roots of diameter 6- 12 cm (%)	Średnia masa korzenia Mean weight of root (g)	Zawartość cukru Sugar content (%)	Zawartość Content			Zużycie ton korzeni na 1 t cukru Consumption of t of roots per 1 t of sugar
		korzeni roots (t/ha)	cukru sugar (t/ha)					N-α-NH ₂	K	Na	
								(mval/100 g)			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1997/1996											
Myśłęcinek I (mieszaniec- hybrid)	57	83,9	9,1	0,6	58	1008	15,1	5,6	5,2	0,3	9,2
Myśłęcinek II (mieszaniec- hybrid)	53	83,2	8,3	0,5	47	1236	14,9	6,6	6,0	0,3	10,0
Nowa Cerkiew III (Polko)	38	70,8	6,6	0,6	53	1336	14,9	7,4	6,3	0,3	10,7
Karszew I (Ada)	32	64,7	7,1	0,6	59	1261	15,2	5,5	6,0	0,2	9,1
Karszew II (Ada)	43	69,3	8,3	0,5	67	1150	15,9	5,1	5,6	0,2	8,3
Rośle (Ada)	35	63,2	6,5	0,6	55	1271	14,9	6,3	6,3	0,3	9,7
Małkowice I (Polko)	42	71,8	7,9	0,6	50	1394	16,0	6,8	5,6	0,3	9,1
Małkowice II (Polko)	37	68,7	7,3	0,7	42	1346	15,8	7,0	5,3	0,3	9,4
Małkowice III (Polko)	31	64,1	6,6	0,7	49	1295	15,7	7,2	5,9	0,3	9,7
NIR (p = 0,05)	4	7,2	0,9	0,1	ni.	ni.	0,5	0,7	ni.	ni.	nt
LSD (p = 0.05)											
Frakcja nasion — Seed fraction											
3,50–4,50 mm	41	71,1	7,5	0,6	53	1255	15,4	6,4	5,6	0,3	9,5

* — Stosunek PZW/LZK po 14 dniach

* — Ratio: field emergence/lab germination after 14 days

nt — Nie badano; Not tested

ni. — Nieistotne; Not significant

c.d. Tabela 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1998/1997											
Nowa Cerkiew IV (Polko)	89	88,6	11,7	0,9	78	779	16,7	3,3	7,6	0,8	7,6
Nowa Cerkiew V (Polko)	99	85,5	11,7	0,9	85	716	17,2	3,0	7,6	0,8	7,3
Nowa Cerkiew VI (Polko)	71	79,2	10,5	1,0	86	673	16,7	3,1	7,7	0,8	7,5
Lichnowy I (Polko)	63	95,3	12,0	0,8	87	808	16,3	3,5	8,0	0,8	7,9
Długołęka I (Janus)	74	84,9	11,8	1,0	86	718	17,2	3,0	7,3	0,8	7,2
Długołęka II (Janus)	74	88,6	11,7	0,9	80	727	16,9	3,0	7,3	0,9	7,6
Chmielnik (Polko)	92	84,4	11,7	1,0	78	695	17,4	3,2	7,6	0,8	7,2
Wojciechów (Polko)	39	78,8	10,9	0,9	82	784	17,3	3,0	7,8	0,9	7,2
NIR (p = 0,05)											
LSD (p = 0.05)	5	ni.	ni.	ni.	ni.	ni.	ni.	ni.	ni.	ni.	nt
Frakcja nasion — Seed fraction											
< 3,50 mm	90	83,4	11,2	0,9	84	759	17,0	3,1	7,9	0,8	7,4
3,50–4,50 mm	71	85,7	11,5	0,9	83	737	17,0	3,1	7,6	0,8	7,5
> 4,50 mm	67	85,8	11,2	0,8	84	762	16,9	3,2	7,8	0,8	7,7
NIR (p = 0,05)											
LSD (p = 0.05)	4	ni.	ni.	ni.	ni.	ni.	ni.	ni.	ni.	ni.	nt
1999/1998											
Nowa Cerkiew VII (Polko)	38	41,4	4,8	0,5	69	1117	14,8	2,9	7,0	0,7	8,6
Nowa Cerkiew VIII (Polko)	32	36,3	4,5	0,6	38	1142	15,6	3,4	6,9	0,6	8,1
Nowa Cerkiew IX (Polko)	35	47,4	5,4	0,3	45	1174	14,7	3,6	7,2	0,7	8,7
Lichnowy II (Polko)	34	42,8	5,2	0,3	48	1185	15,3	3,6	7,0	0,6	8,2
Nędzrzew (Janus)	36	47,0	6,5	0,5	68	920	16,5	2,2	5,9	0,5	7,2
Witonia (Janus)	32	48,2	6,7	0,5	71	845	16,6	1,9	6,0	0,6	7,2
NIR (p = 0,05)											
LSD (p=0.05)	4	3,2	0,4	0,1	7	140	0,5	0,4	0,4	ni.	nt
Frakcja nasion — Seed fraction											
< 3,50 mm	26	37,6	4,6	0,4	42	1423	15,5	3,3	6,9	0,6	8,2
3,50–4,50 mm	37	45,8	5,8	0,4	57	1053	15,7	2,9	6,7	0,6	7,9
> 4,50 mm	41	51,2	6,6	0,4	66	970	16,0	3,3	6,6	0,6	7,8
NIR (p = 0,05)											
LSD (p = 0.05)	2	1,7	0,2	ni.	5	69	0,2	0,2	0,2	ni.	nt

Największy współczynnik wschodów dla nasion o kalibrze 3,50–4,50 mm stwierdzono w 1998 roku. Uzyskano w warunkach tego doświadczenia bardzo dobre wschody i współczynnik ten był często ponad dwukrotnie wyższy niż w pozostałych latach. Także plony korzeni, cukru technologicznego, współczynnik ulistnienia, udział korzeni o optymalnej średnicy (6–12 cm) oraz zawartość cukru, potasu i sodu w korzeniach były w tym roku najwyższe, natomiast średnia masa 1 korzenia, zawartość azotu alfa-aminowego oraz zużycie surowca na 1 tonę cukru były najniższe.

W trzech latach badań różnice w wielkości i jakości plonu korzeni między nasionami pochodzącymi z różnych miejsc reprodukcji były często bardzo znaczące. Różnica między maksymalnym a minimalnym wynikiem była w przypadku plonu korzeni 2,6-krotna, plonu cukru 2,7-krotna, współczynnika ulistnienia 3-krotna, udziału korzeni o średnicy optymalnej 2,3-krotna, średniej masy korzeni 2,1-krotna, zawartości w korzeniach azotu alfa-aminowego 3,9-krotna i wreszcie sodu 4,5-krotna. Jedynie zawartość potasu i cukru nie były tak bardzo zróżnicowane w zależności od warunków reprodukcji nasion.

W roku 1997 stosowano nasiona tylko kalibrze 3,50–4,50 mm, a w latach 1998–1999 wszystkie trzy frakcje: < 3,50, 3,50–4,50 i > 4,50 mm. Trudno jest jednak ocenić wpływ frakcji nasion na wysokość i jakość plonu korzeni buraka cukrowego, gdyż dla badanych parametrów zależność ta układała się często odmiennie w obu latach (np. w przypadku współczynnika wschodów, zawartości cukru, azotu alfa-aminowego czy zużycia surowca na 1 tonę cukru). W 1998 roku jedynie różnice dla współczynnika wschodów były istotne, natomiast dla pozostałych wskaźników różnice były statystycznie nie udowodnione. W roku 1999 wraz ze wzrostem frakcji zwiększał się wyraźnie plon korzeni i technologiczny plon cukru a także udział korzeni o średnicy 6–12 cm, zawartość cukru w korzeniach, a malała średnia masa korzenia, zawartość potasu w korzeniach i zużycie surowca na 1 tonę cukru w stopniu istotnym.

Masa tysiąca nasion, udział nasion niekiełkujących pełnych i chorych korzonków były ujemnie, zaś zawartość suchej masy w kielkach dodatnio skorelowane ze wschodami, końcową obsadą oraz plonem korzeni i technologicznym plonem cukru (tab. 2). Wigor oraz udział nasion dających po 96 godzinach korzonki powyżej 15 mm (współczynnik WS) nie wykazywały związku z wielkością i jakością plonu korzeni. Do odmiennych wniosków doszli w swoich badaniach Jassem i Sadowski (1993). W konwencjonalnej produkcji materiału siewnego powszechnie stosowane są preparaty, które w istotnym stopniu eliminują schorzenia korzonków zarodkowych powodowanych przez grzyby *Phytophthora* ssp. i *Phoma betae*.

Stwierdzono dodatnie korelacje pomiędzy LZK po 4 dniach a połową zdolnością wschodów oraz LZK po 14 dniach a plonem korzeni. O istotnej korelacji laboratoryjnej zdolności kiełkowania z połową zdolnością wschodów donoszą też Gutmański i wsp. (1997), Pudełko i Małecka (1993) oraz Borówczak i Małecka (1992).

Zawartość potasu, sodu, magnezu i wapnia w nasionach buraka cukrowego korelowała dodatnio, zaś azotu ujemnie ze wszystkimi ocenianymi parametrami plonu korzeni. Korelacja zawartości potasu i sodu w owocni z parametrami plonu korzeni również była dodatnia. Należy podkreślić, iż większość badanych cech była skorelowana w stopniu wysokim i bardzo wysokim.

Tabela 2

Współczynniki korelacji między analizą laboratoryjną nasion (3,50–4,50 oraz > 4,50 mm), wschodami, obsadą, plonem korzeni i jego jakością
Correlation coefficients between laboratory seed analysis (3.50–4.50 and > 4.50 mm), emergence, plant population, root yield and its quality

Cechy Traits	Masa tysiąca nasion Thousand seed weight	LZK po dniach: Lab germination after days:		Udział nasion niekiełkują- cych pełnych Share of ungerminated full seeds	Udział korzonków chorych Share of diseased radicles	SM kiełków Sprouts dry matter	Elektro- przewodnictwo ekstraktu wodnego z owoców Electro- conductivity of water extract from seeds	Zawartość* Content						
		4	14					K		Na		N	Mg	Ca
								N**	O***	N	O	N		
PZW Field emergence	- -0,6969 ⁴	0,4667 ¹ -	- -	-0,4073 ¹ -0,5339 ²	- -0,4976 ¹	- 0,7371 ⁴	- -	0,6558 ⁴	0,4215 ¹	0,8058 ⁴	0,8086 ⁴	-0,5842 ³	0,6135 ⁴	-
KOB**** Plant population	- -0,6244 ³	- -	- -	-0,4817 ² -0,6470 ⁴	- -0,6651 ⁴	- 0,6252 ³	0,3630 ¹ -	0,7940 ⁴	0,6282 ⁴	0,7799 ⁴	0,7618 ⁴	-0,5974 ³	0,6951 ⁴	0,4616 ²
Plon korzeni Root yield	-0,3958 ¹ -0,7151 ⁴	- -	0,5127 ³ -	-0,6239 ⁴ -0,6450 ⁴	-0,5117 ³ -0,5650 ²	0,5509 ³ 0,6577 ³	- -	0,7798 ⁴	0,6307 ⁴	0,75174	0,7031 ⁴	-0,5663 ²	0,4689 ¹	0,4469 ¹
Plon cukru Sugar yield	- -0,6865 ⁴	- -	- -	-0,4826 ³ -0,7113 ⁴	-0,3796 ¹ -0,6249 ³	- 0,6635 ⁴	- -	0,8597 ⁴	0,6319 ⁴	0,8482 ⁴	0,8211 ⁴	-0,6780 ⁴	0,7257 ⁴	0,5727 ²
Zawartość cukru Sugar content	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	0,7474 ⁴	0,47011	0,7301 ⁴	0,7367 ⁴	-0,6500 ⁴	0,8176 ⁴	0,5695 ²
Średnia masa korzenia Mean weight of root	- -	- -	- -	- -	- 0,7632 ⁴	- -0,4343 ¹	-0,4790 ² -	-0,7843 ⁴	-0,5730 ⁴	-0,8134 ⁴	-0,7950 ⁴	0,6536 ⁴	-0,7543 ⁴	-0,5523 ³

Liczby bez kursywy — frakcja nasion 3,50–4,50 mm, kursywą — >4,50 mm — regular numbers — fraction of seeds 3.50–4.50 mm, numbers in italics — >4.50 mm
Wielkość korelacji — Correlation value: 0,3000 ≤ r < 0,5000 — przeciętna; average; 0,5001 ≤ r < 0,7000 — wysoka; high; 0,7001 ≤ r < 0,9000 — bardzo wysoka; very high

Poziomy istotności współczynnika korelacji — Levels of significance of correlation coefficients: 1-0,10; 2-0,05; 3-0,02; 4-0,01

* Wyniki dotyczą frakcji 3,50-4,50 mm – Results for fraction 3.50-4.50 mm

** — nasiono; seed

*** — owocnia; pericarp

**** — KOB — końcowa obsada buraków — final population density

- — Współczynniki korelacji na poziomach istotności p > 0,10

- — Correlation coefficients, significant at p > 0.10

WNIOSKI

1. Siedlisko reprodukcji oraz kalibraż nasion buraka cukrowego różnicowały wschody oraz wielkość i jakość plonu przemysłowego buraka cukrowego.
2. Siedliska reprodukcji nasion najmniej, choć statystycznie istotnie, wpływały na zawartość cukru i potasu w korzeniach buraka cukrowego.
3. Zawartości potasu, sodu, magnezu i wapnia w nasionach buraka cukrowego były dodatnio skorelowane ze wschodami, końcową obsadą, plonami korzeni i cukru oraz z zawartością cukru w korzeniach buraka cukrowego. Zawartość azotu w nasionach wykazywała ujemną korelację w stosunku do wymienionych parametrów plonu.
4. Laboratoryjna zdolność kiełkowania była dodatnio skorelowana z połową zdolnością wschodów oraz plonem korzeni buraka cukrowego.
5. Dalsze ścisłe badania w kontrolowanych warunkach z jedną odmianą pozwoliłyby niewątpliwie na wykazanie bardziej wyrazistej zależności między warunkami reprodukcji nasion a wielkością i jakością przetwórczą plonu buraka cukrowego.

LITERATURA

- Bekendam J. 1986. Vigour studies on sugar beet seed. Report of the 49th Winter II RB Congress: 17 — 28.
- Borówcak F., Małecka I. 1992. Wpływ zabiegów agrotechnicznych w nasiennikach na polowe wschody buraków cukrowych. Roczn. AR w Poznaniu, CCXXXV: 11 — 17.
- Gutmański I., Pikulik R., Szymczak-Nowak J. 1997. Zależność między zdolnością kiełkowania w zróżnicowanych warunkach a wschodami, plonowaniem i jakością przemysłową buraka cukrowego. Biul. IHAR 202: 81 — 88.
- Jassem M., Sadowski H. 1993. Wigor nasion buraków cukrowych. Materiały z konferencji „Znaczenie jakości materiału siewnego w produkcji roślinnej. Warszawa 23–24. 09. 1993”. Wyd. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa: 294 — 301.
- Pudelfko J., Małecka I., Różalski K. 1985. Wpływ niektórych czynników agrotechnicznych i siedliskowych na kiełkowanie nasion i wchody polowe wybranych roślin rolniczych. Pr. Komis. Nauk Rol. i Leśn. PTPN Rol. t. 75: 27 — 33.
- Reinefeld E., Emmerich A., Baumgarten G., Winner C., Beiss U. 1974. Zur Voraussage des Melassezuckers aus Rübenanalysen. Zucker: 27: 2 — 5.
- Wunderlich K. H. 1986. Mögliche Wechselwirkung beim Einsatz von Wirkstoffen zum Saatgutschutz in Abhängigkeit von Dosierung, Wirkungsgrad, Phytotoxizität und Befallsdruck. Report of the 49th Winter II RB Congress: 53 — 59.

FRANCISZEK BORÓWCZAK**STANISŁAW GRZEŚ**

Katedra Uprawy Roli i Roślin

Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

Wpływ deszczowania, dokarmiania dolistnego i nawożenia azotem na plon korzeni i efekty ekonomiczne uprawy buraków cukrowych

Influence of irrigation, foliar fertilization and nitrogen application on root yields and on economic effects of sugar beet cultivation

W doświadczeniach przeprowadzonych w latach 1997–2000 badano wpływ deszczowania, dokarmiania dolistnego i nawożenia azotem na plony korzeni i efekty ekonomiczne uprawy buraków cukrowych. Deszczowanie zwiększyło plon korzeni o 8,65 t/ha (17,31%), a liści o 3,49 t·ha⁻¹ (13,7%). W przeliczeniu na 1 mm wody z deszczowania, zwiększa plonu korzenia wyniosła 62,7 kg·ha⁻¹. Optymalna dawka azotu dla plonu korzenia w warunkach bez deszczowania wyniosła 186,0 kg, a w warunkach deszczowania 201,8 kg. Optymalnie ekonomicznie dawki azotu były mniejsze odpowiednio o 23,8 i 14,6 kg N na 1 ha. Deszczowanie zwiększyło produktywność 1 kg N i wartość przyrostu plonu na 1 PLN wydatkowany na nawozy. Stosunek ceny nawozu do ceny korzeni nie miał większego wpływu na wielkość optymalnej ekonomicznie dawki azotu.

Słowa kluczowe: buraki cukrowe, deszczowanie, nawożenie azotem

The influence of irrigation, foliar fertilization and nitrogen application on root yields and economic effects of sugar beet cultivation was investigated in 1997–2000. Irrigation increased root yield by 8.65 t·ha⁻¹ (17.31%) and leaves by 3.49 t·ha⁻¹ (13.7%). The increment of 62.7 kg of roots per 1mm of irrigation water was achieved. The optimum nitrogen dose for root yield under non-irrigated conditions was 186.0 kg N; under irrigation 201.8 kg N. However, optimum economic dose of nitrogen fertilization were lower by 23.8 and 14.6 kg N·ha⁻¹ respectively. Irrigation caused increase of productivity of 1 kg N applied and value of root yield increase per 1 PLN spent on fertilizer. Relationship between fertilizer and roots price had insignificant effect on optimum economic nitrogen dose.

Key words: irrigation, nitrogen fertilization, sugar beet

WSTĘP

Wykorzystanie wysokiego potencjału plonotwórczego buraków cukrowych jest związane ze stworzeniem optymalnych warunków ich wegetacji. Jednak nawet poprawna agrotechnika i racjonalne stosowanie środków produkcji pochodzenia przemysłowego nie

chronią tego gatunku przed zmiennością plonowania w latach, powodowaną głównie przez opady.

Niedobory opadów mogą ponadto ograniczać efektywność przemysłowych środków produkcji, w tym najsilniej oddziałującego na plony nawożenia azotem.

W przeprowadzonych doświadczeniach badano wpływ deszczowania, dokarmiania dolistnego i nawożenia azotem na efekty produkcyjne i ekonomiczne uprawy buraków cukrowych.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia polowe z burakami cukrowymi odmiany „Leo” przeprowadzono w latach 1997–2000 w Zakładzie Doświadczalno-Dydaktycznym Gorzyń, filia Złotniki k/Poznania, należącym do Akademii Rolniczej w Poznaniu. Założono je metodą losowanych bloków, w czterech powtórzeniach, na glebie płowej zaliczanej do klasy bonitacyjnej IVa i IVb, kompleksów żyniego bardzo dobrego i dobrego.

Czynnik I rzędu stanowiły dwa warianty wodne, tj. nie deszczowany (naturalny układ warunków wilgotnościowych) i deszczowany — przy spadku wilgotności gleby w warstwie 0–30 cm do 70% ppw w okresie największej wrażliwości roślin na niedobór wody. Czynnikiem II rzędu było dokarmianie dolistne: kontrola, jednokrotny i dwukrotny zabieg dokarmiania. Czynnikiem III rzędu stanowiły cztery poziomy nawożenia azotowego: 0, 80, 160 i 240 kg N·ha⁻¹. Do dokarmiania dolistnego użyto 300 l cieczy użytkowej na 1 ha zawierającej 5% mocznika, 5% siarczanu magnezu i 0,2% boraksu, wykonując pierwszy oprysk, gdy rośliny wytworzyły 8 liści a drugi przed zwarciem rzędów.

W badaniach określono: plony korzeni i liści, produktywność wody z opadów i z deszczowania, produktywność 1 kg N, wartość plonów brutto i netto (po odjęciu kosztów nawozu) i wskaźniki efektywności krańcowej nawożenia azotem.

Wskaźniki efektywności krańcowej informują o wartości przyrostu plonu na 1 PLN wydatkowany na nawozy. Produktywność opadów naturalnych wyliczono w odniesieniu do sumy opadów w okresie od siewu buraków do końca września, a produktywność azotu ze stosunku przyrostu plonu do przyrostu dawki azotu. Wartość plonu buraków wyliczono przyjmując ceny zbytu korzeni w 2001 roku w wysokości 115 PLN/t. W obliczeniach przyjęto cenę 1 kg N w wysokości 1,60 PLN.

Buraki uprawiano na oborniku w stanowisku po pszenicy ozimej. Gleby pola charakteryzowały się wysoką zawartością fosforu i potasu.

W tabeli 1 przedstawiono temperatury i opady w okresie wegetacji buraków oraz ilości wody z deszczowania. Warunki pogodowe w latach badań charakteryzowały się dużą zmiennością, szczególnie pod względem rozkładu opadów. W roku 1997, o opadach przewyższających wartość średnią z wielolecia o 72,0 mm, aż 192,8 mm przypało na lipiec, przy ich niedoborze w końcowym okresie wegetacji. Korzystniejsze opady, o ilościach i rozkładzie najbardziej zbliżonym do przeciętnych, wystąpiły w latach 1998 i 2000. W pierwszym roku zanotowano wyraźnie tylko niższe opady od normy w maju, a w drugim w czerwcu. W 1999 roku były małe opady w lipcu i w sierpniu, wynoszące odpowiednio 42,2 i 29,9% normy wieloletniej. Średnie temperatury okresu kwiecień —

wrzesień w latach przewyższały średnie wieloletnią w granicach od 1,7° C (1997) do 3,2° C (1999).

Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji, kalkulując najmniejsze istotne różnice na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Tabela 1

Opady i temperatura w okresie wegetacji buraków cukrowych
Rainfall and temperature during the vegetation period of sugar beet

Lata Years	Miesiące Months							Woda z deszczowania Irrigation water
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV–IX	
Opady Rainfall (mm)								
1950–1996	30,6	48,4	60,2	75,3	54,1	45,6	314,4	—
1997	49,7	72,5	20,2	192,8	22,9	28,0	386,4	40
1998	34,9	30,6	72,2	60,6	60,0	75,8	334,2	120
1999	60,6	44,4	75,4	31,8	16,2	63,9	292,2	270
2000	18,2	50,6	42,1	69,1	72,7	36,5	289,2	170
Temperatura Temperature (°C)								
1950–1996	8,0	13,7	17,0	18,7	17,9	13,3	14,8	—
1997	7,4	14,9	19,1	19,6	22,4	15,8	16,5	—
1998	12,0	17,1	19,4	19,5	18,3	15,2	16,9	—
1999	11,6	16,0	18,3	22,4	20,3	19,2	18,0	—
2000	14,6	18,6	19,9	17,5	20,1	14,3	17,5	—

WYNIKI

W poszczególnych latach doświadczeń uzyskano duże zróżnicowanie plonów korzeni i liści (tab. 2). Najniższe plony korzeni z obiektów nie deszczowanych zebrano w 1999 roku o niewielkich opadach w lipcu i sierpniu. Największe plony z tych obiektów uzyskano w latach 1997 i 2000, charakteryzujących się najobfitszymi opadami naturalnymi w tych miesiącach. Największe plony liści zebrano w roku 1998 o najkorzystniejszym rozkładzie opadów.

Wpływ deszczowania na wielkość plonów korzeni zależał od przebiegu pogody w latach. Największą zwyżkę plonu przy stosowaniu tego zabiegu, w wysokości 58,7% uzyskano w roku 1999, o największych niedoborach opadów dla roślin w okresie lipiec — wrzesień.

Średnio w czteroletnim okresie badań deszczowanie zwiększyło plon korzeni o 8,65 t·ha⁻¹ (17,3%), a plon liści o 3,49 t·ha⁻¹ (13,7%). Produkcyjność opadów naturalnych w latach badań w przeliczeniu na 1 mm wody wynosiła od 150,5 do 194,1 kg korzeni (tab. 3). Produktywność wody z deszczowania, w tych latach w których uzyskano przyrosty plonów przy stosowaniu tego zabiegu mieściła się w granicach od 36,0 do 87,1 kg korzeni na 1 mm opadu na 1 ha. Deszczowanie kształtowało plony korzeni i liści oraz współczynnik ulistnienia współdziałając z nawożeniem azotowym.

Tabela 2

Plony korzeni i liści buraków cukrowych w zależności od deszczowania
Sugar beet root and leaf yields depending on irrigation

Plon Yield	Lata Years	Plon Yield (t·ha ⁻¹)		Przyrost Increase	
		Nie deszczowane non irrigated	deszczowane irrigated	t/ha	%
Korzenie Roots	1997	55,67	53,76	-1,91	-3,4
	1998	48,87	53,19	4,32	8,8
	1999	40,07	63,59	23,52	58,7*
	2000	55,75	64,20	8,45	15,2*
	średnio average	50,09	58,74	8,65	17,3*
Liście Leaves	1997	20,99	19,40	-1,59	-7,6
	1998	29,43	32,28	2,85	9,7*
	1999	14,56	19,12	4,56	31,3*
	2000	22,65	30,82	8,17	36,1*
	średnio average	21,91	25,40	3,49	13,7*

* — Różnica istotna

* — Significant difference

Tabela 3

Produktywność 1 mm wody z opadów naturalnych i deszczowania
Productivity of 1 mm of rainfall and irrigation water

Lata Years	Ilość wody Amount of water (mm)		Produktywność wody Water productivity (kg/ha)	
	opady rainfall	deszczowanie irrigation	opady rainfall	deszczowanie irrigation
1997	366,4	40	151,9	—
1998	320,5	120	152,5	36,0
1999	266,2	270	150,5	87,1
2000	287,2	130	194,1	65,0
Średnio Average			162,2	62,7

Nie stwierdzono istotnego wpływu dokarmiania dolistnego roślin na plony korzeni i liści buraków.

Plony korzeni w obu wariantach wodnych i liści w wariantcie bez deszczowania przyrastały w miarę zwiększania dawek azotu do 160 kg N·ha⁻¹ (tab. 4 i 5). Plon liści w wariantcie deszczowanym wzrastał przy dalszym zwiększeniu dawki azotu do 240 kg N·ha⁻¹. W warunkach bez deszczowania, w porównaniu obiektów bez azotu, przyrost plonu korzeni przy dawce 160 kg N·ha⁻¹ wyniósł 10,19 t·ha⁻¹, a w warunkach deszczowania 18,56 t·ha⁻¹. Wyliczona z równania optymalna dawka dla wielkości tych plonów w wariantcie bez deszczowania wyniosła 186,0 kg N·ha⁻¹, a w warunkach deszczowania 201,8 kg N·ha⁻¹ (rys. 1).

Tabela 4

Plon korzeni buraków cukrowych w t·ha⁻¹ w zależności od deszczowania i nawożenia azotem
Yield of sugar beet roots in t·ha⁻¹ depending on irrigation and nitrogen fertilization

Wariant wodny Water variant	Nawożenie azotowe Nitrogen fertilization (kg N·ha ⁻¹)				Średnio Average
	0	80	160	240	
Nie deszczowany Non irrigated	43,75	49,97	53,94	52,70	50,09
Deszczowany Irrigated	46,35	58,65	64,91	65,03	58,74
Średnio Average	45,05	54,31	59,43	58,86	
NIR dla deszczowania LSD for irrigation	1,08				
NIR dla nawożenia LSD for fertilization	0,71				
NIR dla interakcji LSD for interaction	1,38				

Tabela 5

Plon liści buraków cukrowych w t·ha⁻¹ w zależności od deszczowania i nawożenia azotem
Yield of sugar beet leaves in t·ha⁻¹ depending on irrigation and nitrogen fertilization

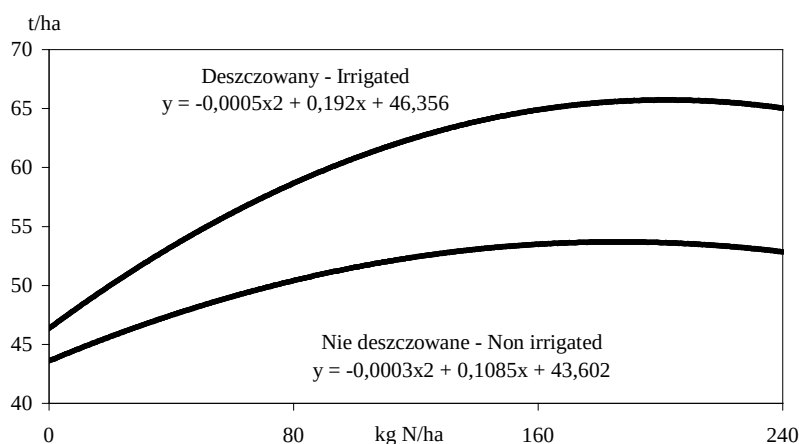
Wariant wodny Water variant	Nawożenie azotowe Nitrogen fertilization (kg N·ha ⁻¹)				Średnio Average
	0	80	160	240	
Nie deszczowany Non irrigated	16,50	20,46	24,64	26,03	21,91
Deszczowany Irrigated	15,44	22,14	27,12	36,91	25,40
Średnio Average	15,97	21,30	25,88	31,48	
NIR dla deszczowania LSD for irrigation	3,24				
NIR dla nawożenia LSD for fertilization	4,21				
NIR dla interakcji LSD for interaction	5,56				

Skutkiem zmian plonów korzeni i liści powodowanych deszczowaniem i nawożeniem azotowym zmianie ulegał współczynnik ulistnienia (tab. 6). W miarę zwiększania dawek azotu do 160 kg N·ha⁻¹ w obu wariantach wodnych wartość tego współczynnika zwiększała się w podobny sposób. Najwyższa dawka azotu 240 kg N·ha⁻¹ w warunkach deszczowania, przez zwiększenie plonu liści, zwiększyła wyraźnie współczynnik w porównaniu do buraków nie deszczowanych.

Przyrosty plonów korzeni pod wpływem deszczowania i nawożenia azotowego wynikały ze zwiększenia masy pojedynczego korzenia (tab. 7). Przebieg zmian w masie pojedynczego korzenia pod wpływem nawożenia azotem był podobny do zmian w plonach korzeni.

Produktywność jednostkowa azotu zależała od deszczowania i dawki nawozu (tab. 8). Deszczowanie zwiększyło produktywność 1 kg N na wszystkich porównywanych poziomach

nawożenia, natomiast wzrost dawek nawozu powodował jej zmniejszenie. Stosując deszczowanie największą poprawę efektywności nawożenia uzyskano dla dawek 80 i 160 kg N·ha⁻¹. W warunkach bez deszczowania wynosiła ona dla dawki 80 kg N — 77,8 kg, a w warunkach deszczowania 153,8 kg korzeni, natomiast w przedziale dawek 80–160 kg odpowiednio 49,6 i 78,3 kg na 1 ha.



Rys. 1. Plony buraków cukrowych w zależności od dawki azotu
 Fig. 1. Sugar beet yields in relation to nitrogen dose

Tabela 6

Współczynnik ulistnienia buraków cukrowych w zależności od deszczowania i nawożenia azotem
 Foliage coefficient of sugar beet depending on irrigation and nitrogen fertilization

Wariant wodny Water variant	Nawożenie azotowe Nitrogen fertilization (kg N·ha ⁻¹)				Średnio Average
	0	80	160	240	
Nie deszczowany Non irrigated	0,307	0,370	0,401	0,569	0,412
Deszczowany Irrigated	0,355	0,390	0,433	0,477	0,414
Średnio Average	0,331	0,380	0,417	0,523	
NIR dla nawożenia LSD for fertilization	0,061				
NIR dla interakcji LSD for interaction	0,082				

Wartość plonu korzeni z 1 ha, średnio dla nawożenia, wzrosła pod wpływem deszczowania o 994,1 PLN (tab. 9). Przyrost wartości plonu netto (po odjęciu kosztów nawozu) przy dawce 160 kg N·ha⁻¹ w stosunku do obiektów bez azotu w warunkach nie deszczowania wyniósł 861,9 PLN, a w warunkach deszczowania 1878,4 PLN. Z rachunku regresji wynika, że optymalna dawka azotu dla wartości plonu netto na obiektach bez deszczowania wyniosła 162,2 kg·ha⁻¹, a na obiektach deszczowanych 187,2 kg·ha⁻¹ (rys. 2).

Tabela 7

Masa korzenia w g w zależności od deszczowania i nawożenia azotem
Weight of root in g of sugar beet depending on irrigation and nitrogen fertilization

Wariant wodny Water variant	Nawożenie azotowe Nitrogen fertilization (kg N·ha ⁻¹)				Średnio Average
	0	80	160	240	
Nie deszczowany Non irrigated	611	678	719	703	678
Deszczowany Irrigated	646	764	840	858	777
Średnio Average	629	721	779	780	
NIR dla deszczowania LSD for irrigation	29				
NIR dla nawożenia LSD for fertilization	21				
NIR dla interakcji LSD for interaction	30				

Tabela 8

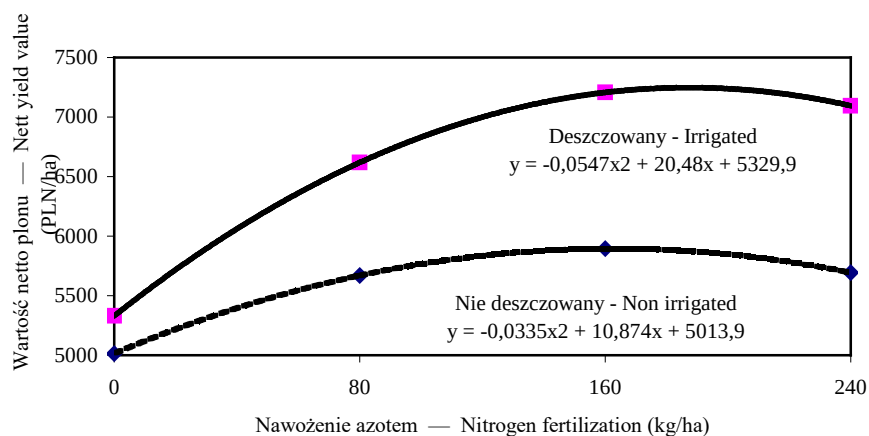
Produktywność 1 kg azotu w zależności od deszczowania i nawożenia azotem buraków cukrowych
Productivity of 1 kg of nitrogen depending on irrigation and nitrogen fertilization in sugar beet

Wariant wodny Water variant	Produktywność nawożenia azotem Productivity nitrogen fertilization (kg/ha)				
	0–80	0–160	0–240	80–160	160–240
Nie deszczowany Non irrigated	77,8	63,7	37,3	49,6	-15,5
Deszczowany Irrigated	153,8	116,0	77,8	78,3	1,5

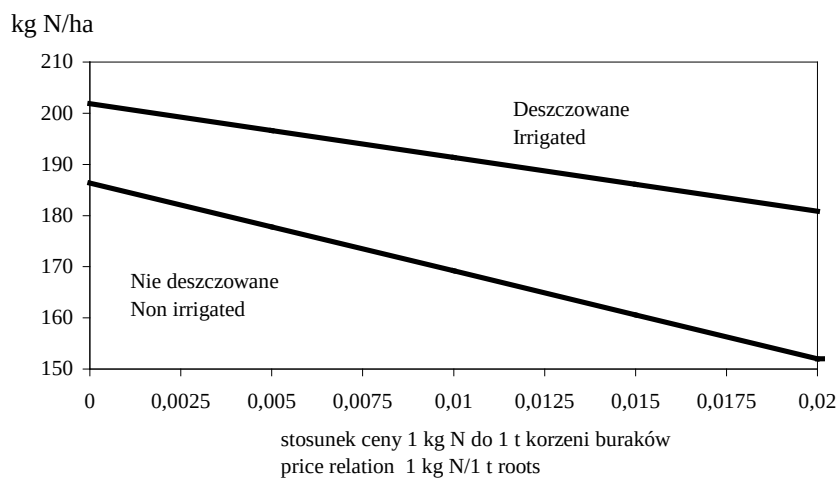
Tabela 9

Ekonomiczna efektywność deszczowania i nawożenia azotem buraków cukrowych
The economic effectiveness of irrigation and nitrogen fertilization in sugar beet

Wariant wodny Water variant	Dawka azotu N-dose kg N·ha ⁻¹	Wartość plonu Yield value (PLN/ha)		Wartość przyrostu plonu Increase of yield value PLN/ha	
		brutto gross	netto net	brutto gross	netto net
Nie deszczowany Non irrigation	0	5031,2	5031,2	—	—
	80	5746,6	5618,6	715,5	587,4
	160	6203,1	5647,1	1117,9	861,9
	240	6060,5	5676,5	1029,3	645,3
	średnio average	5760,4			
Deszczowany Irrigation	0	5330,2	5330,2		
	80	6744,8	6616,8	1414,6	1286,6
	160	7464,6	7208,6	2134,4	1878,4
	240	7478,4	7094,4	2148,2	1764,2
	średnio average	6754,5			
Przyrost Increase		994,1			



Rys. 2. Wartość plonów netto w zależności od dawki azotu
Fig. 2. Nett value of sugar beet in relation to nitrogen dose



Rys. 3. Optymalna ekonomicznie dawka azotu w zależności od relacji cenowej między nawozem a korzeniami buraków
Fig. 3. Optimum economic dose of nitrogen depending on relation of price of fertilizer and sugar beet roots

Wyliczone przychody krańcowe wykazały, że wartość przyrostu plonu na 1 PLN zainwestowany w nawozy wzrastała w warunkach deszczowania i malała w miarę zwiększania dawek azotu. Na 1 PLN wydatkowany na nawozy, uzyskano w przedziale dawek 0–80 kg N·ha⁻¹ wzrost wartości plonu w warunkach bez deszczowania o 5,6 PLN, a w warunkach deszczowania o 11,1 PLN, natomiast w przedziale dawek 80–160 kg N·ha⁻¹ odpowiednio 3,6 i 5,6 PLN (tab. 10).

Tabela 10

Wskaźniki efektywności krańcowej nawożenia azotem buraków cukrowych w zależności od deszczowania (PLN/PLN w nawozie)
Extreme effectiveness coefficients of nitrogen fertilization of sugar beet depending on irrigation (PLN/PLN in fertilizer)

Wariant wodny Water variant	Poziom nawożenia azotowego Nitrogen fertilization level				
	0–80	0–160	0–240	8–160	160–240
Nie deszczowany Non irrigated	5,6	4,4	2,7	3,6	-1,1
Deszczowany Irrigated	11,1	8,3	5,6	5,6	0,1

Na rysunku 3 przedstawiono jak zmieniają się optymalne dawki azotu w zależności od stosunku ceny 1 kg azotu w nawozie do ceny skupu korzeni buraków. Wyliczenia potwierdzają, przy przyjętym tym stosunku w przeprowadzonej analizie na poziomie 0,014, optymalne dawki dla plonu netto korzeni w obu wariantach wodnych.

DYSKUSJA

Przeprowadzone badania wykazały, że w warunkach Wielkopolski niedobór opadów dla roślin może być czynnikiem ograniczającym plonowanie buraków cukrowych. Poprawa warunków wilgotnościowych przez zastosowanie deszczowania spowodowała, średnio dla czterolecia, wzrost plonów o 17,3%, a w roku o najniższych opadach w okresie o największych potrzebach wodnych roślin o 58,7%. W literaturze wykazuje się jeszcze większe zwyczki plonów, dochodzące do 80%, pod wpływem deszczowania, które niewątpliwie wynikały z warunków pogodowych w okresie badań (Piechowiak i in., 1979; Grabarczyk 1986; Borówczak, 1991; Buniak i in., 1996; Gruszka, 1996).

Wykazane w badaniach własnych efekty deszczowania nabierają znaczenia praktycznego dopiero, gdy mają uzasadnienie ekonomiczne w postaci zysku. Dlatego też dla jego wyliczenia uzyskany przyrost wartości plonu pod wpływem deszczowania powinien być pomniejszony o koszty nawodnień, które jednak w doświadczeniach nie odpowiadają warunkom praktyki rolniczej.

Deszczowanie poprawiało produktywność i efekty ekonomiczne nawożenia azotem buraków cukrowych. W warunkach deszczowania zwiększanie dawek azotu do optymalnych powodowało większe przyrosty plonów, większą produktywność jednostkową nawozu, zwiększanie wartości plonów i wartości przyrostu plonu na 1 PLN zainwestowany w nawozy.

Optymalna dawka dla plonu korzeni w warunkach deszczowania wyliczona z równania regresji niewiele różniła się od warunków bez deszczowania i była wyższa o 15,8 kg. Podobnie w badaniach Podstawki (1982), Borówcza (1986) oraz Buniaka i wsp. (1996) optymalne dawki dla plonu korzeni w obu wariantach wodnych były zbliżone. Różniły się jednak wielkością w zależności od warunków glebowych, w których były prowadzone doświadczenia. Określenie optymalnej ekonomicznie dawki azotu z uwzględnieniem relacji cenowej między nawozem a korzeniami buraków wykazało, że ta relacja nie ma większego wpływu na jej wielkość.

Nie stwierdzono w badaniach własnych wpływu dokarmiania dolistnego na plony korzeni. Wyraźne zwwyżki plonu przy zastosowaniu tego zabiegu wykazuje Czuba (1988), natomiast niewielkie, do 5%, Faber i Kęsik (1992).

WNIOSKI

1. Deszczowanie w czteroletnim okresie badań zwiększyło plon korzeni o 17,3%, liści o 13,7%, a wartość plonu o 994,1 PLN. W przeliczeniu na 1 mm wody z deszczowania zwyżka plonu wyniosła 61,4 kg z ha.
2. Optymalna dawka azotu dla plonu korzeni w warunkach bez deszczowania wyniosła 186,0 kg a w warunkach deszczowania 201,8 kg·ha⁻¹. Optymalne ekonomicznie dawki były mniejsze odpowiednio o 23,8 kg i 14,6 kg·ha⁻¹.
3. Deszczowanie i wzrastające dawki azotu zwiększały masę pojedynczego korzenia. Na współczynnik ulistnienia wpływało głównie nawożenie azotowe.
4. W warunkach deszczowania zwiększanie dawek azotu powodowało większe przyrosty plonów, zwiększanie wartości plonów i wartości przyrostu na 1 PLN zainwestowany w nawozie.
5. Stosunek ceny nawozu do cen korzeni nie miał większego wpływu na wielkość optymalnej ekonomicznie dawki azotu.

LITERATURA

- Borówcza F., Pełczyński W., Sobiech S. 1986. Wpływ nawożenia mineralnego na plon buraków cukrowych w warunkach deszczowania. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 327: 27 — 35.
- Borówcza F. 1991. Wpływ deszczowania, zagęszczenia roślin i nawożenia azotowego na plon buraków cukrowych. Biul. IHAR 178: 23 — 31.
- Buniak W., Dmowski Z., Szyszkowski P. 1996. Plonowanie i skład jakościowy korzeni buraków cukrowych w warunkach deszczowania. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 438: 267 — 272.
- Czuba R. 1988. Efekty produkcyjne dokarmiania dolistnego roztworem mocznika i mikroelementami zbóż, rzepaku i buraka cukrowego. Mat. sem. nauk.: Dolistne dokarmianie i ochrona roślin w świetle badań i doświadczeń praktyki rolniczej. Puławy: 24 — 33.
- Grabarczyk St. 1986. Kryteria lokalizacji deszczowni. *Fragm. Agron.* 1/86: 15 — 28.
- Gruszka J. 1996. Produkcyjne i ekonomiczne efekty deszczowania roślin pastewnych i pastwisk w regionie Kujaw. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 438: 111 — 116.
- Faber A., Kęsik K. 1992. Ocena skuteczności dolistnego dokarmiania roślin wieloskładnikowymi nawozami płynnymi typu WUXAL. Puławy.

- Piechowiak K., Sobiech S., Orłowski F., Borówczak F. 1978. Wpływ różnych poziomów nawożenia w warunkach deszczowania na plon niektórych roślin uprawnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 199: 27 — 35.
- Podstawka E. 1982. Studia nad deszczowaniem i nawożeniem mineralnym buraków cukrowych na rędzinie. Rozp. Nauk. 76 Wyd. AR Lublin:1 — 52.

URSZULA PROŚBA-BIAŁCZYK**MAREK MYDLARSKI**

Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Wpływ chlorku sodu zastosowanego nalistnie na produktyjność i wartość technologiczną buraka cukrowego

The effect of sodium chloride sprayed on leaves on productivity and technological value of sugar beet

W badaniach nad nalistnym dokarmianiem chlorkiem sodu, w stężeniach 2, 6 i 12%, zastosowanym w pierwszych dekadach lipca, sierpnia i września, na odmiany Kristall, Atair i PN Mono 4 określano poziom plonów, strukturę masy korzeni, zawartość makroskładników mineralnych oraz niektóre cechy wartości technologicznej surowca. Nalistny oprysk chlorkiem sodu wpływał korzystnie na poziom plonów korzeni i liści buraka cukrowego, strukturę masy korzeni oraz biologiczną i technologiczną wydajność cukru. Stężenia i terminy stosowania chlorku sodu istotnie kształtowały strukturę masy korzeni i ich wartość technologiczną. Stężenie 12% chlorku sodu zwiększało zawartość suchej masy, popiołu i azotu alfa-aminowego, lecz nie wpływało na wzrost koncentracji cukru i jego wydatek. Sód zawarty w korzeniach istotnie dodatnio warunkował ich plon, lecz ujemnie wpływał na zawartość cukru i jego wydatek. Pod wpływem wzrastających dawek chlorku sodu w korzeniach wzrastała koncentracja azotu, potasu i sodu, a zmniejszała się zawartość fosforu i magnezu.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, chlorek sodu, dokarmianie dolistne

The sugar beet yield levels, root mass structure and some technological value parameters of the raw material were determined in the studies on foliage application of sodium chloride, at concentrations 2, 6 and 12%, sprayed in the first decades of July, August and September, on the varieties Kristall, Atair and PN Mono 4. Sodium chloride sprayed on leaves influenced positively the yield level of sugar beet foliage and roots, root mass structure and biological and technological yield of sugar. The concentrations and dates of sodium chloride application significantly affected the root mass structure and technological value. Sodium chloride of 12% concentration increased dry mass, ash and alpha-amine nitrogen contents, but did not affect the concentration of sugar and its yield. Sodium contained in roots affected their yield positively and significantly, but had a negative influence on the content of sugar and its yield. Increasing doses of sodium chloride induced increased concentration of nitrogen, potassium and sodium in the roots, and decreased the concentration of phosphorus and magnesium.

Key words: foliage application, sodium chloride, sugar beet

WSTĘP

Sód jest zawsze pobierany przez rośliny, ale jego rola w fizjologii rośliny nie jest jeszcze w pełni poznana. Zdaniem fizjologów sód nie może być jednak zastąpiony przez żaden inny pierwiastek. Podobnie jak potas, sód wpływa na gospodarkę wodną rośliny zwiększa hydratację biokoloidów i podnosi potencjał osmotyczny komórek (Korczewski, Majewski, 1934; Warchołowa, 1971). Pierwiastek ten wpływa także na oddychanie i przemiany związków azotowych. Sód, podobnie jak potas, nie wchodzi w roślinie w skład żadnych trwałych związków organicznych.

Dla buraka cukrowego sód ma szczególne znaczenie, gdyż burak odkłada dużą ilość substancji zapasowych w formie węglowodanów. W piśmiennictwie dotyczącym roli sodu w nawożeniu buraka stwierdzano wielokrotnie, że wpływa on korzystnie na poziom plonów i wydajność cukru (Allison i in., 1997; Philips, Chiy, 1995; Prośba-Białczyk, Mydlarski, 1999, 2002; Warchołowa, 1971; Wiśniewski, 1994). Niedostateczne zaopatrzenie buraka cukrowego w sód może być przyczyną spadku plonów, a także zmniejszonej zawartości sacharozy. Nadmiar sodu może natomiast wpływać na wzrost zawartości melasotworów i obniżać technologiczny plon cukru (Prośba-Białczyk i in., 2001).

Burak cukrowy dodatnio reaguje na obecność sodu w środowisku odżywczym. Wraz z plonem pobiera z gleby od 80 do 250 kg Na·ha⁻¹. Z uwagi na dodatnią reakcję na sód i duże pobieranie tego pierwiastka często określany bywa w piśmiennictwie jako roślina sodolubna (Fotyma, Mercik, 1992; Prośba-Białczyk, Mydlarski, 1999; Wiśniewski, 1994).

Chlor jest łatwo pobierany przez rośliny, a niektórzy fizjolodzy uważają go nawet za niezbędny dla roślin i zaliczają do makroelementów. Chlor wpływa na hydratację biokoloidów, a ponadto aktywuje pewne enzymy związane z układami cytochromowymi. Pierwiastek ten wydaje się niezbędny dla reakcji fotosyntetycznych związanych z uwalnianiem tlenu. Jest czynnikiem katalitycznym przy fotolizie wody w procesie fotosyntezy.

Chlor, występujący w glebach w formach rozpuszczalnych, jest pobierany przez rośliny biernie i łatwo transportowany do nadziemnych części roślin. Niedobór chloru w roślinach prawie nie występuje w warunkach naturalnych. Zawartość chloru w roślinach jest zróżnicowana, a burak zaliczany jest do roślin odpornych, gdyż nie wykazuje objawów toksyczności na ten pierwiastek nawet przy stężeniu 900–3500 mg Cl/l.

Dotychczasowe badania dotyczące wpływu sodu, stosowanego najczęściej w formie chlorku sodu, były wynikiem stosowania doglebowego. Ponieważ jony sodu i chloru mogą być również przyswajane przez liście autorzy podjęli badania nad dolistnym zastosowaniem roztworu chlorku sodu.

MATERIAŁ I METODY

Badania z nalistnym stosowaniem chlorku sodu na burak cukrowy przeprowadzono w latach 1998–2000 w Katedrach Szczegółowej Uprawy Roślin i Technologii Rolnej i Przechowywania AR we Wrocławiu. Ścisłe doświadczenia mikropoletkowe zakładano w układzie split-plot z trzema czynnikami zmiennymi, którymi w kolejności były:

— odmiany Kristall, Atair i PN Mono 4,

- poziomy stężenia chlorku sodu, kontrola bez chlorku sodu i stężenia 2, 6 i 12%,
- terminy wykonania nalistnych oprysków: pierwsze dekady lipca, sierpnia i września.

W założeniu przyjęto, że stosując 300 l roztworu NaCl na 1 ha dostarcza się roślinom 2,4 kg Na/ha w roztworze 2%; 7,2 kg Na/ha w roztworze 6% i 14,4 kg Na/ha w roztworze 12%. Roztwór wodny chlorku sodu zastosowano w formie oprysku średniokroplistego. Powierzchnia poletek z burakiem cukrowym do zbioru wynosiła 3,7 m².

Doświadczenie przeprowadzono na glebie brunatnej, należącej do grupy gleb brunatnoziemnych pochodzenia fluwiogłacjalnego, typu płowego, wytworzonej z gliny lekkiej na glinie średniej, zaliczanej do kompleksu przydatności rolniczej pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej IIIb. Odczyn gleby przed założeniem doświadczenia był lekko kwaśny (pH w 1 M KCl wahało się od 5,9–6,3), a zasobność w makro składniki mineralne P, K i Mg była średnia. Przedplonem burka była pszenica ozima, po zbiorze której uprawiano międzyplon ścierniskowy gorczycę Metex z przeznaczeniem na nawożenie organiczne. Nawożenie fosforem — 100 kg P₂O₅ i potasem — 160 kg K₂O stosowano jesienią, a azotem wiosną w ilości 120 kg N/ha. Obsada roślin wynosiła około 93–95 tys. szt./ha.

Do oceny wpływu analizowanych czynników przyjęto następujące cechy: poziom plonów, strukturę masy korzeni, zawartość mineralnych makroelementów oraz cechy wartości technologicznej wytworzonego surowca.

Wyliczono także „wydatek cukru białego” na podstawie wzoru:

$$W = Pol - 4,25 \times p - 1 \text{ (Dobrzycki, 1988).}$$

gdzie:

W — wydatek cukru,

Pol — zawartość cukru,

4,25 — współczynnik strat wyrażający stosunek zawartości cukru do popiołu dygestyjnego,

1 straty nieoznaczone.

Technologiczny plon cukru — wyliczony w oparciu o wzór :

$$\text{Plon technologiczny cukru (t/ha)} = \frac{\text{plon korzeni (t/ha)} \times \text{wydatek cukru białego (\%)}}{100\%}$$

Wyniki badań opracowano statystycznie z wykorzystaniem analizy wariancji i korelacji na poziomie $\alpha = 0,05$.

WYNIKI BADAŃ

Badania potwierdziły dotychczasowe doniesienia z piśmiennictwa o istotnym, wpływie zastosowania chlorku sodu na produktywność buraka cukrowego (tab. 1). W następstwie dolistnego dokarmiania chlorkiem sodu stwierdzono bowiem, że zarówno dawka chlorku sodu jak i termin nalistnego zastosowania mogą kształtować plon i niektóre cechy jego jakości. Chlorek sodu wpływał na plon korzeni i liści oraz biologiczną wydajność cukru. Kolejne dawki chlorku sodu spowodowały przyrosty plonu korzeni, w wartościach względnych w porównaniu do plonów wykształconych przez rośliny na obiekcie kontrolnym, odpowiednio o 6,1; 15,8 i 24%. Udowodniony statystycznie przyrost plonów

korzeni stwierdzono jedynie pod wpływem chlorku sodu w stężeniach 6 i 12%. Stężenia te spowodowały również istotne przyrosty masy liści. Pod wpływem nalistnego dokarmiania chlorkiem sodu przyrastała też masa pojedynczego korzenia. Wzrastające stężenia chlorku sodu wpływały na udowodnione przyrosty plonu biologicznego cukru. Nie stwierdzono natomiast udowodnionego wpływu zastosowanych stężeń na kształtowanie wartości współczynnika ulistnienia.

Tabela 1

Wpływ oprysku chlorkiem sodu na produktywność odmian buraka cukrowego
Effect of sodium chloride spraying on productivity of sugar beet varieties

Badany czynnik Variable studied		Plony t/ha Yields		Współczynnik ulistnienia Foliage coefficient	Biologiczny plon cukru Biological sugar yield t/ha	Masa korzenia mass of roots kg
		korzeni roots	liści leaves			
Odmiana Cultivar	Kristall	64,3	48,2	0,75	11,50	0,73
	Atair	68,4	40,1	0,59	12,57	0,80
	PN Mono 4	53,6	49,5	0,92	9,52	0,65
NIR $\alpha = 0,05$		3,8	3,2	0,15	0,52	0,05
LSD $\alpha = 0,05$						
Stężenie roztworu NaCl Concentration of NaCl solution (%)	0	55,8	41,5	0,74	9,86	0,57
	2	59,2	43,6	0,74	10,57	0,64
	6	64,6	46,5	0,72	11,76	0,77
	12	69,2	49,9	0,72	12,68	0,86
NIR $\alpha = 0,05$		4,3	3,7	r.n.	0,70	0,07
LSD $\alpha = 0,05$						
Termin oprysku Date of spraying	lipiec July	60,2	45,6	0,76	10,74	0,72
	sierpień August	62,7	43,8	0,70	11,37	0,75
	wrzesień September	64,2	47,7	0,74	11,59	0,78
NIR $\alpha = 0,05$		r.n.	r.n.	r.n.	0,75	r.n.
LSD $\alpha = 0,05$						

r.n. — Różnica nieistotna;
r.n. — Insignificant difference

Chlorek sodu zastosowany w stężeniach 2, 6 i 12% modyfikował strukturę masy korzeni (tab. 2). Stężenia 6 i 12% spowodowały zmniejszenie udziału korzeni drobnych, o masie do 600 g i zwiększenie udziału korzeni dużych — większych od 900 g. Nie stwierdzono natomiast udowodnionego wpływu zastosowanych stężeń na procentowy udział korzeni o masie od 600 do 900 g, czyli korzeni o najkorzystniejszej wartości technologicznej.

Chlorek sodu w stosowanych stężeniach wpływał też na zawartość suchej masy, sacharozy, popiołu i azotu alfa-aminowego (tab. 3). Korzenie buraków cukrowych po zastosowaniu dolistnego dokarmiania 6 i 12% chlorkiem sodu cechowały się wyższą zawartością suchej masy w stosunku do kontroli i do stężenia 2%. Zawartość sacharozy przyrastała jedynie istotnie pod wpływem roztworu 6% chlorku sodu, zarówno w odniesieniu do obiektu kontrolnego jak i do roztworu 2%. Zawartość popiołu przyrastała natomiast, podobnie jak suchej masy, pod wpływem stężeń 6 i 12%. Zastosowane wzrastające stężenia chlorku sodu powodowały udowodnione przyrosty koncentracji azotu

alfa-aminowego w stosunku do kontroli, lecz istotne różnice stwierdzono między stężeniami 2 i 12%. Istotne zmiany spowodowane pod wpływem różnych stężeń chlorku sodu, zawartości azotu alfa-aminowego i koncentracji popiołu, uzewnętrzniały się w wydatku cukru i w jego wydajności technologicznej. Dolistne dokarmianie chlorkiem sodu zwiększało wydatek cukru, lecz zróżnicowanie między stężeniami nie zostało udowodnione. Chlorek sodu w stężeniach 6 i 12% wpływał istotnie, dodatnio na technologiczny plon cukru.

Tabela 2

Wpływ oprysku chlorkiem sodu na strukturę masy korzeni
Effect of sodium chloride spraying on root mass structure

Badany czynnik Variable studied		Masa korzenia (g) Root mass				
		< 300	301–600	601–900	901–1200	>1200
Odmiana	Kristall	6,9	19,9	25,5	26,8	21,8
Cultivar	Atair	6,3	18,5	23,6	20,6	31,1
	PN Mono 4	8,4	24,8	26,8	16,9	23,1
NIR $\alpha = 0,05$		1,3	3,3	r.n.	3,9	3,7
LSD $\alpha = 0,05$						
Stężenie	0	10,2	28,7	23,1	20,8	17,2
roztworu NaCl	2	7,8	22,2	24,5	23,0	22,5
Concentration	6	6,0	18,7	27,5	24,2	23,6
of solution (%)	12	4,8	14,5	28,7	26,8	25,2
NIR $\alpha = 0,05$		2,8	6,4	r.n.	5,8	4,7
LSD $\alpha = 0,05$						
	lipiec	7,1	18,4	21,8	18,7	24,9
	July					
Termin oprysku	sierpień	7,0	22,3	28,0	21,6	24,0
Date of spraying	August					
	wrzesień	7,1	22,3	28,0	23,2	27,1
	September					
NIR $\alpha = 0,05$		r.n.	3,5	4,4	r.n.	r.n.
LSD $\alpha = 0,05$						

r.n. — Różnica nieistotna

r.n. — Insignificant difference

Na kształtowanie produktywności buraków i ich jakości technologicznej wpływał również termin dolistnego dokarmiania chlorkiem sodu. Udowodniony wpływ terminu dolistnego dokarmiania stwierdzono w odniesieniu do biologicznego plonu cukru oraz do struktury masy korzeni, a także ich wartości technologicznej (tab. 1, 2 i 3). Najkorzystniej na biologiczną wydajność cukru wpływał oprysk we wrześniu. Wówczas, biologiczny plon cukru był istotnie wyższy w porównaniu do aplikacji w lipcu, lecz nieistotnie przewyższał plon biologiczny pod wpływem oprysku wykonanego w sierpniu. Termin zastosowania chlorku sodu wpływał na udział korzeni o masie od 300 do 600 g i od 600 do 900 g. Najniższy procentowy udział w plonie obu tych frakcji korzeni stwierdzono przy lipcowym terminie oprysku. Zróżnicowanie zaś między opryskami wykonanymi w sierpniu i wrześniu było nieistotne. Ponadto, termin dolistnego dokarmiania modyfikował zawartość suchej masy, sacharozy, popiołu i azotu alfa-aminowego, a także wydatek cukru i jego technologiczną wydajność. Nalistne dokarmianie chlorkiem sodu w pierwszej dekadzie

września, w stosunku do terminów wcześniejszych, podnosiło zawartość suchej masy, a także popiołu i azotu alfa-aminowego. Na zawartość sacharozy najkorzystniej natomiast wpływał oprysk wykonany w sierpniu. Sierpniowy termin nalistnego oprysku korzystnie wpływał też na „wydatek cukru” i technologiczną jego wydajność.

Tabela 3

Wpływ oprysku chlorkiem sodu na niektóre cechy jakości plonu i wydatek cukru
Effect of sodium chloride spraying on some yield value parameters and sugar yield

Badany czynnik Variable studied		Zawartość w korzeniach Content in roots				Wydatek cukru sugar yield %	Technologiczny plon cukru Technological sugar yield t/ha
		suchej masy dry matter (%)	cukru sucrose (%)	popiołu ash	N alfa- aminowego alpha-amino N		
Odmiana Cultivar	Kristall	24,60	17,89	0,52	2,39	15,45	9,93
	Atair	25,72	18,38	0,54	2,42	16,62	11,38
	PN Mono 4	25,24	17,70	0,62	2,86	15,01	8,04
NIR $\alpha = 0,05$		0,07	0,10	0,004	0,09	0,40	0,57
LSD $\alpha = 0,05$							
Stężenie roztworu NaCl Concentration of solution (%)	0	24,96	17,68	0,56	2,25	14,65	8,49
	2	24,98	17,85	0,56	2,53	15,21	8,67
	6	25,28	18,21	0,57	2,57	15,31	9,89
	12	25,98	18,32	0,58	2,89	15,17	10,49
NIR $\alpha = 0,05$		0,08	0,18	0,004	0,11	0,35	0,45
LSD $\alpha = 0,05$							
Termin oprysku Date of spraying	lipiec July	25,12	17,85	0,55	2,18	16,30	9,81
	sierpień August	24,86	18,13	0,56	2,49	15,48	9,70
	wrzesień September	25,59	18,06	0,58	3,01	15,22	9,77
NIR $\alpha = 0,05$		0,07	0,15	0,004	0,09	0,30	r.n.
LSD $\alpha = 0,05$							

r.n. — Różnica nieistotna

r.n. — Insignificant difference

Sód zawarty w korzeniach istotnie dodatnio warunkował plon korzeni i liści, lecz ujemnie korelował z zawartością cukru i jego „wydatkiem” (tab. 4). Zawartość sodu w korzeniach nie wpływała na technologiczny plon cukru. Koncentracja sodu w liściach korelowała dodatnio z plonem korzeni, zawartością cukru, jego wydatkiem i technologicznym plonem cukru.

Badania potwierdziły, wielokrotnie podkreślany przez innych autorów, istotny wpływ genotypu odmian na produktywność buraka cukrowego i kształtowanie cech wartości technologicznej wytworzonego surowca (Prośba-Białczyk, Mydlarski 1999, 2001; Wiśniewski, 1994). Uprawiane w doświadczeniu odmiany buraka różniły się poziomem plonów korzeni, liści, strukturą masy korzeni, biologiczną i technologiczną wydajnością cukru oraz zawartością suchej masy, sacharozy, popiołu i azotu alfa-aminowego (tab. 1, 2 i 3). Najwyższą plennością i biologiczną oraz technologiczną wydajnością cukru cechowała się odmiana Atair. Korzenie tej odmiany miały również najwyższą masę, a także zawierały najwięcej sacharozy.

Tabela 4

Współczynniki korelacji między zawartością sodu w korzeniach i w liściach a plonowaniem i wydajnością cukru
Coefficients of straight correlation of sodium content in roots and leaves of sugar beet with yielding and white sugar yield

Zawartość Na Content of Na	Plon Yield		Zawartość cukru Content of sucrose	Wydatek cukru białego Yield of sucrose	Technologiczny plon cukru Technological sugar yield
Część rośliny Part of plant	liście leaves	korzenie roots			
Korzenie Roots	0,65***	0,39***	-0,55***	-0,67***	-0,01
Liście Leaves	-0,09	0,59***	0,25**	0,24**	0,52***

r — Istotne na poziomie ufności $\alpha = 0,05$

r — Significant at level $\alpha = 0.05$

** $\alpha = 0,01$

*** $\alpha = 0,001$

Tabela 5

Wpływ chlorku sodu na zawartość mineralnych makroskładników (% s.m.)
Effect of sodium chloride on content of mineral macroelements (d.m. %)

Makroelementy Macroelements	Stężenie NaCl NaCl concentration (%)				NIR $\alpha = 0,05$ LSD $\alpha = 0.05$
	0	2	6	12	
Azot Nitrogen	0,55	0,56	0,62	0,65	0,04
Fosfor Phosphorus	0,172	0,169	0,158	0,155	0,004
Potas Potassium	0,65	0,67	0,70	0,71	0,03
Sód Sodium	0,052	0,060	0,071	0,076	0,005
Wapń Calcium	0,13	0,14	0,013	0,014	r.n.
Magnez Magnesium	0,22	0,20	0,19	0,20	0,01

r.n. — Różnica nieistotna

r.n.. — Insignificant difference

Chlorek sodu zastosowany w analizowanych stężeniach powodował zmiany zawartości niektórych mineralnych makroskładników w korzeniach (tab. 5). Pod wpływem wzrastających dawek chlorku sodu istotnie wzrastała zawartość azotu, potasu i sodu, a zmniejszała się zawartość fosforu i magnezu. Nie stwierdzono wpływu stężeń chlorku sodu na koncentrację wapnia.

WNIOSKI

1. Nalistne dokarmianie buraka cukrowego chlorkiem sodu wpływa dodatnio na poziom plonów korzeni i liści, strukturę masy korzeni oraz biologiczną i technologiczną wydajność cukru.

2. Stężenia i terminy stosowania chlorku sodu kształtują strukturę masy korzeni i ich wartość technologiczną. Chlorek sodu wpływa korzystnie na masę korzeni. Stężenie 12% chlorkiem sodu zwiększa zawartość suchej masy, popiołu i azotu alfa-aminowego, lecz nie wpływa ujemnie na wzrost koncentracji cukru i jego „wydatek”.
3. Pod wpływem wzrastających dawek chlorku sodu w korzeniach wzrasta koncentracja azotu, potasu i sodu, a zmniejsza fosforu i magnezu. Sód zawarty w korzeniach istotnie dodatnio koreluje z plonem korzeni, lecz ujemnie wpływa na zawartość cukru i jego wydatek.

LITERATURA

- Allison M. N., Chapman J. L., Garat C. E., Todd A. D. 1997. The potassium, sodium, magnesium, calcium and phosphate nutrition of sugar beet (*Beta vulgaris*) grown on soils containing incorporated straw. *J. Sci. Food Agric.* 74/2: 216 — 220.
- Baumeister W. 1960. Das Natrium als Pflanzennährstoff. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Dobrzycki J. (red.) 1988. Poradnik Inżyniera „Cukrownictwo”. Praca zbior. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Durrant M. J., Draycott A. P., Payne P. A. 1974. Some effects of sodium chloride on germination and seedling growth of sugar beet. *Annals of Botany.* 38/158: 1045 — 1051.
- Fotyma M., Mercik S. 1992. *Chemia rolna*. PWN, Warszawa.
- Genkel P., Bakonova L. 1974. The stimulating effect of small rates of sodium chloride on sugar beet. *Fiziologija Rastonii* 21, z. 4: 812 — 818.
- Goh K., Magat S. 1989. Sodium chloride increases the yield of fodder beet (*Beta vulgaris* L.) in two New Zealand soils. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 32: 133 — 137.
- Kirkby E. A., Armstrong M. J., Milford G. F. 1987. The absorption and physiological role of P and K in sugar beet plant with reference to the function of Na and Mg. 50th. Winter Congress II RB, Bruxelles: 1 — 25.
- Korczewski M., Majewski F. 1934. Względna wartość pokarmowa sodu w porównaniu z potasem. *Rocz. Nauk Rol. i Leśnych*. t. 31, Poznań: 141 — 166.
- Philips C., Chiy P. 1995. *Sodium in agriculture*. Chalcombe Publications, United Kingston.
- Prośba-Białczyk U., Mydlarski M. 1999. Wpływ dolistnego stosowania chlorku sodu na plonowanie i wartość technologiczną korzeni buraka cukrowego. *Komunikat. Fragm. Agron.* 2: 23 — 31.
- Prośba-Białczyk U., Regiec P., Mydlarski M. 2001. Impact of nitrogen fertilisation on the technological value of sugar beet cultivar roots. *Agronomy*, 4. <http://www.ejpau.media.pl/series/volume4/issue1/agronomy/art-03.html>
- Warchołowa M. 1971. Wpływ Na i K na transpirację, asymilację pozorną i gromadzenie cukru przez buraki cukrowe. *Pam. Puł.* 47: 199 — 214.
- Wiśniewski W. 1994. Dynamika wzrostu i pobierania składników pokarmowych przez buraki cukrowe i pastewne z uwzględnieniem ich jakości. *Hod. Rośl. Aklim.* 38, 1/2: 3 — 41.

CEZARY KWIATKOWSKIKatedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin
Akademia Rolnicza, Lublin

Zawartość niektórych składników pokarmowych i mineralnych w korzeniach i liściach buraka cukrowego w zależności od poziomu agrotechniki

The contents of some nutrients and mineral components in the sugar beet roots and leaves depending on the agricultural level

W pracy przedstawiono wpływ zróżnicowanej liczby mechanicznych zabiegów pielęgnacyjnych w uprawie buraka cukrowego na zawartość składników pokarmowych i mineralnych w korzeniach i liściach tej rośliny. Analizowano również kształtowanie się składu pokarmowego i mineralnego buraka w zależności od poziomu agrotechniki. Dowiedziono, że zawartość składników pokarmowych oraz mineralnych zależała głównie od warunków atmosferycznych. Stosowanie intensywnej agrotechniki modyfikowało jedynie zawartość tłuszczu surowego w liściach. Zwalczanie chwastów w okresie od wschodów do zwarcia się rzędów buraka wpływało pozytywnie na zawartość substancji bezazotowych wyciągowych w korzeniach i tłuszczu surowego w liściach.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, poziom agrotechniki, składniki mineralne, składniki pokarmowe, zabiegi pielęgnacyjne

The paper presents results regarding the relation between number of mechanical cultivation measures in sugar beet cultivation and the content of nutrients and mineral components in roots and leaves. The effect of agricultural level on growth, nutrients and mineral components changes was analyzed too. It has been proven that content of nutrients and mineral components depended mostly on whether conditions. The intensive cultivation changed only crude fat content in leaves. Weed control from emergence to shading the ground phase had a positive influence on the content of nitrogen free extract in roots as well as on the content of crude fat in leaves.

Key words: agricultural level, cultivation measures, mineral components, nutrients, sugar beet

WSTĘP

Burak cukrowy w warunkach Polski jest jedynym surowcem dla przemysłu cukrowniczego, ale ma też ogromne znaczenie dla całej gospodarki rolnej (Podlaska, Podlaski, 1994). Jego uprawa sprzyja podnoszeniu kultury gleby, zaś dostarczone produkty uboczne

(liście, wysłodki i melasa) mogą stanowić poważny udział w bilansie paszowym każdego gospodarstwa (Gutmański, Musolff, 1990). Ostatnio mówi się nawet o przeznaczeniu buraków cukrowych w całości na paszę w formie świeżej lub przetworzonej na kiszonkę, a jeszcze lepiej susz, który jest poszukiwanym artykułem na rynku krajowym oraz za granicą (Thomas, 1992). Niebagatelny wpływ na plon i wartość technologiczną buraka odgrywa zachwaszczenie wtórne jego plantacji oraz poziom nawożenia (Wesołowski, 1989). Korzenie buraków zebrane z zachwaszczonych plantacji zawierają większą ilość azotu alfa-aminowego, potasu i sodu, a liście buraczane wykazują mniejszą wartość paszową. Zwiększone nawożenie mineralne (NPK) powoduje wzrost zawartości składników mineralnych, chociaż głównie w liściach (Trybała i in., 1982), czy też wzrost zawartości białka w korzeniach i liściach (Gruszka, 1982).

Celem niniejszych badań było określenie wpływu częstotliwości mechanicznego zwalczania chwastów i poziomu agrotechniki na zawartość składników pokarmowych i mineralnych w korzeniach i liściach buraka cukrowego.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe z uprawą buraka cukrowego prowadzono w latach 1993–1995 w Gospodarstwie Doświadczalnym Czesławice (Akademia Rolnicza w Lublinie), na glebie płowej wytworzonej z lessu, charakteryzującej się kwaśnym odczynem, bardzo wysoką zawartością magnezu, wysoką fosforu, średnią potasu i 1,28% próchnicy. Eksperyment zakładano metodą bloków losowanych, w 4 powtórzeniach, o wielkości poletek 20 m². Uwzględnił on dwa czynniki, a mianowicie:

1. Okres przebywania chwastów w łanie
 - A. jednokrotne zwalczanie chwastów w momencie przerywki (obiekt kontrolny),
 - B. wielokrotne zwalczanie chwastów od fazy wschodów do zwarcia się rzędów buraka,
 - C. wielokrotne zwalczanie chwastów od fazy 2 liści do zwarcia się rzędów buraka,
 - D. wielokrotne zwalczanie chwastów od fazy 4 liści do zwarcia się rzędów buraka,
 - E. wielokrotne zwalczanie chwastów od fazy 6 liści do zwarcia się rzędów buraka.
2. Poziom agrotechniki
 - I. ekstensywny — zaprawianie nasion, nawożenie mineralne NPK,
 - II. intensywny — zaprawianie nasion, nawożenie mineralne 1,5 NPK + mikroelementy oraz stosowanie fungicydów i insektycydów.

Burak cukrowy, odmiany PN Mono 4, uprawiano w stanowisku po owsie, w rozstawie rzędów 50 x 30 cm. Uprawa roli pod niego była typowa. Nawożenie mineralne w kg czystego składnika na 1 ha wynosiło: w wariancie NPK — N — 120, P₂O₅ — 90, K₂O — 180; w wariancie 1,5 NPK — N — 180, P₂O₅ — 135, K₂O — 270 oraz B (boraks) — 2. Oprócz nawozów mineralnych stosowano w obu wariantach obornik w dawce 30 t ha⁻¹.

W zespole uprawek pielęgnacyjnych na poletkach z intensywnym poziomem agrotechniki stosowano mikroelementy (Mo, Zn, Mg, Na) w postaci nawozu Florogama B (3 l·ha⁻¹) oraz Decis (0,25 l·ha⁻¹) i Dithane (2 kg·ha⁻¹).

Chwasty na wszystkich poletkach buraka cukrowego zwalczano ręczną motyczką. Przyjęte założenia metodyczne pracy w sposób naturalny różnicowały liczbę i długość okresu motyczeń poszczególnych obiektów. I tak na obiekcie A motyczenie wykonano raz, na obiekcie B od 8 do 10 razy przez okres 47–60 dni, a na pozostałych obiektach odpowiednio: C — 7–8 razy i 42–56 dni, D — 6–7 razy i 38–51 dni, E — 5 razy i 33–44 dni. Różnice w liczbie i długości okresów motyczeń wynikały z odmiennego tempa wzrostu buraków w poszczególnych latach badań.

Przedmiotem badań były próbki korzeni i liści buraka (średnia z 30 roślin) pobrane z poszczególnych poletek w celu oznaczenia składu pokarmowego i mineralnego tych organów. Analizy chemiczne korzeni i liści wykonano w Centralnym Laboratorium Aparaturowym Akademii Rolniczej w Lublinie. Obejmowały one oznaczenie zawartości: białka surowego, N ogólnego metodą Kiejdahla, tłuszczu surowego metodą Soxletta, włókna surowego metodą hydrolizy kwaśnej, popiołu surowego poprzez spalanie w piecu muflowym, K_2O , MgO , Na_2O , CaO metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej (przy użyciu aparatu ASA).

Wyniki badań opracowano statystycznie określając istotność różnic testem Tukeya.

WYNIKI

Zawartość składników pokarmowych w korzeniach i liściach buraka cukrowego istotnie modyfikowały z reguły lata badań, rzadziej okres przebywania chwastów w łanie, a w jednym tylko przypadku poziom agrotechniki (tab. 1). Nadto zawartość wymienionych składników w korzeniach kształtowała się bardziej pod wpływem czynników losowych (brak istotnych różnic) niż w liściach.

Potwierdzeniem tego jest fakt, iż w korzeniach jedynie białko surowe układało się pod wpływem lat oraz bezazotowe wyciągowe pod wpływem przebywania chwastów w łanie. Inne składniki w korzeniach gromadziły się niezależnie od czynników eksperymentu, a zupełny brak wpływu na całkowity zestaw składników pokarmowych korzeni wykazywały poziomy agrotechniki.

Średnia zawartość białka surowego w korzeniach wynosiła 5,82%, a istotnie największa była w 1995 roku — 6,07%. Udział tego składnika wykazywał tendencje wzrostowe w ślad za zwiększającą się liczbą gracowań poletek oraz spadkiem poziomu agrotechniki.

W korzeniach buraka podobne tendencje do zawartości białka miały także włókno surowe i tłuszcz surowy, których przeciętna zawartość wynosiła odpowiednio 5,91% i 0,52%. Natomiast nieco odmiennie układała się zasobność korzeni w popiół surowy i substancje bezazotowe wyciągowe. Pierwszy ze składników nie reagował zupełnie na okres przebywania chwastów w łanie, podnosząc swą zawartość pod wpływem intensywnej agrotechniki. Z kolei substancje bezazotowe wyciągowe nasilały swe występowanie w warunkach zwiększonej liczby gracowań oraz pod wpływem zwiększonego nawożenia i pestycydów. Analizując zawartość składników pokarmowych w liściach buraka należy podkreślić, że ich udział zmieniały istotnie lata badań (tab. 1). Okresy zwalczania chwastów oraz poziomy agrotechniki wpływały znamienne tylko na zawartość tłuszczu.

Zawartość niektórych składników pokarmowych w % suchej masy w korzeniach i liściach buraka cukrowego
Contents of some nutrients in sugar beet's roots and leaves in % of dry mass

I — Poziom ekstensywny
I — Extensive level
II — Poziom intensywny
II — Intensive level

Tabela 2

Zawartość niektórych składników mineralnych w korzeniach i liściach buraka cukrowego w % suchej masy
Contents of some mineral components in sugar beet's roots and leaves in % of dry mass

Wyszczególnienie Specification		Korzenie Roots					Liście Leaves				
		N ogólny total N	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	N ogólny total N	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O
Lata Years	1993	0,91	0,82	0,23	0,18	0,080	3,05	5,70	1,22	0,82	2,53
	1994	1,05	0,84	0,25	0,19	0,098	2,80	5,19	1,22	0,90	1,77
	1995	1,05	0,91	0,25	0,19	0,105	2,91	6,00	1,47	1,10	1,81
Okresy zwalczania chwastów Period of weed removal	A	0,89	0,87	0,23	0,19	0,089	2,83	5,48	1,30	0,88	1,77
	B	1,09	0,89	0,26	0,19	0,106	3,09	5,74	1,43	1,02	2,31
	C	1,13	0,84	0,27	0,19	0,097	2,99	5,61	1,27	1,00	2,22
	D	1,00	0,87	0,25	0,19	0,093	2,86	5,81	1,38	0,92	2,11
	E	0,91	0,83	0,24	0,17	0,087	2,86	5,53	1,14	0,88	1,76
Poziom agrotechniki Agricultural level	I	0,99	0,88	0,24	0,18	0,092	2,91	5,72	1,34	0,91	2,01
	II	1,02	0,83	0,25	0,19	0,097	2,93	5,55	1,27	0,97	2,06
NIR (p = 0,05) pomiędzy latami LSD (p = 0,05) between years		0,08		0,01		0,010	0,11	0,41	0,19	0,10	0,08

I — Poziom ekstensywny

I — Extensive level

II — Poziom intensywny

II — Intensive level

Składnik ten miał największy udział w liściach wtedy, gdy pielenie buraka trwało od wschodów do zwarcia rzędów oraz wówczas, gdy zastosowano niższy poziom agrotechniki. Natomiast przeciętna zawartość tłuszczu w analizowanych organach buraka była wyraźnie większa niż w korzeniach i wynosiła 2,45%.

Zasobność liści w białko, włókno, popiół i substancje bezazotowe wyciągowe kształtowała się niezależnie od czynników doświadczenia. Ich ilości, z wyjątkiem bezazotowych wyciągowych, były większe niż w korzeniach i w kolejności średnio wynosiły: 15,49%, 10,09%, 19,42% i 51,19%.

Skład mineralny korzeni i liści buraka cukrowego zmieniały istotnie tylko lata badań (tab. 2). Wprowadzone czynniki eksperymentalne, tzn. terminy rozpoczęcia i czas trwania pielęgnacji międzyrzędzi oraz poziomy agrotechniki z reguły nie wywoływały kierunkowych zmian w układzie badanych składników mineralnych korzeni i liści buraka cukrowego. O takich zmianach można mówić jedynie w przypadku sodu, którego zawartość wykazywała tendencje wzrostowe w obydwu organach rośliny uprawnej pod wpływem częstego pielenia międzyrzędzi, a także w przypadku magnezu, który zachowywał się podobnie w liściach. Wyższy poziom agrotechniki niemal zupełnie nie zmieniał składu mineralnego korzeni. W przypadku liści jego wpływ w postaci tendencji wzrostowych odnosił się do sodu i magnezu, natomiast w formie tendencji spadkowych do potasu i wapnia.

Zawartość składników mineralnych w korzeniach była zdecydowanie mniejsza, w porównaniu z liśćmi. Średnia zawartość azotu ogólnego, potasu, wapnia, magnezu i sodu wynosiła odpowiednio: korzenie — 1,00%, 0,86%, 0,25%, 0,19% i 0,094%; liście — 2,92%, 5,63%, 1,30%, 0,94% i 2,03% (tab. 2).

DYSKUSJA

Podsumowując rezultaty badawcze należy stwierdzić, że zawartość składników pokarmowych i mineralnych w korzeniach i liściach buraka cukrowego ulegała zróżnicowaniu głównie pod wpływem warunków atmosferycznych. Poziomy agrotechniki wywierały istotny wpływ jedynie na zawartość tłuszczu surowego w liściach buraka a okresy pobytu chwastów w łanie na zawartość substancji bezazotowych w korzeniach i tłuszczu surowego w liściach. Otrzymane rezultaty są zgodne z wynikami oznaczeń Trybały, Buniaka i Małkiewicza (1982). Zdaniem wymienionych autorów głównymi modyfikatorami składu chemicznego korzeni buraka cukrowego są czynniki klimatyczne i glebowe, a dopiero w dalszej kolejności czynniki agrotechniczne (nawożenie i nawadnianie). Nadto wzrastające nawożenie mineralne w badaniach Trybały i wsp. (1982) obniżało wartość technologiczną korzeni buraków, gdyż zwiększało w nich, podobnie jak w omawianym doświadczeniu, udział popiołu rozpuszczalnego i sodu. Wyższe dawki nawozów w doświadczeniu Dzieżycy i Buniaka (1976) zwiększały zawartość azotu w roślinach buraka, czyli oddziaływały identycznie jak w niniejszych badaniach.

Plon technologiczny i skład pokarmowy buraka cukrowego zależy przede wszystkim od właściwości fizycznych tej rośliny oraz odmiany (Longden, 1993), ale zawartość

składników pokarmowych w tym popiołu w korzeniach najbardziej zależą od czynników środowiskowych (Bzowska-Bakalarz, 1987).

WNIOSKI

1. Zawartość składników pokarmowych (białko, włókno, tłuszcz i popiół surowy) oraz mineralnych (N, K₂O, CaO, MgO i Na₂O) była wyraźnie większa w liściach niż korzeniach buraka cukrowego.
2. Skład pokarmowy i mineralny korzeni i liści buraka cukrowego modyfikowały głównie warunki atmosferyczne. Intensywny poziom agrotechniki wywierał istotny wpływ jedynie na zawartość tłuszczu surowego w liściach, a długotrwałe pielęgnowanie międzyrzędzi buraka (od fazy wschodów do zwarcia się rzędów) oddziaływało na zawartość substancji bezazotowych w korzeniach i tłuszczu surowego w liściach.

LITERATURA

- Bzowska-Bakalarz M. 1987. Badania niektórych właściwości fizycznych korzeni buraków cukrowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 316: 17 — 23.
- Dzieżyc J., Buniak W. 1976. Zawartość i pobieranie składników mineralnych przez wybrane odmiany buraków, ziemniaków i kapusty w różnych warunkach wodno-nawozowych na glebach lekkich. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 181: 328 — 335.
- Gruszka J. 1982. Wpływ deszczowania przy różnych poziomach nawożenia mineralnego na plonowanie oraz wartość technologiczną i paszową buraków cukrowych i ziemniaków. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 236: 167 — 172.
- Gutmański J., Musolff M. 1990. Plon i jakość przetwórcza buraka cukrowego w zależności od uprawy roli i poziomu nawożenia fosforowo-potasowego. Roczn. Nauk Rol. Seria A, t. 108, z. 3: 118 — 123.
- Longden P. 1993. Weed beet a review. Aspects of Applied Biology, No 35, 20 ref.: 30 — 32.
- Podlaska J., Podlaski S. 1994. Kierunki zmian w technologii produkcji buraka cukrowego. Post. Nauk Rol. 5: 15 — 20.
- Thomas T. 1992. Sugar beet protection current strategies and future perspective. F.O. Lichts. World Sugar and Sweetener Yearbook: 3 — 20.
- Trybała M., Buniak W., Małkiewicz H. 1982. Wpływ deszczowania i zróżnicowanego nawożenia na wartość użytkową buraków cukrowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 236: 77 — 185.
- Wesołowski M. 1989. Okres przebywania chwastów w łanie a plonowanie buraka cukrowego. Annales UMCS, Sectio E, vol. XLIV, 2: 7 — 12.

ZDZISŁAW WYSZYŃSKI¹**MARIANNA KALINOWSKA-ZDUN**¹**BARBARA ROSZKOWSKA**²**ZBIGNIEW LAUDAŃSKI**³**DARIUSZ GOZDOWSKI**¹¹ Katedra Agronomii, Zakład Szczegółowej Uprawy Roślin SGGW, Warszawa² Katedra Mikroekonomii, Uniwersytet w Białymstoku³ Katedra Statystyki Matematycznej i Doświadczalnictwa SGGW, Warszawa

Plony i jakość korzeni buraka cukrowego na plantacjach produkcyjnych w zależności od nawożenia mineralnego, pH i zasobności gleb w fosfor i potas

Yields and quality of sugar beet roots on production plantations in dependence on mineral fertilization, pH and contents of available soil phosphorus and potassium

W latach 1992–1995 przeprowadzono badania na łącznie 187 plantacjach produkcyjnych buraka cukrowego zlokalizowanych w woj. podlaskim (cukrownia Łapy) i w latach 2000–2001 na 155 plantacjach w woj. łódzkim (cukrownie Dobrzelin i Leśmierz). Oceniono plon korzeni i zawartość cukru w zależności od 3 cech gleby — pH, zasobność w fosfor i potas oraz od czynników nawożenia N, P i K. Wyznaczono średnie arytmetyczne badanych cech według szeregu rozdziałowego dla określonych przedziałów poziomów czynników. Ponadto oceniono zależności plonu korzeni i zawartości cukru od badanych czynników metodą regresji wieloczynnikowej liniowej. Stwierdzono, że plon korzeni jest w większym stopniu determinowany przez badane czynniki ($R^2 = 0,27$) niż zawartość cukru ($R^2 = 0,10$). Wszystkie czynniki wpływały istotnie na kształtowanie się plonu korzeni, a największe oddziaływanie wykazywały pH gleb (36,6% wpływu), nawożenie azotem (19,3%) oraz nawożenie potasem (13,5%). Zawartość cukru istotnie zależała od pH gleb, oraz dawek azotu i potasu, które to czynniki łącznie wypełniały 80,9% zmienności tej cechy.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, pH gleb, plon korzeni, fosfor, potas, azot, zawartość cukru

During the years 1992–1995 a research was conducted on 187 production plantations of sugar beet located in Podlaskan voivodship (near sugar factory — Łapy) and during the period of 2000–2001 — on 155 ones situated in Łódź voivodship (near factories: Dobrzelin and Leśmierz). Yields of roots and sugar content were evaluated, in dependence on 3 soil factors — pH, phosphorus and potassium contents and NPK fertilization. Arithmetic means for the analyzed features were calculated from the frequency distributions for various level intervals of the factors. Furthermore, relationships between root yield or sugar content and the analyzed factors were evaluated using the linear factorial regression

analysis. The yield of root was more intensely determined by the specified factors ($R^2 = 0.27$) than the sugar content ($R^2 = 0.10$). All the analyzed factors significantly affected root yield and the highest effect was exerted by soil pH (36.6%), nitrogen fertilization (19.3%) and potassium fertilization (13.5%). The sugar content significantly depended only on soil pH and nitrogen and potassium rates, the factors contributed jointly with 80.9% to the total variability of this feature.

Keywords: nitrogen, phosphorus, potassium, soil pH, sugar beet, sugar content, yield of roots

WSTĘP

Środowisko, genotyp i czynniki technologii produkcji kształtują plonowanie buraków cukrowych. Ustalenie ilościowego i jakościowego wpływu tych czynników i ich współdziałań na plon i wartość technologiczną korzeni jest podmiotem wielu badań (Draycott, 1972; Draycott, Durrant, 1976; Draycott, i in., 1997; Kalinowska-Zdun, Wyszynski, 1984, 1985; Wyszynski, 1986; Klepacki, 1997; Roszkowska, 1998).

Burak cukrowy jest gatunkiem rolniczym o największej produkcji s.m. z 1 ha. Ma też wielkie znaczenie ekologiczne: pochłania bardzo dużo CO_2 produkując dużo tlenu, ma wysoką efektywność fotosyntetyczną. W przyszłości może być również surowcem dla produkcji energii odtwarzalnej. Toteż optymalne pokrycie potrzeb żywieniowych związane z zasobnością środowiska i technologiami produkcji ma znaczenie dla pozyskiwania dużych i jakościowo dobrych plonów (Trzebiński, Cieśla, 1979; Wyszynski, Kalinowska-Zdun, 1991; Wyszynski i in., 1998, 1999, 2002).

Celem pracy była ocena wielkości i zależności plonu korzeni oraz zawartości cukru od odczynu i zasobności gleb w fosfor i potas oraz od poziomów nawożenia azotem, fosforem i potasem.

MATERIAŁ I METODY

W latach 1992–1995 wykonano badania na łącznie 187 plantacjach produkcyjnych buraka cukrowego zlokalizowanych w woj. podlaskim (cukrownia Łapy), a w okresie 2000–2001 na 155 plantacjach w woj. łódzkim (cukrownie Dobrzelin i Leśmierz). Dokumentem każdej plantacji była karta technologiczna, zawierająca szczegółową charakterystykę środowiska i technologii produkcji od wyboru przedplonu do zbioru buraków. Informacje weryfikowano poprzez 3–4-krotne wywiady z każdym rolnikiem. W okresie zbioru z każdej plantacji pobrano próby korzeni i gleby. W korzeniach oceniano zawartość cukru, a w glebie zasobność w fosfor i potas oraz pH w 1 N KCl. Plantacje mierzono przed zbiorem a dane o plonie korzeni pozyskano z cukrowni.

Analizę danych przeprowadzono oddzielnie dla każdego z cykli badawczych. Wyznaczono średnie arytmetyczne badanych cech według szeregu rozdzielczego dla określonych przedziałów poziomów czynników. Wydzielono 5 poziomów zasobności gleb w fosfor i potas (b. niska, niska, średnia, wysoka i b. wysoka) i 5 poziomów pH (od wartości poniżej 5,0 co 0,5 do powyżej 6,5). Przy ocenie wpływu nawożenia N, P i K wyodrębniono cztery przedziały dawek w kg/ha:

N	≤ 120	121–160	161–200	> 200
P_2O_5 i K_2O	≤ 80	81–120	121–160	> 160

Ponadto zastosowano metodę regresji wielokrotnej liniowej w ocenie statystycznej wpływu badanych czynników na plon i zawartość cukru w korzeniach. Estymowane funkcje regresji dla zależności plonu korzeni i zawartości cukru od 6 badanych czynników obejmowały łączne wyniki ze wszystkich lat badań. Celem otrzymania oceny udziału poszczególnych czynników w kształtowaniu plonu korzeni i zawartości cukru uzyskane współczynniki regresji na danych standaryzowanych, zsumowano i policzono udział (w %) w tak otrzymanej sumie każdego z badanych czynników.

WYNIKI

Z grupy czynników charakteryzujących warunki glebowe największy wpływ na plon korzeni w obydwu cyklach badań wykazała kwasowość gleb (tab. 1).

Tabela 1

Plon korzeni i zawartość cukru w zależności od pH i zasobności gleb w K_2O i P_2O_5
Root yield and sugar content in dependence on pH and contents of available soil K_2O and P_2O_5

Wyszczególnienie Specification	Plon w t/ha Yield in t/ha		Zawartość cukru w % Sugar content in %		Udział plantacji w % Share of plantations in %	
	1992–1995	2000–2001	1992–1995	2000–2001	1992–1995	2000–2001
PH						
≤ 5,0	35,5	38,2	15,7	17,7	31,6	13,5
5,1–5,5	39,8	43,8	16,0	18,3	19,3	14,8
5,6–6,0	39,4	50,0	15,9	17,9	23,0	21,9
6,1–6,5	44,3	53,2	15,8	18,5	13,9	16,8
> 6,5	43,0	52,4	15,8	17,7	12,3	32,9
Poziom zasobności gleb w P_2O_5 Soil fertility in P_2O_5						
Bardzo niska — very low	37,1	40,7	16,3	19,2	10,2	3,2
Niska — low	38,1	43,4	16,0	18,4	39,0	14,2
Średnia — medium	40,7	49,3	15,6	18,1	26,2	35,5
Wysoka — high	39,7	51,3	15,8	18,0	12,8	20,0
Bardzo wysoka — very high	42,1	49,9	15,5	17,4	11,8	27,1
Poziom zasobności gleb w K_2O Soil fertility in K_2O						
Bardzo niska — very low	38,0	45,1	15,8	18,9	9,1	3,2
Niska — low	37,7	44,5	15,9	17,9	35,3	28,4
Średnia — medium	39,4	49,3	15,9	18,0	34,8	31,0
Wysoka — high	43,3	52,4	15,8	18,3	9,1	20,6
Bardzo wysoka — very high	42,5	51,3	15,4	17,5	11,8	16,8

Największe plony korzeni uzyskano z plantacji o pH od 6,1 do 6,5. W latach 1992–1995 były one większe o 8,7 t/ha (24,5%), a w latach 2000–2001 o 15 t/ha (39,4%) w porównaniu z plonem z plantacji o pH poniżej 5,0. Wyraźnie mniejsze różnice w plonach korzeni stwierdzono na tle wyróżnionych przedziałów zasobności gleb w P_2O_5 i K_2O . Średnio za lata 1992–1995 z pól o zasobności bardzo wysokiej i bardzo niskiej różnice wynosiły 5,0 t/ha (13,4%) dla fosforu i 4,4 t/ha (11,6%) dla potasu, a w latach 2000–2001 odpowiednio 9,2 t/ha (22,6%) i 6,2 t/ha (13,7%). Wpływ zasobności gleb w fosfor był nieco większy w porównaniu z oddziaływaniem zasobności gleb w potas. Korzenie buraków z

plantacji o mniejszym poziomie plonowania zawierały więcej cukru. Na uwagę zasługuje fakt, że gleby o niskim pH charakteryzowały się małym plonem korzeni i niską zawartością cukru (tab. 1).

Należy podkreślić znaczny udział plantacji założonych na glebach kwaśnych i bardzo kwaśnych oraz o niskiej zasobności w składniki pokarmowe. W latach 1992–1995 udział plantacji o glebach o pH poniżej 5,5 przekroczył 50%, a o niskiej i bardzo niskiej zasobności w fosfor i potas odpowiednio 49,2 i 44,4%. W latach 2000–2001 plantacje na glebach o pH niższym od 5,5 stanowiły 28,3% ogółu, a o niskiej zasobności w fosfor i potas odpowiednio 17,4 i 31,6%. Większe plony korzeni uzyskane w latach 2000–2001 można tłumaczyć m.in. poziomem analizowanych cech gleby bardziej odpowiadającym wymaganiom buraków.

Z czynników nawożenia mineralnego największe zróżnicowanie plonów korzeni obserwowano pod wpływem nawożenia azotem (tab. 2). W jednym i drugim okresie badań stwierdzono wzrost plonu korzeni do dawek ponad 200 kg N/ha. Na tych plantacjach w latach 1992–1995 przyrost plonu korzeni w porównaniu z polami o dawkach azotu poniżej 120 kg wyniósł 8,6 t/ha (26,1%), a w okresie 2000–2001 aż 15,3 t/ha (37,4%).

Tabela 2

Plon korzeni i zawartość cukru w zależności od nawożenia azotem, fosforem i potasem
Root yield and sugar content in dependence on nitrogen, phosphorus and potassium fertilization

Dawki w kg/ha Rate in kg/ha	Plon korzeni w t/ha Root yield in t/ha		Zawartość cukru w % Sugar content in %		Procentowy udział plantacji Percentage of plantations	
	1992–1995	2000–2001	1992–1995	2000–2001	1992–1995	2000–2001
N						
≤120	33,0	40,9	16,5	17,5	9,6	20,0
121-160	37,2	48,5	16,1	18,2	17,6	23,9
161-200	39,4	47,6	15,7	17,9	27,3	29,7
>200	41,6	56,3	15,6	18,1	45,5	26,5
P₂O₅						
≤ 80	36,5	46,7	15,7	18,3	46,5	45,2
81-120	41,3	50,4	16,0	17,6	33,7	45,8
121-160	40,9	52,0	16,0	18,2	14,4	6,5
> 160	48,7	48,0	15,8	17,3	5,3	2,6
K₂O						
≤ 80	37,4	45,8	15,6	18,0	38,0	11,6
81-120	39,7	46,6	15,8	18,1	32,6	46,5
121-160	39,4	53,7	15,9	18,2	13,9	27,1
> 160	43,7	48,7	16,4	17,1	15,5	14,8

Natomiast tylko w latach 1992–1995 największe stosowane dawki fosforu i potasu ponad 160 kg/ha powodowały przyrosty plonu o 12,3 t/ha (33,7%) dla fosforu i 6,3 t/ha (16,8%) dla potasu w porównaniu z uzyskanymi z plantacji o dawkach mniejszych od 80 kg/ha.

W latach 2000–2001 na plantacjach charakteryzujących się większą zasobnością gleb w fosfor i potas, dawki powyżej 160 kg P₂O₅ i K₂O/ha nie powodowały przyrostu plonu korzeni. Największe plony korzeni stwierdzono na plantacjach o dawkach w przedziale

120–160 kg P₂O₅ i K₂O na 1 ha. Przy tym poziomie nawożenia, korzenie charakteryzowały się wysoką zawartością cukru. Podkreślić należy brak zależności pomiędzy zasobnością gleb w fosfor i potas, a wielkością stosowanych dawek składników nawozowych zarówno w jednym jak i drugim okresie badań (tab. 3). Buraki cukrowe uprawiane na glebach o niskiej i bardzo niskiej zasobności w P₂O₅ i K₂O nawożono najmniejszymi dawkami tych składników, a na glebach o wysokiej zasobności stosowano największe dawki.

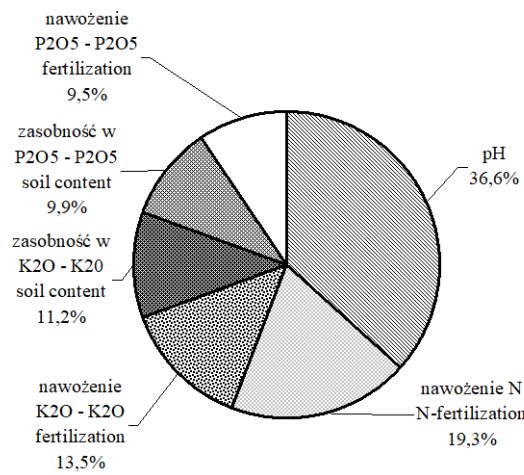
Tabela 3

Średnie dawki fosforu, potasu i azotu stosowane na plantacjach o określonych przedziałach zasobności w K₂O i P₂O₅ i pH gleb
Average rates of phosphorus, potassium and nitrogen applied on the plantations of specified intervals of soil K₂O and P₂O₅ content and pH

Lata Years	Przedziały zasobności gleb w K ₂ O i P ₂ O ₅ Intervals of soil K ₂ O and P ₂ O ₅ content				
	bardzo niska very low	niska low	średnia medium	wysoka high	bardzo wysoka very high
Stosowane dawki K ₂ O w kg/ha Applied rates of K ₂ O in kg/ha					
1992–1995	92	92	114	114	123
2000–2001	101	124	126	140	132
Stosowane dawki P ₂ O ₅ w kg/ha Applied rates of P ₂ O ₅ in kg/ha					
1992–1995	73	90	96	103	108
2000–2001	84	75	84	98	99
pH gleb Soil pH					
	<5,0	5,1–5,5	5,6–6,0	6,1–6,5	> 6,5
Stosowane dawki N w kg/ha Applied rates of N					
1992–1995	197	190	201	199	208
2000–2001	150	160	166	177	179

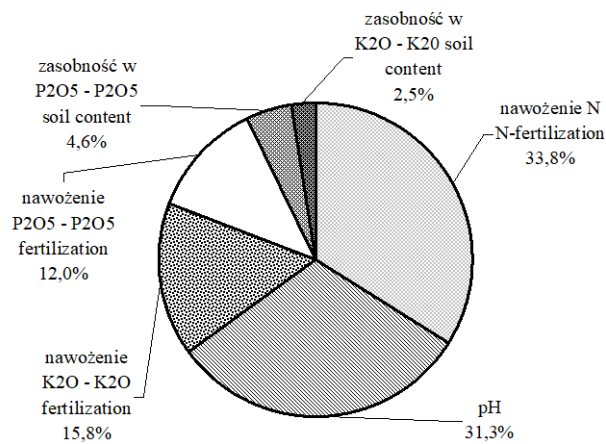
Oceniona zależność — metodą analizy regresji wielokrotnej liniowej — pomiędzy plonem korzeni oraz zawartością cukru, a przyjętymi do oceny czynnikami plonotwórczymi wykazuje, że determinują one łącznie wielkość plonu korzeni w ponad 27% (R^2 wyniósł 0,27), a zawartość cukru niewiele ponad 10% ($R^2 = 0,10$). Plon korzeni przy przyjętym indywidualnie dla czynników poziomu istotności $\alpha \leq 0,1$ zależał istotnie od każdego z występujących w badaniach czynników. Natomiast zawartość cukru w korzeniach zależała tylko w istotnym stopniu od pH gleb, oraz dawek azotu i potasu. Przy założeniu, że łączny wpływ badanych sześciu czynników na plon korzeni i zawartość cukru w ustalonym przedziale determinacji wyraża 100% policzono indywidualny wpływ każdego z nich (rys. 1). Plon korzeni w największym stopniu zależał od pH gleb — 36,6%, nawożenia azotem — 19,3% oraz potasem — 13,5%. Działanie pozostałych czynników było mniejsze i wynosiło po około 10%.

Plon korzeni - Root yield



$R^2 = 27,6\%$

Zawartość cukru - Sugar content



$R^2 = 10,2\%$

Rys. 1. Udział pH gleb, zasobności w fosfor i potas oraz nawożenia N, P i K w % w kształtowaniu plonu korzeni i zawartości cukru

Fig. 1. Contribution of soil pH, phosphorus and potassium content and N, P, K fertilization in forming root yield and sugar content

Dwa czynniki, pH gleb i dawki N wypełniały 65,1% zmienności zawartości cukru. Dwa kolejne czynniki — dawki P_2O_5 i K_2O , obejmowały 27,5% zmienności, natomiast zasobność gleb w potas i fosfor to łącznie 7,1% stwierdzonej zmienności.

DYSKUSJA

Czynniki decydujące o zaopatrzeniu roślin w składniki pokarmowe (nawożenie, zasobność gleby i jej pH) wywierają wpływ indywidualny, ale wykazują także szereg współdziałań z czynnikami środowiska (opady, nasłonecznienie) z genotypem i innymi czynnikami technologii produkcji. W bardzo wielu doświadczeniach, różnice wywołane warunkami siedliska (zmienność w latach) są większe niż zmiany będące wynikiem zróżnicowania badanych czynników (Wyszyński, 1986; Roszkowska, 1998). Podstawowe znaczenie w prowadzonych badaniach dla wielkości plonu korzeni (68,9% wpływu) miały odczyn gleby oraz nawożenie azotem i potasem. W innych badaniach, w których oceniono wpływ 10 czynników agrotechnicznych na plon korzeni udział pH gleb oraz nawożenia N i K stanowił 24,4% (Wyszyński i in., 2002). Odczyn gleby determinuje między innymi występowanie i aktywność mikroorganizmów glebowych a więc dostępność azotanów a także innych składników żywienia roślin (Mengel, Kirbky, 1983).

W przeprowadzonych badaniach zawartość cukru również istotnie zależała od pH gleby oraz od dawek nawozów azotowych i potasowych, które to czynniki łącznie decydowały o 80,9% wpływu z grupy badanych. Odczyn i dostępność azotu i potasu (w tym dawki nawożenia) dla roślin decydują o ich metabolizmie. Na uwagę zasługuje fakt, że gleby o niskim pH charakteryzowały się małym plonem korzeni i niską zawartością cukru (tab. 1) W cyklach doświadczeń wykonanych przez Kalinowską-Zdun i wsp. stwierdzono wyraźnie ujemną zależność między wzrastającymi plonami liści, jakie występują pod wpływem działania wyższych dawek azotu a zawartością cukru w korzeniach (Kalinowska-Zdun, Wyszyński, 1999).

Wysokie nawożenie potasem tylko nieznacznie zwiększa jego zawartość w korzeniach, bowiem wpływa ono przede wszystkim na zwiększenie się zawartości K w liściach, gdzie przy aktywnej pozytywnej roli potasu powstaje sacharoza będąca substancją odkładaną w korzeniach. W przeprowadzanych badaniach stwierdzono brak związku dawek nawożenia fosforem i potasem z zasobnością gleb w te składniki i z wartością pH gleby.

WNIOSKI

1. Na badanych plantacjach produkcyjnych nie stwierdzono optymalnego pokrycia potrzeb żywieniowych buraka cukrowego. Były one lokalizowane na glebach o niskim pH (50,9% i 24,3% plantacji) i bardzo niskiej i niskiej zasobności w fosfor i potas (fosfor — 49,2% i 17,3%, potas — 44,4% i 31,6% plantacji).
2. Popełniane błędy w technologiach produkcji w zakresie pokrycia potrzeb żywieniowych — to zbyt wysokie dawki nawożenia azotem, przekraczające 200 kg N/ha (45,5% i 26,5% plantacji). Nawożenie fosforem i potasem nie zależało od zasobności gleb w te składniki.

3. Na podstawie przebadanych łącznie 342 plantacji wykazano, że wielkość plonu korzeni zależała istotnie od pH gleby ich zasobności w fosfor i potas oraz dawek N, P K, a zawartość cukru tylko od pH oraz dawek azotu i potasu. Czynniki te determinowały łącznie plon korzeni w 27,3%, a zawartość cukru w 10%.
4. W obrębie wielkości współczynnika determinacji wpływ odczynu gleby na plon korzeni wynosił 36,6%, nawożenia azotem 19,3%, a potasem 13,5%.

LITERATURA

- Draycott A. P. 1972. The effect of cultural practices on the relationship between plant density and sugar yield. 35 Congress II RB Brussels report Nr 5.
- Draycott A. P. Durrant M. J. 1976. Response by sugar beet to superphosphate, particularly in relation to soils containing little available phosphorus. J. Agricult. Sci. Cambridge 86: 1.
- Draycott A. P., Allison M. F., Armstrong M. Y. 1997. Changes in fertilizer usage in sugar beet production. Proc. 60th IIRB Congress, July 1997, Cambridge: 39 — 55.
- Kalinowska-Zdun M., Wyszynski Z. 1984. Badania nad ważniejszymi czynnikami limitującymi plonowanie buraków cukrowych w rejonie centralnej i wschodniej Polski. Wyd. SGGW, T.1: 171 — 185.
- Kalinowska-Zdun M., Wyszynski Z. 1985. Ocena ważniejszych czynników warunkujących plonowanie buraków cukrowych w woj. płockim w latach 1979, 1980 i 1982. Wyd. SGGW, T. 4: 113 — 131.
- Kalinowska-Zdun M. Wyszynski Z. 1999. Kryteria jakości buraka cukrowego i ich zmienność. Środowiskowe i agrotechniczne uwarunkowania jakości produktów rolnych. Fundacja „Rozwój SGGW” Warszawa: 151 — 162.
- Klepacki B. 1997. Przestrzenne zróżnicowanie technologii produkcji roślinnej w Polsce i jego skutki. Fundacja „Rozwój SGGW” Warszawa: 170.
- Mengel K., Kirkby E. 1983. Podstawy żywienia roślin. PWRiL, Warszawa: 526.
- Roszkowska B. 1998. Ocena czynników limitujących plony i jakość technologiczną buraka cukrowego w gospodarstwach indywidualnych w rejonie Łapy. Praca doktorska, Biblioteka Katedry Agronomii SGGW, Warszawa.
- Trzebiński J., Cieśla 1979. Fizjologiczne i technologiczne podstawy nawożenia azotowego buraków cukrowych. Post. Nauk Rol. Nr I: 43 — 56.
- Trzebiński J. 1974. Wpływ wysokich dawek azotu na skład chemiczny buraków cukrowych. Biul. IHAR 120/121: 121 — 123.
- Wyszynski Z. 1986. Badania nad wielkością, zmiennością plonów i jakością korzeni buraka cukrowego w rejonie wschodniej Polski. Praca doktorska (rękopis). Biblioteka Katedry Agronomii SGGW Warszawa.
- Wyszynski Z., Kalinowska-Zdun, M. 1991. Nawożenie mineralne na plantacjach produkcyjnych a plony i jakość korzeni buraków cukrowych. Zesz. Naukowe AR w Krakowie, Nr 262, z. 34: 301 — 307.
- Wyszynski Z., Kalinowska-Zdun M., Mądry W., Laudański Z., Roszkowska B., Rozbicki J. 1998. Agronomical and environmental factors affecting sugar beet yielding in central and eastern Poland. Scientia Agriculturae Bohemica, 3/4: 183 — 192.
- Wyszynski Z., Kalinowska-Zdun M., Broniecka B. 1999. Wpływ długości okresu wegetacji, dawki i sposobu nawożenia azotem na plon i cechy jakości technologicznej buraka cukrowego. Cz. II. Technologiczny plon cukru i jakość korzeni. Roczn. Nauk Rol. ser. A, 114: 101 — 112.
- Wyszynski Z., Kalinowska-Zdun M., Gozdowski D. 2002. Factory urcujici vynos a kvalitu bulev na produkcnich plochach ve sredni w Polsce. Sbornik z konference „Reparstvi”. Praga 20–21. 02. 2002: 159 — 163.

LESŁAW ZIMNY**LESZEK KORDAS**Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin
Akademia Rolnicza, Wrocław

Wpływ zagęszczenia roli przy zróżnicowanym nawożeniu organicznym na wschody, obsadę i plonowanie buraka cukrowego

Effect of soil compaction under different organic fertilization on emergence, plant stand and yielding of sugar beet

Porównywano reakcję buraka cukrowego na różny stopień zagęszczenia gleby przy zróżnicowanym nawożeniu organicznym (obornik i międzyplon ścierniskowy). Do zagęszczania gleby w okresie siewu użyto wału gładkiego o masie 1,7 t. Modyfikacje tradycyjnej uprawy roli w okresie siewu buraka cukrowego, polegające na użyciu wałowania jedno-, dwu- lub trzykrotnego w małym stopniu różnicowały wschody, obsadę i plonowanie buraka cukrowego. Burak cukrowy może być uprawiany z powodzeniem na glebie zagęszczonej, zwłaszcza po przyorany międzyplonie ścierniskowym.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, gęstość gleby

Sugar beet response to varying soil compaction under different organic fertilization (manure and stubble crop) was compared in a field experiment. For compacting of the soil a flat roller of 1.7 t weight was used during the sowing period. The conventional tillage modifications during sowing such as rolling once, two or three times affected only slightly emergence, plant stand and sugar beet yielding. Sugar beet can be grown successfully on compacted soil, particularly after a stubble crop ploughed under.

Key words: soil compaction, sugar beet

WSTĘP

Uproszczenia w uprawie roli pod burak cukrowy mają ekonomiczne uzasadnienie, pod warunkiem, że nie powodują spadku plonów. Dlatego też opracowanie energooszczędnych zasad uprawy buraka cukrowego jest wyjątkowo ważnym zadaniem (Gutmański, 1996; Zimny, 1997). Liczne doniesienia z zagranicy (Mederski i in., 1967; Hagen, 1968 Czeratzki i Ruhm, 1969; Bakermans i Wit, 1970; Buhtz, 1972; Baeumer i Pape, 1972; Nuttall, 1979, 1983), a także krajowe (Nowicki, 1979; Kordas, 1996, 1997, 1997 a, 2000, Kościelniak i Marczewski, 1996; Kordas i Zimny, 1997) wskazują na możliwość uprawy buraka

cukrowego bez mechanicznego spulchniania roli stosując siew bezpośredni. Mimo uzyskiwania w tej technologii stosunkowo wysokich plonów (50–60 t/ha) (Merkes, 1989; Brunotte, 1990; Kessel i Dahms, 1991; Höppner i in., 1995; Becker i in., 1996; Kościelniak i Marczewski, 1996; Kordas, 1997 a; Nowakowski, 1997) zagadnienie wpływu gęstości gleby na wzrost i plonowanie buraka cukrowego nie zostało dostatecznie wyjaśnione. Przeprowadzone badania nad reakcją buraka cukrowego na nadmierną zbitość gleby (Ostrowska, 1971; Schulze i Bohle, 1976; Baranowski i Pabin, 1980) odnosiły się do uprawy tradycyjnej. Brak jest szczegółowego wyjaśnienia tej kwestii w odniesieniu do technologii obecnie stosowanych z wykorzystaniem przyoranej słomy i międzyplonu ścierniskowego.

Stąd podjęto doświadczenie, w którym buraki były uprawiane na poletkach silnie zróżnicowanych pod względem zagęszczenia gleby. Do tego celu użyto wału gładkiego o masie 1,7 t. Celem doświadczenia było określenie reakcji buraka cukrowego na różny stopień zagęszczenia roli przy dwóch systemach nawożenia organicznego.

WARUNKI I METODA

Ścisłe dwuczynnikowe doświadczenie polowe, założone metodą losowanych podbloków w czterech powtórzeniach, realizowano na glebie kompleksu żyniego bardzo dobrego po pszenicy ozimej w latach 1998–2000 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Swojec koło Wrocławia. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 78 m². Czynnikiem I rzędu było zróżnicowane nawożenie organiczne — obornik w ilości 35 t/ha i międzyplon ścierniskowy (uprawiany po przyoranej słomie przedplonowej) 16,0–28,7 t świeżej masy/ha. Nawozy przyorano głęboką orką przedzimową. Czynnikiem II rzędu była różna uprawa wiosenna. Obiektem kontrolnym była uprawa tradycyjna (obiekt 1), w której zastosowano bronę średnią, agregat uprawowy (kultywator o zębach sprężystych + brona średnia) i wał strunowy. Na obiektach 2–6 w okresie siewu buraków stosowano wał gładki o masie 1,7 t w różnych kombinacjach: obiekt 2–1x po siewie, obiekt 3–1x przed siewem, obiekt 4–1x przed i po siewie, obiekt 5–2x przed siewem, obiekt 6–2x przed siewem i 1x po siewie. W wyniku wałowania poletek, w okresie wschodów uzyskano znaczne zagęszczenie roli: gęstość 1,67–1,76 g/cm³ i porowatość ogólna 32,8–36,4%.

Burak cukrowy odmiany *Tamino*, o zdolności kiełkowania 95%, wysiewano na gotowo w rozstawie 45 x 18 cm. Pielęgnowanie buraków polegało na powschodowym chemicznym zwalczaniu chwastów i szkodników 2–3 razy w sezonie wegetacyjnym dostępnymi na rynku herbicydami i insektycydami. Zbiór buraków przeprowadzono kombajnem jednorzędowym.

Dynamikę wschodów oraz ich polową zdolność obliczono na podstawie liczby buraków na długości 10 m w 5 powtórzeniach na każdym poletku. Wskaźnik wschodów obliczono z ilorazu polowej zdolności wschodów (PZW) i laboratoryjnej zdolności kiełkowania (LZK). Obsadę początkową i końcową określono licząc wszystkie rośliny na każdym poletku.

Warunki pogodowe w latach 1998 i 1999 sprzyjały wegetacji buraka cukrowego. W trzecim roku od kwietnia do czerwca temperatura powietrza była znacznie wyższa niż z wielolecia 1968–1996, co wpłynęło na wystąpienie suszy glebowej.

WYNIKI BADAŃ

Zróznicowanie wskaźnika wschodów w okresie początkowym (0,61–0,71) było istotne dla obu czynników oraz ich współdziałania (tab. 1). Nieco lepsze wschody obserwowano po przyoraniu międzyplonu niż obornika. Zarówno uprawa wiosenna, jak i jej interakcja z nawożeniem organicznym różnicowała je w niewielkim stopniu. Również pod koniec wschodów różnice tego wskaźnika były niewielkie (0,69–0,79), istotne tylko dla nawożenia organicznego.

Wyrównane wschody rzutowały na liczebność roślin (tab. 2). Różnice obsady buraków cukrowych zarówno na początku wegetacji jak i pod koniec były niewielkie, w większości przypadków nieistotne. Najwyższą obsadę początkową zanotowano na poletkach wałowanych przedsięwzięcie dwa razy (88,4 tys./ha) lub raz (88,3 tys./ha). Tendencja ta utrzymywała się aż do końca wegetacji, przy czym różnice międzyobiektywne okazały się nieistotne. Letnie ubytki buraków były niewielkie (1,1–2,6%) na wszystkich obiektach, nieistotne we wszystkich przypadkach.

Tabela 1

Polowa zdolność wschodów buraka cukrowego (1998–2000)
Field emergence of sugar beet (1998–2000)

Uprawa wiosenna Spring tillage	Wskaźnik wschodów Emergence index					
	początek wschodów start of emergence			koniec wschodów end of emergence		
	obornik manure	słoma+międzyplon straw+stubble crop	średnio mean	obornik manure	słoma+międzyplon straw+stubble crop	średnio mean
Uprawa tradycyjna Conventional tillage	0,67	0,69	0,68	0,74	0,74	0,74
Uprawa tradycyjna, siew, ● Conventional tillage, sowing, ●	0,62	0,69	0,66	0,72	0,75	0,74
#, ●, #, siew #, ●, #, sowing	0,68	0,67	0,68	0,74	0,77	0,76
#, ●, #, siew, ● #, ●, #, sowing, ●	0,65	0,62	0,64	0,73	0,74	0,74
#, ●, ●, #, siew #, ●, ●, #, sowing	0,64	0,71	0,68	0,72	0,79	0,76
#, ●, ●, #, siew, ● #, ●, ●, #, sowing, ●	0,61	0,64	0,63	0,69	0,76	0,73
NIR (a = 0,05)		0,06	0,04		r.n.	r.n.
LSD (a = 0,05)					n.s.	n.s.
Średnio Mean	0,65	0,68	—	0,73	0,76	—
NIR (a = 0,05)		0,02	—		0,02	—
LSD (a = 0,05)						

— Brona zębowa — Spike-tooth harrow

● — Wał gładki o masie 1,7 t — Flat roller of 1.7 t weight

r.n. — Różnica nieistotna n.s. — Not significant difference

Tabela 2

Obsada (w tys. szt./ha) i jej ubytki u buraka cukrowego (1998–2000)
Plant stand (thou/ha) and its losses in sugar beet (1998–2000)

Uprawa wiosenna Spring tillage	Obsada tys. szt./ha Plant stand thou/ha						Ubytki % Losses		
	początkowa start			końcowa final					
	obornik manure	słoma + międzyplon straw + stubble crop	średnio mean	obornik manure	słoma + międzyplon straw+stubble crop	średnio mean	obornik manure	słoma + międzyplon straw + stubble crop	średnio mean
Uprawa tradycyjna Conventional tillage	87,3	85,8	86,6	85,9	84,2	85,1	1,9	1,9	1,9
Uprawa tradycyjna, siew,  Conventional tillage, sowing, 	83,6	87,0	85,3	82,7	85,8	84,3	1,1	1,4	1,3
 ,  , siew  ,  , sowing	87,0	89,6	88,3	85,2	88,2	86,7	2,1	1,6	1,9
 ,  , siew,   ,  , sowing, 	85,7	85,9	85,8	83,5	84,4	84,0	2,6	1,7	2,2
 ,  ,  , siew  ,  ,  , sowing	84,9	91,9	88,4	83,2	89,8	86,5	2,0	2,3	2,2
 ,  ,  , siew,   ,  ,  , sowing, 	81,0	87,7	84,4	79,3	85,9	82,6	2,1	2,1	2,1
NIR (a = 0,05		r.n.				r.n		r.n.	r.n.
LSD (a = 0.05)		n.s.	1,3		6,3	n.s.		n.s.	n.s.
Średnio Mean	84,9	87,2	—	83,3	85,7	—	1,9	1,8	—
NIR (a = 0,05)		r.n.			r.n.			r.n.	
LSD (a = 0.05)		n.s.	—		n.s.	—		n.s.	—

Jak w tabeli 1

See table 1

Tabela 3

Plony buraka cukrowego w t/ha (1998–2000)
Yields of sugar beet in t/ha (1998–2000)

Uprawa wiosenna Spring tillage	Plon korzeni Root yields			Plon liści Leaf yields			Biomasa Biomass		
	obornik manure	słoma + międzyplon straw + stubble crop	średnio mean	obornik manure	słoma + międzyplon straw + stubble crop	średnio mean	obornik manure	słoma + międzyplon straw + stubble crop	średnio mean
Uprawa tradycyjna Conventional tillage	54,2	46,1	50,2	39,7	31,4	35,6	93,9	77,5	85,7
Uprawa tradycyjna, siew, ● Conventional tillage, sowing, ●	56,9	44,0	50,5	41,5	45,5	43,5	98,4	89,5	94,0
#, ●, #, siew #, ●, #, sowing	48,8	44,9	46,9	42,2	46,9	44,6	91,0	91,8	91,4
#, ●, #, siew, ● #, ●, #, sowing, ●	48,9	46,9	47,9	32,7	26,9	29,8	81,6	73,8	77,7
#, ●, ●, #, siew #, ●, ●, #, sowing	45,3	43,0	44,2	35,6	42,0	38,8	80,9	85,0	83,0
#, ●, ●, #, siew, ● #, ●, ●, #, sowing, ●	42,7	44,3	43,5	30,4	36,1	33,3	73,1	80,4	76,8
NIR (a = 0,05)		r.n.	7,1		8,8	8,2		9,2	6,8
LSD (a = 0.05)		n.s.							
Średnio Mean	49,5	44,9	—	37,0	38,1	—	86,5	83,0	—
NIR (a = 0,05)		r.n.	—		r.n.	—		r.n	—
LSD (a = 0.05)		n.s.			n.s.			n.s.	

Jak w tabeli 1

See table 1

Wyższe o 10% plony korzeni zebrano z poletek nawożonych obornikiem niż międzyplonem (tab. 3). Analizując drugi czynnik stwierdzono najwyższe plony korzeni (50,5 t/ha) na poletkach z uprawą tradycyjną i wałowaniem posiewnym. W stosunku do samej uprawy tradycyjnej były one wyższe o 0,3 t/ha. Zastąpienie tradycyjnej uprawy wiosennej wałowaniem przedsiewnym lub zagęszczanie gleby wałowaniem dwu- lub trzykrotnym wpłynęło na obniżenie plonów korzeni średnio o 9,2%. Współdziałanie obu czynników wykazało nieistotnie najwyższe plony korzeni buraków (56,9 t/ha) na poletkach uprawianych tradycyjnie na oborniku z jednokrotnym wałowaniem posiewnym.

Plon liści buraków uprawianych po przyorany międzyplonie był nieznacznie wyższy niż na poletkach nawożonych obornikiem. Wałowanie jednokrotne lub dwukrotne przedsiewne albo jednokrotne posiewne wpłynęło na zwiększenie plonu liści, natomiast wałowanie przedsiewne i posiewne lub trzykrotne na jego obniżenie. Istotnie najwyższe plony liści (46,9 t/ha) zebrano z poletek nawożonych słomą i międzyplonem ścierniskowym oraz wałowanych przedsiewnie.

Zastępując obornik międzyplonem nie stwierdzono istotnych różnic w wytworzonej biomase buraków. Modyfikacje tradycyjnej uprawy roli w okresie wschodów, polegające na użyciu jednokrotnego wałowania po lub przed siewem wpłynęły na wytworzenie największej biomasy odpowiednio 94,0 i 91,4 t/ha. Dwu- lub trzykrotne użycie wału gładkiego powodowało gorszy wzrost buraków wyrażony ich mniejszą biomasa.

Tabela 4

Zawartość i biologiczny plon cukru (1998–2000)
Sugar content and sugar yield (1998–2000)

Uprawa wiosenna Spring tillage	Zawartość cukru % Sugar content			Biologiczny plon cukru t/ha Sugar yield		
	obornik manure	słoma + międzyplon straw + stubble crop	średnio mean	obornik manure	słoma + międzyplon straw + stubble crop	średnio mean
Uprawa tradycyjna Conventional tillage	16,5	18,3	17,4	8,4	8,4	8,4
Uprawa tradycyjna, siew, ● Conventional tillage, sowing, ●	17,2	17,3	17,3	9,8	7,6	8,7
#, ●, #, siew #, ●, #, sowing	17,2	17,9	17,6	8,4	8,0	8,2
#, ●, #, siew, ● #, ●, #, sowing, ●	17,4	18,4	17,9	8,5	8,6	8,6
#, ●, ●, #, siew #, ●, ●, #, sowing	18,6	17,4	18,0	8,4	7,5	8,0
#, ●, ●, #, siew, ● #, ●, ●, #, sowing, ●	18,7	17,7	18,2	8,0	7,8	7,9
NIR (a = 0,05)		r.n.	r.n.		r.n	
LSD (a = 0,05)		n.s.	n.s.		n.s.	0,5
Średnio Mean	17,6	17,8	—	8,6	8,0	—
NIR (a = 0,05)		r.n.	—		r.n	—
LSD (a = 0,05)		n.s.			n.s.	

Jak w tabeli 1

See table 1

Procentowa zawartość cukru w korzeniach dla czynnika pierwszego i drugiego, a także ich współdziałania była nieistotna (tab. 4). Można jednak zauważyć pewną zależność: wraz ze wzrostem liczby wałowań wzrastała zawartość cukru. Najwięcej cukru wyprodukowano na poletkach uprawianych wiosną tradycyjnie i wałowanych posiewnie, zwłaszcza nawożonych obornikiem.

DYSKUSJA

W literaturze podaje się, że buraki cukrowe negatywnie reagują na nadmierne zagęszczenie roli (Ostrowska, 1971; Schulze i Bohle, 1976). Jako optymalne zagęszczenie roli dla prawidłowego wzrostu i wysokiego plonowania tego gatunku przyjmuje się gęstość gleby 1,00–1,47 g/cm³ (Ševljagin, 1968; Baranowski i Pabin, 1980). Zdaniem Gutmańskiego (1991) optymalna porowatość ogólna gleby przeznaczonej do uprawy buraków cukrowych powinna się mieścić w granicach od 42 do 52%. W przeprowadzonym doświadczeniu przy gęstości roli 1,67–1,76 (wschody) i 1,67–1,79 g/cm³ (zbiór) oraz porowatości ogólnej 32,8–36,4 (wschody) i 31,4–36,1% (zbiór) plony buraka cukrowego wynosiły średnio 43,5–50,5 t/ha. Różnice pomiędzy obiektem nawożonym obornikiem a międzyplonem były niewielkie. Wraz ze wzrostem liczby wałowań wzrastała zawartość cukru. Uzyskane wyniki, a także doniesienia z kraju (Kordas, 2000; Malak, 2000; Zimny, 1994) i zagranicy (Hagen, 1968; Baeumer i Pape, 1972; Buhtz, 1972; Nuttall, 1979 i 1983) wskazują na możliwość uprawy buraka cukrowego bez większych obniżek plonu na glebach o większym zagęszczeniu niż podawanym przez cytowanych autorów.

WNIOSKI

1. Modyfikacje tradycyjnej uprawy roli w okresie siewu buraka cukrowego, polegające na użyciu wałowania jedno-, dwu- lub trzykrotnego w małym stopniu różnicowały wschody, obsadę i plonowanie buraka cukrowego.
2. Najkorzystniejszym obiektem (50,5 t korzeni/ha) okazała się uprawa tradycyjna z jednokrotnym wałowaniem posiewnym.
3. Burak cukrowy może być uprawiany z powodzeniem na glebie zagęszczonej, zwłaszcza po przyorany międzyplonie ścierniskowym.

LITERATURA

- Baeumer K., Pape G. 1972. Ergebnisse und Aussichten des Anbaues von Zuckerrüben im Ackerbausystem ohne Bodenbearbeitung. Zucker 22: 711 — 718.
- Bakermans W. A. P., Wit C. T. 1970. Crop husbandry on naturally compacted soils. Neth. J. Agric. Sci. 18: 225 — 246.
- Baranowski R., Pabin J. 1980. Wpływ gęstości gleby lekkiej na plony buraków cukrowych. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol. 227: 61 — 67.
- Becker C., Miller H., Koch H. J. 1996. Pfluglose Bodenbearbeitung zu Zuckerrüben — pflanzenbauliche und ökonomische Ergebnisse einer Versuchsserie auf Großparzellen. Zuckerind. 121: 609 — 615.
- Brunotte J. 1990. Landtechnische Maßnahmen zum bodenschonenden und bodenschützenden Zuckerrübenanbau. Dissertation, Forschungsbericht Agrartechnik 183, Kiel.

- Buhtz E. 1972. Rationalisierung der Bodenbearbeitung durch Reduzierung und Kombination von Arbeitsgängen sowie Herbizidanwendung. Arch. Acker. Pflanzenbau, Bodenk. 16: 381 — 390.
- Czeratzki W., Ruhm E. 1969. Zweijährige Ergebnisse aus Versuchen zur bearbeitungslosen Bestellung. Berichte 7 CIGR-Kongress Baden-Baden, Dokumentation 4, Sektion 3, Thema 1: 7 — 12.
- Gutmański I. 1996. Niskonakładowa technologia produkcji buraka cukrowego. IHAR, Bydgoszcz.
- Gutmański I. 1991. Produkcja buraka cukrowego. PWRiL, Poznań.
- Hagen R. J. 1968. Beet without ploughing. Br. Sugar Beet Rev. 36: 180 — 189.
- Höppner F., Zach M., Sommer C. 1995. Conservation Tillage — a Contribution to Soil Protection — Effects on Plants Yields. Konferencja naukowa. Siew bezpośredni w teorii i praktyce. Szczecin-Barzkwice: 151 — 157.
- Kessel R., Dahms K., P. 1991. Mulchsaatverfahren in der Zuckerrübenbestellung. Feldwirtschaft 32: 415 — 417.
- Kordas L. 2000. Studia nad optymalizacją uprawy buraka cukrowego na glebie średniej. Rozpr. 171, AR Wrocław.
- Kordas L. 1996. Wpływ stosowania siewu bezpośredniego w uprawie buraka cukrowego na niektóre właściwości fizyczne gleby. Zesz. Nauk. AR Wroc., Rol. 68: 123 — 130.
- Kordas L. 1997. Using no-tillage system in sugar beet production. Proceedings 14th ISTRO conference — Agroecological and economical aspects of soil tillage. Biblioth. Fragm. Agron., 2B: 387 — 390.
- Kordas L. 1997 a. Wpływ siewu bezpośredniego na plonowanie i zachwaszczenie buraków cukrowych i pszenicy ozimej. Fragm. Agron. (Bibliotheca) 3: 85 — 90.
- Kordas L., Zimny L. 1997. Wpływ wybranych poplonów ścierniskowych na plonowanie buraka cukrowego uprawianego technologią siewu bezpośredniego. Biul. IHAR, 202: 207 — 211.
- Kościelniak W., Marczewski K. 1996. Buraki siane prosto w ścierr. Top Agrar 6: 34 — 36.
- Malak D. 2000. Wpływ zróżnicowanego nawożenia organicznego przy wzrastających dawkach azotu mineralnego na właściwości gleby i plonowanie buraka cukrowego. Praca doktorska, AR Wrocław.
- Mederski H. J., Triplett Jr. G. B., Volk G. W. 1967. New tillage practices for sugar beets. Ohio Rep.: 76 — 77.
- Merkes R. 1989. Möglichkeiten zur Verhütung von Bodenerosion durch Wasser. 52 Congres-d'Hiver II RB, Bruxelles: 27 — 37.
- Nowakowski M. 1997. Uprawa roli i nawożenie pod buraki cukrowe. WODR Wrocław.
- Nowicki J. 1979. Porównanie siewu bezpośredniego z tradycyjną uprawą płużną. Zesz. Nauk. ART. Olszt., Rol. 28: 223 — 233.
- Nuttall M. 1979. Strip tillage. A possibility for sugar beet. Brit. Sugar Beet Rev. 47, 4:25 — 26.
- Nuttall M. 1983. Strip tillage for sugar beet on heavy land. Brit. Sugar Beet Rev. 51, 1: 98 — 100.
- Ostrowska D. 1971. Wpływ zagęszczenia gleby na wzrost i plonowanie buraków cukrowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 112: 257 — 265.
- Schultze E., Bohle H. 1976. Zuckerrübenproduktion. Landwirtschaftliche Bodennutzung mit hoher Rendite. Paul Parey, Berlin.
- Ševljagin A. I. 1968. Reakcija selskochozjajstvennych kul'tur na različnuju plotnost' složenija počvy. W: Problemy zpracování půdy. Sborník referat z Mezinárodního vědeckého symposia v Brně 22–24 června 1966. Praha: 93 — 102.
- Zimny L. 1994. Badania nad warunkami wzrostu i plonowaniem buraka cukrowego przy zastosowaniu zróżnicowanych technologii uprawy. Rozpr. 126, AR Wrocław.
- Zimny L. 1997. Modyfikacje uprawy roli pod burak cukrowy. Post. Nauk Rol. 1: 35 — 47.

FELIKS CEGLAREK**DANUTA BURACZYŃSKA**Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Akademia Podlaska w Siedlcach

Działanie nawozowe obornika i międzyplonów wsiewek stosowanych pod burak cukrowy Część I. Wschody, obsada i plony buraka cukrowego*

Fertilizing effect of farmyard manure and undersown cover crops on sugar beet Part I. Emergence, plant stand and sugar beet yield

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 1993–1996 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Zawadach, na glebie kompleksu zbożowo-pastewnego mocnego, metodą split-block w trzech powtórzeniach. Badanymi czynnikami była: masa przyorywanego międzyplonu wsiewki (resztki poźniwne, cała biomasa) i forma nawożenia organicznego (kontrola bez nawożenia organicznego, obornik, międzyplon wsiewka: koniczyna czerwona, lucerna chmielowa, życica wielokwiatowa, koniczyna czerwona + życica wielokwiatowa, lucerna chmielowa + życica wielokwiatowa). W badaniach określono ilość makroskładników nagromadzonych w masie stosowanych nawozów organicznych, oceniono wpływ masy przyorywanego międzyplonu i formy nawożenia organicznego na polową zdolność wschodów, końcową obsadę buraków, plon korzeni i liści buraka cukrowego, plon cukru biologicznego i technologicznego. Stwierdzono, że wschody, obsada i plony buraka cukrowego kształtowane były przez masę przyorywanego międzyplonu i formę nawożenia organicznego. Nawożenie buraka cukrowego całą biomasą wsiewek, w porównaniu z resztkami poźniwnymi, spowodowało istotny wzrost plonu korzeni, liści i cukru biologicznego, spadek polowej zdolności wschodów i końcowej obsady buraków, a nie różnicowało plonu cukru technologicznego. Resztki poźniwne mieszanek roślin motylkowatych z życią oraz cała masa badanych międzyplonów wsiewek zastępuje obornik w nawożeniu buraka cukrowego, bez zmniejszenia plonów.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, końcowa obsada roślin, międzyplon wsiewka, obornik, polowa zdolność wschodów, plon

The field experiment in split block design with three replications was carried out during 1993–1996 at the Agricultural Experimental Stations in Zawady on the soil of strong grain-pasture complex. The following traits were studied: mass of overploughed cover crop (after harvest residues or whole

*Pracę wykonano w ramach projektu badawczego nr 5 PO6B 014 09 finansowanego przez KBN

biomass) and the form of organic fertilization (control without organic fertilization, farmyard manure, undersown cover crops: red clover, back medic, Italian ryegrass and red clover + Italian ryegrass, back medic + Italian ryegrass). The amount of macrocomponents accumulated in applied organic mass as well as the effect of ploughed in biomass of cover crop and form of organic fertilizer on field emergence, final plant stand, yield of roots and leaves, biological and technological sugar yields were evaluated. Seed germination, plant stand and yield of sugar depended on the mass of overploughed cover crop and a form of organic fertilizer. Fertilization of sugar beet plants with whole biomass of cover crop, in comparison with after harvest residues, caused significant increase of roots, leaves and biological sugar yields, decreased field emergence and final plant stand but did not diversified technological sugar yield. After harvest residues of mixture of leguminous plants with ryegrass and a whole biomass of the studied cover crops, substituted farmyard manure without decrease of sugar beet roots yield.

Key words: farmyard manure, field emergence, final plant density, sugar beet, undersown cover crop, yield

WSTĘP

Burak cukrowy jest rośliną, która w wyniku intensywnej uprawy pobiera z gleby duże ilości składników pokarmowych, przyczyniając się w ten sposób do zubożenia gleby z substancji organicznej (Gromadziński, 1980; Gutmański i in., 1999). Uprawa buraka cukrowego bez stosowania nawozów organicznych może doprowadzić po kilku latach do degradacji stanowiska oraz spadku plonu. Zagrożenia te są szczególnie duże w gospodarstwach o małej obsadzie inwentarza, a jednocześnie o dużym udziale buraka i zbóż w strukturze zasiewów. Skutecznym sposobem na poprawienie występującego wówczas w glebie ujemnego bilansu substancji organicznej oraz zrekompensowanie niedoboru obornika jest stosowanie nawozów zielonych z międzyplonów i słomy zbóż (Nowakowski i in., 1996; Gutmański i in., 1999). W płodozmianach z burakiem cukrowym uprawia się międzyplony wsiewki oraz międzyplony ścierniskowe i przyoruje jesienią pod burak w całości lub w formie resztek poźniwnych (Mieczyński i Siwicki, 1959, 1960; Siwicki, 1971; Gromadziński, 1980; Kopczyński, 1986; Słowiński i in., 1995; Nowakowski i in., 1996; Gutmański i in., 1999). Powyższe zagadnienia, jak również nieliczne prace z zakresu roli nawozów zielonych z międzyplonów wsiewek w uprawie buraka cukrowego przyczyniły się do podjęcia badań, których wyniki są tematem poniższego opracowania.

Celem pracy było określenie wpływu masy przyorywanego międzyplonu wsiewki i formy nawożenia organicznego na wschody, obsadę i plony buraka cukrowego oraz sprawdzenie możliwości zastąpienia obornika w nawożeniu buraka cukrowego takimi substytutami, jak masa międzyplonu wsiewki.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe prowadzono w latach 1993–1996 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Zawadach, na glebie kompleksu zbożowo-pastewnego mocnego, klasy bonitacyjnej IIIb, o odczynie obojętnym, średniej zasobności w fosfor i magnez przyswajalny, niskiej w potas.

Doświadczenie przeprowadzono w układzie split-block, w trzech powtórzeniach. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 21,6 m². W badaniach uwzględniono dwa czynniki:

- masę przyorywanego międzyplonu wsiewki: resztki poźniwne, cała biomasa,
- formę nawożenia organicznego: kontrola (bez nawożenia organicznego), obornik, międzyplon wsiewka: koniczyna czerwona, lucerna chmielowa, życica wielokwiatowa, koniczyna czerwona + życica wielokwiatowa, lucerna chmielowa + życica wielokwiatowa.

Międzyplony wsiano w jęczmień jary uprawiany na zieloną masę. Pierwszy pokos wsiewek zebrano w drugiej dekadzie sierpnia i przeznaczono go na paszę. Zbiór drugiego pokosu wsiewek przeprowadzono w trzeciej dekadzie października. Przed przyoraniem międzyplonów, z każdego obiektu, z powierzchni 1 m² pobrano próby części nadziemnej i resztek poźniwnych, tj. ścierrę łącznie z masą korzeni, z 30 cm warstwy gleby. W materiale roślinnym oznaczono zawartość: suchej masy — metodą suszarkowo-wagową, azotu ogółem — metodą Kjeldahla, fosforu metodą wanadowo-molibdenową, potasu i wapnia — metodą fotometrii płomieniowej, magnezu — metodą absorpcji atomowej. W kombinacjach, w których przyorywano tylko resztki poźniwne wsiewek, część nadziemną wsiewek skoszono i wywieziono z pola. Natomiast na obiektach nawożonych całą masą wsiewek, pozostawiono do przyorania drugi pokos międzyplonów. Obornik bydlęcy w dawce 30 t·ha⁻¹ przyorywano w tym samym terminie co międzyplony wsiewki, tj. w trzeciej dekadzie października. W oborniku oznaczono zawartość suchej masy i makroskładników.

W pierwszym roku po jesiennym zastosowaniu nawozów zielonych z międzyplonów wsiewek i obornika uprawiano buraki cukrowe. W czasie wiosennego przygotowywania pola rozsiano nawozy mineralne w ilości: 130 kg N·ha⁻¹, 100 kg P₂O₅·ha⁻¹, 170 kg K₂O·ha⁻¹. Nasiona buraka cukrowego odmiany PN Mono 4 wysiano w trzeciej dekadzie kwietnia. Buraki zebrano w drugiej dekadzie października. W doświadczeniu określono: połowę zdolność wschodów, końcową obsadę buraków, plon świeżej masy korzeni i liści buraka cukrowego, biologiczny i technologiczny plon cukru. Połowę zdolność wschodów i plon cukru technologicznego obliczono zgodnie z metodyką podaną przez Gutmańskiego (1991 a).

Otrzymane wyniki badań opracowano statystycznie stosując metodę analizy wariancji. Przy szczegółowym porównywaniu średnich istotność różnic oceniano testem t - Tukeya, na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Ilość przyoranej masy organicznej międzyplonów i zawartych w niej makroskładników była zróżnicowana (tab. 1). Największą ilość suchej masy organicznej wprowadzono do gleby przyorując całą biomasa życicy wielokwiatowej i mieszanki koniczyny czerwonej z życicą wielokwiatową. Z prac wielu autorów (Gromadziński, 1980; Ceglarek, 1982 a; Knoch i Meisen, 1986) wynika, że wsiewki traw i mieszanek roślin motylkowatych z trawami plonują wierniej i wyżej od czystych zasiewów roślin motylkowatych.

Tabela 1

Ilość przyoranej masy organicznej międzyplonów wsiewek ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) i zawartych w niej makroskładników ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) (średnie z lat 1993–1995)
 Amount of overploughed organic biomass of cover crop ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) and the amount of macroelements ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
 (means from 1993–1995)

Międzyplon wsiewka Undersown cover crop	Masa przyorywanego międzyplonu wsiewki Mass of overploughed cover crop											
	resztki poźniwne after harvest residue						cała biomasa whole biomass					
	sucha masa dry mass	makroskładniki macroelements					sucha masa dry mass	makroskładniki macroelements				
		N	P	K	Ca	Mg		N	P	K	Ca	Mg
Koniczyna czerwona Red clover	4,6	115,4	22,9	88,4	40,7	14,6	7,5	203,6	39,7	158,3	75,8	25,9
Lucerna chmielowa Black medic	4,2	114,1	23,6	85,1	38,2	13,7	6,8	195,1	39,9	149,4	64,9	23,1
Życica wielokwiatowa Italian ryegrass	5,8	88,3	24,4	88,9	27,9	8,5	9,1	158,4	41,6	161,1	51,1	15,8
Koniczyna czerwona + życica wielokwiatowa Red clover + Italian ryegrass	5,5	114,6	26,5	96,7	39,4	14,1	8,9	202,1	45,0	173,0	72,7	25,9
Lucerna chmielowa + życica wielokwiatowa Black medic + Italian ryegrass	5,3	113,4	25,8	97,4	38,1	13,7	8,5	199,0	43,8	172,6	66,8	23,7
Średnie Means	5,1	109,2	24,6	91,3	36,9	12,9	8,2	191,6	42,0	162,9	66,3	22,9
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,2	4,6	1,3	3,1	1,7	0,8	0,4	6,3	2,0	4,2	3,2	1,2

W warunkach omawianego doświadczenia, podobnie jak w badaniach Gromadzińskiego (1980) oraz Ceglarka (1982 b), najmniejszą masę resztek poźniwnych stwierdzono w kombinacjach z roślinami motylkowatymi, zwłaszcza z lucerną chmielową. Ilość nagromadzonych w plonie składników pokarmowych uzależniona jest od wysokości plonu i zawartości tych składników w biomase (Ceglarek, 1982 b; Ceglarek i in., 1998).

W zastosowanych 30 t·ha⁻¹ obornika bydlęcego wprowadzono do gleby 8,2 t suchej masy organicznej, 166,5 kg N, 42,6 kg P, 164,8 kg K, 98,4 kg Ca, 40,2 kg Mg.

Przyoranie całej biomasy wsiewek, w odniesieniu do ich resztek poźniwnych, spowodowało istotny spadek polowej zdolności wschodów i końcowej obsady buraków (tab. 2).

Tabela 2

**Połowa zdolność wschodów (%) i końcowa obsada roślin (tys.·ha⁻¹) buraka cukrowego
(średnie z lat 1994–1996)**

Field emergence (%) and final plant stand (th·ha⁻¹) of sugar beet (means from 1994–1996)

Forma nawożenia organicznego Form of organic fertilization	Połowa zdolność wschodów (%) Field emergence (%)			Końcowa obsada roślin (tys.·ha ⁻¹) Final plant stand (th·ha ⁻¹)		
	masa przyorywanego międzyplonu wsiewki* mass of overploughed cover crop*					
	1	2	x	1	2	x
Kontrola Control	41,0	41,0	41,0	75,9	76,0	76,0
Obornik Farmyard manure	43,8	44,0	43,9	83,1	83,0	83,1
Międzyplon wsiewka: Cover crop:						
Koniczyna czerwona Red clover	46,3	44,3	45,3	81,2	80,1	80,7
Lucerna chmielowa Black medic	45,7	43,0	44,4	80,4	79,5	80,0
Życica wielokwiatowa Italian ryegrass	47,7	46,3	47,0	88,4	87,2	87,8
Koniczyna czerwona + życica wielokwiatowa Red clover + Italian ryegrass	48,0	46,1	47,1	85,4	84,6	85,0
Lucerna chmielowa + życica wielokwiatowa Black medic + Italian ryegrass	47,0	44,3	45,7	84,8	84,2	84,5
Średnie Means	45,6	44,1	—	82,7	82,1	—
NIR _{0,05}						
LSD _{0,05}						
Masa przyorywanego międzyplonu wsiewki Mass of overploughed cover crop			1,0			0,5
Forma nawożenia organicznego Form of organic fertilization			2,2			1,0
Interakcja Interaction			2,6			n.i. n.s.

*1 — Resztki poźniwne

*1 — After harvest residue

2 — Cała biomasa

2 — Whole biomass

Tabela 3

Plony buraka cukrowego (t·ha⁻¹) (średnie z lat 1994–1996)
The yields of sugar beet (t·ha⁻¹) (means from 1994–1996)

Forma nawożenia organicznego Form of organic fertilization	Plon korzeni Yield of roots			Plon liści Yield of leaves			Biologiczny plon cukru Biological yield of sugar			Technologiczny plon cukru Technological yield of sugar		
	masa przyorywanego międzyplonu wsiewki* mass of overploughed cover crop*											
	1	2	x	1	2	x	1	2	x	1	2	x
Kontrola Control	43,5	43,5	43,5	30,6	30,6	30,6	7,35	7,34	7,35	6,09	6,08	6,09
Obornik Farmyard manure	46,6	46,6	46,6	35,1	35,0	35,1	8,05	8,06	8,06	6,63	6,63	6,63
Międzyplon wsiewka: Cover crop:												
Koniczyna czerwona Red clover	45,3	47,9	46,6	35,2	38,8	37,0	7,70	7,98	7,84	6,27	6,47	6,37
Lucerna chmielowa Black medic	45,1	47,6	46,4	34,5	38,1	36,3	7,67	7,95	7,81	6,26	6,42	6,34
Życica wielokwiatowa Italian ryegrass	44,9	45,9	45,4	33,9	35,2	34,6	7,72	7,90	7,81	6,40	6,47	6,44
Koniczyna czerwona + życica wielokwiatowa Red clover + Italian ryegrass	45,9	48,7	47,3	36,6	39,8	38,2	7,87	8,28	8,08	6,49	6,74	6,62
Lucerna chmielowa + życica wielokwiatowa Black medic + Italian ryegrass	45,7	48,5	47,1	36,0	39,3	37,7	7,85	8,26	8,06	6,48	6,73	6,61
Średnie Means	45,3	47,0	—	34,6	36,7	—	7,74	7,97	—	6,37	6,51	—
NIR _{0,05} LSD _{0,05}												
Masa przyorywanego międzyplonu wsiewki Mass of overploughed cover crop	0,3			0,5			0,10			n.i. n.s.		
Forma nawożenia organicznego Form of organic fertilization	0,6			0,7			0,16			0,18		
Interakcja Interaction	1,1			1,2			0,21			0,22		

*1 — Resztki poźniwne *1 — After harvest residue

2 — Cała biomasa 2 — Whole biomass

W doświadczeniu autorów, niezależnie od masy przyorywanego międzyplonu, zastosowane pod burak cukrowy formy nawożenia organicznego przyczyniły się do istotnego wzrostu polowej zdolności wschodów i końcowej obsady roślin w porównaniu ze wschodami i obsadą stwierdzoną na obiekcie kontrolnym. Analiza wariancji wykazała także istotny wpływ interakcji masy przyorywanego międzyplonu i formy nawożenia organicznego na wschody buraka cukrowego. Korzystne oddziaływanie obornika i nawozów zielonych na wschody oraz obsadę buraka cukrowego udowodnili także inni autorzy (Kopczyński, 1986; Gutmański, 1991 b).

Nawożenie buraka cukrowego całą masą roślin międzyplonowych, w stosunku do nawożenia resztkami późnożytnymi, przyczyniło się do istotnego wzrostu plonu korzeni (średnio o 3,8%), plonu liści (średnio o 6,1%) i plonu cukru biologicznego (średnio o 3,0%), a nie modyfikowało istotnie plonu cukru technologicznego (tab. 3). W warunkach omawianego doświadczenia, stosowane w uprawie buraka cukrowego formy nawożenia organicznego wpłynęły na przyrost plonu korzeni (od 4,4 do 8,7%), liści (od 13,1 do 24,8%), cukru biologicznego (od 6,3 do 9,9%) i cukru technologicznego (od 4,1 do 8,7 %) w porównaniu z plonem z obiektu kontrolnego. Stwierdzone przez autorów, przyrosty plonu korzeni i liści buraka cukrowego oraz cukru biologicznego, pod wpływem nawożenia obornikiem, resztkami późnożytnymi i całą biomasa wsiewek, mieściły się w granicach wyższych plonów udowodnionych w badaniach Miczyńskiego i Siwickiego (1959, 1960), Siwickiego (1971), Gromadzińskiego (1980) oraz Malickiego i Podstawki (1989). Ze współdziałania badanych czynników wynika, że plon korzeni buraka cukrowego na obiekcie nawożonym obornikiem był istotnie mniejszy niż w kombinacji użyźnianej całą masą koniczyny czerwonej i mieszanek roślin motylkowatych z życią wielokwiatową. Największy plon liści stwierdzono na obiekcie użyźnianym całą biomasa mieszanek roślin motylkowatych z życią wielokwiatową i koniczyny czerwonej. Działanie nawozowe obornika na przyrost plonu cukru biologicznego i technologicznego było zróżnicowane w odniesieniu do działania resztek późnożytnych i całej biomasy międzyplonów. Natomiast Słowiński i wsp. (1995) nie wykazali istotnych różnic w oddziaływaniu obornika i nawozów zielonych z międzyplonów ścierniskowych na wielkość plonu cukru biologicznego i technologicznego.

Badania autorów wykazały korzystne oddziaływanie obornika oraz resztek późnożytnych i całej masy międzyplonów wsiewek na wschody, obsadę i plony buraka cukrowego. W gospodarstwach rolnych, które łączą produkcję roślinną z produkcją zwierzęcą, ekonomicznie uzasadnione jest przeznaczenie części nadziemnej międzyplonów wsiewek na paszę dla zwierząt, a przyoranie jako zielony nawóz tylko resztek późnożytnych wsiewek.

WNIOSKI

1. Spośród badanych nawozów organicznych najwięcej suchej masy dostarczono do gleby z całą biomasa życicy wielokwiatowej i mieszanki koniczyny czerwonej z życią wielokwiatową, a najmniej z resztkami późnożytnymi lucerny chmielowej. Ilość makroskładników nagromadzonych w całej masie mieszanek roślin motylkowatych z

- zycią wielokwiatową i koniczyny czerwonej dorównywała ilości składników pokarmowych zawartych w oborniku.
2. W warunkach przeprowadzonego eksperymentu wschody, obsada i plony buraka cukrowego zależały od masy przyorywanego międzyplonu wsiewki i formy nawożenia organicznego.
3. Nawożenie buraka cukrowego całą biomasa międzyplonu wsiewki, w porównaniu z resztkami poźniwnymi, spowodowało wzrost plonu korzeni i liści buraka cukrowego oraz plon cukru biologicznego, a spadek połowej zdolności wschodów i końcowej obsady buraków, natomiast nie różnicowało plonu cukru technologicznego.
4. Resztki poźniwne mieszanek roślin motylkowatych z zycią wielokwiatową oraz całą masą badanych międzyplonów wsiewek zastępuje obornik w nawożeniu buraka cukrowego, bez zmniejszenia plonów.

LITERATURA

- Ceglarek F. 1982 a. Uprawa wsiewek poplonowych w zbożach. Cz. II. Wysokość plon wsiewek w zależności od rośliny ochronnej. Zesz. Nauk. WSRP Siedlce 1: 89 — 100.
- Ceglarek F. 1982 b. Uprawa wsiewek poplonowych w zbożach. Cz. III. Ocena resztek poźniwnych wsiewek poplonowych i ich wpływ na plon pszenicy jarej. Zesz. Nauk. WSRP Siedlce 1: 101 — 114.
- Ceglarek F., Płaza A., Buraczyńska D., Jabłońska-Ceglarek R. 1998. Alternatywne nawożenie organiczne ziemniaka jadalnego w makroregionie środkowo-wschodnim. Cz. I. Wartość nawozowa wsiewek poplonowych w zależności od ich sposobu użytkowania na tle obornika i nawożenia słomą. Roczn. Nauk. Rol., Ser. A, 113, 3/4: 173 — 188.
- Gromadziński A. 1980. Wartość nawozowa przyoranych wsiewek poplonowych pod buraki cukrowe. Nowe Rol. 4: 7 — 9.
- Gutmański I. 1991 a. Produkcja buraka cukrowego. Praca zbiorowa. PWRiL, Poznań.
- Gutmański I. 1991 b. Wpływ współdziałania nawożenia obornikiem i azotem oraz długości okresu wegetacji na wysokość i jakość plonu buraka cukrowego. Gazeta Cukrownicza 10: 195 — 198.
- Gutmański I., Kreft K., Nowakowski M., Szymczak-Nowak J. 1999. Nowe kierunki uprawy buraka cukrowego. ODR Minikowo.
- Knoch G., Meinsen Ch. 1986. Getreide als Deckfrucht für Futteralsaat — Grenzen und Zweckmassigkeit. Feldwirtschaft 6: 281 — 283.
- Kopczyński J. 1986. Wpływ nawozu zielonego z poplonu żyta ozimego i rzepaku na plonowanie oraz zmiany niektórych cech jakości buraka cukrowego. Rozprawy 101, AR Szczecin.
- Malicki L., Podstawka E. 1989. Wybrane aspekty nawożenia buraka cukrowego w świetle doświadczeń na średnich i ciężkich glebach Lubelszczyzny. Post. Nauk Rol. 2: 63 — 75.
- Miczyński J., Siwicki S. 1959. Studia nad zielonym nawożeniem buraków cukrowych. Biul. IHAR 2: 39 — 60.
- Miczyński J., Siwicki S. 1960. Międzyplony nawozowe w uprawie buraków cukrowych. Cz. II. Wsiewki międzyplonowe. Roczn. Nauk Rol., Ser. A, 83, 2: 311 — 348.
- Nowakowski M., Gutmański I., Szymczak-Nowak J., Kostka-Gościński D., Banaszak H. 1996. Wpływ nawożenia obornikiem, słomą oraz roślinami poplonowymi na plon i zdrowotność buraka cukrowego przy zróżnicowanej koncentracji jego uprawy w płodozmianie. Zesz. Nauk. AR Szczecin 172, Rol. 62: 429 — 435.
- Siwicki S. 1971. Wartość nawozowa międzyplonów i obornika w uprawie buraków cukrowych. Biul. IHAR 6: 59 — 71.
- Słowiński H., Prośba-Białczyk U., Pytlarz-Kozicka M. 1995. Wpływ nawożenia na plon buraka cukrowego. Zesz. Nauk. AR Wrocław 262, Rol. LXIII: 45 — 54.

DANUTA BURACZYŃSKA**FELIKS CEGLAREK**Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Akademia Podlaska w Siedlcach

Działanie nawozowe obornika i międzyplonów wsiewek stosowanych pod burak cukrowy* Część II. Jakość przemysłowa buraka cukrowego

Fertilizing effect of farmyard manure and undersown cover crops on sugar beet Part II. Technological quality of sugar beet

W latach 1993–1996 przeprowadzono dwuczynnikowe doświadczenie polowe, którego celem było zbadanie oddziaływania masy przyorywanego międzyplonu wsiewki (resztki poźniwne, cała biomasa) i formy nawożenia organicznego (kontrola bez nawożenia organicznego, obornik, międzyplon wsiewka: koniczyna czerwona, lucerna chmielowa, życica wielokwiatowa, koniczyna czerwona + życica wielokwiatowa, lucerna chmielowa + życica wielokwiatowa) na jakość przemysłową korzeni buraka cukrowego. W pracy porównano również wpływ obornika z oddziaływaniem nawozów zielonych z międzyplonów wsiewek na kształtowanie jakości korzeni buraka. Zastosowanie pod burak cukrowy całej biomasy międzyplonów wsiewek, w odniesieniu do resztek poźniwnymi, przyczyniło się do istotnego wzrostu zawartości popiołu rozpuszczalnego (średnio o 0,021%), potasu (średnio o 0,21 mval·100g⁻¹) i azotu alfa-aminowego (średnio o 0,21 mval·100g⁻¹) w korzeniach buraka cukrowego, wzrostu udziału korzeni zniekształconych w masie korzeni (średnio o 1,4%), a spadku zawartości cukru (średnio o 0,13%) i współczynnika alkaliczności (średnio o 0,04). Niezależnie od masy przyorywanego międzyplonu wsiewki, formy nawożenia organicznego, w stosunku do kontroli, spowodowały w większości przypadków wzrost zawartości cukru, popiołu rozpuszczalnego i składników melasotwórczych, a spadek współczynnika alkaliczności i udziału korzeni zniekształconych. Zawartość cukru w korzeniach buraka nawożonego obornikiem nie różniła się istotnie od koncentracji cukru w korzeniach z obiektów użyźnianych resztkami poźniwnymi mieszanek roślin motylkowatych z życicą wielokwiatową oraz resztkami poźniwnymi i całą masą życicy wielokwiatowej.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, jakość, międzyplon wsiewka, obornik

In 1993–1996 two factorial field experiment was carried out in order to study the influence of ploughed in biomass of cover crop (after harvest residues or whole biomass) and the form of organic fertilization (control without organic fertilization, farmyard manure, undersown cover crops: red clover, back medic, Italian ryegrass and red clover + Italian ryegrass, back medic + Italian ryegrass) on

*Pracę wykonano w ramach projektu badawczego nr 5 PO6B 014 09 finansowanego przez KBN

technological quality of sugar beet roots. The comparison of the effect of farmyard and green manure composed of cover crops on sugar beet root quality was also assessed. Ploughing in whole biomass of cover crop in comparison with after harvest residues, resulted in significant increase of soluble ash (0.021%), potassium ($0.21 \text{ mval} \cdot 100\text{g}^{-1}$), alfa-amino nitrogen ($0.21 \text{ mval} \cdot 100\text{g}^{-1}$) in sugar beet roots as well as caused the increase of deformed roots (1.4%) and decrease of sugar content (0.13%) and alkalinity coefficient (0.04). Independently of the amount of ploughed in biomass of cover crop, applied forms of organic fertilizers, in comparison with control, resulted for most cases in increase of sugar content, soluble ash and molasses producing components and decrease of alkalinity coefficient and share of deformed roots. The amount of sugar in sugar beet fertilized with farmyard manure did not differ significantly from that one in roots fertilized with after harvest residues of leguminous plants with ryegrass and after harvest residues as well as whole biomass of Italian ryegrass

Key words: cover crop, farmyard manure, sugar beet, quality, undersown

WSTĘP

Nawożenie jest bardzo ważnym czynnikiem plonotwórczym i kształtującym jakość korzeni buraka cukrowego (Miczyński i Siwicki, 1954, 1960; Siwicki, 1971; Malicki i Podstawka, 1989; Gutmański, 1990; Ceglarek i in., 1995; Słowiński i in., 1995; Adamiak i Adamiak, 1996; Ostrowska i Kucińska, 1998; Gandecki i in., 1999; Ceglarek i Buraczyńska, 2002). Prawidłowe i racjonalne nawożenie buraka cukrowego zwiększa wysokość i wierność plonowania, poprawia wartość biologiczną i technologiczną plonów oraz zwiększa zasobność gleby w składniki pokarmowe (Siwicki, 1971; Kuszelewski i Łabętowicz, 1986; Malicki i Podstawka, 1989; Gutmański, 1990; Ceglarek i in., 1995; Gandecki i in., 1999). Burak cukrowy korzystnie reaguje na nawożenie organiczne (Miczyński i Siwicki, 1954, 1960; Adamiak i Adamiak, 1996; Ostrowska i Kucińska, 1998; Gandecki i in., 1999; Ceglarek i Buraczyńska, 2002). W ostatnich latach, ze względów ekonomicznych i ekologicznych, stosowanie nawozów organicznych w uprawie buraka cukrowego nabiera znów priorytetowego znaczenia (Adamiak i Adamiak, 1996; Szymczak-Nowak i in., 1997; Ostrowska i in., 2000; Ceglarek i Buraczyńska, 2002). Intensyfikacja produkcji buraka cukrowego, skracanie plodozmianów, występujące niedobory obornika skłaniają do poszukiwania alternatywnych form nawozów organicznych, które mogą zastąpić tradycyjny nawóz organiczny w nawożeniu buraka cukrowego, bez pogarszenia jakości plonów (Ceglarek i in., 1995; Słowiński i in., 1995; Adamiak i Adamiak, 1996; Szymczak-Nowak i in., 1997; Ostrowska i Kucińska, 1998; Gandecki i in., 1999).

W nawiązaniu do powyższych problemów przeprowadzono badania, których celem była ocena oddziaływania masy przyorywanego międzyplonu wsiewki i formy nawożenia organicznego na jakość przemysłową korzeni buraka cukrowego. W pracy porównano także wpływ obornika z oddziaływaniem nawozów zielonych z międzyplonów wsiewek na kształtowanie jakości korzeni buraka cukrowego.

MATERIAŁ I METODY

Niniejsza praca jest kontynuacją opracowania Ceglarka i Buraczyńskiej (2002), w którym podano warunki glebowe, uprawowe i metodykę badań.

W czasie zbioru buraka cukrowego na każdym obiekcie określono udział korzeni zniekształconych w zbieranej masie korzeni oraz pobrano średnie próby korzeni, w celu wykonania analiz chemicznych. W świeżej masie korzeni buraka cukrowego oznaczono zawartość: cukru — metodą polarymetryczną (w latach 1994–1996), popiołu rozpuszczalnego — metodą konduktometryczną (w roku 1994 i 1996), potasu (K), sodu (Na) i azotu alfa-aminowego ($N-\alpha-NH_2$) na zestawie „Venema” w Zakładzie Doświadczalnym Hodowli i Aklimatyzacji Roślin (ZD HAR) w Kończewicach (w roku 1995). Na podstawie otrzymanych wyników obliczono współczynnik alkaliczności (w roku 1995).

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość cukru w korzeniach buraka cukrowego z kombinacji nawożonych resztkami poźniowymi międzyplonów wsiewek była istotnie większą od koncentracji cukru w korzeniach z obiektów użyźnianych całą biomasa wsiewek (tab. 1).

Tabela 1

Zawartość cukru w korzeniach buraka cukrowego (%) (średnie z lat 1994–1996)
Content of sugar in sugar beet roots (%) (means from 1994–1996)

Forma nawożenia organicznego Form of organic fertilization	Masa przyorywanego międzyplonu wsiewki Mass of overploughed cover crop		
	resztki poźniowe after harvest residue	cała biomasa whole biomass	średnie means
Kontrola — Control	16,89	16,89	16,89
Obornik Farmyard manure	17,29	17,29	17,29
Międzyplon wsiewka: Cover crop:			
Koniczyna czerwona Red clover	17,00	16,66	16,83
Lucerna chmielowa Black medic	17,02	16,71	16,87
Życica wielokwiatowa Italian ryegrass	17,22	17,23	17,23
Koniczyna czerwona + życica wielokwiatowa Red clover + Italian ryegrass	17,17	17,01	17,09
Lucerna chmielowa + życica wielokwiatowa Black medic + Italian ryegrass	17,18	17,05	17,12
Średnie — Means	17,11	16,98	—
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			
Masa przyorywanego międzyplonu wsiewki Mass of overploughed cover crop			0,10
Forma nawożenia organicznego Form of organic fertilization			0,21
Interakcja Interaction			0,23

Tabela 2

Zawartość popiołu rozpuszczalnego (średnie z roku 1994 i 1996) i składników melasotwórczych (w roku 1995) w korzeniach buraka cukrowego

Content of soluble ash (means from 1994 and 1996) and molasses producing components in sugar beet roots (1995)

Forma nawożenia organicznego Form of organic fertilization	Popiół rozpuszczalny (%) Soluble ash (%)			Składniki melasotwórcze (mval·100g ⁻¹ korzeni) Molasses producing components (mval·100g ⁻¹ roots)								
				K			Na			N-α-NH ₂		
	masa przyorywanego międzyplonu wsiewki* mass of overploughed cover crop*											
	1	2	x	1	2	x	1	2	x	1	2	x
Kontrola — Control	0,462	0,462	0,462	5,98	5,98	5,98	0,41	0,41	0,41	3,11	3,11	3,11
Obornik — Farmyard manure	0,511	0,511	0,511	6,07	6,05	6,06	0,46	0,46	0,46	3,54	3,52	3,53
Międzyplon wsiewka: Cover crop:												
Koniczyna czerwona — Red clover	0,538	0,552	0,545	6,11	6,41	6,26	0,46	0,53	0,50	3,59	3,93	3,76
Lucerna chmielowa — Black medic	0,527	0,545	0,536	6,09	6,38	6,24	0,45	0,51	0,48	3,54	3,84	3,69
Życica wielokwiatowa Italian ryegrass	0,473	0,519	0,496	6,04	6,35	6,20	0,42	0,45	0,44	3,35	3,52	3,44
Koniczyna czerwona + życica wielokwiatowa Red clover + Italian ryegrass	0,497	0,531	0,514	6,06	6,37	6,22	0,44	0,50	0,47	3,46	3,82	3,64
Lucerna chmielowa + życica wielokwiatowa Black medic + Italian ryegrass	0,491	0,527	0,509	6,05	6,35	6,20	0,44	0,48	0,46	3,44	3,77	3,61
Średnie — Means	0,500	0,521	—	6,06	6,27	—	0,44	0,48	—	3,43	3,64	—
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}												
Masa przyorywanego międzyplonu wsiewki Mass of overploughed cover crop			0,012			0,12			n.i. n.s.			0,10
Forma nawożenia organicznego Form of organic fertilization			0,023			0,17			0,03			0,14
Interakcja — interaction			0,032			0,30			0,05			0,22

*1 — Resztki poźniwne — After harvest residue

2 — Cała biomasa — Whole biomass

Tabela 3

Współczynnik alkaliczności (1995) Alkalinity coefficient (1995)			
Forma nawożenia organicznego Form of organic fertilization	Masa przyorywanego międzyplonu wsiewki Mass of overploughed cover crop		
	resztki poźniwne after harvest residue	cała biomasa whole biomass	średnie means
Kontrola — Control	2,05	2,05	2,05
Obornik Farmyard manure	1,84	1,85	1,85
Międzyplon wsiewki: Cover crop:			
Koniczyna czerwona Red clover	1,83	1,77	1,80
Lucerna chmielowa Black medic	1,85	1,79	1,82
Życica wielokwiatowa Italian ryegrass	1,93	1,93	1,93
Koniczyna czerwona + życica wielokwiatowa Red clover + Italian ryegrass	1,88	1,80	1,84
Lucerna chmielowa + życica wielokwiatowa Black medic + Italian ryegrass	1,89	1,81	1,85
Średnie — Means	1,90	1,86	—
NIR _{0,05}			
LSD _{0,05}			
Masa przyorywanego międzyplonu wsiewki Mass of overploughed cover crop			0,03
Forma nawożenia organicznego Form of organic fertilization			0,05
Interakcja Interaction			0,07

Zastosowanie pod burak cukrowy większej ilości masy organicznej, bogatej w składniki pokarmowe może przedłużać okres wegetacji buraka i zmniejszać zawartość cukru w korzeniach (Miczyński i Siwicki, 1954, 1960; Siwicki, 1971; Ceglarek i Buraczyńska, 2002). W przeprowadzonym doświadczeniu zawartość cukru różnicowały także formy nawożenia organicznego. Użyźnianie stanowiska obornikiem, życią wielokwiatową i mieszką lucerny chmielowej z życią wielokwiatową, w odniesieniu do kontroli, spowodowało wzrost zawartości cukru w korzeniach buraka cukrowego. Dodatni wpływ obornika i nawozów zielonych na koncentrację cukru w korzeniach buraka cukrowego udowodnili także inni autorzy (Miczyński i Siwicki, 1954; Siwicki, 1971; Malicki i Podstawka, 1989; Gandecki i in., 1999). Ze współdziałania masy przyorywanego międzyplonu z formą nawożenia organicznego wynika, że zawartość cukru w korzeniach buraka nawożonego resztkami poźniwnymi życicy wielokwiatowej i mieszanek roślin motylkowatych z życią wielokwiatową oraz całą masą życicy wielokwiatowej była zbliżona do zawartości cukru stwierdzonej w korzeniach z obiektu z obornikiem.

Przyoranie całej biomasy międzyplonów, w odniesieniu do resztek poźniwnych, przyczyniło się do istotnego wzrostu zawartości popiołu rozpuszczalnego (średnio o 0,021%), potasu (średnio o 0,21 mval·100g⁻¹) i azotu alfa-aminowego (średnio o 0,21

mval·100g⁻¹) w korzeniach buraka cukrowego (tab. 2). Zastosowane formy nawożenia organicznego zwiększyły zawartość popiołu rozpuszczalnego i składników melasotwórczych w korzeniach buraka cukrowego w porównaniu z koncentracją tych składników w korzeniach z kombinacji bez nawożenia organicznego. Podobne zależności udowodnili także inni autorzy (Siwicki, 1971; Malicki i Podstawka, 1989; Gutmański, 1990; Ostrowska i Kucińska, 1998). Analiza wariancji wykazała istotny wpływ współdziałania masy przyorywanego międzyplonu wsiewki z formą nawożenia organicznego na zawartość popiołu rozpuszczalnego i składników melasotwórczych w soku korzeni buraka cukrowego. Oddziaływanie resztek poźniwnych i całej biomasy międzyplonów wsiewek, w porównaniu z obornikiem, na zawartość popiołu rozpuszczalnego i składników melasotwórczych było zróżnicowane. W badaniach Ceglarka i wsp. (1995) oraz Słowińskiego i wsp. (1995) użyźnianie stanowiska nawozami zielonymi z międzyplonów ścierniskowych, w odniesieniu do obornika, nie zmieniało istotnie zawartości popiołu rozpuszczalnego w korzeniach buraka cukrowego.

Tabela 4

Udział korzeni zniekształconych (% masy korzeni) (średnie z lat 1994-1996)
Participation of deformed roots (% of roots mass) (means from 1994-1996)

Forma nawożenia organicznego Form of organic fertilization	Masa przyorywanego międzyplonu wsiewki Mass of overploughed cover crop		
	resztki poźniwne after harvest residue	cała biomasa whole biomass	średnie means
Kontrola — Control	18,2	18,2	18,2
Obornik Farmyard manure	14,1	14,1	14,1
Międzyplon wsiewki Cover crop:			
Koniczyna czerwona Red clover	15,1	16,9	16,0
Lucerna chmielowa Black medic	15,4	17,2	16,3
Życica wielokwiatowa Italian ryegrass	15,7	17,7	16,7
Koniczyna czerwona + życica wielokwiatowa Red clover + Italian ryegrass	14,3	16,1	15,2
Lucerna chmielowa + życica wielokwiatowa Black medic + Italian ryegrass	14,5	16,4	15,5
Średnie — Means	15,3	16,7	—
NIR _{0,05}			
LSD _{0,05}			
Masa przyorywanego międzyplonu wsiewki Mass of overploughed cover crop			0,8
Forma nawożenia organicznego Form of organic fertilization			1,5
Interakcja Interaction			1,8

Wartość współczynnika alkaliczności soku korzeni buraka cukrowego z obiektów nawożonych resztkami poźniwnymi międzyplonu wsiewki była istotnie większa od

współczynnika soku korzeni z kombinacji nawożonych całą masą międzyplonu (tab. 3). Zastosowane nawozy organiczne, w odniesieniu do kontroli, spowodowały istotny spadek współczynnika alkaliczności buraka cukrowego. Uzyskane wyniki są zbieżne z rezultatami badań Gutmańskiego (1990). Korzenie buraka cukrowego nawożonego resztkami poźniwnymi i całą masą życicy wielokwiatowej charakteryzowały się istotnie większą wartością liczbową współczynnika alkaliczności niż korzenie z obiektu z obornikiem.

Udział korzeni zniekształconych w masie korzeni buraka cukrowego w kombinacjach nawożonych resztkami poźniwnymi międzyplonów wsiewek, w odniesieniu do całej biomasy wsiewek, był istotnie mniejszy, średnio o 1,4% (tab. 4). W badaniach autorów, podobnie jak w doświadczeniu Adamiak i Adamiak (1996), udowodniono również istotny wpływ formy nawożenia organicznego i interakcji badanych czynników nawozowych na udział korzeni zniekształconych w masie korzeni buraka cukrowego.

Wyniki eksperymentu przeprowadzonego w warunkach środkowo-wschodniej Polski wskazują, że obornik i międzyplony wsiewki istotnie kształtują wysokość i jakość plonu buraka cukrowego. Resztki poźniwne mieszanek roślin motylkowatych z życicą wielokwiatową zastępują obornik w nawożeniu buraka cukrowego bez obniżenia plonów i pogorszenia jakości przemysłowej korzeni (Ceglarek i Buraczyńska, 2002).

WNIOSKI

1. Jakość technologiczna korzeni buraka cukrowego różnicowana była przez masę przyorywanego międzyplonu i formę nawożenia organicznego.
2. Zastosowanie pod burak cukrowy całej biomasy międzyplonów wsiewek, w porównaniu z resztkami poźniwnymi, przyczyniło się do pogorszenia jakości przemysłowej korzeni buraka cukrowego.
3. Niezależnie od masy przyorywanego międzyplonu, formy nawożenia organicznego, w odniesieniu do kontroli bez nawożenia organicznego spowodowały w większości przypadków, wzrost zawartości cukru, popiołu rozpuszczalnego i składników melasotwórczych w korzeniach buraka cukrowego, a spadek współczynnika alkaliczności soku korzeni i udziału korzeni zniekształconych w masie korzeni.
4. Jakość przemysłowa korzeni buraka cukrowego nawożonego resztkami poźniwnymi mieszanek roślin motylkowatych z życicą wielokwiatową i życicy wielokwiatowej dorównywała jakości korzeni z obiektu użyźnianego obornikiem.

LITERATURA

- Adamiak J., Adamiak E. 1996. Wpływ różnych form nawożenia organicznego na wysokość i jakość plonu buraka cukrowego. Zesz. Nauk. AR Szczecin 172, Rol. 62: 3 — 8.
- Ceglarek F., Buraczyńska D. 2002. Działanie nawozowe obornika i międzyplonów wsiewek stosowanych pod burak cukrowy. Cz. I. Wschody, obsada i plony buraka cukrowego. Biul. IHAR 222: 247 — 254.
- Ceglarek F., Gąsiorowska B., Zarzecka K. 1995. Plonowanie i wartość technologiczna buraka cukrowego w zależności od zróżnicowanego nawożenia organicznego i nawożenia mineralnego. Zesz. Nauk Rol. WSRP Siedlce 39: 57 — 71.

- Gandecki R., Malak D., Śniady R., Zimny L. 1999. Plonowanie buraka cukrowego przy zróżnicowanym nawożeniu organicznym i wzrastających dawkach azotu mineralnego. Zesz. Nauk. AR Wrocław 361, Konferencje XXII: 189—95.
- Gutmański I. 1990. Działanie wapna, obornika i terminu zbioru na efektywność dawek azotu stosowanych pod buraki cukrowe. Cz. I. Wschody, plonowanie i jakość przetwórcza buraka cukrowego. Biul. IHAR 176: 59 — 82.
- Kuszelewski L., Łabętowicz J. 1986. Współdziałanie nawożenia mineralnego i organicznego w kształtowaniu żyzności gleby. Roczn. Gleb. XXXVII, 2/3: 411 — 419.
- Malicki L., Podstawka E. 1989. Wybrane aspekty nawożenia buraka cukrowego w świetle doświadczeń na średnich i ciężkich glebach Lubelszczyzny. Post. Nauk Rol. 2: 63 — 75.
- Miczyński J., Siwicki S. 1954. Międzyplony nawozowe w uprawie buraka cukrowego. Roczn. Nauk Rol., Ser. A, 70, 2: 251 — 81.
- Miczyński J., Siwicki S. 1960. Międzyplony nawozowe w uprawie buraków cukrowych. Cz. II. Wsiewki międzyplonowe. Roczn. Nauk Rol., Ser. A, 83, 2: 311 — 48.
- Ostrowska D., Kucińska B. 1998. Wpływ wzrastającego nawożenia azotem oraz różnych form nawozów organicznych na plon i jakość buraka cukrowego. Roczn. AR Poznań, CCCVII, Rol. 52, z. 1: 273 — 278.
- Ostrowska D., Kucińska B., Artyszak A. 2000. Efektywność produkcji buraka cukrowego w warunkach zróżnicowanego nawożenia organicznego i azotem, w płodozmianie trójpłowym. Roczn. Nauk Rol., Ser. A, 115, 1-4: 67 — 3.
- Siwicki S. 1971. Wartość nawozowa międzyplonów i obornika w uprawie buraków cukrowych. Biul. IHAR 105: 59 — 71.
- Słowiński H., Prośba-Białczyk U., Pytlarz-Kozicka M. 1995. Wpływ nawożenia na plon buraka cukrowego. Zesz. Nauk. AR Wrocław 262, Rol. LXIII: 45 — 54.
- Szymczak-Nowak J., Nowakowski M., Kostka-Gościński D., Redo L., Banaszak H. 1997. Wpływ nawożenia słomą na zdrowotność i plonowanie wybranych odmian buraka cukrowego. Progres in Plant Protection, 37 (2): 260 — 262.

LESZEK KORDAS**LESŁAW ZIMNY**Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin
Akademia Rolnicza, Wrocław

Wpływ wieloletniego stosowania siewu bezpośredniego w uprawie buraka cukrowego na niektóre wskaźniki struktury gleby

The effects of long-term using of no-tillage method in sugar beet production on soil structure indices

W pracy przedstawiono wyniki badań z lat 1994–2000. Celem badań było porównanie działania różnych sposobów uprawy na wybrane właściwości struktury gleby. Ścisłe doświadczenie polowe założono metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach na glebie średniej. Prace badawcze realizowano na trzech obiektach. Obiektem kontrolnym były poletka, na których przeprowadzono tradycyjną uprawę pod burak cukrowy. Na pozostałych dwóch obiektach uprawę zróżnicowano wprowadzając międzyplon lub rezygnując z uprawy płuznej na rzecz siewu bezpośredniego. Glebę do analizy pobrano z poletek przed zbiorem buraka cukrowego z warstw 0–5 i 5–30 cm. Przesiewając próbkę gleby o masie 2 kg określono średnią ważoną średnicę agregatu — MWDa. Wydzielone agregaty przesiano na mokro w aparacie Bakszejewa i obliczono średnią ważoną średnicę gruzełka MWDg oraz wskaźnik wodoodporności WOD i stałą wodoodporności K. Stosowanie w uprawie buraka cukrowego międzyplonu ścierniskowego, w stosunku do uprawy tradycyjnej, powodowało wzrost średniej ważonej średnicy gruzełka oraz pogorszenie wodoodporności agregatów glebowych i wskaźnika strukturalności gleby. We wszystkich badanych systemach uprawy buraka cukrowego warstwa gleby 0–5 cm charakteryzowała się największą średnią ważoną średnicą agregatu i gruzełka.

Słowa kluczowe: uprawa roli, międzyplon ścierniskowy, wskaźniki strukturalności

In the paper the results of an experiment are presented which objective was to compare effects of different tillage methods on selected traits of soil structure. The field experiment was conducted in 1994–2000, according to the randomized blocks method in four replicates, on a medium soil. There were three treatments in the experiment. The control treatment was the object on which traditional tillage of sugar beet was performed. In the second treatment stubble crop was introduced and in the third one plowing was replaced by direct drilling. Before the harvest of sugar beet, soil samples were collected from 0–5 and 5–30 cm soil layers and weighed mean of soil aggregate diameter was determined (MWDa). After sieving wet samples using the Bakszajew method weighed mean of soil aggregate diameter (MWDg), waterproofness (WOD) and waterproofness constant (K) indices were determined. Using a stubble crop before sugar beet increased weighed mean of soil aggregate diameter but reduced waterproofness of the aggregates and soil structure index. In all tillage treatments the 0–5 cm soil layer had the highest mean of soil aggregate diameter (MWDa and MWDg).

Key words: soil tillage, stubble crop, structure indices

WSTĘP

Właściwa struktura gleby oprócz jej żyzności uważana jest za jeden z ważniejszych czynników plonotwórczych w uprawie roślin. Agregacja elementarnych cząstek glebowych jest procesem bardzo korzystnie wpływającym na fizyczne, chemiczne i biologiczne właściwości gleby (Dobrzański i in., 1986, Domżał i Słowińska-Jurkiewicz, 1988; Lipiec i Dębicki, 1989). Właściwy rozwój i plonowanie uprawianych roślin uzależnione jest nie tylko od obecności odpowiednich agregatów glebowych, ale również od ich wielkości i odporności na rozmywające działanie wody (Kordas i Zimny, 1998). Powszechnie uważa się, że najbardziej korzystne właściwości zapewnia glebie struktura gruzełkowata, gdy przeważają agregaty o średnicy 1–5 mm i są one trwale wodoodporne. W takich warunkach korzenie mają ułatwioną penetrację oraz optymalne stosunki wodno-powietrzne (Domżał i Słowińska-Jurkiewicz, 1988; Paluszek, 1994). Decydującą rolę w tworzeniu tej struktury odgrywa zastosowana agrotechnika (Kowaliński i in., 1980; Gawrońska-Kulesza i Suwara, 1989). Powstawanie trwałej struktury gruzełkowej najsilniej determinowane jest obecnością w glebie substancji organicznej, której głównym źródłem są pozostawione po zbiorze resztki poźniwne, obornik, oraz przyorane międzyplony (Kordas, 1997). Nie bez znaczenia dla powstania i trwałości struktury gruzełkowej w glebach uprawnych są także czynniki mechaniczne związane ze stosowanymi zabiegami agrotechnicznymi (Kowaliński i in., 1980).

Różne systemy uproszczeń uprawy roli w odmienny sposób wpływają na strukturę roli i jej właściwości fizyczne (Kordas i Zimny, 1998). Jednym z nich są siewy bezpośrednie, które są zdecydowanie mniej energochłonne od uprawy tradycyjnej, na którą obecnie zużywa się około 40% energii wykorzystywanej w procesie produkcji rolniczej (Dzienia i Sosnowski, 1990). Plony roślin uprawianych w systemie siewu bezpośredniego często utrzymują się na podobnym poziomie jak w uprawie tradycyjnej (Kordas, 1997).

Celem przeprowadzonych badań było porównanie działania różnych sposobów uproszczeń w uprawie roli na wybrane właściwości struktury gleby.

MATERIAŁ I METODY

Badania oparto na ścisłym doświadczeniu polowym przeprowadzonym w latach 1994–2000 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Swojcu Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Doświadczenie założono metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach na madzie rzecznej wytworzonej z piasku gliniastego mocnego. W doświadczeniu testowano wpływ różnych uproszczeń uprawy roli aż do siewu bezpośredniego włącznie w zmianowaniu: burak cukrowy na oborniku — pszenica jara — groch siewny — pszenżyto ozime + międzyplon ścierniskowy (gorczyca biała). Międzyplon przyorywano orką przedzimową. Przedstawione wyniki dotyczą stanu gleby po rozpoczęciu drugiej rotacji to jest w piątym roku doświadczenia. Prace badawcze realizowano na trzech obiektach (tab. 1). Obiektem kontrolnym były poletka, na których przeprowadzono tradycyjną uprawę roli pod burak cukrowy. Na pozostałych dwóch obiektach uprawę zróżnicowano stosując

międzyplon ścierniskowy lub rezygnując zupełnie z jakiegokolwiek uprawy roli na rzecz siewu bezpośredniego.

Tabela 1

Schemat doświadczenia polowego
Scheme of the field experiment

System uprawy Tillage system	Uprawa poźniwna Stubble tillage	Międzyplon Stubble crop	Uprawa przedzimowa Pre-winter tillage
Tradycyjna Conventional	podorywka skimming	—	obornik — orka głęboka manure — deep ploughing
Tradycyjny + międzyplon ścierniskowy Convent + stubble crop	podorywka skimming	gorczyca biała white mustard	obornik — orka głęboka manure — deep ploughing
Siew bezpośredni Direct sowing	bez uprawy no tillage	gorczyca biała white mustard	bez uprawy no tillage

Glebę do analiz pobrano z poletek we wrześniu z warstw 0–5 i 5–30 cm. Pobrane próbki gleby doprowadzono do stanu powietrznie suchego, a następnie rozdzielono na sucho zestawem sit o średnicy oczek: 0,25, 0,5, 1,0, 3,0, 5,0, 7,0 i 10,0 mm. Na tej podstawie obliczono niektóre wskaźniki struktury gleby:

MWDa — średnia ważona średnica agregatu — suma iloczynów ze środków klasowych wielkości frakcji agregatów przesianych na sucho i liczebności klasowej (procent wagowy) podzielona przez 100.

Za pomocą aparatu Bakszejewa przesiano próbki na mokro i obliczono średnią ważoną średnicę gruzełka MWDg, stałą wodoodporności K oraz wskaźnik wodoodporności WOD.

MWDg — średnia ważona średnica gruzełka — suma iloczynów ze środków klasowych wielkości frakcji gruzełków przesianych na mokro (w aparacie Bakszejewa) i liczebności klasowej (procent wagowy gruzełków) podzielona przez 100.

$$K = \frac{b \cdot 100}{a}$$

gdzie:

a — % agregatów o średnicy > 1 mm przesiewanych na sucho

b — % gruzełków o średnicy > 1 mm przesiewanych na mokro

$$WOD = \frac{\sum \text{frakcji gruzełków* bez frakcji} < 0,25 \text{ mm}}{\sum \text{frakcji agregatów** bez frakcji} < 0,25 \text{ mm}} \cdot 100\%$$

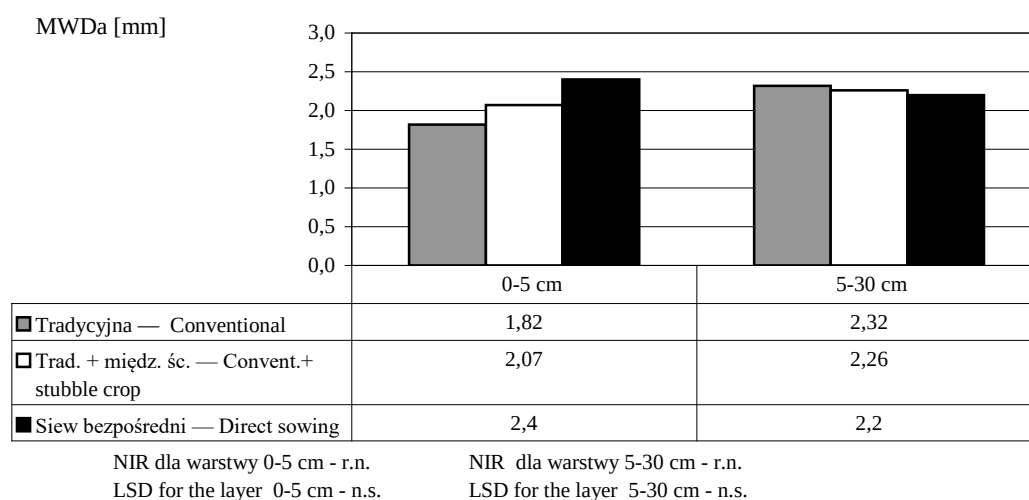
* — termin gruzełki dotyczy struktur glebowych uzyskanych po przesianiu suchej gleby

** — termin agregaty dotyczy struktur glebowych uzyskanych po przesianiu gleby w aparacie Bakszejewa

WYNIKI

Modyfikacje tradycyjnej uprawy roli pod burak cukrowy polegające na wprowadzeniu międzyplonu na przyoranie lub stosowaniu siewu bezpośredniego w różnym stopniu wpływały na wskaźniki strukturalności gleby i wodotrwałość agregatów glebowych.

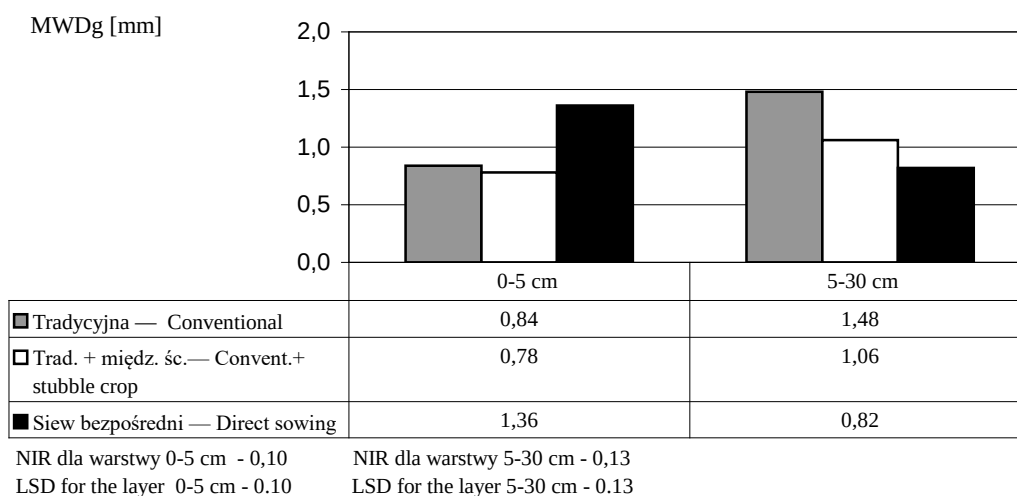
Zastosowanie siewu bezpośredniego, zamiast uprawy tradycyjnej, wyraźnie powodowało wzrost średniej ważonej średnicy agregatu — MWDa w stosunku do uprawy tradycyjnej w warstwie 0–5 cm o 32% (rys. 1). Wprowadzenie natomiast do uprawy tradycyjnej międzyplonu ścierniskowego wpłynęło na wzrost średnicy agregatów o 16%. W warstwie głębszej stwierdzono odwrotne zależności. Największą średnicę agregatów odnotowano w przypadku uprawy tradycyjnej średnio 2,32 mm, a najmniejszą w siewie bezpośrednim — 2,2 mm.



r.n. — Różnica nieistotna dla obu warstw; n.s. — The differences insignificant for the both layers

Rys. 1. Wpływ systemu uprawy roli na średnią ważoną średnicę agregatu — MWDa
Fig. 1. The effect of tillage system on weighed mean of aggregate diameter — MWDa

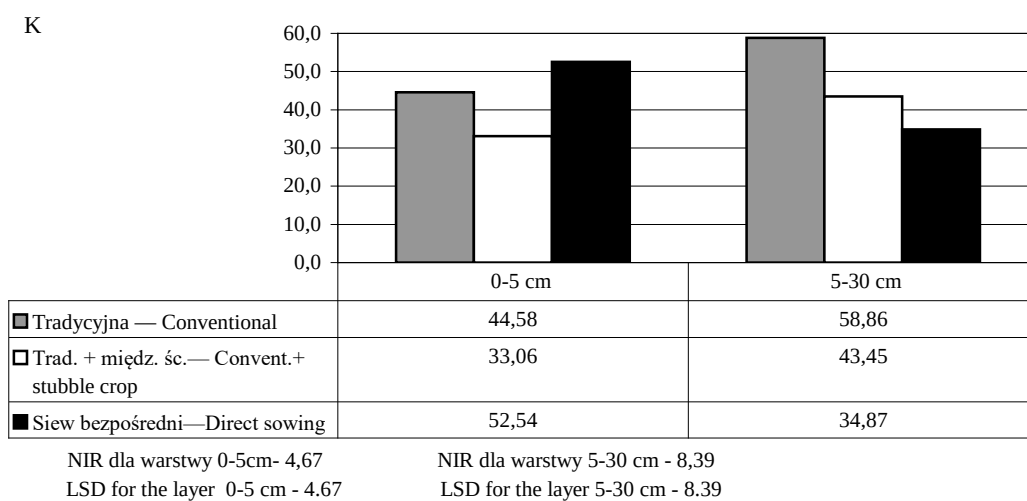
Po przesianiu gleby w aparacie Bakszejewa, stwierdzono większą średnicę gruzełków wodoodpornych — MWDg w wierzchniej warstwie gleby średnio o 62% z poletek z siewem bezpośrednim niż w uprawie tradycyjnej (rys. 2). W głębszych warstwach (5–30 cm) zależności te uległy odwróceniu. Największą średnicę gruzełka średnio 1,48 mm stwierdzono na obiektach z uprawą tradycyjną. W uprawie tradycyjnej i zmodyfikowanej odwrotnie jak w przypadku siewu bezpośredniego wierzchnią warstwę gleby cechowała zawsze mniejsza średnica zarówno agregatów, jak i gruzełków.



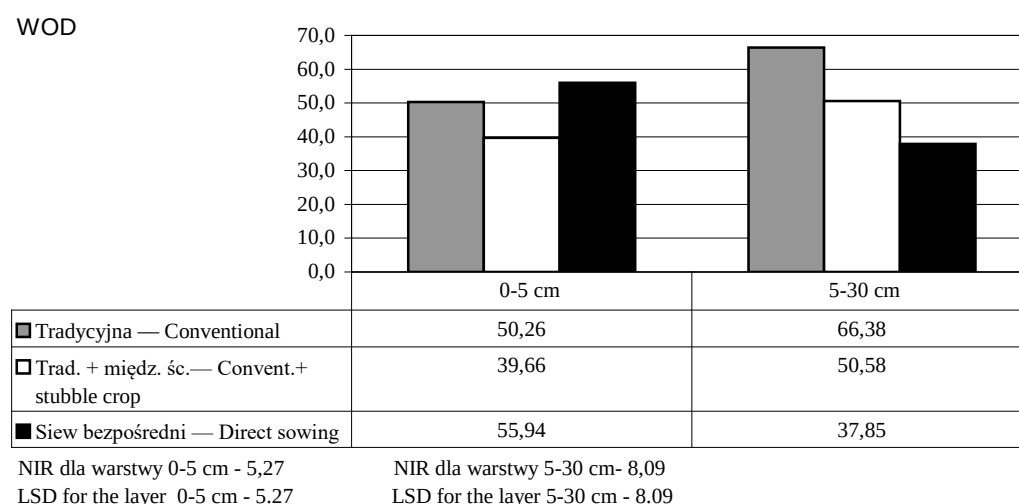
Rys. 2. Wpływ systemu uprawy roli na średnią ważoną średnicę gruzelka — MWDg
Fig. 2. The effect of tillage system on weighed mean of granule diameter — MWDg

Stała wodoodporności — K (rys. 3) charakteryzuje wodoodporność agregatów glebowych o średnicy powyżej 1 mm. Istotne zróżnicowanie stałej wodoodporności zaobserwowano w wierzchniej warstwie gleby pomiędzy uprawą tradycyjną a systemem siewu bezpośredniego. Gleba, na której uprawiano burak cukrowy w siewie bezpośrednim charakteryzowała się istotnie większym średnio o 17,8% wskaźnikiem stałej wodoodporności w stosunku do gleby uprawianej tradycyjnie. Wprowadzenie do uprawy tradycyjnej międzyplonu ścierniskowego istotnie pogorszyło ten wskaźnik średnio o 26%. W warstwie głębszej nastąpiło odwrócenie zależności. Gleba spod uprawy tradycyjnej charakteryzowała się największym wskaźnikiem stałej wodoodporności i był on istotnie (średnio o 59%) większy niż w siewie bezpośrednim. W przypadku uprawy tradycyjnej i zmodyfikowanej poprzez zastosowanie międzyplonu ścierniskowego, odwrotnie jak w siewie bezpośrednim, wraz ze wzrostem głębokości następował również wzrost wskaźnika stałej wodoodporności.

Zrezygnowanie z uprawy płużnej oraz stosowanie techniki siewu bezpośredniego w zmianowaniu przez okres pięciu kolejnych lat wpłynęło na wodoodporność agregatów glebowych (rys. 4). Na poletkach z siewem bezpośrednim w warstwie 0–5 cm stwierdzono wyraźnie najwyższy wskaźnik wodoodporności średnio 55,9, a na poletkach z uprawą tradycyjną o 10% niższy. Wprowadzenie w uprawie tradycyjnej do gleby masy organicznej międzyplonu ścierniskowego w istotnym stopniu średnio o 33% wpływało na obniżenie wartości współczynnika wodoodporności zarówno w stosunku do niej, jak i siewu bezpośredniego. W warstwie 5–30 cm istotnie największą wodoodpornością charakteryzowała się gleba z poletek uprawianych tradycyjnie, a najgorszą z siewu bezpośredniego.



Rys. 3. Wpływ systemu uprawy roli na stałą wodoodporności — K
Fig. 3. The effect of tillage system on the waterproofness constant — K



Rys. 4. Wpływ systemu uprawy roli na współczynnik wodoodporności — WOD
Fig. 4. The effect of tillage system on the waterproofness index — WOD

DYSKUSJA

Według Słowińskiej-Jurkiewicz i Pranagala (1997) działanie substancji organicznych jako lepiszcza spajającego cząstki glebowe znane jest od dawna, a jednym ze sposobów

dostarczenia ich do gleby może być przyoranie międzyplonów ścierniskowych. Przeprowadzone badania dowodzą, iż wprowadzenie do gleby masy zielonej międzyplonu ścierniskowego wpływa na zwiększenie średniej ważonej średnicy agregatu. Podobne wyniki uzyskały Gawrońska-Kulesza i Suwara (1989), które stwierdziły wpływ nawożenia organicznego na zwiększenie średniej ważonej średnicy gruzełka MWDg. Gutmański i wsp. (1999) są zdania, że siew bezpośredni sprzyja poprawieniu nie tylko wcześniej omawianych właściwości gleby, ale również poprawia niektóre wskaźniki struktury. Badania własne dotyczące wskaźnika wodotrwałości agregatów, a także ich średniej ważonej średnicy, w pełni potwierdzają wyniki uzyskane przez Gutmańskiego i wsp. (1999), Carvalho i Bascha (1995) oraz Radeckiego (1986). Proces ten dotyczy przede wszystkim górnej warstwy gleby (0–5 cm) w przypadku obu badanych cech. Jest to efekt wysoce pozytywny ze względu na to, iż właśnie w warstwach powierzchniowych istnieje największe niebezpieczeństwo rozmywającego i powodującego zaskorupienie oddziaływania wody na glebę. Również z badań Radeckiego (1986) wynika, że system siewu bezpośredniego poprawia trwałość agregatów glebowych w wierzchniej warstwie roli. W głębszych warstwach wskaźniki te, bez względu na sposób uprawy, przyjmują podobne wartości. Większa trwałość agregatów glebowych w wierzchniej warstwie na stanowisku z siewem bezpośrednim po przemarzniętej i pozostawionej masie międzyplonu ścierniskowego wynika z większej ilości substancji organicznej w tej warstwie.

WNIOSKI

1. Stosowanie w uprawie buraka cukrowego międzyplonu ścierniskowego powodowało, w stosunku do uprawy tradycyjnej, wzrost średniej ważonej średnicy gruzełka oraz zmniejszenie wodoodporności agregatów glebowych i wskaźnika strukturalności gleby.
2. Zastosowanie siewu bezpośredniego wyraźnie poprawiło strukturę gleby tylko w wierzchniej jej warstwie, co może wskazywać na większą odporność takiej gleby na erozję wodną.

LITERATURA

- Carvalho M., Basch G. 1995. Long term effects of two soil tillage treatments on a vertisol in Alentejo region of Portugal. Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. *Proceedings of the EC-Workshop-II*: 17 — 23.
- Dobrzański B., Witkowska-Walczak B., Walczak R. 1986. Wpływ agregacji czarnoziem na jego wodno-powietrzne charakterystyki. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 315: 63 — 79.
- Domżał H., Pranagal J. 1994. Wodoodporność agregatów glebowych jako wskaźnik degradacji gleb wywołanej użytkowaniem rolniczym. *Fragm. Agron.* 3: 22 — 33.
- Domżał H., Słowińska-Jurkiewicz A. 1988. Wpływ składu granulometrycznego i próchnicy na ilość agregatów glebowych i ich odporność na działanie wody. *Rocz. Gleb.* XXXIX, 3: 5 — 19.
- Dzienia S., Sosnowski A. 1990. Uproszczenia w podstawowej uprawie roli a wysokość nakładów energii. *Fragm. Agron.* 3: 71 — 79.
- Gawrońska-Kulesza A., Suwara I. 1989. Wpływ wieloletniego zróżnicowanego nawożenia na strukturę gruzelkową gleby. *Rocz. Gleb.*, XL, 1: 13 — 20.

- Gutmański I., Kostka-Gościński D., Nowakowski M., Szymczak-Nowak J., Dąbrowski W., Kłos W. 1999. Niektóre właściwości fizyczne gleby i występowanie dżdżownic (Lumbricidae) na plantacji buraka cukrowego uprawianego z siewu w mulcz międzyplonu. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 195, *Agricultura* 74: 87 — 96.
- Kordas L. 1997. Wpływ siewu bezpośredniego na plonowanie i zachwaszczenie buraków cukrowych i pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 3: 85— 90.
- Kordas L., Zimny L. 1998. Wpływ międzyplonów ścierniskowych stosowanych w systemie siewu bezpośredniego na strukturę roli. *Fragm. Agron.* 4B: 313 — 319.
- Kowaliński S., Drozd J., Licznar M. 1980. Mikromorfologiczne właściwości agregatów strukturotwórczych niektórych gleb wytworzonych z utworów lessowych. *Rocz. Gleb.*, XXXI, 3/4: 65 — 83.
- Lipiec J., Dębicki R. 1989. Zależność między strukturą gleb a ich właściwościami. *Rocz. Gleb.*, XL, 2: 5 — 19.
- Paluszek J. 1994. Wpływ erozji wodnej na strukturę i wodoodporność agregatów gleb pławowych wytworzonych z lessu. *Rocz. Gleb.* XLV, 3/4: 21 — 31.
- Radecki A. 1986. *Studia nad możliwością zastosowania siewu bezpośredniego na czarnych ziemiach właściwych.* Wyd. SGGW, Warszawa.
- Słowińska-Jurkiewicz A., Pranagal J. 1997. Morfologiczna analiza struktury w wybranych poziomach genetycznych gleb wytworzonych z lessu. *Fragm. Agron.* 3: 27 — 36.

ADAM PARADOWSKI
KAZIMIERZ ADAMCZEWSKI

Instytut Ochrony Roślin, Poznań

Ocena wpływu zmiany technologii odchwaszczania buraka cukrowego na przestrzeni ostatnich 15 lat

Evaluation of change of weed control technology in sugar beet in the last 15 years

W okresie ostatnich 15 lat w uprawie buraka cukrowego wykonano w Instytucie Ochrony Roślin w Poznaniu wiele doświadczeń, w których oceniano substancje biologicznie czynne służące do zwalczania chwastów dwuliściennych (fenmedifam, desmedifam, etofumesat, chloridazon, chlopyralid, metamidron). Początkowo stosowano je pojedynczo, a wraz z upływem czasu w formie różnego typu mieszanin. Podstawowym założeniem były dwa zabiegi: jeden wykonany zaraz po siewie herbicydami doglebowymi, drugi nalistny nie wcześniej niż po wykształceniu przez burak cukrowy dwóch liści właściwych. Stosując herbicydy w ten sposób nowe wschody chwastów następowały przed zwarciem międzyrzędzi i dochodziło do wtórnego zachwaszczenia. W celu likwidacji tego zachwaszczenia plantatorzy buraka ponosili wysokie koszty na ręczne pielenie chwastów. W połowie lat osiemdziesiątych w ramach ścisłych doświadczeń polowych rozpoczęto badania dotyczące nowych sposobów stosowania herbicydów. Do tego celu posłużyły te same substancje aktywne. Zmieniono jednak terminy stosowania i wysokość dawek herbicydów. Obniżenie dawek trzech zabiegów umożliwiło zapobiec zjawisku fitotoksyczności w stosunku do buraka, zapobiegło to także zachwaszczeniu przez minimum pierwsze 8 tygodni wegetacji buraka zabezpieczając plantację przed zachwaszczeniem, aż do zakrycia międzyrzędzi. Metoda ta dała wymierne korzyści ekonomiczne.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, herbicydy, systemy odchwaszczania

In order to investigate effects of various active ingredients of herbicides for broadleaf weed control (phenmedipham, desmedipham, ethophumesate, chloridazon, chlopyralid, metamidron), field experiments were carried out with sugar beet at the Institute of Plant Protection, Poznań, during the last 15 years. At the beginning, all the herbicides were applied separately, later in mixtures. The original guidelines recommended two sprays: immediately after sowing and not earlier than at the two leaves stage. In the middle 80's the studies had begun on new ways of the herbicides application. The same active ingredients were investigated at different rates and growth stages. The reduction of the applied doses, in three treatments, prevented phytotoxicity and the weed control was successful during the earliest eight weeks of the crop growing, until soil was covered. The method resulted in remarkable economical profits.

Key words: herbicides, methods of weed control, sugar beet

WSTĘP

Celem stosowanych metod chemicznego odchwaszczania pól jest opracowanie skutecznych systemów zwalczania chwastów. Modyfikacje programów zmierzają w kierunku polepszenia efektu chwastobójczego przy jednoczesnym obniżaniu kosztów zabiegu. Tego typu zmiany zaczęto wprowadzać w uprawie buraka cukrowego wiele lat temu. W efekcie od tradycyjnego odchwaszczania buraka cukrowego polegającego na stosowaniu wysokiej dawki herbicydu zaraz po siewie, a następnie drugiej pełnej dawki w fazie 2–4 liści buraka, technika zwalczania chwastów zmierza w kierunku systemu dawek dzielonych. Ich podstawowym założeniem jest stosowanie trzech zabiegów herbicydowych. Pierwszy z nich może być wykonany po siewie, kolejne dwa lub trzy, jeśli ochronę rozpoczęto od zabiegów nalistnych, muszą być wykonane zawsze w fazie wschodzących chwastów, tj. liścieni nie starszych niż faza dwóch liści właściwych, bez względu na fazę rozwojową buraka cukrowego. Obecnie w systemie dawek dzielonych stosuje się herbicydy, w skład których wchodzi 2, 3 lub cztery substancje aktywne, albo mieszaniny w zbiorniku z dwoma lub trzema herbicydami. Metoda ta wraz z upływem czasu zyskuje sobie coraz większą popularność jednak szereg nie przekonanych plantatorów ciągle stosuje metodę „tradycyjną”. Literatura krajowa i zagraniczna szeroko opisuje zagadnienia dotyczące stosowania różnych metod odchwaszczania buraka cukrowego (Adamczewski i in., 1993, 1997), zwłaszcza ze stosowaniem mieszanin (Adamczewski i in., 1983; Marshall i in., 1987; Bartels 1991). Próby porównania różnych metod ograniczają się na ogół do kilku lat (Rola i in., 1994), często opracowania mają charakter teoretyczno-historyczny (Kolbe, 1985; Banaszak i in., 2000). Dlatego też w celu oceny metod postanowiono zebrać dane i dokonać porównania obu systemów odchwaszczania buraka cukrowego na podstawie piętnastoletnich badań przeprowadzonych w Instytucie Ochrony Roślin w Poznaniu.

MATERIAŁ I METODY

W Instytucie Ochrony Roślin w Poznaniu w latach 1986–2000 przeprowadzono w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Winnej Górze oraz Terenowych Stacjach Doświadczalnym 84 ściśle doświadczenia polowe w uprawie buraka cukrowego, w których oceniono działanie 1012 kombinacji herbicydowych. W latach osiemdziesiątych doświadczenia obejmowały przede wszystkim ocenę herbicydów stosowanych dwukrotnie, tj. po zasiewie oraz w fazie 2–4 liści buraka. Następnie na przełomie lat dziewięćdziesiątych oceniano system dawek dzielonych i porównywano go z metodami tradycyjnymi. Pod koniec lat dziewięćdziesiątych minionego wieku oceniano już tylko system dawek dzielonych.

Badania były prowadzone zgodnie z zasadami doświadczalnictwa polowego. Doświadczenia zakładano w 4 powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 20 do 30 m² na różnych typach gleb klasy I do IIIB. Przygotowanie gleby, norma wysiewu oraz nawożenie organiczne i mineralne było zgodne z ogólnie przyjętymi zasadami uprawy buraka cukrowego.

Tabela 1

Porównanie efektywności działania zabiegów tradycyjnych oraz dawek dzielonych stosowanych do odchwaszczania buraka cukrowego
Comparison of efficacy of standard applications and split doses of herbicides in sugar beet

Substancje aktywne Active ingredients	Dawka substancji aktywnych (g/ha) Dose of active ingredients (g per ha)	ZT-jeden zabieg tradycyjny, DD- dawki dzielone, 3 zabiegi, liczba doświadczeń ZT-1 treatment, DD- doses, 3 treatments, no of experiments	Zniszczenie chwastów w procentach Percent of weed killed													Przyrost plonu w % do kontroli Yield increase %
			Ogółem	Amare	Antar	Brann	Capbp	Cheal	Galap	Lampu	Lycar	Polsp.	Steme	Thlar	Vioar	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
fen	960	ZT (10)	76	70		65		90			94	55	90	100	71	27,5
fen	960	DD (8)	81	65			70	94				47	100	100	77	33,4
fen + des	480 + 480	ZT (2)	73					79					79		76	26,4
fen + des	480 + 480	DD (2)	91					96		91				94	85	32,6
fen + des	516 + 132	ZT (3)	76			78		94		80		76	86	74	72	23,6
fen + eto	436 + 423	DD (3)	67	80	30		80	60						100	63	21,4
fen + eto	582 + 564	ZT (4)	91	52		58	60	75		91		48	64	100	63	22,7
fen + eto	582 + 564	DD (7)	94	84	80		100	96	92		92	80		100	92	28,3
fen + eto	776 + 752	ZT (4)	89			76		98		56		100	100	100	98	28,9
fen + eto	776 + 752	DD (2)	91	88		77	93	99				85			94	36,9
des + eto	388 + 376	ZT (2)	74					83				58	99	100	65	20,2
des + eto	436 + 423	DD (4)	79					88				71	99	100	68	24,2
fen + des + eto	243 + 243 + 303	ZT (1)	86					91	46						78	72,5
fen + des + eto	243 + 243 + 303	DD (3)	95					99	65						96	81,7
fen + des + eto	270 + 270 + 270	ZT (1)	86					85	63				100		92	69,9
fen + des + eto	270 + 270 + 270	DD (16)	95	97		72	98	92	87			70	99	99	89	91,3
fen + des + eto	273 + 213 + 336	ZT (8)	82		82		60	75	87			72	100	100	74	74,3
fen + des + eto	273 + 213 + 336	DD (9)	97	100	93	75		98	93			100	100	98	98	96,7
fen + des + eto	300 + 300 + 300	ZT (4)	67	58	88	40	85	88				66	100		58	66,5
fen + des + eto	360 + 360 + 360	DD (4)	92			79		99					100	100	99	91,2
fen + des + eto	450 + 450 + 450	DD (6)	97	97		83	96	99	100		100	83	100	100	98	123,4
met	3150	ZT (5)	73	80		70	50	85			62	81	93	58	47	39,7
met	3150	DD (4)	86	85		99	77	99				85	100	80	74	51,5
fen + met	540 + 2100	ZT (3)	82					85				78	85		85	27,9
fen + met	540 + 2100	DD (3)	90					96				79	95		85	30,9

c.d. Tabela 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
eto + met	900 + 2100	ZT (4)	84	91	87	78		96	78			100	100		97	29,5
eto + met	900 + 2100	DD (4)	95	100	88	96		97	89			100	100		98	41,9
fen + eto + met	700 + 160 + 750	ZT (3)	67			74		64				68	96	73	80	48,5
fen + eto + met	600 + 600 + 700	DD (4)	94	94	97	72		93	100		100	100	100	100	97	50,0
fen + eto + met	425 + 425 + 1275	DD (1)	98			86		100	80						100	49,7
fen + eto + met	582 + 564 + 3150	DD (1)	99	100		98		100					100		100	92,4
fen + des + eto + met	270+270+270+2800	ZT (6)	88		84	84		94	90			83		100	92	65,4
fen + des + eto + met	270+270+270+900	DD (8)	93			81		91			100				98	117,6
fen + des + eto + met	180+180+180+2100	DD (3)	100			100		100	100	100		100	100		100	171,5
fen + des + eto + met	270+270+270+2100	DD (3)	100			100		100	100	100			100	100	100	162,0
fen + des + eto + met	270+270+270+1050	DD (2)	99					100	100				100	100	98	138,5
fen + des + eto + met	273+213+336+2100	DD (2)	100			100		100			100		100		100	152,0
fen + des + eto + met	450+450+450+1050	DD (2)	100					100	100		100		100	100	100	176,8
fen + des + eto + met	182+142+224+2800	DD (2)	99	100	100			99	98			100	100		99	136,8
fen + des + eto + met	270+270+270+3150	DD (1)	100					100							100	190,0
chlor + fen	2080 + 600	ZT (2)	74					80				70			71	28,3
chlor + fen	4030 + 800	DD (4)	98	100				100					100	100	99	45,5
chlor + fen + des	1800 + 300 + 300	ZT (3)	75		72			79						100	69	80,1
chlor + fen + eto	1520 + 640 + 1000	DD (1)	93					100	90			79			99	83,4
chlor + fen + des	1800 + 300 + 300	DD (5)	98		94			96					100	100	99	162,3
chlor + fen + des	2250 + 375 + 375	DD (4)	98		97			95					98	100	99	148,6
chlor + fen + des	3280 + 200 + 200	DD (2)	90					88					99		95	143,8
chlor + fen + des	3880 + 300 + 300	DD (1)	95					85					100		100	134,4
chlor + fen + des + eto	1560+273+213+336	DD (2)	94		88			100	92			90	100		100	188,5
chlor + fen + des + eto	1560+270+270+270	DD (3)	97	100	100			99	92			96	100		100	182,2
fen + chlop	960 + 120	ZT (2)	91	95	100			98	84				92		100	61,3
fen + des + eto + chlop	273+213+336+150	DD (2)	96		100			98	100			99	100	100	98	112,8
fen + des + eto + chlop	270+270+270+165	DD (4)	98		99			99	100			91	100	100	98	117,1

fen — fenmedifam; des — desmedifam; eto — etofumesat, met — metamitron; chlor — chloridazon; chlop — chlopyralid

Po wstępnej ocenie materiału doświadczalnego do analizy, w celu wyeliminowania błędów, włączono tylko te wyniki z doświadczeń, w których występowało dość duże zachwaszczenie (nie mniej niż 100 i nie więcej niż 200 chwastów dwuliściennych na 1 m²). Tak wykonana selekcja wykazała, że warunki te spełnia 197 kombinacji herbicydowych. Szczegółowe dane dotyczące tych zabiegów zamieszczono w tabeli 1. Oceniono wpływ na efekt chwastobójczy w stosunku do 12 gatunków chwastów. W prowadzonych doświadczeniach ich liczba wahała się od 3 do 10 gatunków. Dla poszczególnych kombinacji herbicydowych podano skuteczność chwastobójczą w stosunku do wszystkich gatunków dwuliściennych obejmującą również inne gatunki, nie wymienione w tabeli 1.

Przez okres 15 lat w badaniach znalazło się ponad 80 herbicydów zalecanych do zwalczania chwastów dwuliściennych, opartych zaledwie na 11 substancjach aktywnych. Do oceny wybrano: fenmedifam, desmedifam, etofumesat, metamitron, chloridazon i chlopyralid. Preparaty oparte na wymienionych substancjach biologicznie czynnych są lub były produkowane przez różnych producentów. Różnią się między sobą ilością substancji biologicznie czynnej, jej proporcjami i formulacjami. W przedstawionych wynikach dążono do przedstawienia identycznej lub bardzo zbliżonej ilości substancji biologicznie czynnej stosowanej w dwóch systemach odchwaszczania. Z wyżej wymienionych powodów nie zawsze było to możliwe, ale w takich sytuacjach porównywano wartości bardzo zbliżone.

Poza efektem chwastobójczym, zanalizowano wysokość plonu korzeni. Doświadczenia prowadzono na wielu odmianach buraków, na różnych glebach oraz podczas odmiennych warunków klimatycznych. W celu możliwości porównania wpływu działania herbicydów na plon korzeni buraka, w oparciu o piętnastoletnie obserwacji, przedstawiono go w procentach przyrostu w stosunku do obiektu kontrolnego (kontrola = 100%).

WYNIKI I DYSKUSJA

Cechą rozwijającego się procesu ochrony buraka przed chwastami jest tendencja do stosowania coraz bardziej rozbudowanych mieszanin. Na ogół wraz ze wzrostem komponentów obserwuje się zwiększoną skuteczność w stosunku do szerszej grupy chwastów i coraz większy przyrost plonu korzeni buraka. Nie zawsze podczas analizy można było to jednoznacznie określić, ponieważ zbiorowiska chwastów w poszczególnych latach badań były różne. Nawet ograniczając się do przedziału 100 do 200 chwastów na m² stwierdzano zmienność gatunkową, a także różne proporcje poszczególnych gatunków chwastów. Mimo wszystko, na podstawie wieloletnich obserwacji stwierdzono wyraźne różnice między działaniem zabiegów „tradycyjnych”, a efektem uzyskiwanym po stosowaniu herbicydów w systemie dawek dzielonych.

Stosowanie samego fenmedifamu lub jego mieszanin z desmedifamem albo etofumesatem, a także mieszaniny desmedifamu z etofumesatem powodowało przyrost plonu w stosunku do kontroli w granicach 20 do 37%. Jednak zabiegi wykonane analogicznymi dawkami, a różniące się metodą stosowania wykazywały jeszcze bardziej pozytywny wpływ na plon korzeni. Przyrost plonu buraków w przypadku stosowania systemu dawek dzielonych był wyższy o kolejne 5 do 8%.

Wykonanie zabiegu herbicydami, w skład których wchodziły wszystkie trzy wyżej wymienione substancje automatycznie podniosło skuteczność chwastobójczą, co znalazło odzwierciedlenie w plonach. W tym przypadku przyrost plonów wahał się od ponad 66 do 123%, a różnice na korzyść systemu dawek dzielonych wahały się w granicach od 10 do 25%.

Porównanie stosowania samego metamitronu wykazało ponad 10% przyrost plonu w sytuacji zabiegów dawkami dzielonymi. Mieszaniny z udziałem tej substancji biologicznie czynnej wykazują zróżnicowany efekt w zależności od ilości jej użycia, a zwłaszcza w przypadku ilości występowania na plantacji samosiewów rzepaku. W dwu i trzy składnikowych mieszaninach przyrost plonu dochodził do 92%, a różnice na korzyść dawek dzielonych wahały się od 3 do ponad 40%. Zastosowanie fenmedifamu, desmedifamu, etofumesatu i metamitronu wykazywało prawie stuprocentową skuteczność chwastobójczą. W wyniku tak dobrego zabezpieczenia plantacji przed chwastami zwyczajki plonu wynosiły od 118 do 190%. Zastosowanie tych substancji aktywnych w dwóch zabiegach (tradycyjnie): metamitron doglebowo, a pozostałych nalistnie spowodowało przyrost plonu o 65%, a więc wysoki, ale zdecydowanie niższy w porównaniu do zabiegów dawkami dzielonymi.

Również stosowanie chloridazonu łącznie z fenmedifamem wykazało te same tendencje (prawie 17% przyrostu plonu). Dodatek do mieszanin desmedifamu powodował przyrost plonu o 80% w przypadku jednorazowego zabiegu, a po trzykrotnych opryskach przyrost ten wahał się od 134 do 162%, czyli uzyskane różnice wynosiły od ponad 50 do ponad 80%. Uzupełnienie mieszanin o etofumesat spowodowało dalszą zwyczajkę plonu.

Przez wiele lat do dawek dzielonych nie wykorzystywano chlopyralidu. Początkowo był on stosowany łącznie z fenmedifamem, obecnie w miejsce tej substancji stosuje się analogiczną ilość mieszaniny fenmedifamu, desmedifamu i etofumesatu. Niewielka zmiana substancji biologicznie czynnych i trzykrotny zabieg spowodowały przyrost plonu z ok. 60 do ok. 115%.

Równocześnie prowadzone obserwacje nie wykazały w obu systemach odchwaszczania uszkodzeń spowodowanych przez stosowane kombinacje herbicydowe. W skrajnych przypadkach, np. podczas trwającej przez dłuższy czas suszy obserwowano lekkie przyhamowanie wzrostu lub delikatne przebarwienia liści o przemijającym charakterze.

Szybkie i skuteczne zniszczenie chwastów w uprawie buraka cukrowego metodą dawek dzielonych jest w dużym stopniu uzależnione od precyzyjnie dobranych herbicydów w zależności od stanu zachwaszczenia. Wczesne wyeliminowanie na plantacji chwastów zapewnia prawidłowy wzrost i rozwój buraka cukrowego, od samego początku wegetacji tej rośliny, co gwarantuje uzyskanie jakościowo dobrych i wysokich plonów korzeni.

WNIOSKI

1. Bez względu na stosowane systemy odchwaszczania buraka cukrowego zawsze stwierdzano przyrost plonu korzeni w porównaniu do obiektów kontrolnych.
2. Procent zniszczenia chwastów dwuliściennych był uzależniony od stopnia zachwaszczenia plantacji oraz od użytych do odchwaszczania substancji aktywnych. Na ogół

- wraz ze wzrostem dawki oraz ilości zastosowanych substancji biologicznie czynnych efekt chwastobójczy wzrastał.
3. Analiza i porównanie wszystkich badanych kombinacji wykazała jednoznacznie, że efekt chwastobójczy oraz przyrost plonu korzeni buraka przy stosowaniu jednakowych ilości substancji biologicznie czynnych jest skorelowany ze sposobem ich stosowania. Zawsze lepsze efekty uzyskiwano stosując system zabiegów dzielonych.
 4. Prawidłowo i terminowo wykonywane zabiegi bez względu na sposób chemicznego odchwaszczania nie powodowały fitotoksycznego działania w stosunku do roślin buraka cukrowego.

LITERATURA

- Adamczewski K., Kawczyński J. 1983. Wpływ różnych mieszanek herbicydowych na zachwaszczenie i plon buraków cukrowych. *Prace Nauk. Inst. Ochr. Roślin* 25 (2): 181 — 195.
- Adamczewski K., Rost K., Banaszak H. 1993. Racjonalne stosowanie herbicydów w uprawie buraka cukrowego. *Materiały XXXIII Sesji Naukowej IOR. Cz. I. Referaty*: 51 — 59.
- Adamczewski K., Miklaszewska K., Paradowski A. 1997. A new phenmedipham herbicide for weed control in sugar beet. *Proc. of the 10th Symposium EWRS, Poznań, Poland, 22–26 June 1997*. Zakład poligraf. HELKOM, Poznań: 160.
- Banaszak H., Piszczek J. 2000. Rola ochrony roślin w doskonaleniu uprawy buraka cukrowego — spojrzenie historyczne i przyszłościowe. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 40/1: 278 — 284.
- Bartels M. 1991. Ribenherbicide richtig mischen. *Pflanzenschutz-Praaxis*, 2: 125 — 132.
- Kolbe W. 1985. 200 Jahre Pflanzenschutz im Zuckerruebenbau. *Rheinischer Landwirtschafts-Verlag GmbH, Bonn*, ss. 104.
- Marshall J., Ayres R. J., Bardsley E. S. 1987. Phenmedipham co-formulations for broadleaved weed control of sugar beet. *British Crop Protection. Conference — Weeds*, 1: 233 — 240.
- Rola J., Rahban B., Marczewski K. 1994. Porównanie systemów chemicznego odchwaszczania buraków cukrowych. *Materiały XXXIV Sesji Naukowej IOR. Cz. I Referaty*: 96 — 103.

JOANNA KURUS**ELŻBIETA PODSTAWKA-CHMIELEWSKA**

Katedra Ekologii Rolniczej

Akademia Rolnicza w Lublinie

Wpływ sposobów nawożenia azotem oraz systemów odchwaszczania na plonowanie buraka cukrowego na rędzinie

The effect of various ways of nitrogen fertilization and systems of weed control on the yield of sugar beet on rendzina

W doświadczeniu polowym, przeprowadzonym w latach 1996–1998 na rędzinie, badano wpływ dawki azotu (90 i 120 kg N/ha), terminu jego stosowania (dwukrotny i trzykrotny) oraz trzech sposobów odchwaszczania na plonowanie buraka cukrowego. Stwierdzono, że na rędzinie optymalną dawką azotu dla buraków jest 90 kg N/ha. Natomiast dzielenie dawki azotu na trzy części i wnoszenie go w różnych terminach daje taki sam efekt w postaci plonu korzeni, jak stosowanie nawożenia azotowego w dwóch terminach. Porównywane w doświadczeniu sposoby walki z chwastami okazały się tak samo skuteczne, niemniej odchwaszczanie buraków metodą chemiczno-mechaniczną dawało nieznacznie wyższy plon korzeni niż niszczenie chwastów wyłącznie w sposób chemiczny. Żaden z czynników doświadczenia nie modyfikował przy tym w sposób istotny wartości technologicznej surowca.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, dawki azotu, plonowanie, sposoby odchwaszczania, terminy stosowania azotu, wartość technologiczna

In the field experiment carried out in the years 1996–1998 on the rendzina the influence of nitrogen doses (90 and 120 kg/ha), date of their application (twice and three times) as well as three ways of weeds control on sugar beet yield was investigated. It was stated that on rendzina the optimum nitrogen dose for sugar beets was 90 kg/ha. However dividing of the nitrogen doses into three parts and its applying in different dates gives the same effect in the form of root yield as nitrogen fertilizing in two dates. Different ways of weed control, compared in the experiment turned out equally effective. Nevertheless, joint chemical and mechanical weed control resulted in a slightly higher root yield than the chemical one. The tested experimental factors had no significant effect on the technological value of sugar beet roots.

Key words: date of nitrogen application, nitrogen doses, sugar beet, technological value, weeds control, yield

WSTĘP

W krajach Unii Europejskiej burak cukrowy jest jedną z bardziej opłacalnych roślin. W Polsce, jakkolwiek wciąż zajmuje czołową pozycję wśród roślin towarowych, stanowi średnio dochodowy kierunek produkcji roślinnej. Ważnym problemem staje się opracowanie nowych metod jego uprawy, prowadzących do obniżenia kosztów produkcji i podniesienia plonów. Metody te powinny jednocześnie uwzględniać ochronę środowiska przyrodniczego. Realizacja tego celu zależy z kolei od integracji wszystkich elementów produkcji, w tym w dużym stopniu od doskonalenia zasad nawożenia buraka azotem oraz ochrony roślin, zwłaszcza przed chwastami (Ceglarek i Wrzosek, 1988; Vlassak i in., 1991; Allison, 1996).

Celem przeprowadzonych badań było określenie racjonalnej dawki azotu oraz terminu jego stosowania w uprawie buraka cukrowego na rędzinie, odchwaszczanego różnymi metodami, w warunkach klimatycznych wschodniej Lubelszczyzny.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe przeprowadzono w latach 1996–1998 w Gospodarstwie Doświadczalnym Bezek (nieдалеко Chełma), należącym do Akademii Rolniczej w Lublinie. Obiekt doświadczalny znajdował się na rędzinie mieszanej wytworzonej z opoki kredowej, o składzie granulometrycznym gliny średniej pyłastej, należącej do kompleksu pszennego wadliwego, klasy bonitacyjnej III b.

Poszczególne lata badań różniły się zarówno ilością, jak i rozkładem opadów w sezonie wegetacyjnym. W 1996 roku spadło o 56,5 mm więcej deszczu (głównie w maju i sierpniu) w porównaniu z normą wieloletnią wynoszącą 410,4 mm, natomiast w 1997 roku różnica ta wynosiła aż 85,1 mm, co spowodowane było bardzo intensywnymi opadami w maju oraz w lipcu i pierwszej dekadzie sierpnia. Z kolei sezon wegetacyjny 1998 roku charakteryzował się nieznacznie mniejszą ilością opadów w stosunku do wielolecia, z większym ich niedoborem jedynie w maju i sierpniu. We wszystkich latach badań warunki termiczne były dość korzystne dla wzrostu i rozwoju buraka cukrowego.

Doświadczenie trójczynnikowe ($2 \times 2 \times 3$) założono metodą bloków losowych w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletka do siewu wynosiła 28,35 m², zaś do zbioru 18,0 m².

Schemat doświadczenia uwzględniał następujące czynniki:

- I. Dwa poziomy nawożenia azotem: 90 kg N/ha i 120 kg N/ha.
- II. Dwa sposoby nawożenia azotem: a — 2/3 dawki azotu przed siewem, 1/3 dawki azotu pogłównie po pojedynkowaniu, b — 1/3 dawki azotu przed siewem, 1/3 dawki azotu w fazie jednego liścia właściwego buraka, 1/3 dawki azotu po pojedynkowaniu.
- III. Trzy sposoby zwalczania chwastów:
 - Pyramin po siewie dogłębowo (6 l/ha) + zabiegi mechaniczne,
 - Pyramin po siewie dogłębowo (3 l/ha) oraz Betanal (6 l/ha) nalistnie w fazie 2–4 liści buraka,
 - Betanal nalistnie w trzech dawkach po 2 l/ha w następujących terminach:

- faza liścieni chwastów,
- 5–10 dni po pierwszym zabiegu na nowe siewki chwastów,
- 5–10 dni po drugim zabiegu, w miarę potrzeby.

Do chemicznego odchwaszczania zastosowano dogłębowo Pyramin Turbo 520 SC i nalistnie Betanal Progress AM 180 EC.

Buraki odmiany Janina uprawiano w stanowisku po pszenicy ozimej, po zbiorze której wykonano typowy zespół uprawek późniowych. Bezpośrednio pod orkę przedzimową zastosowano obornik w ilości 30 t/ha. Wiosną uprawę roli rozpoczęto od bronowania. Następnie, po wysianiu nawozów mineralnych w ilości: 45 kg/ha P_2O_5 , 105 kg/ha K_2O i odpowiedniej porcji azotu, glebę doprawiano agregatem uprawowym. Dawki nawożenia fosforowego i potasowego były ustalone w oparciu o zasobność gleby w te składniki.

Corocznie buraki wysiewano w trzeciej dekadzie kwietnia siewnikiem punktowym w odstępach, w rzędzie co 9 cm i rozstawie rzędów 45 cm. Po pojedynkowaniu odległość w rzędzie między roślinami wynosiła 20–25 cm. Tuż po siewie na odpowiednich poletkach zastosowano Pyramin Turbo. Betanal stosowano po wschodach, nalistnie według ustalonych zasad.

Podczas zbioru buraków na każdym poletku określano obsadę roślin oraz plon korzeni i liści. W próbach średnich dla obiektów oznaczono zawartość cukru, popiołu rozpuszczalnego oraz azotu α -aminowego, ogólnie przyjętymi metodami.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie opierając się na analizie wariancji. Średnie porównano przy pomocy najmniejszych istotnych różnic na podstawie testu Tuckeya.

WYNIKI BADAŃ

W omawianym doświadczeniu obsada buraka cukrowego istotnie zależała od poziomu nawożenia azotowego (tab. 1). Na obiektach zasilanych dawką 90 kg N/ha liczba roślin buraka przed zbiorem była średnio o 4,1 tys. szt./ha wyższa niż na poletkach nawożonych ilością 120 kg N/ha. Zwiększanie dawek azotu obniżało liczbę siewek, a w konsekwencji obsadę roślin również w badaniach Kalinowskiej-Zdun i Podlaskiej (1984) oraz Gutmańskiego i Nowakowskiego (1994). Natomiast dzielenie porównywanych dawek azotu na części oraz wnoszenie ich w różnych terminach nie różnicowało istotnie liczby roślin na poletkach.

Z badanych czynników eksperymentu obsadę roślin buraka istotnie modyfikował również sposób odchwaszczania plantacji (tab. 2). Z porównania trzech metod zwalczania chwastów wynika, że najlepszy efekt pod tym względem zapewniało stosowanie Betanalu metodą dawek dzielonych. Można to tłumaczyć mniejszą toksycznością preparatu stosowanego nalistnie, w późniejszych stadiach rozwojowych roślin, co potwierdzają także inni autorzy (Götz, 1980; Kositorna, 1997).

Niezależnie od wpływu badanych czynników końcowa obsada roślin buraka w największym stopniu zależała od warunków pogodowych w poszczególnych sezonach wegetacyjnych.

Tabela 1

Liczba roślin buraka cukrowego w tys. szt./ha
Number of sugar beets plants in thousand per hectare

Lata Years	Dawka azotu w kg/ha Nitrogen doses in kg/ha		Sposób nawożenia azotem Way of nitrogen fertilization		Średnio Mean
	90	120	a *	b **	
1996	84,4	78,8	82,3	80,9	81,6
1997	83,8	80,9	80,3	84,4	82,4
1998	77,5	73,6	77,1	73,9	75,5
Średnio Mean	81,9	77,8	79,9	79,7	—
NIR* _{0,05}	pomiędzy dawkami azotu = 2,2		pomiędzy latami = 3,2		
LSD _{0,05}	between nitrogen doses = 2,2		between years = 3,2		

* — NIR – najmniejsza istotna różnica $p \leq 0,05$

LSD — least significant difference $p \leq 0,05$

a * — 2/3 dawki azotu przed siewem, 1/3 dawki azotu pogłównie po pojedynkowaniu

a * — 2/3 nitrogen dose before sowing, 1/3 nitrogen dose after thinning

b ** — 1/3 dawki azotu przed siewem, 1/3 dawki azotu w fazie jednego liścia właściwego buraka, 1/3 dawki azotu po pojedynkowaniu

b ** — 1/3 nitrogen dose before sowing, 1/3 nitrogen dose in one leaf phase, 1/3 after thinning

Uwaga! Objasnienia dotyczą również pozostałych tabel.

Attention! Explanations also refer to the other tables

Tabela 2

Liczba roślin buraka cukrowego w zależności od sposobu odchwaszczania w tys. szt./ha
Number of sugar beet plants depending on way of weeds control in thousand per hectare

Lata Years	Sposób odchwaszczania Way of weed control		
	I *	II **	III ***
1996	81,1	80,7	82,9
1997	83,5	78,1	85,5
1998	72,3	74,2	80,0
Średnio Mean	79,0	77,7	82,8
NIR _{0,05}	pomiędzy sposobami odchwaszczania = 3,2		
LSD _{0,05}	between ways of weed control = 3,2		

I * — Pyramin po siewie doglebowo (6 l/ha) + zabiegi mechaniczne

I * — Pyramin after sowing (6 l/ha) + mechanical method

II ** — Pyramin po siewie doglebowo (3 l/ha) i Betanal nalistnie w fazie 2-4 liści buraka (6 l/ha)

II ** — Pyramin after sowing (3 l/ha) and Betanal applied at 2-4 leaves phase of sugar beet (6 l/ha)

III *** — Betanal nalistnie w trzech dawkach dzielonych po 2 l/ha

III *** — Betanal foliar application in three splitting rates 2 l/ha

W warunkach przeprowadzonego doświadczenia żaden z czynników eksperymentu nie oddziaływał istotnie na plon świeżej masy korzeni (tab. 3), jakkolwiek buraki nawożone dawką 120 kg N/ha plonowały średnio o 16,8 dt/ha wyżej niż zasilane ilością 90 kg N/ha. Ponieważ jednak różnica mieściła się w granicach błędu eksperymentalnego, stąd w warunkach glebowych, w jakich przebiegał eksperyment nie znajduje uzasadnienia zwiększanie dawki azotu powyżej 90 kg/ha, a jeszcze bardziej dzielenie jej na trzy części i wnoszenie w różnych terminach.

Wszystkie sposoby odchwaszczania plantacji buraka, jeśli chodzi o efekt plonotwórczy, były równie skuteczne, jakkolwiek nieco lepszą w porównaniu z metodami chemicznymi okazała się metoda chemiczno-mechaniczna, która stwarzała roślinom korzystniejsze warunki powietrzne poprzez kilkakrotne spulchnianie międzyrzędzi przy okazji niszczenia chwastów (tab. 3).

Tabela 3

Plony i wartość technologiczna buraka cukrowego (średnio w latach 1996–1998)
Yields and technological value of sugar beet (average 1996–1998)

Czynniki doświadczenia Experiment factors		Plony w dt/ha Yields in dt/ha			Zawartość w % Content in %		
		korzeni roots	liści leaves	cukru sugar	cukru sugar	N- α -aminowego α -amino nitrogen	popiołu rozpuszczalnego ash dissolvable
Dawka azotu w kg/ha Nitrogen doses in kg/ha	90 120	533,8 550,6	377,4 430,3	106,1 109,7	19,91 19,91	0,018 0,027	0,622 0,626
Sposób nawożenia Way of nitrogen fertilization	a b	542,7 541,7	385,4 422,2	107,6 108,2	19,90 20,00	0,020 0,025	0,614 0,634
Sposób odchwaszczania Way of weed control	I II III	553,3 536,8 536,4	414,9 392,8 403,7	109,7 106,4 107,5	19,87 19,88 20,10	0,020 0,024 0,024	0,629 0,619 0,624
NIR ($p=0,05$) dla: Dawek azotu LSD ($p=0,05$) for: Nitrogen doses		r.n.* n.s.	3,0	r.n. n.s.	r.n. n.s.	r.n. n.s.	r.n. n.s.

r.n.* — Różnica nieistotna

n.s.— Not significant difference

Wahania plonów w poszczególnych latach wynikały przede wszystkim z różnego przebiegu pogody, a zwłaszcza odmiennym warunków wilgotnościowych. Różnica między skrajnymi plonami wynosiła aż 78 dt z ha. Na wysoki plon w 1997 roku wpłynęły prawdopodobnie obfite opady deszczu — 495,5 mm oraz dość wysoka ciepota powietrza miesięcy wiosenno-letnich. Nie bez znaczenia była też z pewnością obsada roślin — największa właśnie w tym roku (por. tab. 1).

Odmienne niż korzenie zachowywały się liście buraka w miarę intensyfikacji nawożenia azotowego, a mianowicie przy wzroście dawki z 90 do 120 kg N/ha reagowały udowodnioną zwyżką plonu, wynoszącą średnio 52,9 dt/ha, co nie wymaga komentarza, gdyż podobne zależności stwierdziło wielu innych autorów (Podstawka, 1983/1984, Kalinowska-Zdun i in., 1986; Wójcik, 1994; Bieniaszewski, 1996).

Choć nie stwierdzono istotnego wpływu terminu stosowania azotu na masę liści, to jednak podział całkowitej dawki azotu na trzy części i wnoszenie go w różnych terminach, tj. przed siewem, w fazie pierwszego liścia właściwego buraka i po pojedynkowaniu, powodował wzrost plonu liści o 36,8 dt/ha w porównaniu z dwukrotnym nawożeniem tym składnikiem, tj. przed siewem i po pojedynkowaniu (tab. 3). Mimo to wydaje się, że dzielenie ustalonych dawek azotu na części oraz wnoszenie ich w różnych terminach nie ma większego uzasadnienia, a powoduje jedynie wzrost dodatkowych kosztów oraz pracochłonności uprawy buraka cukrowego.

Z punktu widzenia produkcji liści wszystkie trzy sposoby odchwaszczania plantacji były równie skuteczne i nie wpływały modyfikująco na tę cechę, jakkolwiek najlepszy,

podobnie jak w przypadku plonu korzeni, okazał się wariant I, gdzie oprócz walki chemicznej za pomocą Pyraminu, stosowanego dogłębowo, chwasty niszczone także w sposób mechaniczny, stosując opielanie międzyrzędowe (tab. 3).

Zarówno zawartość cukru, jak też popiołu rozpuszczalnego w korzeniach buraków nie zależała istotnie od czynników eksperymentu (tab. 3). Badane czynniki doświadczenia nie różnicowały też istotnie zawartości azotu α -aminowego w korzeniach buraków, jakkolwiek obserwowano tendencję wzrostu zawartości „azotu szkodliwego” w korzeniach nawożonych większą dawką azotu. Średnio w trzyleciu różnica w zawartości tego składnika między dawką 120 a 90 kg N/ha wynosiła 0,009%.

Zawartość cukru w korzeniach buraka cukrowego, podobnie jak i popiołu dygestyjnego, była najsilniej różnicowana przez czynniki klimatyczne. Najbardziej sprzyjające warunki do gromadzenia sacharozy występowały w 1996 roku (bardzo korzystna końcówka okresu wegetacyjnego), kiedy to średnia zawartość cukru, niezależnie od czynników doświadczenia, wynosiła 21,17%. Różnica w zawartości cukru pomiędzy skrajnymi latami, tj. 1996 i 1998, dochodziła do 2,04%.

WNIOSKI

1. Czynnikiem w największym stopniu modyfikującym plony oraz wartość technologiczną buraka cukrowego były warunki pogodowe w poszczególnych sezonach wegetacyjnych.
2. Intensyfikacja nawożenia z 90 do 120 kg N/ha powodowała istotny przyrost masy liści nie różnicując przy tym znacząco plonu korzeni buraka cukrowego. Na rędzinie nie znajduje więc uzasadnienia zwiększanie dawki azotu powyżej 90 kg N/ha.
3. Dzielenie dawki azotu na trzy części i wnoszenie go w różnych terminach nie jest racjonalne, gdyż daje takie same efekty w postaci plonu korzeni jak stosowanie nawożenia azotowego w dwóch terminach.
4. Jakkolwiek wszystkie porównywane w doświadczeniu sposoby walki z chwastami były równie skuteczne, to jednak odchwaszczanie buraków metodą chemiczno — mechaniczną dawało nieznacznie wyższy plon korzeni niż niszczenie chwastów wyłącznie w sposób chemiczny.
5. Wartość technologiczna korzeni buraków nie była istotnie różnicowana przez czynniki doświadczenia.

LITERATURA

- Allison M. F., Armstrong M. J., Jaggard K. W., Todd A. D., Milford G. F. J. 1996. An analysis of the agronomic, economic and environmental effect of applying N fertilizer to sugar beet (*Beta vulgaris*). J. Agric. Sci., Cambridge, 127: 475 — 486.
- Bieniaszewski T. 1996. Wpływ zróżnicowanych dawek NPK na plony buraka cukrowego i jego wartość paszową. Zesz. Nauk. AR-T w Olsztynie, 62: 63 — 75.
- Ceglarek F., Wrzosek T. 1988. Wpływ herbicydów na zachwaszczenie i plonowanie buraków cukrowych. Zesz. Nauk. WSR-P w Siedlcach, ser. Rol. 17: 189 — 199.
- Götz B. 1980. Możliwości stosowania Betanalu (R) w nowoczesnej uprawie buraków cukrowych. Gaz. Cukr. 1: 39 — 40.

- Gutmański I., Nowakowski M. 1994. Wpływ dawki i formy azotu na wschody, plony i jakość przetwórczą buraka cukrowego w dwóch terminach zbioru. Biul. IHAR 189: 41 — 49.
- Kalinowska-Zdun M., Podlaska J. 1984. Wpływ nawożenia azotem, przedsiewnej uprawy roli i nawadniania na obsadę roślin, plon i wartość technologiczną buraków cukrowych. Cz. I. Dynamika wschodów i liczba roślin przy zbiorze. Roczn. Nauk Rol., s. A, 106/1: 101 — 119.
- Kalinowska-Zdun M., Polubiec E., Podlaska J. 1986. Wpływ nawożenia azotem, przedsiewnej uprawy roli i nawadniania na obsadę roślin, plon i wartość technologiczną buraków cukrowych. Cz. II. Wpływ na plonowanie i jakość korzeni. Roczn. Nauk Rol., s. A, 106/2: 45 — 61.
- Kositorna J. 1997. Badania nad wrażliwością buraka cukrowego na herbicydy stosowane powschodowo. Biul. IHAR 202: 269 — 276.
- Podstawka E. 1983/1984. Studia nad deszczowaniem i nawożeniem buraków cukrowych na łące. Cz. I Plony. Ann. UMCS, sec. E, vol. 38/39, 8: 89 — 103.
- Vlassak K., Vandergeten J. P., Vanstallen M. 1991. Effect of nitrogen fertilizer placement on yield and quality of sugar beet. 54th Winter Congr. IIRB: 455 — 463.
- Wójcik S. 1994. Plonowanie i jakość technologiczną buraka cukrowego w zależności od dawki azotu i rodzaju nawozu. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 407: 71 — 75.

ELŻBIETA PODSTAWKA-CHMIELEWSKA**JOANNA KURUS**

Katedra Ekologii Rolniczej

Akademia Rolnicza w Lublinie

Wpływ późniwno-przedzimowej uprawy roli na plonowanie buraka cukrowego na rędzinie

The effect of postharvest and pre-winter tillage on yielding of sugar beet on rendzina

W latach 1999–2001 przeprowadzono badania, których celem było określenie wpływu różnych sposobów uprawy późniwno-przedzimowej na plonowanie buraka cukrowego na rędzinie. Porównywano następujące warianty uprawowe: a) podorywka + bronowanie, orka przedzimowa (28 cm), b) kultywatorowanie + bronowanie, orka przedzimowa (28 cm), c) podorywka + bronowanie, głęboszowanie (ok. 35–40 cm), orka przedzimowa (ok. 20 cm), d) kultywatorowanie + bronowanie, głęboszowanie (ok. 35–40 cm), orka przedzimowa (ok. 20 cm). Stwierdzono, że żaden ze sposobów uprawy nie modyfikował istotnie zarówno plonów jak też cech biometrycznych korzeni buraka. Niemniej, wyraźnie korzystniej na plony buraka, w porównaniu z pozostałymi wariantami, oddziaływała uprawa polegająca na wykonaniu podorywki, następnie głęboszowania i spłyconej orki przedzimowej.

Słowa kluczowe: cechy biometryczne korzeni, głęboszowanie, gruberowanie, orka przedzimowa, plony buraka, podorywka, rędzina

The effect of different postharvest and pre-winter tillage methods on yielding of sugar beet on rendzina was studied in 1999–2001. The following tillage variants were compared: a) skimming + harrowing, pre-winter ploughing (28 cm), b) cultivating + harrowing, pre-winter ploughing (28 cm), c) skimming + harrowing, subsoiling (about 35–40 cm), pre-winter ploughing (about 20 cm), d) cultivating + harrowing, subsoiling (about 35–40 cm), pre-winter ploughing (about 20 cm). It was found that the tillage methods did not modify significantly both the yields and biometrical sugar beet root characteristics. However, the tillage comprising skimming, subsoiling and shallowed pre-winter ploughing turned out to be more profitable to sugar beet yield, compared to other variants.

Key words: biometrical root characteristics, cultivating, pre-winter ploughing, rendzina, skimming, subsoiling, sugar beet yield

WSTĘP

Skutkiem poruszania się po polach coraz cięższego sprzętu rolniczego jest nadmierne ugniecenie warstw gleby, będących poza zasięgiem tradycyjnych narzędzi uprawowych.

Niewątpliwie, może to być czynnikiem ograniczającym plonowanie buraka, zwłaszcza w latach suchych (Walczykowa, 1986; Gutmański, 1991; Pabin, 1999). Do podstawowych zabiegów osłabiających, a nawet eliminujących ten niekorzystny stan gleby uprawnej powszechnie zalicza się zabieg głęboszowania (Walczykowa, 1986; Gutmański, 1991, 1992; Gutmański, Pikulik, 1992; Pabini in., 2000). W wielu krajach głębokie spulchnienie gleby za pomocą głębosza, stało się zresztą rutynową czynnością. Zabieg ten, co dowiedziono w wielu badaniach, jest niezbędny, zwłaszcza na glebach ciężkich, gdzie w profilu glebowym występuje warstwa gleby, która ogranicza ruch wody i rozwój systemu korzeniowego (Walczykowa, 1986; Pabin, 1995; Pabin i in., 2000). Wszelkie zabiegi zmniejszające gęstość gleby w warstwie uprawnej i podglebiu sprzyjają gromadzeniu wody, co w przypadku niedoboru opadów wpływa korzystnie na plonowanie buraka cukrowego. Na podstawie dotychczasowego stanu wiedzy wiadomo, że reakcja roślin na zabieg głęboszowania jest bardzo zróżnicowana, bo od wyraźnego wzrostu plonu do jego spadku włącznie (Walczykowa, 1986; Gutmański, 1991; Kaus, Biskupski, 1995; Pabin i in., 2000). Jako przyczynę tak dużej zmienności skutków głęboszowania wymienia się najczęściej samą roślinę, glebę, przebieg warunków atmosferycznych oraz sposób wykonania zabiegu. Nie bez znaczenia może być także umiejscowienie tego zabiegu w zmianowaniu oraz powiązanie go z innymi uprawkami, co starano się wykazać w niniejszej pracy.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe przeprowadzono w latach 1999–2001 w Zakładzie Doświadczalnym Bezek (niedaleko Chełma), należącym do Akademii Rolniczej w Lublinie. Celem ich było określenie wpływu różnych sposobów uprawy późniwno-przedzimowej, z zastosowaniem głębosza włącznie, na plonowanie buraka cukrowego, uprawianego na rędzinie.

Gleba pola doświadczalnego to rędzina mieszana wytworzona z opoki kredowej, o składzie granulometrycznym gliny średniej pylastej, należącej do klasy bonitacyjnej III b, kompleksu pszennego wadliwego, o miąższości poziomu próchnicznego 60–70 cm.

Porównywane ze sobą sezony różniły się przede wszystkim ilością opadów, a mianowicie w okresie wegetacyjnym 1999 roku suma opadów (324,4 mm) była niższa niż średnio w wieloleciu (367,7 mm), w następnym roku (352,6 mm) była zbliżona do normy wieloletniej, natomiast w 2001 roku przekroczyła ją aż o 129,5 mm.

Doświadczenie założono metodą bloków losowych, w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 27 m².

Schemat doświadczenia uwzględniał cztery sposoby uprawy późniwno-przedzimowej, a mianowicie:

- a. podorywka (8 cm) + bronowanie, orka przedzimowa (ok. 28 cm) przykrywająca obornik,
- b. kultywatorowanie (8 cm) + bronowanie, orka przedzimowa (ok. 28 cm) przykrywająca obornik,
- c. podorywka (8 cm) + bronowanie, po kilku dniach głęboszowanie (35–40 cm), orka przedzimowa (ok. 18–20 cm) przykrywająca obornik,

— d. kultywatorowanie (8 cm) + bronowanie, po kilku dniach głęboszowanie (35–40 cm), orka przedzimowa (ok. 18–20 cm) przykrywająca obornik.

Uprawę poźniwną pod buraki rozpoczynano bezpośrednio po zbiorze przedplonu, tj. pszenicy ozimej, wykonując ją zgodnie ze schematem badań. Na wiosnę uprawa na całym doświadczeniu była identyczna i wyglądała następująco: bronowanie, kultywatorowanie, a następnie przedsewne doprawienie pola za pomocą zestawu uprawowego (brona zębata + wał strunowy).

Jesienią stosowano pod buraki obornik w dawce 30 t/ha, zaś na wiosnę nawozy mineralne dostarczające: P_2O_5 — 60 kg/ha, K_2O — 120 kg/ha, N — 120 kg/ha. Azot stosowano w dwóch równych dawkach, tj. przedsewnie w formie mocznika oraz pogłównie po pojedynkowaniu w postaci saletry amonowej. Dawki fosforu i potasu ustalano wg zasobności gleby w te składniki.

Buraki odmiany „Polko” wysiewano corocznie w III dekadzie kwietnia, stosując siew punktowy w odstępach co 9 cm i rozstawie rzędów 45 cm. Odległość roślin w rzędzie po pojedynkowaniu wynosiła 20–25 cm. Bezpośrednio po siewie na chwasty zastosowano Pyramin Turbo w ilości 5 l/ha, zaś w czasie wegetacji przeciw szkodnikom (głównie pchełkom) stosowano preparat Bi 58.

Zbiór buraków dokonywano na początku II dekady października. Na każdym poletku określano obsadę roślin oraz masę korzeni i liści. Ponadto, na podstawie losowo pobranej próby, dokonywano pomiarów biometrycznych korzeni spichrzowych. Obejmowały one: długość, średnicę główki oraz wystawanie korzeni ponad powierzchnię gleby. Dodatkowo wyliczono nakłady energetyczne na uprawę roli (Gonet, Zaorski, 1988; Gonet, 1991; Kuś, 1998).

Wyniki opracowano statystycznie w oparciu o analizę wariancji.

WYNIKI BADAŃ

W klimatyczno-glebowych warunkach przeprowadzonego doświadczenia sposób uprawy poźniwno-przedzimowej pod buraki nie powodował istotnego zróżnicowania plonu korzeni, jakkolwiek średnio w trzyleciu największy plon zebrano na obiekcie „c”, gdzie wykonywano tradycyjną uprawę poźniwną z podorywką, po kilku dniach głęboszowanie, a następnie spłyconą do ok. 20 cm orkę przedzimową, przykrywającą jednocześnie obornik (tab. 1). Nieco gorsze wyniki uzyskano na obiektach z pełną uprawą płużną bez głęboszowania (a), najslabsze zaś w kombinacjach, gdzie zamiast podorywki wykonywano kultywatorowanie, niezależnie od dalszego postępowania. Różnica między najlepszym wariantem uprawowym (c), a średnim plonem dla kombinacji z kultywatorem (b i d) wynosiła 1,7 t/ha i mieściła się w granicach błędu eksperymentalnego. O takim średnim wyniku zadecydował jednak głównie ostatni rok badań, tj. 2001, kiedy to różnica między wspomnianymi obiektami osiągnęła wartość 2,8 t/ha. Dla pełnego obrazu trzeba dodać, że w tym sezonie początek wegetacji buraka charakteryzował się najmniejszą ilością opadów, zaś jak wynika z badań Pabina (1999), w przypadku głębokiej suszy wpływ nadmiernie zagęszczonej warstwy podornej może być szczególnie negatywny.

Tabela 1

Obsada roślin (w tys. szt./ha) oraz plon korzeni i liści (w t z ha)
Final plant density (thous. per ha) as well as yield of roots and leaves (in t per ha)

Sposób uprawy roli Tillage method	Obsada roślin Final plant density				Plon korzeni Yield of roots				Plon liści Yield of leaves			
	Lata Years				Lata Years				Lata Years			
	1999	2000	2001	Średnio Mean	1999	2000	2001	Średnio Mean	1999	2000	2001	Średnio Mean
a — podorywka + bronowanie, orka przedzimowa a — <u>skimming + harrowing, pre-winter ploughing</u>	96,1	59,8	62,8	72,9	57,1	52,7	49,4	53,1	24,0	43,8	47,4	38,4
b — kultywatorowanie + bronowanie, orka przedzimowa b — <u>cultivating + harrowing, pre-winter ploughing</u>	92,0	59,3	62,8	71,4	54,6	55,3	48,1	52,7	22,8	43,6	45,0	37,1
c — podorywka + bronowanie, głęboszowanie, spłycona orka przedzimowa c — <u>skimming + harrowing, subsoiling, shallowed pre-winter ploughing</u>	90,6	59,3	68,0	72,6	56,9	55,4	51,3	54,5	26,4	46,0	50,2	40,9
d — kultywatorowanie + bronowanie, głęboszowanie, spłycona orka przedzimowa d — <u>cultivating + harrowing, subsoiling, shallowed pre-winter ploughing</u>	92,0	56,1	68,3	72,1	55,4	54,4	48,9	52,9	23,8	44,1	46,0	38,0
Średnio Mean	92,7	58,6	65,5	72,2	56,0	54,5	49,4	53,3	24,3	44,4	47,1	38,6
NIR p = 0,05 LSD p = 0.05	pomiędzy latami = 3,9 between years = 3.9				pomiędzy latami = 2,0 between years = 2.0				pomiędzy latami = 2,5 pomiędzy sposobami uprawy = 3,2 between years = 2.5 between tillage methods = 3.2			

Prawdopodobnie, spulchniona głęboszem warstwa podorna zgromadziła na tyle dużo wilgoci, że przy braku opadów zasilała w nią rośliny buraka, co korzystnie odbiło się na ich wzroście i rozwoju. Jest to o tyle realne, że na poprawę podsiąkania wody w wyniku głęboszowania zwraca uwagę również Walczykowa (1986).

Największe wahania plonu korzeni w omawianym doświadczeniu powodowały warunki sezonowe (tab. 1). Sprawili one, że różnica między skrajnymi latami, tj. 1999 i 2001 wynosiła aż 6,6 t korzeni z ha. Niewątpliwie duży wpływ na to miała obsada roślin na jednostce powierzchni, średnio o 27,2 tys. szt./ha wyższa w 1999 roku niż w ostatnim sezonie wegetacyjnym.

Znacznie silniej niż na plon korzeni oddziaływał sposób uprawy późniwno-przedzimowej na masę liści (tab. 1). Zdecydowanie największą biomasę liści, zarówno średnio w trzyleciu jak i we wszystkich sezonach wegetacyjnych, tworzyły buraki na obiektach, gdzie po zbiorze przedplonu wykonywano tradycyjną uprawę późniwną, następnie głęboszowanie, a przed zimą orkę na głębokość ok. 20 cm (c). Świadczy to o korzystnym, nakładającym się wpływie podorywki i głęboszowania na stosunki wodne gleby, na poprawę których buraki w pierwszym rzędzie reagują przyrostem masy liści. Znajduje to potwierdzenie także w badaniach innych autorów (Walczykowa, 1986; Pabin, 1995; Pabin i in., 2000). W porównaniu z najgorszym wariantem uprawowym „b” (uproszczona uprawa późniwna + głęboka orka) kombinacja „c” dawała istotny przyrost masy liści, wynoszący średnio 3,8 t/ha, a w najkorzystniejszym roku 2001 — 5,2 t/ha. Pomiędzy pozostałymi obiektami doświadczenia różnice okazały się nieistotne.

Tabela 2

Udział korzeni zniekształconych oraz cechy biometryczne korzeni (średnio w latach 1999–2001)
Percentage of deformed roots and some biometrical root characteristics
(average in the years 1999–2001)

Sposób uprawy roli Tillage method	Udział korzeni zniekształconych (%) Percentage of deformed roots	Długość korzenia (cm) Length of root	Średnica korzenia (cm) Diameter of root	Wystawianie korzeni z gleby (mm) Protrusion of roots
a — podorywka + bronowanie, orka przedzimowa a — skimming + harrowing, pre-winter ploughing	18,5	22,8	10,4	23,9
b — kultywatorowanie + bronowanie, orka przedzimowa b — cultivating + harrowing, pre-winter ploughing	25,7	22,2	10,3	26,2
c — podorywka + bronowanie, głęboszowanie, spłycona orka przedzimowa c — skimming + harrowing, subsoiling, shallowed pre-winter ploughing	21,4	22,3	10,6	24,7
d — kultywatorowanie + bronowanie, głęboszowanie, spłycona orka przedzimowa d — cultivating + harrowing, subsoiling, shallowed pre-winter ploughing	19,7	22,1	10,3	23,9
Średnio Mean	21,3	22,4	10,4	24,6

Interesujące, że na obiekcie uprawy „b” było również najwięcej korzeni zniekształconych, średnio o 7,2% więcej niż na obiektach z pełną uprawą płużną (podorywka i głęboka orka przedzimowa). Ten ujemny wpływ uproszczonej uprawy późniejszej częściowo osłabiło działanie głębosza, zmniejszając udział korzeni nieprawidłowo wykształconych w plonie z 25,7 do 19,7% (tab. 2). Również wystawanie główek korzeni z gleby, średnio w trzyleciu, było największe na poletkach tego wariantu uprawowego (b).

Żaden z porównywanych sposobów uprawy roli w doświadczeniu nie oddziaływał istotnie na badane cechy biometryczne korzeni (tab. 2). Niewielkie różnice między średnimi dla obiektów mieściły się w granicach błędu eksperymentalnego. Znaczne zróżnicowanie wartości tych cech spowodowały natomiast odmienne warunki pogodowe w poszczególnych sezonach wegetacyjnych.

Z porównania zużycia energii wyrażonej nakładem pracy ludzkiej oraz zużyciem paliwa wynika, iż uprawa z zastosowaniem głębosza jest ekonomicznie nieopłacalna, mimo korzystniejszego oddziaływania na środowiska glebowe, gdyż nie daje przyrostów plonów buraka równoważących chociażby kosztów paliwa, co najmniej dwukrotnie wyższych w porównaniu z uprawą typową (tab. 3).

Tabela 3

Nakłady energetyczne na uprawę roli
Energy inputs into tillage

Sposób uprawy roli Tillage method	Nakłady pracy rbh·ha ⁻¹ Labour inputs h·ha ⁻¹	Zużycie paliwa dm ³ ·ha ⁻¹ Fuel consumption
a *	3,24	30,22
b	2,70	25,62
c	4,89	60,91
d	4,35	56,31

* — Objaśnienia jak w tabeli 1 i 2

* — Explanations as in table 1 and 2

WNIOSKI

1. Żaden z porównywanych sposobów uprawy późniwno-przedzimowej nie wpływał istotnie na zróżnicowanie plonów korzeni buraka. Wyraźnie korzystniej oddziaływała jednak na nie uprawa polegająca na wykonaniu podorywki, następnie głęboszowania i spłyconej orki przedzimowej.
2. Typowa uprawa późniwna z dodatkowym głęboszowaniem powodowała istotną wyżkę masy liści, w porównaniu z pozostałymi wariantami uprawowymi.
3. Cechy biometryczne korzeni podlegały głównie zmienności sezonowej.
4. Przyrost plonów buraka cukrowego pod wpływem głęboszowania nie równoważył kosztów uprawy z zastosowaniem tego zabiegu, ze względu na dużą jego energochłonność.

LITERATURA

- Gonet Z., Zaorski T. 1988. Energochłonność orki w różnych warunkach glebowych. *Pam. Puł.* 91: 137 — 152.
- Gonet Z. 1991. Metoda i niektóre czynniki badań energochłonności systemów uprawy roli. *Fragm. Agron.* 2: 7 — 18.
- Gutmański I. (red.) 1991. Produkcja buraka cukrowego. PWRiL, Poznań: 163 — 167.
- Gutmański I. 1992. Produkcyjne skutki zmniejszania nakładów na agrotechnikę buraka cukrowego. *Mat. konf. nauk. nt. Produkcyjne skutki zmniejszania nakładów na agrotechnikę roślin uprawnych. PAN i AR-T w Olsztynie*: 29 — 70.
- Gutmański I., Pikulik R. 1992. Sposoby przedzimowej uprawy roli, a plonowanie buraka cukrowego i energochłonność zabiegów. *Mat. konf. nauk. nt. Produkcyjne skutki zmniejszania nakładów na agrotechnikę roślin uprawnych. PAN i AR-T w Olsztynie*: 179 — 186.
- Kaus A., Biskupski A. 1995. Wpływ różnych technologii uprawy roli na właściwości fizyczne mady ciężkiej żuławskiej i plony roślin w zmianowaniu. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Konferencje IX, nr 267*: 281 — 289.
- Kuś J. 1998. Optymalizacja uprawy roli. *Mat. szkol.* 67/98. Wyd. IUNG Puławy: 36 — 37.
- Pabin J. 1995. Zależność plonowania roślin od właściwości fizycznych gleby lekkiej różnicowanych głęboszowaniem i ugniataniem. *Puławy, H (7)*: 1 — 85.
- Pabin J. 1999. Wpływ głęboszowania i ugniatania gleby na jej właściwości fizyczne i plony roślin. *Mat. konf. nauk. nt. Fizyczna degradacja gleb: prognozowanie, metody ochrony i rekultywacji. PTA, Lublin 9.09. 1999*: 19 — 22.
- Pabin J., Włodek S., Biskupski A. 2000. Plonowanie buraka cukrowego na czarnej ziemi w zależności od sposobu uprawy roli. *Pam. Puł.* 120: 341 — 348.
- Walczkowska M. 1986. Głęboszowanie jako sposób na usuwanie nadmiernego zagęszczenia podglebia. *Maszyny i Ciągniki Rolnicze*, 10/11, 6: 16 — 19.

WŁADYSŁAW NOWAK**JÓZEF SOWIŃSKI****MARIA PYTLARZ-KOZICKA**

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin

Akademia Rolnicza, Wrocław

Zmiany ilości azotu mineralnego w glebie podczas wegetacji buraka cukrowego oraz plony korzeni i cukru w zależności od nawożenia organicznego i azotowego

The changes of mineral nitrogen amount in soil during sugar beet vegetation, root and sugar yields depending on organic and nitrogen fertilization

W latach 1994–1997 przeprowadzono doświadczenia polowe z uprawą buraka cukrowego. Porównywano działanie nawozowe dwóch poplonów (bobik i gorczyca biała) na tle obornika, oraz zróżnicowanych dawek azotu: 0, 60, 120 i 180 kg na ha. Najwięcej substancji organicznej i azotu wprowadzono do gleby z obornikiem a najmniej z gorczycą. W okresie wegetacyjnym pobierano 4-krotnie próby gleby do oznaczenia zawartości azotu mineralnego w odstępach 2 miesięcznych, z warstwy do 40 cm. W dojrzałości technicznej buraka określono plony korzeni i liści, w korzeniach oznaczono zawartość cukru oraz azotu ogółem w korzeniach i liściach. Z porównywanych nawozów organicznych najwięcej azotu mineralnego w glebie stwierdzono po przyoraniu bobiku. Niezależnie od nawożenia organicznego i dawki azotu, największe ilości azotu mineralnego stwierdzono w drugim terminie pobrania prób gleby (czerwiec), po czym następowało zdecydowane zmniejszanie jego ilości w kolejnych terminach. Z nawozów organicznych najkorzystniej na wielkość plonów korzeni buraka i cukru oddziaływał bobik. Porównanie działania plonotwórczego dawek azotu wykazało, że najwyższy plon korzeni i cukru uzyskano na najwyższej dawce azotu. W porównaniu do dawki 120 kg przyrost plonu był jednak na granicy istotności. Nagromadzenie azotu w plonie korzeni i liści wahało się od 180 kg (kontrola) do 292 kg po zastosowaniu 180 kg azotu na ha.

Słowa kluczowe: azot mineralny, burak cukrowy, dawki azotu, nawożenie organiczne, plony

In the years 1994–1997, a field experiment was carried out on sugar beet cultivation. The nutritional effects of two after crops (horse bean and white mustard) were compared against the manure effect, with diversified nitrogen doses per ha: 0, 60, 120 and 180 kg. The largest amount of organic matter and nitrogen was put into the soil with manure, and the smallest with mustard. During vegetation soil samples were taken from 40 cm soil layer 4 times at 2-month intervals in order to determine the content of mineral nitrogen. At beet technical maturity the yields of roots and leaves were determined, as well as sugar content in roots and general nitrogen in roots and leaves. Of the organic fertilizers compared,

the largest amount of nitrogen was found in the soil where bean was ploughed over. Irrespective of organic fertilization and nitrogen dose, the largest amount of mineral nitrogen was found in the second soil sampling (June), which was followed by a distinct drop in the successive soil samplings. Of the organic fertilizers tested, horse bean was found to affect the yield of roots and leaves most favourably. Comparison of the effects of nitrogen on yield has revealed that the highest yield of roots and sugar was obtained with the largest dose of nitrogen. When compared with the 120 kg dose, the yield increase was, however, on the verge of significance. Nitrogen accumulation in the yield of roots and leaves varied between 180 kg (control) and 292 kg after 180 kg of nitrogen per ha.

Key words: mineral nitrogen, nitrogen doses, organic fertilization, sugar beet, yields

WSTĘP

Nawożenie organiczne i mineralne jest głównym czynnikiem determinującym plonowanie i jakość technologiczną korzeni buraka cukrowego. Szczególne znaczenie ma azot, który jest składnikiem najsilniej oddziałującym. Nieracjonalne stosowanie tego składnika powoduje jednak szereg niekorzystnych zmian w roślinie i środowisku glebowym. Nagromadzenie w korzeniach buraka tzw. azotu szkodliwego obniża wydajność cukru (Adamiak, Adamiak, 1996; Domska, 1996; Gutmański, Mikita, 2000; Ostrowska, Kucińska, 1997). Z kolei w środowisku glebowym nadmiar azotu jest wymywany do niższych poziomów profilu glebowego i wód gruntowych (Fotyma, 1996; Nowak, Sowiński, 1995). W nowej technologii uprawy buraka cukrowego, bazującej głównie na stosowaniu zamiennie nawozów zielonych i słomy, ważny jest dobór odpowiednich roślin na nawozy zielone (Ceglarek i in., 1997; Grześkiewicz, 1994; Sowiński i in., 1995). Ważnym zagadnieniem jest znajomość ile azotu łatwo dostępnego dla roślin (mineralnego) znajduje się w zasięgu korzeni buraka (Domska 1996, Nowak i in. 2000). Przy równoczesnym stosowaniu nawozów organicznych i azotu mineralnego, ważne jest ustalenie optymalnej, uzupełniającej potrzeby buraka dawki azotu, wpływającej korzystnie na plony korzeni i cukru, jednocześnie nie pogarszającej jakości surowca (Kalinowska-Zdun i in., 1997, Kopczyński, 1994; Ławiński, Grzebisz, 2000). Przeprowadzone badania miały na celu stwierdzenie wpływu nawożenia organicznego w formie poplonów i obornika oraz azotem mineralnym na ilość azotu mineralnego w glebie, plony korzeni i cukru oraz nagromadzenie azotu w korzeniach i liściach buraka.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie zostało przeprowadzone w RZD Pawłowice należącym do Akademii Rolniczej we Wrocławiu w latach 1994–1997. Gleba zakładu doświadczalnego zaliczona jest do kompleksu pszennego dobrego, klasy IIb. Wytworzona jest z gliny lekkiej podścielonej gliną średnią pochodzenia fluwioglacjalnego w typie gleby płowej właściwej. Charakteryzowała się lekko kwaśnym odczynem, bardzo wysoką zasobnością w fosfor i potas oraz średnią do wysokiej w magnez. Doświadczenie z nawozami organicznymi zakładano po pszenicy ozimej metodą losowanych bloków. Poplony wysiewano w latach 1994–1996 bezpośrednio po zbiorze przedplonu w ilości na ha: 20 kg nasion gorczycy i 300 kg nasion bobiku. Masę nadziemną i resztki poźniwne określono pod koniec wegetacji, w październiku. Obornik i poplony ścierniskowe przyorano orką przedzimową.

Wiosną wytyczono doświadczenie i pobrano próbki gleby. Następnie wysiewano kłębki buraka cukrowego w latach 1995–1997 (odmianę Kristall), a po wschodach wytyczono doświadczenie w układzie losowanych podbloków.

Badanymi czynnikami były:

- nawożenie organiczne (poplony ścierniskowe — gorczyca biała, bobik w porównaniu do obornika)
- nawożenie azotem (0, 60, 120 i 180 kg N·ha⁻¹).

W sezonie wegetacyjnym pobierano czterokrotnie glebę w odstępach dwumiesięcznych (pierwszy raz pobrano próbki przed siewem buraków na początku kwietnia, następne na początku czerwca, na początku sierpnia i przed zbiorem — początek października) do głębokości 40 cm. Próbki gleby bezpośrednio po pobraniu wysuszono w temperaturze 50° C w celu przerywania przemian azotu (Aufhammer i in., 1989).

Średnie miesięczne temperatury oraz sumy opadów w latach badań podano w tabeli 1.

Tabela 1

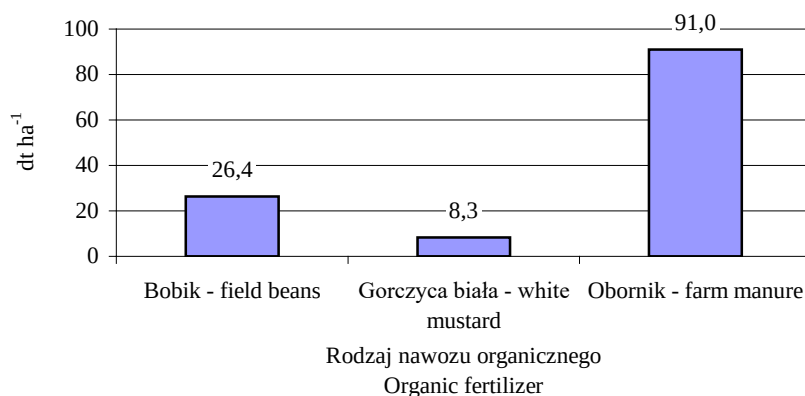
Suma opadów i średnia temperatura powietrza w latach prowadzenia badań
Rainfall and temperature in the years of the experiment

Miesiące Months	1995	1996	1997	Średnio z lat Average 1995–1997
temperatura temperature (°C)				
Kwiecień — April	7,6	8,5	5,8	8,2
Maj — May	12,1	14,4	14,6	13,5
Czerwiec — June	17,2	17,3	17,9	16,6
Lipiec — July	24,7	17,4	18,1	18,4
Sierpień — August	17	18,4	19,9	17,4
Wrzesień — September	12,3	10,3	13,8	13,5
Październik — October	11,2	9,8	7,1	8,9
Średnio Average (IV–X)	14,6	13,8	13,9	13,8
opady rainfall (mm)				
Kwiecień — April	23,8	26,2	35,2	35,4
Maj — May	65,8	69,4	50	59,4
Czerwiec — June	55,4	61,4	28	67,8
Lipiec — July	66,4	92,8	220,2	68,6
Sierpień — August	118,4	72,6	77,8	67,6
Wrzesień — September	39	51,8	32,2	44,2
Październik — October	7,4	37	50,8	37,4
Suma Sum (IV–X)	376	411	494	380

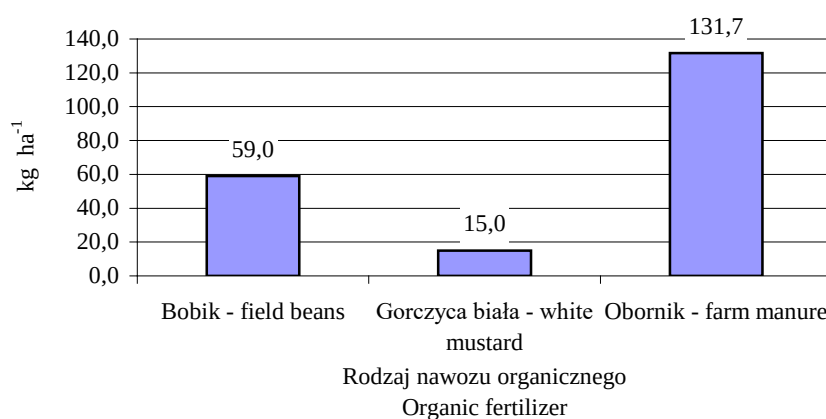
W latach 1996 i 1997 sumy opadów w okresie wegetacji przewyższały sumy z wielolecia, a w sierpniu 1995 i lipcu 1997 wystąpiły ulewne opady przekraczające znacznie sumy z wielolecia dla tych miesięcy.

WYNIKI

Wraz z nawozami organicznymi, średnio z trzech lat badań wprowadzono do gleby od 8 dt s.m. na 1 ha (gorczyca) do ponad 90 dt na ha (obornik) (rys. 1). W wniesionej masie organicznej przez gorczycę ilość pobranego i zasorbowanego biologicznie azotu wynosiła 15 kg na 1 ha (rys. 2). Gdy nawozem organicznym był bobik, ilość azotu w przyoranej masie organicznej była wyższa i wynosiła średnio ok. 60 kg na 1 ha. Najwięcej tego składnika wprowadzono z obornikiem, średnio ponad 130 kg na ha.



Rys. 1. Ilość suchej masy wprowadzona do gleby wraz z poplonami i obornikiem (dt z ha)
Fig. 1. Amount of organic dry matter incorporated into the soil with organic fertilizers (dt per ha)



Rys. 2. Ilość azotu wprowadzona do gleby wraz z poplonami i obornikiem (kg z ha)
Fig. 2. Amount of total nitrogen incorporated into the soil with organic fertilizers (kg per ha)

Nawożenie organiczne różnicowało ilość azotu mineralnego w glebie (tab. 2).

Największe zróżnicowanie zanotowano w pierwszym terminie pobrania prób. Przed siewem buraków w wariancie, w którym został przyorany bobik, ilość azotu mineralnego była o ponad 25% wyższa niż po zastosowaniu pozostałych nawozów organicznych. Powyższa tendencja utrzymywała się w dalszych terminach pobrania prób, zaobserwowano jednak zmniejszanie się różnic i w ostatnim terminie nie przekraczały one 3%. Duża ilość azotu wprowadzona z obornikiem nie wpłynęła znacząco na wzrost ilości azotu mineralnego w glebie.

Tabela 2

Zmiana ilości azotu mineralnego w zależności od nawożenia organicznego Changes of mineral nitrogen amount in the soil depending on organic fertilization			
Termin pobrania prób Date of soil sampling	Nawożenie organiczne Organic fertilization		
	bobik field beans	gorczyca biała white mustard	obornik farm manure
Przed siewem Before sowing	215±81	170±42	169±51
Połowa czerwca Middle of June	286±86	262±64	276±138
Połowa sierpnia Middle of August	153±50	136±37	141±37
Połowa października Middle of October	138±53	134±58	136±48

Ilość azotu mineralnego w glebie w pierwszym terminie pobrania wykazała małe zróżnicowanie pomiędzy planowanym nawożeniem azotowym i średnio wynosiła od 182 kg na ha przy dawce 0 i 60 N·ha⁻¹ do 190 kg/ha — gdy planowano zastosować dawkę 180 kg/ha (tab. 3).

Tabela 3

Zmiana ilości azotu mineralnego w glebie w zależności od nawożenia azotem Changes of mineral nitrogen amount in the soil depended of nitrogen fertilization				
Termin pobrania prób Date of soil sampling	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization (kg N·ha ⁻¹)			
	0	60	120	180
Przed siewem Before sowing	182±48	182±67	184±59	190±82
Połowa czerwca Middle of June	220±40	240±58	304±100	334±133
Połowa sierpnia Middle of August	134±42	133±36	140±34	166±48
Połowa października Middle of October	128±41	138±54	136±56	142±64

W drugim terminie pobrania prób gleby (połowa czerwca) ilość azotu mineralnego wykazała najwyższe wartości, we wszystkich wariantach nawożenia tym składnikiem. Średnio zaobserwowano stałą tendencję wzrostu ilości azotu z 220 kg N·ha⁻¹ (kontrola) do 240, 304

i 334 kg na ha (odpowiednio po zastosowaniu dawki 60, 120 i 180 kg N·ha⁻¹). W trzecim i czwartym terminie pobrania prób zróżnicowanie w ilości azotu mineralnego było podobne, jednak ilość azotu mineralnego była o ponad połowę mniejsza.

Nawożenie organiczne w mniejszym stopniu różnicowało plon korzeni i liści oraz cukru niż nawożenie azotem (tab. 4). Średnio za trzy lata badań najwyższy plon korzeni (wynoszący 59,1 t z 1 ha) uzyskano po przyoraniu bobiku. Nawożenie obornikiem było mniej efektywne i uzyskany plon korzeni był blisko o 5 t z 1 ha niższy. Rosnące dawki azotu spowodowały stałą tendencję przyrostu plonu z 47,6 t/ha (kontrola) do 56,5, 59,1 i 63,3 t z 1 ha (odpowiednio dla dawki 60, 120 i 180 kg N·ha⁻¹). Plon liści jak i plon biologiczny cukru był skorelowany z plonem korzeni.

Tabela 4

Plon korzeni i liści oraz biologiczny plon cukru w zależności od nawożenia organicznego i azotowego (t·ha⁻¹). Średnie z lat 1995–1997
The effect of organic and nitrogen fertilization on root, leaves and sugar yield (t·ha⁻¹). Average from 1995–1997

Wyszczególnienie Specification	Plon korzeni Root yield	Plon liści Leaves yield	Plon cukru Sugar yield
Bobik Field beans	59,2	39,4	9,23
Gorczyca White mustard	55,9	39,0	8,78
Obornik Farm manure	54,8	32,7	8,45
NIR LSD	2,5	5,5	0,37
0 N	47,6	29,0	7,74
60 N	56,5	34,5	8,83
120 N	59,1	38,5	9,12
180 N	63,3	46,3	9,57
NIR LSD	2,8	6,3	0,43

Zawartość azotu ogółem nie była istotnie zróżnicowana zarówno w korzeniach, jak i liściach pod wpływem czynników doświadczenia (tab. 5). W liściach zaobserwowano nieistotne zwiększenie zawartości azotu ogólnego pod wpływem rosnącej dawki azotu.

Ilość nagromadzonego azotu w korzeniach była zależna przede wszystkim od plonu korzeni. Nawozy organiczne w małym stopniu wpływały na nagromadzenie tego składnika (różnica wynosiła do 8 kg na ha). Pod wpływem nawożenia azotem ilość tego składnika zgromadzonego w korzeniach wzrastała z 68 kg na ha (kontrola) do 101 kg na ha (po zastosowaniu 180 kg N na ha). W liściach zróżnicowanie w ilości nagromadzonego azotu pod wpływem nawożenia tym składnikiem było jeszcze większe i wynosiło 62%. Łącznie burak cukrowy w korzeniach i liściach zgromadził od 180 kg N na ha (bez nawożenia tym składnikiem) do ponad 292 kg N na ha (po zastosowaniu 180 kg N na ha).

Tabela 5

Zawartość azotu ogółem w korzeniach i liściach (w % s.m.) oraz nagromadzenie azotu w zebranych plonie (w kg z ha). Średnie z lat 1996–1997

Percentage of total nitrogen in roots and leaves and accumulation of nitrogen in the yield.

Average from 1995–1997

Wyszczególnienie Specification	Zawartość azotu ogółem % Total nitrogen %		Nagromadzenie azotu ogółem (kg·ha ⁻¹) Accumulation of total nitrogen (kg·ha ⁻¹)		
	w korzeniach roots	w liściach leaves	w korzeniach roots	w liściach leaves	łącznie total
Bobik Field bean	0,67	2,50	91	161	252
Gorczyca White mustard	0,64	2,39	94	247	247
Obornik Farm manure	0,67	2,91	86	213	213
NIR	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
LSD	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
0 N	0,61	2,35	68	112	180
60 N	0,68	2,37	94	127	222
120 N	0,68	2,51	98	158	256
180 N	0,66	3,15	101	191	292
NIR	r.n.	r.n.	12	59	59
LSD	r.n.	r.n.	12	59	59

r.n. — Nieistotne

r.n. — Non significant

WNIOSKI

1. Zastosowanie obornika i nawozów zielonych pod buraki różnicowało znacznie ilość wprowadzonej do gleby substancji organicznej i azotu. Najwięcej substancji organicznej i azotu wprowadzono w oborniku a najmniej w gorczycy białej.
2. Ilość azotu mineralnego w glebie w czasie pierwszego pobrania prób gleby (kwiecień) była największa po przyoraniu bobiku a najmniejsza po gorczycy. W następnych terminach pobrania prób gleby następowało zmniejszanie się ilości azotu mineralnego i zanik różnicowania, osiągając najmniejsze wartości w czwartym terminie pobrania prób.
3. Wzrastające nawożenie azotem zwiększało ilość azotu mineralnego w glebie, maksymalne ilości tej formy azotu niezależnie od nawożenia (organiczne, azotem) stwierdzono w drugim terminie (czerwiec).
4. Największe, statystycznie udowodnione plony korzeni i cukru uzyskano po bobiku i na najwyższej dawce azotu.
5. Nie stwierdzono statystycznie udowodnionych różnic w zawartości azotu w korzeniach i liściach pod wpływem badanych czynników. Największe nagromadzenie azotu na obiektach nawożonych nawozami organicznymi stwierdzono po przyoraniu bobiku oraz po zastosowaniu najwyższej dawki azotu.

LITERATURA

- Adamiak J., Adamiak E. 1996. Wpływ różnych form nawożenia organicznego na wysokość i jakość plonu buraka cukrowego. Zesz. Nauk. AR Szczec. 172, Rol. 62: 3 — 8.
- Aufhammer W., Federolf K.G., Kempf H., Kubler E., Stutzel H. 1989. Variabilitätsursache und Aussagemöglichkeiten der N-min Methode. Landwirtsch. Forschung 42/4: 81 — 92.
- Ceglarek F., Buraczyńska D., Płaza A. 1997. Reakcja buraka cukrowego na nawożenie obornikiem, słomą i międzyplonami wsiewek. Fragm. Agron. 4: 18 — 26.
- Domska D. 1996. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na plonowanie buraka cukrowego i zawartość niektórych związków azotu. Acta Acad. Agric. Tech. Olsztyn, Agric. 62/514: 77 — 85.
- Fotyła E. 1996. Zastosowanie metody N_{min} do oceny środowiskowych skutków nawożenia azotem. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 440: 89 — 100.
- Gutmański I., Mikita J. 2000. Wpływ obornika i dawek azotu mineralnego na wydajność i jakość przetwórczą korzeni buraka cukrowego oraz na zawartość azotanów w profilu glebowym w okresie wegetacyjnym. Folia Univ. Agric. Stetin. 211 Agricultura 84: 21 — 126.
- Grzeškiewicz H. 1994. Alternatywne sposoby nawożenia organicznego w sytuacji zmniejszającej się produkcji obornika. Mat. Konf. „Makroproblemy produkcji ziemniaka w Polsce w okresie przemian organizacyjno-ekonomicznych”. Sesja Nauk., Jadwisin: 41 — 44.
- Kalinowska-Zdun M., Wyszyński Z., Ruszkowska 1997. Wpływ wielkości dawki i sposobu stosowania azotu na plon i cechy wartości użytkowej buraka cukrowego. Mat. Konf. „Postęp w uprawie buraka cukrowego i w jakości korzeni”, Warszawa: 28 — 129.
- Kopczyński J. 1994. Kierunki zmian niektórych cech jakościowych korzeni buraka cukrowego pod wpływem pod wpływem współdziałania nawożenia organicznego i azotowego. Zesz. Nauk. AR Szczec. 172: 49 — 255.
- Ławiński H., Grzebisz W., 2000. Ocena wpływu systemu uprawy i dawek azotu na plon i jakość technologiczną buraka cukrowego. Folia Univ. Agric. Stetin. 211, Agricultura 84: 51 — 256.
- Mazur T., 1992. Znaczenie resztek poźniwnych w bilansie substancji organicznej gleb. Mat. Konf. Nauk. „Nawozy Organiczne”, Szczecin 8–9 września 1992: 4 — 10.
- Nowak W., Sowiński J., 1995. Zmiany zawartości węgla organicznego, azotu ogólnego i mineralnego w glebie w czasie wegetacji buraka cukrowego. Zesz. Nauk. AR Szczec. Rolnictwo 172/62: 405 — 412.
- Nowak W., Sowiński J., Słowiński H., Pytlarz-Kozicka M. 2000. Wpływ nawożenia organicznego oraz azotowego na odczyn gleby, ilość N-mineralnego i zawartość węgla organicznego w czasie wegetacji buraka cukrowego. Folia Univ. Agric. Stetin. 211 Agricultura 84: 367 — 372.
- Ostrowska D., Kucińska K. 1997. Wpływ nawożenia azotem mineralnym, przy różnych formach nawozów organicznych, na plon i cechy jakościowe korzeni buraka cukrowego. Mat. konf. „Postęp w uprawie buraka cukrowego i w jakości korzeni”. Warszawa: 130 — 131.
- Sowiński J., Nowak W., Gospodarczyk F. 1995. Wartość nawozowa wybranych poplonów ścierniskowych na tle obornika dla buraka cukrowego. Zesz. Nauk. AR Wroc. Rolnictwo 63/262: 9 — 20.
- Wojcieszka-Wyskupajtyś U. 1996. Fizjologiczna rola azotu w kształtowaniu plonu. Cz. III. Żywienie roślin azotem a produktywność fotosyntezy. Post. Nauk Rol. 3: 29 — 43.

PRZEMYSŁAW SZTUKOWSKI**ZBIGNIEW BŁASZKIEWICZ**

Instytut Inżynierii Rolniczej

Akademia Rolnicza w Poznaniu

Zagęszczenie i opory penetracji gleby przy stosowaniu siewu buraka cukrowego w mulcz i bezpośredniego

Compaction and penetration resistance of the soil in conservation and no-tillage production technology of sugar beet

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań zagęszczenia i oporu penetracji gleby w różnych technologiach uprawy buraka cukrowego: w technologii tradycyjnej, z siewem w mulcz i z siewem bezpośrednim w ściernisko. Pomiary gęstości objętościowej i oporu penetracji przeprowadzono w początkowym okresie wzrostu i rozwoju systemu korzeniowego na glebie pławnej o wilgotności 4–5%. Badano właściwości gleby do głębokości 35 cm w międzyrzędziach roślin z koleinami utworzonymi kołami ciągnika podczas siewu oraz poza tymi koleinami. Wykazano, że czynnikami różnicującymi badane właściwości gleby są zarówno technologie uprawy jak i przejazdy kół ciągnika podczas wykonywania siewu. Ogólnie stwierdzono, że uproszczenia w analizowanych technologiach uprawy prowadzą do wzrostu gęstości i oporu penetracji gleby. Ponadto stan tego zagęszczenia ulega pogorszeniu w rzędach roślin przy międzyrzędziach z koleinami utworzonymi kołami ciągnika podczas wykonywania siewu we wszystkich badanych technologiach uprawy.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, gęstość objętościowa gleby, opór penetracji gleby, technologie uprawy

In this paper the results of tests of soil density and penetration resistance in various sugar beet production systems (traditional, conservation and no-tillage) are presented. The measurement were performed at early stage of growth and root system development on light sandy soil with moisture 4–5%. Density and penetration resistance up to depth of 35 cm were evaluated for the soil between plant rows with ruts caused by tractor wheels during the sowing and between rows free of these ruts. It was stated that analyzed cultivation practices and wheel ruts were the major factors that changed soil properties. The simplification in production systems caused the increase of soil density and penetration resistance. Additionally, soil compaction become worse between plant rows with tractor wheels ruts in all production technologies.

Key words: production technology, soil density, soil penetration resistance, sugar beet

WSTĘP

Narastający w skali globalnej deficyt energii i systematyczny wzrost cen podstawowych jej nośników, jak również względy ochrony środowiska rolniczego wymuszają poszukiwanie alternatywnych, ekonomicznie uzasadnionych technologii uprawy roli, różniących się częstotliwością i intensywnością zabiegów, z równoczesnym uwzględnieniem wszystkich możliwych i racjonalnie uzasadnionych uproszczeń (Dzienia i in., 1990). Uzyskiwane rezultaty w wyniku prowadzonych badań nad nowymi technologiami uprawy są ciągle niejednoznaczne. Uzyskuje się różnej wielkości plony i zmienną jakość technologiczną korzeni (Unger i Kaspar, 1994; Knahal i Prohazkova, 1997; Kordas, 1997; Przybył, 1998). Nadal występuje niedostatek wiedzy pozwalającej na wyjaśnienie zachodzących zależności, a zwłaszcza dotyczącej wpływu zagęszczenia gleby na wzrost i rozwój systemu korzeniowego oraz ich wpływu na plon i na jakość technologiczną buraków cukrowych. Ponadto dysponujemy niedostateczną wiedzą o wpływie na powyższe parametry gleby i rośliny kół ciągników i maszyn rolniczych w nowych wprowadzanych technologiach uprawy. Zwłaszcza, że wpływ kół na gęstość objętościową i opór penetracji gleby w koleinie i bezpośrednio obok kolein, gdzie występują zwykle rzędy roślin buraków, został w warunkach spulchnionych gleb płowych wykazany (Błaszczewicz, 1997, 1998). Istnieje ciągle konieczność kontynuowania badań w celu uzyskania nowej wiedzy i wyjaśnienia oraz uściślenia zachodzących zależności. Można przyjąć, że czynnikiem w znacznym stopniu decydującym o rozwoju systemu korzeniowego i jego późniejszych cechach jest stan zagęszczenia gleby w początkowym okresie jego wzrostu, czyli bezpośrednio po siewie nasion (Grzebisz, 1989, 1990; Brereton, 1986). Dlatego też szczegółowa analiza tego stanu w tym okresie wydaje się ważna i powinna być w pierwszej kolejności określona.

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań, których celem było określenie zagęszczenia i oporu penetracji gleby w różnych technologiach uprawy buraka cukrowego w początkowym okresie wzrostu i rozwoju systemu korzeniowego. W badaniach analizowano odrębnie wpływ przejazdu kół agregatu podczas siewu na powyższe właściwości gleby.

MATERIAŁ I METODY

Badania właściwości gleby przeprowadzono w trzech wybranych technologiach uprawy buraka cukrowego: uprawa tradycyjna, uprawa uproszczona z siewem w mulcz z gorczycy białej i uprawa bezpośrednia z siewem w ściernisko. Do siewu stosowano ciągnik Zetor 7411 z wyposażeniem standardowym współpracujący z siewnikiem 6-rzędowym Unicorn 3 we wszystkich technologiach. Założono doświadczenie na losowanych poletkach, jako dwuczynnikowe, według metody bloków losowanych, na polu Zakładu Hodowli Roślin „Danko” — Choryń w Wielkopolsce, na glebie płowej o składzie granulometrycznym gliny piaszczystej.

Pomiary wykonano w III dekadzie maja 1999 roku w okresie bezpośrednio przed fazą szóstą w pełni wykształconego liścia buraka cukrowego. Wilgotność gleby podczas

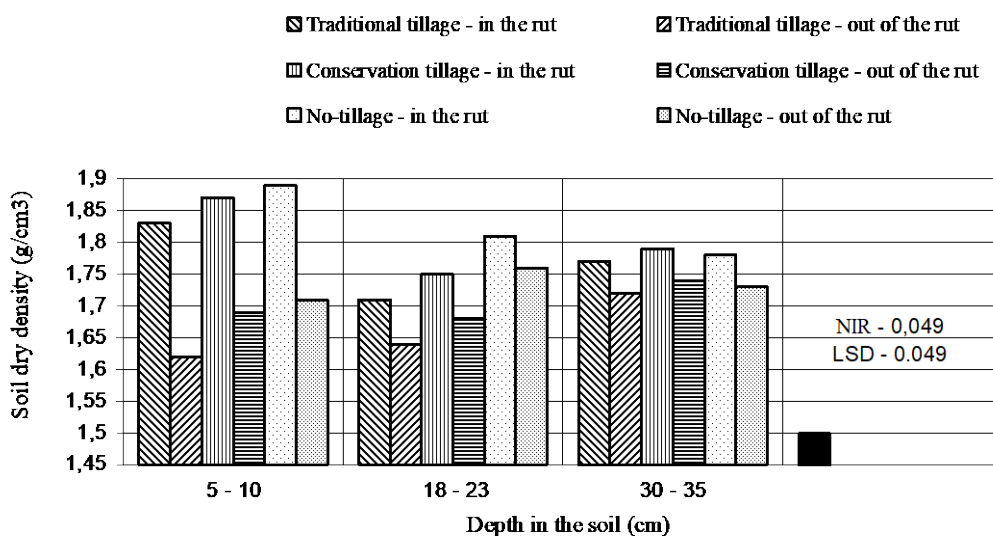
pomiarów była bardzo niska i wynosiła od 4–5%. W celu określenia zagęszczenia gleby pobierano próbki w cylinderki Kopeckiego o pojemności 100 cm³ z trzech poziomów, z głębokości 5–10, 18–23 i 30–35 cm. Dla scharakteryzowania właściwości gleby zmienionej kołami ciągnika podczas siewu nasion próbki pobierano w osi koleiny, z rzędów roślin rosnących bezpośrednio obok utworzonych kolein oraz w połowie odległości pomiędzy tymi miejscami. Następnie określano wartość średnią gęstości gleby z próbek pobranych dla tych trzech miejsc, odrębnie dla każdej z badanych głębokości. Próbki te charakteryzują średni stan zagęszczenia gleby w międzyrzędziach z koleinami. Dla scharakteryzowania ogólnego stanu zagęszczenia gleby próbki były pobierane poza powyższymi koleinami. Próbki pobrano z różnych losowo wybranych miejsc na poletkach z analizowanymi technologiami w 12 powtórzeniach z każdego z poziomów głębokości. Określenie gęstości objętościowej dokonano w próbkach metodą wagowo-suszarkową i przedstawiono w g/cm³. Uzyskane wyniki pomiarów przedstawiono na rysunku 1.

Pomiary oporu penetracji gleby zostały wykonane w tym samym terminie i w podobnie wybranych miejscach na poletkach. Do tego celu stosowano zwężłociomierz glebowy skonstruowany w Instytucie Agrofizyki PAN w Lublinie. Wciskanie stożka penetrometru o średnicy 10 mm dokonywano do głębokości 37 cm w 10-krotnych powtórzeniach dla każdej analizowanej technologii poza koleinami. Przy czym dla scharakteryzowania właściwości gleby zmienionych kołami ciągnika podczas siewu nasion pomiary wykonywano w osi koleiny, w rzędach rosnących roślin bezpośrednio obok utworzonych kolein oraz w połowie odległości pomiędzy tymi miejscami. Wartości oporu penetracji gleby uzyskane z tych trzech miejsc, odrębnie dla każdej z badanych głębokości, przedstawiano jako wartość średnią charakteryzującą średni stan oporu penetracji gleby w międzyrzędziach z koleinami. Uzyskane wyniki pomiarów przedstawiono w MPa dla wybranych głębokości w glebie: 10, 20 oraz 30 cm na rysunku 2.

W zakresie statystycznego opracowania wyników badań dla określenia istotności różnic badanych właściwości gleby powodowanych różnymi technologiami uprawy, przejazdami kół i pomiędzy głębokościami pomiarów, dokonano obliczenia wartości NIR. Wspólna wartość NIR dla gęstości objętościowej gleby wynosi 0,049, natomiast dla oporu penetracji gleby 0,051.

WYNIKI

Na podstawie uzyskanych wyników badań, przedstawionych na rysunku 1, można stwierdzić, że wraz z uproszczeniem zabiegów w uprawie buraka cukrowego występuje wyraźny wzrost zagęszczenia gleby w badanych warstwach do głębokości 23 cm, zarówno poza koleinami jak i w rzędach roślin bezpośrednio obok kolein. W technologii tradycyjnej gęstość objętościowa gleby jest najmniejsza i wynosi w tej warstwie średnio poza koleinami 1,63 g/cm³, a w technologii z siewem bezpośrednio w ściernisko jest największa i wynosi około 1,74 g/cm³. Natomiast w niżej położonej warstwie (30–35 cm) nie obserwuje się wpływu technologii uprawy na gęstość objętościową gleby bowiem w analizowanych technologiach jej wartości są zbliżone.



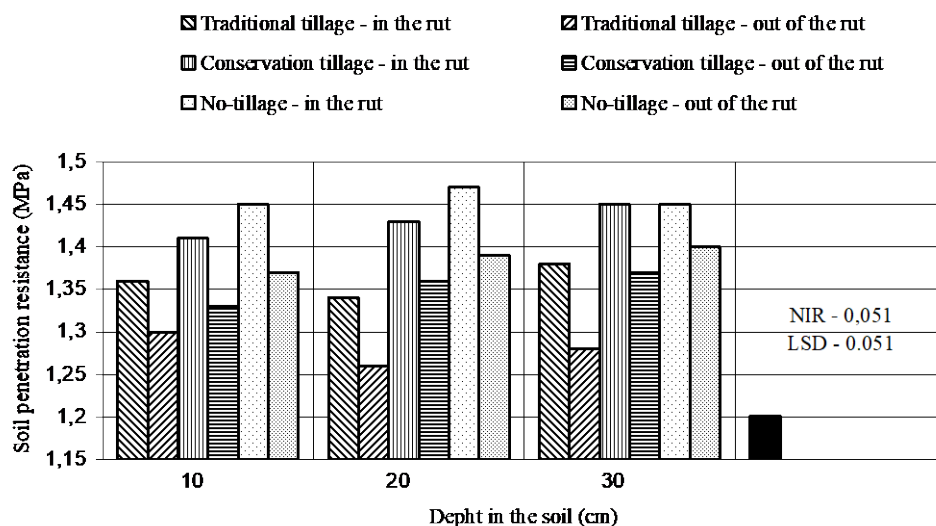
Rys. 1. Gęstość objętościowa gleby w badanych technologiach uprawy buraka cukrowego
Fig. 1. Dry soil density in various sugar beet production systems

W przeprowadzonym doświadczeniu wykazano w każdej z badanych technologii uprawy znaczny wpływ przejazdu kół agregatu (ciągnika) podczas siewu nasion na badane właściwości gleby. Stwierdzono w międzyrzędziach roślin z koleinami znacznie większą gęstość objętościową gleby w porównaniu z gęstością poza tymi koleinami. W każdej z analizowanych technologii największy wpływ kół na zagęszczenie gleby stwierdzono w warstwie do 10 cm, w której wystąpił wzrost gęstości objętościowej o około $0,2 \text{ g/cm}^3$, mniejszy wzrost wynoszący około $0,07 \text{ g/cm}^3$ stwierdzono na głębokości od 18 do 23 cm, a najmniejszy w warstwie od 30 do 35 cm wynoszący tylko około $0,05 \text{ g/cm}^3$. W rezultacie takie oddziaływanie kół spowodowało, że zagęszczenie gleby w międzyrzędziach roślin z koleinami wraz ze zwiększeniem głębokości maleje. Również różnice w zagęszczeniu gleby w koleinach i poza koleinami wraz z głębokością maleją. Poza koleinami obserwuje się, bowiem zjawisko odmienne, w każdej analizowanej technologii uprawy gęstość gleby wraz ze zwiększającą się głębokością wzrasta.

Z rysunku 2 wynika, że uproszczenie zabiegów w uprawie buraka cukrowego prowadzi do wzrostu oporu penetracji gleby we wszystkich badanych warstwach zarówno poza koleinami, jak i międzyrzędziach roślin z koleinami. Jednak przede wszystkim w nowoczesnych technologiach uprawy roli. Opór penetracji gleby w technologii tradycyjnej jest najmniejszy, natomiast w technologii z siewem bezpośrednim w ściernisko największy. Stwierdzono także znaczny wpływ na opór penetracji gleby przejazdów kół agregatu do siewu nasion w każdej z badanych technologii uprawy i w każdej badanej warstwie. Wykazano wzrost oporu penetracji gleby w międzyrzędziach roślin z koleinami spowodowany kołami w porównaniu z oporem penetracji gleby poza tymi koleinami.

Wzrost ten jest na ogół podobny we wszystkich technologiach i w badanych warstwach i wynosi około 0,1 MPa.

Ponadto należy ogólnie wskazać, że opór penetracji nie zmienia się wraz z głębokością, bowiem na analizowanych poziomach średnie wartości oporu penetracji gleby są podobne i to w każdej z badanych technologii uprawy. Ma to miejsce zarówno w międzyrzędziach roślin z koleinami, jak i poza koleinami.



Rys. 2. Opór penetracji gleby w badanych technologiach uprawy buraka cukrowego
Fig. 2. Penetration resistance of the soil in the various sugar beet production systems

DYSKUSJA

Uzyskane w warunkach niniejszej pracy wyniki badań zagęszczenia i oporu penetracji gleby wskazują, że zarówno technologie uprawy roli jak i koła ciągnika są istotnymi czynnikami je różnicującymi. Ważna jest również analiza gleby w różnych warstwach, w których wpływ powyższych czynników jest często odmienny. Wykazany znaczny wzrost gęstości i oporu penetracji gleby w międzyrzędziach roślin z koleinami spowodowany przejazdem kół wskazuje przede wszystkim o słuszności odrębnego analizowania tego czynnika we wszystkich technologiach uprawy. Poznanie jego roli może być podstawą opracowania metod ograniczenia wpływu kół na glebę i na korzenie.

Jak wiadomo z literatury wzrost i rozwój korzeni zależy między innymi od gęstości i oporu penetracji gleby (Grzebisz, 1989, 1990; Wolkowski, 1990; Van Ouverkerk i Van Noorvijk, 1991; Unger i Kaspar, 1994; Guerif i in., 1996;). Zatem w świetle uzyskanych wyników badań własnych można spodziewać się zróżnicowanego wpływu tych właściwości, zmieniających czynnikami technologii uprawy roli i kół, na wzrost i rozwój

systemu korzeniowego, a w rezultacie na plon i cechy jakościowe korzeni buraka cukrowego.

WNIOSKI

1. Czynnikiem różnicującymi właściwości gleby, w warunkach badań niniejszej pracy, są zarówno technologie uprawy buraka cukrowego, jak i przejazdu kół ciągnika podczas wykonywania siewu w tych technologiach.
2. Uproszczenia w technologii uprawy roli pod buraki cukrowe prowadzą do wzrostu gęstości i oporu penetracji gleby.
3. Przejazdy kół ciągnika z ogumieniem standardowym podczas siewu powodują pogorszenie stanu zagęszczenia i oporu penetracji gleby w międzyrzędziach roślin z koleinami we wszystkich badanych technologiach uprawy roli.

LITERATURA

- Błaszkiwicz Z. 1997. Badania wpływu wybranych opon rolniczych na zagęszczenie gleby w koleinie i obok koleiny. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. 4: 23 — 34.
- Błaszkiwicz Z. 1998. Badania rozkładu oporu penetracji gleby lekkiej powodowanego oponami ciągników rolniczych. *Problemy Inżynierii Rolniczej* 1: 5 — 14.
- Brereton J. G. 1986. The relative sensitivity of spring barley, spring field beans and sugar beet crops to soil compaction. *Field Crops Res.* 13: 223 — 237.
- Grzebisz W. 1989. Wzrost korzeni roślin uprawnych w glebie zagęszczonej. *Fragm. Agron.* 3: 23.
- Grzebisz W. 1990. System korzeniowy roślin, a żyzność gleby. *Post. Nauk Rol.* 4: 3 — 6.
- Guerif J., Richard G., Durr C., Boizard H., Duvall Y. 1986. Soil compaction and sugar beet root growth and distribution. *Comptes-Rendes-des Congres de L'Institut International de Recherches Betteravieres*. Belgium 59: 199 — 212.
- Hakansson I., Grath J., Olsen H. J. 1996. Influence of machinery traffic in Swedish farm fields on penetration resistance in the subsoil. *Swedish Journal of Agricultural Research*. 26 (4):181 — 187.
- Knahal Z., Prohazkova B. 1997. Soil tillage systems under different agroecological conditions of Czech Republic. 14th ISTRO Conference “Agroecological and economical aspects of soil tillage”, Puławy, 1997. *Fragm. Agron.* 2A/97: 379 — 382.
- Kordas L. 1997. Using no-tillage system in sugar beet production. 14th ISTRO Conference “Agroecological and economical aspects of soil tillage”, Puławy. *Fragm. Agron.* 2A/97: 387 — 390.
- Przybył J. 1998. Wpływ technologii uprawy gleby i siewu na jakość plonu buraków cukrowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 454 (1): 185 — 191.
- Unger P. W., Kaspar T. C. 1994. Soil compaction and root growth: a review. *Agron. J.* 86 (5): 759 — 766.
- Van Ouwerkerk C., Van Noordwijk M. 1991. Effect of traffic intensity on soil structure and root development in a field experiment on a sandy clay loam soil in the Netherlands. *Proc. 11th Conf. Int. Soil Tillage Res. Org. (ISTRO)*, Ibadan, Nigeria: 253 — 262.
- Wolkowski R. P. 1990. Relations between wheel-traffic-induced soil compaction, nutrient availability and sugar crop growth, a review. *J. Production Agric.* 3(4): 460 — 469.

MIROSLAW NOWAKOWSKI¹**JADWIGA SZYMCZAK-NOWAK**²**DAMRAWA KOSTKA-GOŚCINIAK**¹**IZYDOR GUTMAŃSKI**¹¹Zakład Technologii Produkcji Roślin Korzeniowych²Zakład Chorób i Szkodników

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Bydgoszcz

Systemy uprawy buraka cukrowego na różnych glebach *

Część I. Wybrane właściwości fizyczne gleby

Systems of sugar beet cultivation on different soils Part I. Selected physical soil properties

W latach 1996–1999, w trzech różnych miejscowościach: na glebie płowej właściwej (Minikowo), czarnoziemie leśno-ląkowym (Lipie) i madzie nadwiślańskiej (Kokocko) (woj. kujawsko-pomorskie) badano wybrane właściwości fizyczne gleby na obiektach z tradycyjną uprawą buraka cukrowego oraz z zastosowaniem gorczycy białej i rzodkwi oleistej jako mulczu. Miejscowości oraz lata badań różnicowały wilgotność aktualną oraz gęstość gleby. Uprawa buraka cukrowego na mulczu z gorczycy białej i rzodkwi oleistej wpłynęła na poprawę właściwości fizycznych gleby (zmniejszenie gęstości i zwięzłości gleby), nie miała natomiast wpływu na wilgotność aktualną gleby, w porównaniu do obiektu z tradycyjną uprawą.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, fizyczne właściwości gleby, międzyplon, mulcz, typ gleby

In 1996–1999, selected physical soil properties on sugar beet plantations cultivated with traditional method and on white mustard and oil radish mulch were recorded. Experiments were carried out on different soil and climatic conditions, at the kujawsko-pomorskie voivodship at three locations: Minikowo — on grey podsolic soil, Lipie — on chernozem soil and Kokocko — on alluvial soil. Location and years affected actual moisture of soil and its density. Sugar beet cultivation on mulch from white mustard and oil radish influenced positively physical soil (reduction of soil density and compactness), however no effect on actual soil moisture was observed in comparison with traditional cultivation method.

Key words: catch crop, mulch, physical soil properties, sugar beet, soil type

* Pracę wykonano w ramach projektu badawczego Nr 5PO 6BO 2511 finansowanego przez KBN

WSTĘP

Burak cukrowy, dla wytworzenia wysokiego plonu korzeni, wymaga gleb o dobrych właściwościach fizyko-chemicznych i biologicznych (Bode, 1997). Struktura gleby, jej wilgotność, zagęszczenie, zawartość substancji organicznych i mineralnych oraz aktywność życia biologicznego mają istotny wpływ na wschody, zdrowotność i obsadę roślin, budowę morfologiczną korzenia, jego deformacje, a w konsekwencji na wysokość i jakość przemysłową plonu buraka cukrowego (Gutmański i Nowakowski, 1988; Gutmański, 1991).

Wyeliminowanie jesiennej orki głębokiej oraz wiosennej uprawy przy siewie buraka w mulcz z międzyplonu ścierniskowego przyczynia się do modyfikacji właściwości fizycznych gleby oraz warunków wzrostu buraka cukrowego (Stephan i in., 1995; Becker i in., 1998).

Celem badań była ocena wybranych właściwości fizycznych gleby na obiektach z tradycyjną uprawą buraka cukrowego i w warunkach stosowania siewu w mulcz międzyplonu ścierniskowego z roślin krzyżowych.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 1996–1999, w trzech różnych miejscowościach: Minikowo na glebie płowej właściwej, Lipie — na czarnoziemie leśno-łąkowym oraz Kokocko — na madzie nadwiślańskiej (woj. kujawsko-pomorskie).

W Minikowie (1997–1999) i Kokocku w 1998 r. stwierdzono występowanie gleby lekkiej, a w Lipiu (1997–1999) i Kokocku w 1997 i 1999 roku — średniej. Pod względem przydatności rolniczej zaliczono gleby z doświadczeń w Minikowie w latach 1997 i 1999 i w Kokocku w latach 1997 i 1998 do klasy bonitacyjnej IVa, kompleksu żytniego bardzo dobrego, a gleby w Minikowie w 1998 roku oraz w Lipiu w latach 1997–1999 i w Kokocku w 1999 roku do klasy IIIa, kompleksu pszennego dobrego.

Pierwszy czynnik doświadczalny stanowiły trzy miejscowości:

- Minikowo,
- Lipie,
- Kokocko.

Drugim czynnikiem doświadczalnym były lata badań, a trzecim — następujące systemy uprawy buraka cukrowego:

- uprawa tradycyjna,
- siew buraka w mulcz z gorczycy białej,
- siew buraka w mulcz z rzodkwi oleistej,
- siew buraka w mulcz z gorczycy białej wymieszany z glebą,
- siew buraka w mulcz z rzodkwi oleistej wymieszany z glebą.

Doświadczenia założono metodą długich pasów. Na obiekcie kontrolnym z uprawą tradycyjną, po zbiorze przedplonu (pszenica ozima) zastosowano pod orkę średnią (16 cm): 25 t·ha⁻¹ obornika bydlęcego oraz ustalone według zasobności gleby i wysokości plonu dawki fosforu i potasu (60–90 kg P₂O₅·ha⁻¹, 70–160 kg K₂O·ha⁻¹). Wiosną apliko-

wano 120–190 kg N·ha⁻¹ w saetrze amonowej w dwóch dawkach: 2/3 dawki przed siewem, a 1/3 pogłównie. Nawożenie mineralne na wszystkich obiektach uprawowych było jednakowe. Na obiekcie z uprawą tradycyjną wykonywano głęboką orkę przedzimową (25 cm) oraz wiosenne uprawki przy użyciu włóki i agregatu uprawowego, składającego się z brony i podwójnych wałów strunowych. Na obiektach z mulczem z międzyplonu ścierniskowego (gorczyca biała i rzodkiew oleista), po pszenicy ozimej stosowano obornik i nawożenie PK (jak przy uprawie tradycyjnej) oraz azot w dawce 27–80 kg·ha⁻¹ (pod orkę średnią). Nasiona antymylnikowych odmian gorczycy białej Salvo (20 kg·ha⁻¹) i rzodkwi oleistej Resal (25 kg·ha⁻¹) wysiewano na przełomie sierpnia — września i pozostawiono przez zimę na polu jako mulcz. Wiosną, przed wysiewem nasion buraka, część mulczu wymieszano z glebą przy pomocy agregatu uprawowego. Na pozostałej części nie wykonywano żadnych przedsięwziętych zabiegów uprawowych. Przed siewem buraka stosowano około 2/3 przewidzianej dawki azotu, a pozostałą część pogłównie. Łączna dawka azotu pod międzyplon i buraki wynosiła od 120 do 190 kg N·ha⁻¹.

Po zbiorze przedplonu, a przed wysiewem międzyplonów pobrano łaską Egnera próby gleby z głębokości 0–30 i 30–60 cm w celu oznaczenia składu granulometrycznego, zawartości węgla organicznego i azotu ogółem. Wiosną, przed siewem buraka określono aktualną wilgotność i gęstość gleby w próbach gleby (0–30 i 30–60 cm) pobranych w 4 powtórzeniach. Do oznaczenia wilgotności i gęstości gleby używano cylinderek metalowych o objętości 100 cm³. Przed siewem oraz w czasie zbioru buraka określono zwięźłość gleby do głębokości 50 cm, ręcznym penetrometrem firmy „Ejkelkamp”.

Wyniki dotyczące wilgotności aktualnej i gęstości gleby opracowano statystycznie metodą analizy wariancji dla doświadczeń trójczynnowych (miejscowość x lata x obiekt uprawowy) podając najmniejsze istotne różnice dla poziomu ufności $p = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Gleby pól doświadczalnych w miejscowościach: Minikowo, Lipie i Kokocko różnią się pod względem pochodzenia i budowy typologicznej, mniej natomiast pod względem składu granulometrycznego i zawartości próchnicy. W warstwie podornej (30–60 cm) stwierdzono każdorazowo wyraźnie mniejszą zawartość próchnicy. Różnice w wartościach stosunku C:N w glebie, w badanych miejscowościach nie wykazywały jednoznacznej zależności od głębokości warstwy gleby (tab. 1).

Miejscowości oraz lata badań miały istotny wpływ na aktualną wilgotność oraz gęstość gleby. Istotnie wyższą wilgotność gleby w warstwach 0–30 i 30–60 cm, stwierdzono w Kokocku. W roku 1999 zanotowano największą wilgotność w warstwie ornej. Największą gęstością charakteryzowały się natomiast obie badane warstwy gleby w Lipiu. W roku 1997 zarejestrowano dla warstwy 0–30 cm istotnie wyższą gęstość w porównaniu do pozostałych lat badań. Międzyplony nie oddziaływały na wilgotność gleby. Przyczyniały się one natomiast do istotnego zmniejszenia gęstości gleby, zarówno w warstwie ornej jak i podornej w okresie wiosennym (tab. 2 i 3).

Tabela 1

Charakterystyka gleby na polach doświadczalnych, przed siewem międzyplonu (1997–1999)
Characteristic of the soil from experimental fields, before catch crop sowing (1997–1999)

Miejscowość Location	Rok Year	Udział frakcji Ø mm (%) w warstwie gleby (cm) Share of fraction Ø mm (%) in soil layer (cm)						Gatunek gleby Soil type		Próchnica (%) Humus (%)		C:N	
		1–0,1		0,1–0,02		< 0,02							
		0–30	30–60	0–30	30–60	0–30	30–60	0–30	30–60	0–30	30–60	0–30	30–60
Minikowo	1997	57	54	28	28	15	18	pgmp*	pgmp	2,08	1,15	13,5	18,0
	1998	56	55	27	27	17	18	pgmp	pgmp	1,78	1,41	10,4	9,7
	1999	68	68	20	19	12	13	pgl	pgl	1,86	1,29	15,4	13,8
Lipie	1997	48	47	31	30	21	23	glp	glp	1,94	1,08	15,1	8,3
	1998	50	45	27	30	23	25	glp	glp	1,76	1,43	7,4	8,2
	1999	58	57	13	20	29	23	gl	gp	1,91	1,46	12,4	11,4
Kokocko	1997	17	17	50	53	33	30	płg	płg	2,20	1,79	9,3	8,8
	1998	58	58	22	24	20	18	pgm	pgm	1,59	1,12	6,9	10,7
	1999	37	31	28	36	35	33	glp	glp	2,12	1,72	7,7	8,5

* — pgmp — piasek gliniasty mocny pylasty; silty loamy sand
glp — glina lekka pylasta; silty light loam
gp — glina piaszczysta; sandy loam
pgm — piasek gliniasty mocny; loamy sand
pgl — piasek gliniasty lekki; light loamy sand
gl — glina lekka; light loam
płg — pył gliniasty; loamy silt

Tabela 2

Wilgotność aktualna gleby (%) w warstwie gleby (cm), przed siewem buraka cukrowego (1997–1999)
Soil moisture (%) in soil layer (cm), before sugar beet sowing (1997–1999)

Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation		Gorzyczka biała White mustard		Rzodkiew oleista Oil radish		Średnia Mean	
		0–30	30–60	0–30	30–60	0–30	30–60	0–30	30–60
Minikowo	1997	17,9	17,4	20,3	19,4	18,3	16,7	18,8	17,8
	1998	19,1	16,2	21,4	17,2	21,8	15,4	20,8	16,3
	1999	26,3	22,7	20,5	12,9	23,3	14,4	23,4	16,7
Średnia — Mean		21,1	18,8	20,7	16,5	21,1	15,5	21,0	16,9
Lipie	1997	20,5	23,5	18,9	25,5	19,6	21,7	19,7	23,6
	1998	24,5	24,4	22,0	21,7	19,0	22,6	21,8	22,9
	1999	23,2	24,8	25,1	21,4	22,0	23,1	23,4	23,1
Średnia — Mean		22,7	24,2	22,0	22,9	20,2	22,5	21,6	23,2
Kokocko	1997	33,6	37,2	35,3	36,2	29,9	34,1	32,9	35,8
	1998	22,2	15,3	18,5	16,1	20,3	20,3	20,3	17,2
	1999	31,1	33,9	32,8	37,2	32,5	36,4	32,1	35,8
Średnia — Mean		29,0	28,8	28,9	29,8	27,6	30,3	28,4	29,6
Średnia Mean	1997	24,0	26,0	24,8	27,0	22,6	24,2	23,8	25,7
	1998	21,9	18,6	20,6	18,3	20,4	19,4	21,0	18,8
	1999	26,8	27,1	26,1	23,8	25,9	24,6	26,3	25,2
Średnia — Mean		24,2	23,9	23,8	23,0	23,0	22,7	23,7	23,2

NIR — LSD (p = 0,05) dla –for:

	0–30 cm		30–60 cm	
miejscowości — location	I	1,3	I	1,7
lat — year	II	1,2	II	0,9
obiektu — object	III	r.n.*	III	r.n.*
	I x II	2,1	I x II	1,6
	I x III	r.n	I x III	1,6
współdziałania — interaction	II x III	r.n	II x III	r.n.
	I x II x III	3,6	I x II x III	2,2

* — r.n — Różnice nieistotne

* — r.n — Not significant differences

Tabela 3

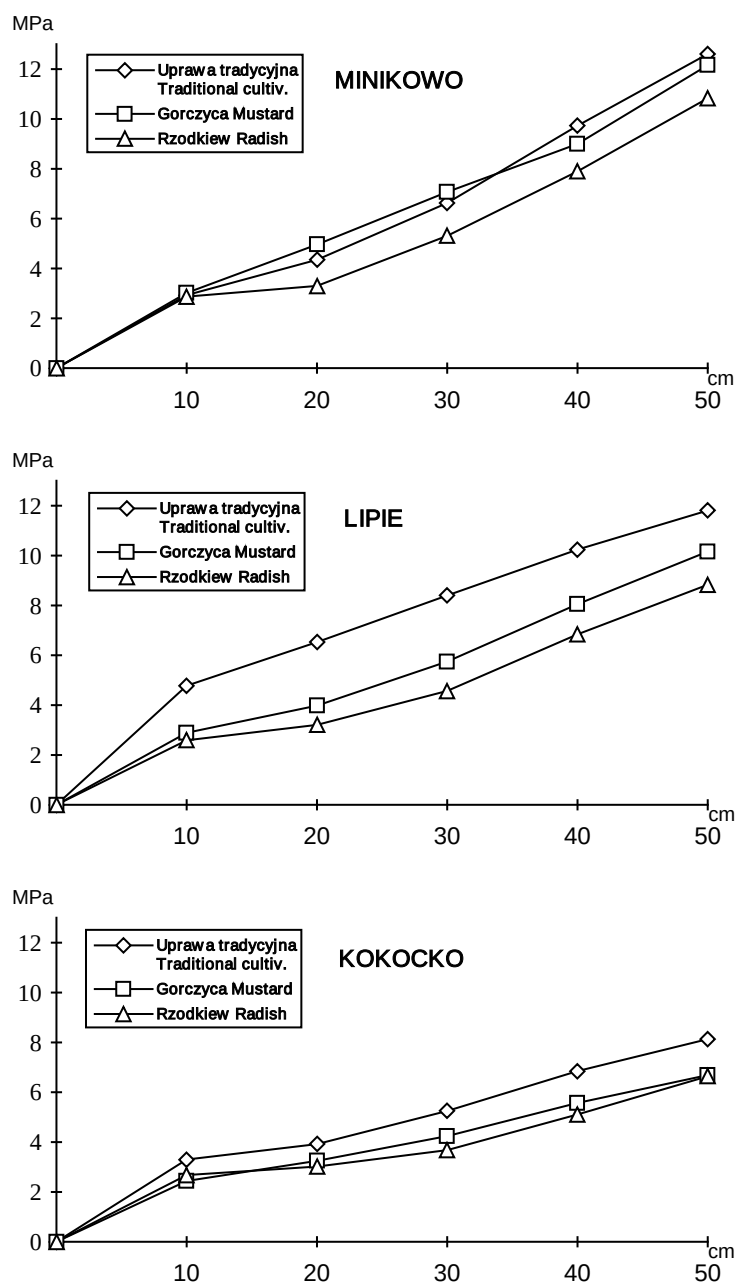
Gęstość gleby (g cm^{-3}) w warstwie gleby (cm), przed siewem buraka cukrowego (1997–1999) Soil density (g cm^{-3}) in soil layer (cm), before sugar beet sowing (1997–1999)									
Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation		Gorzyczka biała White mustard		Rzodkiew oleista Oil radish		Średnia Mean	
		0–30	30–60	0–30	30–60	0–30	30–60	0–30	30–60
Minikowo	1997	1,56	1,50	1,47	1,56	1,48	1,43	1,50	1,50
	1998	1,36	1,39	1,48	1,41	1,53	1,37	1,46	1,39
	1999	1,46	1,51	1,36	1,37	1,34	1,37	1,39	1,42
Średnia Mean		1,46	1,47	1,44	1,45	1,45	1,39	1,45	1,44
Lipie	1997	1,69	1,64	1,54	1,59	1,69	1,63	1,64	1,62
	1998	1,54	1,57	1,47	1,56	1,36	1,52	1,46	1,55
	1999	1,56	1,56	1,53	1,44	1,49	1,50	1,53	1,50
Średnia Mean		1,60	1,59	1,51	1,53	1,51	1,55	1,54	1,56
Kokocko	1997	1,42	1,38	1,42	1,28	1,44	1,37	1,43	1,34
	1998	1,52	1,55	1,53	1,43	1,45	1,51	1,50	1,50
	1999	1,41	1,25	1,41	1,30	1,38	1,33	1,40	1,29
Średnia Mean		1,45	1,39	1,45	1,34	1,42	1,40	1,44	1,38
Średnia Mean	1997	1,56	1,51	1,48	1,48	1,54	1,48	1,53	1,49
	1998	1,47	1,50	1,49	1,47	1,45	1,47	1,47	1,48
	1999	1,48	1,44	1,43	1,37	1,40	1,40	1,44	1,40
Średnia Mean		1,50	1,48	1,47	1,44	1,46	1,45	1,48	1,46
NIR ($p = 0,05$ dla:		0–30 cm				30–60 cm			
LSD ($p = 0,05$) for:									
miejscowości		I				I			
location									
lat		II				II			
year									
objektu		III				III			
object									
współdziałania		I x II				I x II			
interaction		I x III				I x III			
		II x III				II x III			
		I x II x III				I x II x III			

* — r.n — Różnice nieistotne

* —. r.n — Not significant differences

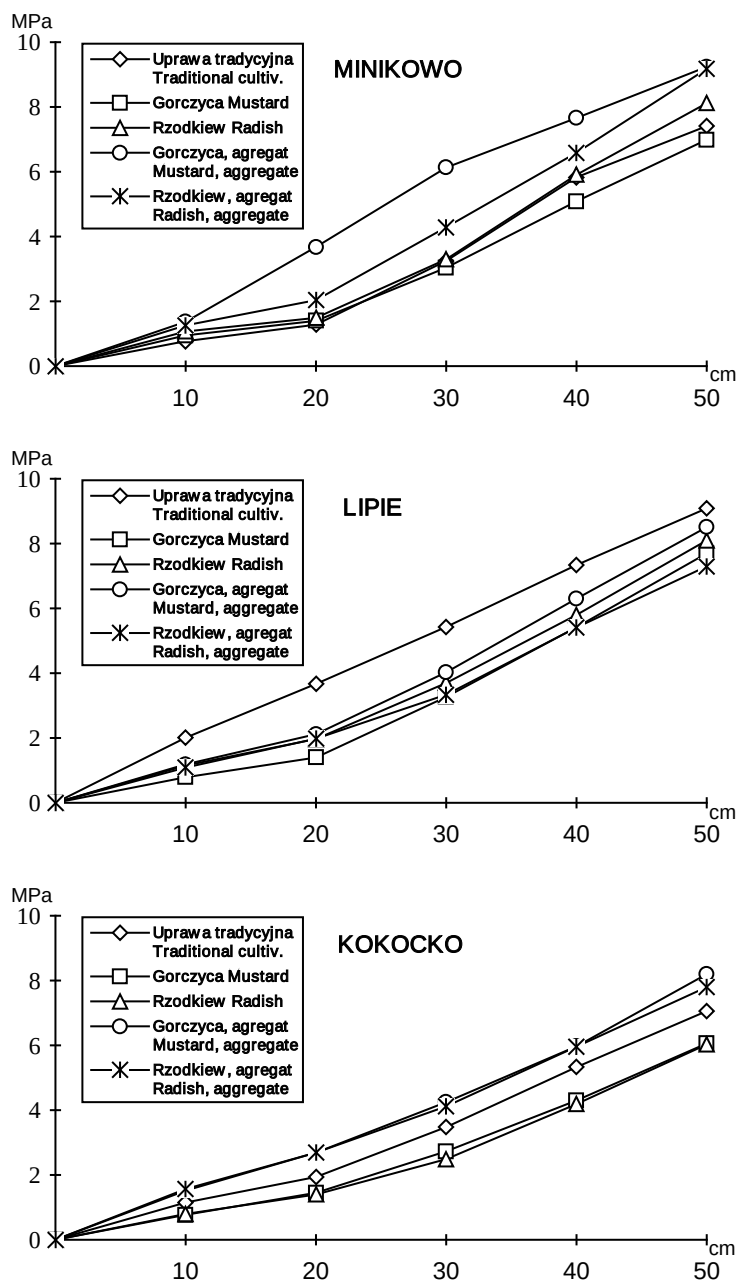
Ocena zwięzłości ogólnej gleby w warstwie 0–50 cm wykonana ręcznym penetrometrem przed siewem buraka wykazała wyraźny wpływ międzyplonów na rozluźnienie gleby w okresie wiosennym (rys. 1). Pozytywny wpływ mulczowania pola na parametry fizyczne gleby opisują także Richard i wsp. (1995) oraz Gutmański i wsp. (1999). Przewidywane wymieszanie mulczu z wierzchnią warstwą gleby przy pomocy agregatu uprawowego powodowało zwykle wzrost zwięzłości gleby przy zbiorze buraków, w porównaniu do obiektu z mulczem bez stosowania agregatu (rys. 2).

Przeprowadzona analiza statystyczna uzyskanych wartości wilgotności i gęstości gleby z doświadczeń z lat 1997–1999 wykazała istotne współdziałanie pomiędzy miejscowościami, latami i obiektami uprawowymi (tab. 2 i 3).



Rys. 1. Wpływ uprawy międzyplonu ścierniskowego na zwięzłość ogólną gleby przed siewem buraka cukrowego w Minikowie, Lipiu i Kokocku (1997–1999)

Fig. 1. Influence of catch crop cultivation on penetration resistance of soil (0-50cm) before sugar beet sowing in Minikowo, Lipie and Kokocko (1997–1999)



Rys. 2. Wpływ uprawy buraka cukrowego z siewu w mulcz na zwięzłość ogólną gleby (0–50cm) przed zbiorem w Minikowie, Lipiu i Kokocku (1997–1999)

Fig. 2. Influence of sugar beet cultivation in to catch crop on penetration resistance of soil (0–50cm) before harvest in Minikowo, Lipie and Kokocko (1997–1999)

WNIOSKI

1. Zastosowanie międzyplonów ścierniskowych przyczyniło się w okresie wiosennym do istotnego zmniejszenia gęstości gleby zarówno w warstwie ornej, jak i podornej.
2. Istotnie wyższą wilgotność gleby w warstwach 0–30 i 30–60 cm stwierdzono przed siewem buraka cukrowego w Kokocku na najcięższej z badanych gleb — madzie rzecznej. Największą gęstością charakteryzował się natomiast czarnoziem leśno-łąkowy w miejscowości Lipie, w której zanotowano wiosną największy niedobór opadów.
3. Niezależnie od miejscowości i systemu uprawy, największą, udowodnioną statystycznie wilgotność warstwy ornej gleby zarejestrowano w 1999 roku, o najwyższej sumie opadów w okresie: grudzień — marzec. W 1997 roku, przy dwukrotnie niższej sumie opadów w wyżej wymienionym okresie, stwierdzono największą gęstość gleby.

LITERATURA

- Becker C., Miller H., Koch H. J. 1997. Anbau von Zuckerrüben ohne Pflug — eine umweltschonende und ökonomisch effiziente Alternative für die moderne Landwirtschaft. Proceedings of the 60th IIRB Congress, Cambridge: 91 — 103.
- Bode M. 1997. Was leisten Bodenorganismen unter dem Einfluss von Bodenbearbeitung und Düngung, Zuckerrübe 46: 14 — 17.
- Gutmański I. 1991. Znaczenie niektórych właściwości gleby. W: Produkcja buraka cukrowego. Praca zbiorowa pod redakcją I. Gutmańskiego. PWRiL Poznań: 111 — 118.
- Gutmański I., Kreft K., Nowakowski M., Szymczak-Nowak J. 1999. Nowe kierunki uprawy buraka cukrowego. Wyd. ODR Minikowo: 3 — 10.
- Gutmański I., Nowakowski M. 1988. Der Einfluss physikalischer Bodeneigenschaften auf den Ertrag und die Qualität der Zuckerrüben. Feldwirtschaft 1: 35 — 36.
- Richard G., Boiffin J., Duval Y. 1995. Direct drilling of sugar beet (*Beta vulgaris*) into a cover crop: effects on soil physical conditions and crop establishment. Soil Tillage Res. 34: 169 — 185.
- Stephan C., Thelen M., Kromer K.-H. 1995. Mulchsaat von Zuckerrüben im 7-jährigen Vergleich. Zuckerrübe 1: 16 — 21.

MIROSLAW NOWAKOWSKI¹**DAMRAWA KOSTKA-GOŚCINIAK**¹**JADWIGA SZYMCZAK-NOWAK**²**IZYDOR GUTMAŃSKI**¹¹Zakład Technologii Produkcji Roślin Korzeniowych²Zakład Chorób i Szkodników

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Bydgoszcz

Systemy uprawy buraka cukrowego na różnych glebach* Część II. Wschody i plony

Systems of sugar beet cultivation on different soils Part II. Field emergence and yield

W latach 1996–1999, w trzech różnych miejscowościach: na glebie płowej właściwej (Minikowo), czarnoziemie leśno-ląkowym (Lipie) i madzie nadwiślańskiej (Kokocko) (woj. kujawsko-pomorskie) badano wpływ tradycyjnej uprawy buraka cukrowego i z siewu w mulcz gorczycy białej i rzodkwi oleistej na wschody i plony. Uprawa buraka cukrowego na mulczu z gorczycy białej i rzodkwi oleistej wpłynęła na obniżenie wschodów i obsady roślin, nie miała natomiast istotnego wpływu na plon korzeni i cukru technologicznego w porównaniu do obiektu z tradycyjną uprawą. Miejscowości oraz lata badań różnicowały istotnie wschody, obsadę buraków oraz plon korzeni i cukru technologicznego. Najwyższe plony uzyskano przy uprawie buraka na czarnoziemie leśno-ląkowym (Lipie), wschody i końcową obsadę na madzie (Kokocko). Najkorzystniejsze warunki dla wschodów, obsady i plonu korzeni buraka cukrowego wystąpiły w roku 1998, a dla technologicznego plonu cukru w roku 1999.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, międzyplon, mulcz, plon, typ gleby, wschody

In 1996–1999, field emergence, plant population and yield of sugar beet cultivated with traditional method and on mulch with white mustard and oil radish were evaluated. Experiments were carried out at three locations of the kujawsko-pomorskie voivodship: Minikowo — on grey podsolic soil, Lipie — on chernozem soil and Kokocko — on alluvial soil. White mustard mulch and oil radish mulch caused the decrease of emergence and beet stand but had no effect on root and recoverable sugar yield in comparison to traditional cultivation system. Locations and test years differentiated significantly emergence, beet stand, root and recoverable sugar yields. The highest yields were obtained on chernozem soil (Lipie), but emergence and final beet stand on alluvial soil (Kokocko). The most favourable conditions for emergence, beet stand and root yield were in 1998 and for recoverable sugar in 1999.

* Pracę wykonano w ramach projektu badawczego Nr 5PO 6BO 2511 finansowanego przez KBN

Key words: catch crop, emergence, mulch, sugar beet, soil type, yield

WSTĘP

Niewystarczające ilości obornika skłaniają do poszukiwania alternatywnych form nawożenia organicznego pod burak cukrowy. Problem ten nabiera szczególnego znaczenia w płodozmianach o dużym nasileniu uprawy tej rośliny, która najbardziej zubaża glebę w substancję organiczną (Gutmański i in., 1993; Niewiadomski i Zawislak, 1982). Gorczyca biała i rzodkiew oleista uprawiane w międzyplonie ścierniskowym mogą w znacznym stopniu uzupełnić braki substancji organicznej w glebie oraz poprawić stan sanitarny gleby. Stosowanie międzyplonów w uprawie buraka cukrowego pozwala na uproszczenie uprawy roli oraz uzyskanie lepszych efektów produkcyjnych (Stephan i in., 1995; Becker i Märlander, 1998).

Celem badań była ocena wschodów, obsady i plonów buraka cukrowego w warunkach uprawy tradycyjnej i siewu w mulcz z roślin krzyżowych po wymieszaniu z glebą i bez wymieszania, na trzech różnych typach gleb.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 1996–1999, w trzech różnych miejscowościach: Minikowo — na glebie płowej właściwej, Lipie — na czarnoziemie leśno-łąkowym oraz Kokocko — na madzie nadwiślanej (woj. kujawsko-pomorskie), w warunkach opisanych przez Nowakowskiego i wsp. (I część publikacji).

Pierwszy czynnik doświadczalny stanowiły trzy miejscowości:

- Minikowo,
- Lipie,
- Kokocko.

Drugim czynnikiem doświadczalnym były lata badań, a trzecim — systemy uprawy buraka cukrowego:

- uprawa tradycyjna,
- siew buraka w mulcz z gorczycy białej,
- siew buraka w mulcz z rzodkwi oleistej,
- siew buraka w mulcz z gorczycy białej wymieszany z glebą,
- siew buraka w mulcz z rzodkwi oleistej wymieszany z glebą,

Nasiona buraka cukrowego odmiany: Polko (Minikowo, Kokocko), Maria (Minikowo) i Evita (Lipie) wysiewano w kwietniu, w odstępach co 18 cm, przy użyciu siewnika punktowego, wyposażonego w specjalne kroje tarczowe.

Pomiary i obserwacje obejmujące ocenę polowej zdolności wschodów, końcowej obsady buraków, plonu korzeni i liści wykonywano na poletkach o powierzchni 27 m², w czterech powtórzeniach. Zbiór buraków wykonano ręcznie, po 165–190 dniach wegetacji.

Wyniki doświadczeń opracowano statystycznie metodą analizy wariancji dla doświadczeń trójczynnikowych (miejscowość x lata x obiekt uprawowy) podając najmniejsze istotne różnice (NIR) dla poziomu ufności $p = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Średnie dobowe temperatury i sumy opadów dla okresów wegetacji międzyplonu (IX–XI) i buraka (IV–IX) oraz okresu zimowego (XII–III) w poszczególnych latach i miejscowościach, w których prowadzono doświadczenia podano w tabeli 1. Najkorzystniejsza dla wegetacji międzyplonów była jesień w roku 1996, następnie w 1997. Najmniej korzystna, z uwagi na wczesne ochłodzenie i dwukrotnie większe opady, była jesień w 1998 roku. W okresie wegetacji buraka cukrowego podobne temperatury stwierdzono w 1997 i 1998, a wyższe w 1999 roku. Średnia suma opadów była najniższa (318 mm) w 1997, a najwyższa (395 mm) w 1998 roku.

Tabela 1

Warunki meteorologiczne w latach 1996/97–1998/99
Meteorological conditions in 1996/97–1998/99

Miejscowość Location	Średnia dobowa temperatura w okresie (°C) Daily mean temperature (°C)			Suma opadów w okresie (mm) Total precipitation (mm)		
	IX–XI	XII–III	IV–IX	IX–XI	XII–III	IV–IX
1996/97						
Minikowo	8,1	-0,7	14,2	97,0	92,5	285,1
Lipie	8,6	-0,8	14,5	84,0	69,1	299,3
Kokocko	8,6	-0,8	14,5	81,0	75,0	369,0
1997/98						
Minikowo	7,5	2,2	14,3	92,9	137,8	445,4
Lipie	7,9	2,0	14,8	81,4	126,3	307,9
Kokocko	7,9	2,0	14,8	63,0	156,0	432,0
1998/99						
Minikowo	6,9	0,5	15,5	209,7	200,0	295,0
Lipie	6,8	1,3	16,5	161,1	126,3	315,3
Kokocko	6,8	1,3	15,7	178,0	154,0	429,5

Polowa zdolność wschodów i końcowa obsada buraków były zróżnicowane istotnie w następstwie oddziaływania warunków glebowych, lat badań oraz międzyplonów ścierniskowych i zabiegu płytkiego wymieszania mulczu z glebą. Spośród porównywanych miejscowości najlepsze, statystycznie udowodnione wschody i końcową obsadę buraka uzyskano na madzie nadwiślanej w Kokocku, a niezależnie od miejscowości i systemu uprawy w roku 1998. Międzyplony z gorzycy białej i rzodkwi oleistej przyczyniły się istotnie do pogorszenia wschodów i obsady buraka w porównaniu do obiektu kontrolnego, (z wyjątkiem doświadczenia w Minikowie, w latach 1998 i 1999). W większości przypadków zastosowana w międzyplonie rzodkiew oleista silniej obniżała polową zdolność wschodów i końcową obsadę buraka niż gorzycza biała. W badaniach Szymczak-Nowak i wsp. (1998) uprawa buraka cukrowego na mulczu z gorzycy białej i rzodkwi oleistej nie modyfikowała końcowej obsady buraka. Niższą obsadę roślin na obiektach z mulczem z gorzycy białej notowali Kordas i Zimny (1997) oraz Dzienia (1999). Płytkie wymieszanie mulczu z glebą przy użyciu agregatu uprawowego nie miało wpływu na polową zdolność wschodów i końcową obsadę buraków w porównaniu do wysiewu nasion w mulcz (tab. 2 i 3). W badaniach Beckera i wsp. (1997) oraz Beckera i Märklendära (1998) przedsięwzięte wymieszanie mulczu z glebą nieznacznie obniżało polową zdolność wschodów i obsadę buraka.

Tabela 2

Połowa zdolność wschodów (%) (1997–1999)
Field emergence (%) (1997–1999)

Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation	Gorczyca biała White mustard		Rzodkiew oleista Oil radish		Średnia Mean
			bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	
Minikowo	1997	70	56	42	51	41	52
	1998	52	67	66	66	64	63
	1999	69	58	69	51	54	60
Średnia — Mean		64	60	59	56	53	58
Lipie	1997	66	55	63	57	58	60
	1998	85	66	65	71	72	72
	1999	55	61	55	58	54	57
Średnia — Mean		69	61	61	62	61	63
Kokocko	1997	72	68	68	62	58	66
	1998	85	71	81	78	82	79
	1999	93	94	88	87	90	90
Średnia — Mean		83	78	79	76	77	79
Średnia — Mean	1997	69	60	61	57	52	59
	1998	74	68	67	72	73	71
	1999	72	71	71	65	66	69
Średnia — Mean		72	66	66	65	64	66
NIR — LSD (p = 0,05) dla — for: miejscowości— location				I	2		
lat — year				II	2		
obiekty — object				III	2		
współdziałania — interaction				I x II	4		
				I x III	3		
				II x III	3		
				I x II x III	5		

Tabela 3

Końcowa obsada (tys. roślin·ha⁻¹) (1997–1999)
Plant population at harvest (thousand plants t·ha⁻¹) (1997–1999)

Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation	Gorczyca biała White mustard		Rzodkiew oleista Oil radish		Średnia Mean
			bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	
1	2	3	4	5	6	7	8
Minikowo	1997	79,0	58,4	58,5	50,2	50,8	59,4
	1998	69,0	85,3	83,1	78,6	83,0	79,8
	1999	78,3	66,1	67,2	62,7	67,2	68,3
Średnia — Mean		75,4	69,9	69,6	63,8	67,0	69,1
Lipie	1997	78,6	64,6	73,3	65,0	67,3	69,8
	1998	96,4	75,0	74,6	79,6	81,4	81,4
	1999	70,0	74,6	73,5	76,8	67,4	72,5
Średnia — Mean		81,7	71,4	73,8	73,8	72,0	74,5

c.d. Tabela 3

1	2	3	4	5	6	7	8
Kokocko	1997	83,3	86,1	84,3	66,7	69,2	77,9
	1998	102,6	86,6	104,5	99,5	100,8	98,8
	1999	96,7	97,4	90,7	91,5	96,1	94,5
Średnia — Mean		94,2	90,0	93,2	85,9	88,7	90,4
Średnia — Mean	1997	80,3	69,7	72,0	60,6	62,4	69,0
	1998	89,3	82,3	87,4	85,9	88,4	86,7
	1999	81,7	79,4	77,1	77,0	76,9	78,4
Średnia — Mean		83,8	77,1	78,9	74,5	75,9	78,0
NIR — LSD (p = 0,05) dla — for: miejscowości — location				I	2,1		
lat — year				II	2,4		
obiektu — object				III	2,5		
współdziałania — interaction				I x II	4,2		
				I x III	r.n. — Różnica nieistotna — Not significant difference		
				II x III	4,3		
				I x II x III	7,4		

Tabela 4

Plon korzeni (t·ha⁻¹) (1997–1999)**Yield of roots (t·ha⁻¹) (1997–1999)**

Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation	Gorczyca biała White mustard		Rzodkiew oleista Oil radish		Średnia Mean
			bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	
Minikowo	1997	56,0	51,6	49,0	48,6	50,6	51,2
	1998	71,8	78,0	73,0	71,3	77,9	74,4
	1999	59,8	66,8	64,7	60,0	69,8	64,2
Średnia — Mean		62,5	65,5	62,2	60,0	66,1	63,3
Lipie	1997	74,0	67,5	68,9	69,2	72,9	70,5
	1998	68,6	68,6	68,0	68,4	64,0	67,5
	1999	56,9	63,8	56,0	64,8	55,9	59,5
Średnia — Mean		66,5	66,6	64,3	67,5	64,3	65,8
Kokocko	1997	51,6	49,0	50,5	48,8	47,4	49,5
	1998	62,8	60,1	54,9	66,3	54,9	59,8
	1999	72,4	64,8	58,9	62,2	57,6	63,2
Średnia — Mean		62,3	58,0	54,8	59,1	53,3	57,5
Średnia — Mean	1997	60,5	56,0	56,1	55,5	57,0	57,1
	1998	67,7	68,9	65,3	68,7	65,0	67,2
	1999	63,0	65,1	59,9	62,3	61,1	62,3
Średnia — Mean		63,8	63,4	60,4	62,2	61,2	62,2
NIR — LSD (p = 0,05) dla — for: miejscowości — location				I	2,3		
lat — year				II	1,9		
obiektu — object				III	2,0		
współdziałania — interaction				I x II	3,2		
				I x III	3,5		
				II x III	r.n. — Różnica nieistotna — Not significant difference		
				I x II x III	6,0		

Najwyższe plony korzeni i cukru technologicznego uzyskano na czarnoziemie leśno-łąkowym w Lipiu (odpowiednio 65,8 i 9,05 t·ha⁻¹), a najniższe na madzie nadwiślannej w Kokocku (57,5 i 8,11 t·ha⁻¹) - istotne różnice w stosunku do Lipia (tab. 4 i 5).

Tabela 5

Plon cukru technologicznego (t·ha⁻¹) (1997–1999)
Recoverable sugar yield (t·ha⁻¹) (1997–1999)

Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation	Gorzycza biała White mustard		Rzodkiew oleista Oil radish		Średnia Mean
			bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	
Minikowo	1997	6,78	6,52	6,15	6,26	6,41	6,42
	1998	9,34	10,28	8,97	9,48	9,99	9,61
	1999	8,02	8,65	8,78	7,72	9,61	8,55
Średnia — Mean		8,05	8,48	7,97	7,82	8,67	8,20
Lipie	1997	9,73	8,83	9,32	9,05	9,89	9,36
	1998	9,45	9,28	8,75	8,73	8,49	8,94
	1999	8,70	9,73	8,22	10,05	7,61	8,86
Średnia — Mean		9,29	9,28	8,76	9,28	8,66	9,05
Kokocko	1997	6,93	6,73	6,74	6,37	6,19	6,59
	1998	7,45	7,50	7,02	9,16	6,93	7,61
	1999	11,37	10,30	9,49	10,07	9,46	10,14
Średnia — Mean		8,58	8,18	7,75	8,53	7,53	8,11
Średnia — Mean	1997	7,81	7,36	7,40	7,23	7,50	7,46
	1998	8,75	9,02	8,25	9,12	8,47	8,72
	1999	9,36	9,56	8,83	9,28	8,89	9,18
Średnia — Mean		8,64	8,65	8,16	8,54	8,29	8,45
NIR — LSD (p = 0,05) dla — for: miejscowości — location			I	0,31			
lat — year			II	0,28			
obiektu — object			III	0,27			
współdziałania — interaction			I x II	0,49			
			I x III	0,47			
			II x III	0,47			
			I x II x III	0,81			

Najwyższe plony korzeni stwierdzono w roku 1998, a cukru technologicznego w roku 1999. Plon korzeni i cukru uzyskanego z buraka wysiewanego w mulcz z gorzycy białej i rzodkwi oleistej w większości przypadków był na poziomie uprawy tradycyjnej. Podobne wyniki uzyskała Szymczak-Nowak i wsp. (1998). Natomiast Kordas i Zimny (1997) na obiektach z mulczem z gorzycy białej zanotowali niższy plon korzeni buraka i cukru technologicznego. W przeprowadzonych doświadczeniach niższy plon korzeni buraka zanotowano na obiekcie z mulczem gorzycy białej wymieszanej agregatem (tab. 4). Przedsiewne wymieszanie mulczu z gorzycy białej i rzodkwi oleistej agregatem uprawowym wpłynęło na zmniejszenie plonu cukru technologicznego (tab. 5). W badaniach Gutmańskiego i wsp. (1997) wysiew nasion buraka w mulcz z gorzycy białej przyczynił się do obniżenia połowej zdolności wschodów i końcowej obsady buraków.

Natomiast plony korzeni i cukru na stanowiskach z mulczem gorzycy białej były wyższe od uzyskanych na obiekcie z uprawą tradycyjną.

Badane obiekty z międzyplonami ścierniskowymi nie miały istotnego wpływu na masę korzeni potrzebną do wyprodukowania 1 tony cukru w porównaniu do uprawy tradycyjnej. Na wyprodukowanie 1 tony cukru najwięcej korzeni było potrzebne przy uprawie buraków na glebie płowej właściwej (tab. 6).

Tabela 6

Masa korzeni (t) buraka cukrowego na wyprodukowanie 1 tony cukru (1997–1999)
Mass of sugar beet roots necessary for production 1 ton of sugar (1997–1999)

Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation	Gorzycza biała White mustard		Rzodkiew oleista Oil radish		Średnia Mean
			bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	
Minikowo	1997	8,26	7,91	7,97	7,76	7,89	7,96
	1998	7,69	7,59	8,14	7,52	7,80	7,75
	1999	7,46	7,72	7,37	7,77	7,26	7,52
Średnia — Mean		7,80	7,74	7,83	7,68	7,65	7,74
Lipie	1997	7,61	7,64	7,39	7,65	7,37	7,53
	1998	7,26	7,39	7,77	7,84	7,54	7,56
	1999	6,54	6,56	6,81	6,45	7,35	6,74
Średnia — Mean		7,14	7,20	7,32	7,31	7,42	7,28
Kokocko	1997	7,45	7,28	7,49	7,66	7,66	7,51
	1998	8,43	8,01	7,82	7,24	7,92	7,88
	1999	6,37	6,29	6,21	6,18	6,09	6,23
Średnia — Mean		7,42	7,19	7,17	7,03	7,22	7,21
Średnia — Mean	1997	7,77	7,61	7,62	7,69	7,64	7,67
	1998	7,79	7,66	7,91	7,53	7,75	7,73
	1999	6,79	6,86	6,80	6,80	6,90	6,83
Średnia — Mean		7,45	7,38	7,44	7,34	7,43	7,41
NIR — LSD (p = 0,05) dla — for: miejscowości— location							
lat — year				I	0,21		
objektu — object				II	0,16		
współdziałania — interaction				III	r.n. — Różnica nieistotna — Not significant difference		
				I x II	0,29		
				I x III	r.n. — Różnica nieistotna — Not significant difference		
				II x III	r.n. — Różnica nieistotna — Not significant difference		
				I x II x III	0,41		

Analiza statystyczna uzyskanych wyników doświadczeń z lat 1997–1999 wykazała istotne współdziałanie pomiędzy lokalizacją, latami i badanymi obiektami uprawowymi (tab. 2–6).

WNIOSKI

1. Uprawa buraka cukrowego na mulczu z gorzycy białej i rzodkwi oleistej nie wykazała wpływu na zawartość cukru, jonów K i Na w korzeniach oraz na wielkość współczynnika alkaliczności.
2. Warunki glebowe i pogodowe istotnie modyfikowały zawartość cukru i melasotworów (N- α -NH₂, K i Na). Istotnie niższą zawartość cukru w korzeniach zanotowano po uprawie buraka na glebie lekkiej w Minikowie, przy najniższych średnich temperaturach w okresie wegetacji. W roku 1999, charakteryzującym się najwyższą średnią temperaturą w czasie wegetacji buraka, zawartość cukru była istotnie większa od zawartości stwierdzonych w pozostałych latach badań.

LITERATURA

- Becker C. 1997. Zuckerrübenbau ohne Pflug. Zuckerrübe, 4: 198 — 201.
- Becker C., Märländer B. 1998. Ertrag und Qualität von Zuckerrüben in dauerhaft pfluglosen Bodenbearbeitungssystemen — Ergebnisse einer Versuchsserie auf Großflächen. Pflanzenbauwissenschaften, 2 (1): 7 —15.
- Dzienia S. 1999. Zachowawcza uprawa roli pod burak cukrowy. Fol. Univ. Agric. Stetin. 195 Agricultura (74): 131 —134.
- Gutmański I., Nowakowski M., Szymczak-Nowak J., Kostka-Gościński D., Banaszak H. 1997. Wpływ uprawy z siewu bezpośredniego na plony, jakość technologiczną i zdrowotność buraka cukrowego. Mat. Konfer. „Postęp w uprawie buraka cukrowego i w jakości korzeni”. SGGW Warszawa: 118 —119.
- Gutmański I., Szymczak-Nowak J., Tyburski J., Zawislak K. 1993. Zdrowotność i plonowanie buraka cukrowego oraz fizykochemiczne właściwości gleby po 12 latach uprawy w płodozmianach i monokulturze. Zesz. Nauk. AR Kraków 38: 69 —84.
- Kordas L. 1997. Siew bezpośredni w uprawie buraka cukrowego. Postęp w uprawie buraka cukrowego i w jakości korzeni. Wyd. SGGW, Warszawa: 93 —95.
- Kordas L., Zimny L. 1997. Wpływ wybranych poplonów ścierniskowych na plony buraka cukrowego uprawianego technologią siewu bezpośredniego. Biul. IHAR 202: 207 —211.
- Nowakowski M., Szymczak-Nowak J., Kostka-Gościński D., Gutmański J. 2002. Systemy uprawy buraka cukrowego na różnych glebach. Część I. Wybrane właściwości fizyczne gleby. Biul. IHAR 222: 306 —316.
- Stephan C., Thelen M., Kromer K. H. 1995. Mulchsaat von Zuckerrüben in 7 jährigen Vergleich. Zuckerrübe 44, 1: 16 —21.
- Szymczak-Nowak J., Wąsacz E., Sitarki A., Kostka-Gościński D., Nowakowski M., Gutmański J., Dąbrowski W., Banaszak H., Redo L., Ojczyk K. 1998. Wpływ uprawy buraka cukrowego na mulczu z gorczycy białej i rzodkwi oleistej na jego zdrowotność i plon. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin, 38 (2): 433 —436.

MIROSLAW NOWAKOWSKI¹**DAMRAWA KOSTKA-GOŚCINIAK**¹**JADWIGA SZYMCZAK-NOWAK**²**IZYDOR GUTMAŃSKI**¹¹Zakład technologii Produkcji Roślin Korzeniowych²Zakład Chorób i Szkodników

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Bydgoszcz

Systemy uprawy buraka cukrowego na różnych glebach *

Część III. Jakość przetwórcza

Systems of sugar beet cultivation on different soils Part III. Processing quality

W latach 1996–1999, w trzech różnych miejscowościach: na glebie płowej właściwej (Minikowo), czarnoziemie leśno-ląkowym (Lipie) i madzie nadwiślańskiej (Kokocko) (woj. kujawsko-pomorskie) badano wpływ uprawy buraka cukrowego z siewu w mulcz z gorczycy białej i rzodkwi oleistej na jakość przetwórczą buraka cukrowego w porównaniu do obiektu z uprawą tradycyjną. Uprawa buraka cukrowego na mulczu z gorczycy białej i rzodkwi oleistej nie wykazała wpływu na zawartość cukru, jonów K i Na w korzeniach oraz na wielkość współczynnika alkaliczności. Lokalizacja doświadczeń istotnie modyfikowała zawartość cukru i melasotworów ($N\text{-}\alpha\text{-NH}_2$, K i Na) w korzeniach oraz wielkość współczynnika alkaliczności. Istotnie niższą zawartość cukru w korzeniach zanotowano przy uprawie buraka na glebie płowej właściwej (Minikowo). W roku 1999 zawartość cukru była istotnie wyższa od zawartości stwierdzonych w pozostałych latach badań. Zawartość $N\text{-}\alpha\text{-NH}_2$ i K w korzeniach buraków cukrowych uprawianych na madzie (Kokocko), a w przypadku Na glebie płowej właściwej (Minikowo), były istotnie niższe w porównaniu do pozostałych stanowisk doświadczalnych.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, melasotwory, międzyplon, mulcz, typ gleby, zawartość cukru

The assessment of technological quality of sugar beet cultivated with traditional method and on white mustard mulch as well as on oil radish mulch was done in 1996–1999. The field experiments were carried at three locations of the kujawsko-pomorskie voivodship: Minikowo — on grey podsolic soil, Lipie — on chernozem soil and Kokocko — on alluvial soil. Sugar beet cultivation on mulch from white mustard and oil radish had no effect on sugar, K and Na content in roots and alkalinity coefficient as well. Trials localization significantly modified content of sugar, $\alpha\text{-NH}_2\text{-N}$, K and Na content in roots and alkalinity coefficient. Significantly higher sugar content was observed in beet cultivated on grey-podsolic soil (Minikowo). In 1999 sugar content was higher than in other years. $\alpha\text{-NH}_2\text{-N}$ and K^+

* Pracę wykonano w ramach projektu badawczego Nr 5PO 6BO 2511 finansowanego przez KBN

content in beet roots cultivated on alluvial soil (Kokocko) and Na⁺ content on grey-podsolic soil (Minikowo) were higher in comparison to others habitats of experiments.

Key words: catch crop, melassigenic components, mulch, soil type, sugar beet, sugar content

WSTĘP

Jednym ze sposobów uprawy buraka cukrowego jest wysiew nasion w mulcz z gorczycy białej i rzodkwi oleistej. Przy tej technologii produkcji buraka zmniejsza się liczbę zabiegów uprawowych i wysokość nakładów w porównaniu do uprawy tradycyjnej (Stephan i in., 1995; Brunotte i Sommer, 1996; Gutmański i Kreft, 1998). Wyeliminowanie jesiennej orki głębokiej oraz zrezygnowanie z wiosennej uprawy przy wysiewie buraka w mulcz międzyplonu może wpływać na jakość przemysłową korzeni buraka.

Celem badań była ocena jakości technologicznej buraka cukrowego w warunkach stosowania siewu w mulcz międzyplonu ścierniskowego z roślin krzyżowych lub w mulcz płytko wymieszany z glebą przy użyciu agregatu uprawowego na różnych glebach.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 1996–1999, w trzech różnych miejscowościach: Minikowo — na glebie płowej właściwej, Lipie — na czarnoziemie leśno-łukowym oraz Kokocko — na madzie nadwiślanej (woj. kujawsko-pomorskie), w warunkach opisanych przez Nowakowskiego i wsp. (2002) (I część publikacji).

Pierwszy czynnik doświadczalny stanowiły trzy miejscowości:

- Minikowo,
- Lipie,
- Kokocko.

Drugim czynnikiem doświadczalnym były lata badań, a trzecim — następujące systemy uprawy buraka cukrowego:

- uprawa tradycyjna,
- siew buraka w mulcz z gorczycy białej,
- siew buraka w mulcz z rzodkwi oleistej,
- siew buraka w mulcz z gorczycy białej wymieszany z glebą,
- siew buraka w mulcz z rzodkwi oleistej wymieszany z glebą,

Zbiór buraków wykonano ręcznie, po 165–190 dniach wegetacji. Ocenę jakości przetwórczej korzeni przeprowadzono na 30 kolejno rosnących burakach w 4 powtórzeniach na automatycznej aparaturze Venema w ZD HAR Kończewice, określając zawartość azotu alfaaminokwasowego (N- α -NH₂), jonów potasu (K) i sodu (Na).

Uzyskane wyniki analiz jakościowych poddano analizie statystycznej dla doświadczeń trójczynnikiowych (miejscowość x lata x obiekt uprawowy) podając najmniejsze istotne różnice dla poziomu ufności $p = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Lokalizacja doświadczeń miała istotny wpływ na zawartość cukru i melasotworów ($N\text{-}\alpha\text{-NH}_2$, K i Na) w korzeniach oraz na wielkość współczynnika alkaliczności (tab. 1–5). Istotnie niższą zawartość cukru w korzeniach zanotowano przy uprawie buraka na glebie płowej właściwej w Minikowie (tab. 1).

Tabela 1

Zawartość cukru w korzeniach (%) (1997–1999)
Content of sugar in roots (%) (1997–1999)

Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation	Gorzycza biała White mustard		Rzodkiew oleista Oil radish		Średnia Mean
			bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	
Minikowo	1997	14,83	15,08	14,93	15,21	15,17	15,04
	1998	15,14	15,21	14,76	15,50	15,00	15,12
	1999	15,52	15,25	15,63	15,47	15,89	15,55
Średnia — Mean		15,16	15,18	15,11	15,39	15,35	15,24
Lipie	1997	15,49	15,43	15,82	15,55	15,90	15,64
	1998	16,06	16,02	15,49	15,42	15,67	15,73
	1999	17,59	17,52	17,44	17,64	16,96	17,43
Średnia — Mean		16,38	16,32	16,25	16,20	16,18	16,27
Kokocko	1997	15,49	15,53	15,33	15,40	15,34	15,42
	1998	14,52	14,87	15,26	16,06	15,07	15,16
	1999	17,90	17,71	17,95	17,93	18,13	17,92
Średnia — Mean		15,97	16,04	16,18	16,46	16,18	16,17
Średnia Mean	1997	15,27	15,35	15,36	15,39	15,47	15,37
	1998	15,24	15,37	15,17	15,66	15,25	15,34
	1999	17,00	16,83	17,01	17,01	16,99	16,97
Średnia — Mean		15,84	15,85	15,85	16,02	15,90	15,89
NIR — LSD (p = 0,05) dla — for: miejscowości — location					I	0,31	
lat — year					II	0,20	
obiekty — object					III	r.n.— Różnica nieistotna — Not significant difference	
współdziałania — interaction					I x II	0,34	
					I x III	0,29	
					II x III	r.n.— Różnica nieistotna — Not significant difference	
					I x II x III	0,50	

Najwyższą zawartość cukru w korzeniach buraka stwierdzono w roku 1999. Średnie wyniki z trzech lat wykazały nieistotny wpływ badanych obiektów na zawartość cukru (tab. 1), jonów potasu i sodu (tab. 3–4) oraz wielkość współczynnika alkaliczności (tab. 5). Wymieszanie przedsiewne mulczu z gorzycy białej i rzodkwi oleistej z glebą nie miało wpływu na zawartość cukru oraz jonów K i Na w korzeniach buraka. Wyższą zawartość azotu alfa-aminokwasowego zanotowano tylko na wariacie z mulczem z rzodkwią oleistą wymieszanym agregatem (tab. 1–4). Zawartość $N\text{-}\alpha\text{-NH}_2$ i K w korzeniach buraków uprawianych na madzie nadwiślanej oraz zawartość Na w burakach uprawianych na glebie płowej właściwej była istotnie niższa w odniesieniu do pozostałych miejscowości (tab. 2–4). Największy współczynnik alkaliczności stwierdzono w Kokocku (tab. 5).

Tabela 2

Zawartość N- α -NH₂ w korzeniach (mval/100 g miazgi) (1997–1999)
Content of N- α -NH₂ in roots (mval/100 g of pulp) (1997–1999)

Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation	Gorzycza biała White mustard		Rzodkiew oleista Oil radish		Średnia Mean
			bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	
Minikowo	1997	2,43	2,38	2,55	2,12	2,76	2,45
	1998	2,30	2,21	2,97	2,43	2,14	2,41
	1999	2,59	2,83	2,43	3,25	2,74	2,77
Średnia — Mean		2,44	2,47	2,65	2,60	2,55	2,54
Lipie	1997	2,38	2,58	2,04	2,22	2,41	2,33
	1998	2,63	3,08	3,27	3,26	2,84	3,02
	1999	2,81	2,71	3,45	2,19	4,29	3,09
Średnia — Mean		2,61	2,79	2,92	2,56	3,18	2,81
Kokocko	1997	1,82	1,89	1,55	2,15	2,74	2,03
	1998	3,28	2,64	2,82	2,04	2,39	2,63
	1999	1,04	0,87	0,99	0,85	0,77	0,90
Średnia — Mean		2,05	1,80	1,79	1,68	1,97	1,86
Średnia Mean	1997	2,21	2,28	2,05	2,16	2,64	2,27
	1998	2,74	2,64	3,02	2,58	2,46	2,69
	1999	2,15	2,14	2,29	2,10	2,60	2,25
Średnia — Mean		2,37	2,35	2,45	2,28	2,57	2,40
NIR — LSD (p = 0,05) dla — for: miejscowości — location					I	0,19	
lat — year					II	0,17	
obiekty — object					III	0,14	
współdziałania — interaction					I x II	0,30	
					I x III	0,24	
					II x III	0,24	
					I x II x III	0,42	

Tabela 3

Zawartość K w korzeniach (mval/100 g miazgi) (1997–1999)
Content of K in roots (mval/100 g of pulp) (1997–1999)

Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation	Gorzycza biała White mustard		Rzodkiew oleista Oil radish		Średnia Mean
			bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	
1	2	3	4	5	6	7	8
Minikowo	1997	5,66	5,02	4,71	4,68	4,97	5,01
	1998	4,62	4,28	5,14	4,67	4,69	4,68
	1999	3,37	4,13	3,83	4,07	3,99	3,88
Średnia — Mean		4,55	4,48	4,56	4,47	4,55	4,52
Lipie	1997	4,22	4,22	4,15	4,56	3,99	4,23
	1998	4,68	4,98	5,15	5,55	4,72	5,02
	1999	4,19	4,27	4,92	4,26	5,61	4,65
Średnia — Mean		4,36	4,49	4,74	4,79	4,77	4,63
Kokocko	1997	3,39	3,04	3,68	3,84	3,55	3,50
	1998	5,20	5,01	5,05	4,80	5,23	5,06
	1999	4,27	3,61	3,61	3,63	3,49	3,72

c.d. Tabela 3

1	2	3	4	5	6	7	8
Średnia — Mean		4,29	3,89	4,11	4,09	4,09	4,09
Średnia	1997	4,42	4,09	4,18	4,36	4,17	4,25
Mean	1998	4,83	4,76	5,11	5,01	4,88	4,92
	1999	3,94	4,00	4,12	3,99	4,36	4,08
Średnia — Mean		4,40	4,29	4,47	4,45	4,47	4,41
NIR — LSD (p = 0,05) dla — for: miejscowości — location				I	0,23		
lat — year				II	0,18		
obiektu — object				III	r.n. — Różnica nieistotna — Not significant difference		
współdziałania — interaction				I x II	0,32		
				I x III	0,27		
				II x III	0,27		
				I x II x III	0,76		

Tabela 4

Zawartość Na w korzeniach (mval/100 g miazgi) (1997–1999)
Content of Na in roots (mval/100 g of pulp) (1997–1999)

Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation	Gorzycza biała White mustard		Rzodkiew oleista Oil radish		Średnia Mean
			bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	
Minikowo	1997	0,78	0,62	0,69	0,67	0,72	0,70
	1998	0,14	0,18	0,16	0,23	0,24	0,19
	1999	0,44	0,51	0,53	0,45	0,61	0,51
Średnia — Mean		0,45	0,44	0,46	0,45	0,52	0,46
Lipie	1997	1,12	1,08	1,14	1,21	1,29	1,17
	1998	0,29	0,34	0,38	0,38	0,38	0,35
	1999	0,49	0,47	0,46	0,47	0,48	0,47
Średnia — Mean		0,63	0,63	0,66	0,69	0,72	0,67
Kokocko	1997	1,25	0,85	0,81	1,54	1,49	1,19
	1998	0,59	0,39	0,43	0,38	0,41	0,44
	1999	0,85	0,60	0,60	0,44	0,37	0,57
Średnia — Mean		0,90	0,61	0,61	0,79	0,76	0,73
Średnia Mean	1997	1,05	0,85	0,88	1,14	1,17	1,02
	1998	0,34	0,30	0,32	0,33	0,34	0,33
	1999	0,59	0,53	0,53	0,45	0,49	0,52
Średnia — Mean		0,66	0,56	0,58	0,64	0,67	0,62
NIR — LSD (p = 0,05) dla — for: miejscowości — location				I	0,07		
lat — year				II	0,06		
obiektu — object				III	r.n. — Różnica nieistotna — Not significant difference		
współdziałania — interaction				I x II	0,10		
				I x III	r.n. — Różnica nieistotna — Not significant difference		
				II x III	0,18		
				I x II x III	0,76		

Becker i wsp. (1997) oraz Becker i Märlander (1998) uzyskali nieznacznie wyższą zawartość cukru w korzeniach buraka uprawianego na mulczu z gorzycy białej, a także z zastosowaniem uprawy przedsiewnej, natomiast Merkes (1989) uzyskał odmienne wyniki. W badaniach Szymczak-Nowak i wsp. (1998) oraz Dzieni (1999) zastosowanie międzyplonu z gorzycy białej nie wpłynęło istotnie na jakość przetwórczą surowca.

Według Gutmańskiego i wsp. (1997), międzyplon z gorczycy białej wpływał pozytywnie na jakość buraka uprawianego na glebie płowej właściwej i czarnoziemie leśno-łąkowym zmniejszając zawartość N- α -NH₂, K i Na w korzeniach. Niższą zawartość melasotworów w korzeniach przy uprawie buraka na mulczu z gorczycy białej oraz na mulczu wymieszanym uzyskali Becker (1997), Becker i wsp. (1997) oraz Becker i Märlander (1998).

Tabela 5

Współczynnik alkaliczności (1997–1999)
Coefficient of alkalinity (1997–1999)

Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation	Gorczyca biała White mustard		Rzodkiew oleista Oil radish		Średnia Mean
			bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	
Minikowo	1997	2,65	2,37	2,12	2,52	2,06	2,34
	1998	2,08	2,02	1,78	2,02	2,30	2,04
	1999	1,47	1,64	1,79	1,39	1,68	1,59
Średnia — Mean		2,07	2,01	1,90	1,98	2,01	1,99
Lipie	1997	2,24	2,05	2,59	2,60	2,19	2,33
	1998	1,89	1,73	1,69	1,82	1,80	1,79
	1999	1,67	1,75	1,56	2,16	1,42	1,71
Średnia — Mean		1,93	1,84	1,95	2,19	1,80	1,94
Kokocko	1997	2,55	2,06	2,90	2,50	1,84	2,37
	1998	1,77	2,05	1,94	2,54	2,36	2,13
	1999	4,92	4,84	4,25	4,79	5,01	4,76
Średnia — Mean		3,08	2,97	3,03	3,28	3,07	3,09
Średnia Mean	1997	2,48	2,16	2,54	2,54	2,03	2,35
	1998	1,91	1,93	1,80	2,13	2,15	1,99
	1999	2,69	2,74	2,53	2,78	2,70	2,69
Średnia — Mean		2,36	2,27	2,29	2,48	2,29	2,34
NIR — LSD (p = 0,05) dla –for:			miejscowości — location		I	0,18	
			lat — year		II	0,14	
			obiektu — object		III	r.n. — Różnica nieistotna — Not significant difference	
			współdziałania — interaction		I x II	0,24	
					I x III	r.n. — Różnica nieistotna — Not significant difference	
					II x III	0,26	
					I x II x III	0,45	

Analiza statystyczna uzyskanych wyników doświadczeń z lat 1997–1999 wykazała dla badanych parametrów istotne współdziałanie pomiędzy lokalizacją, latami i badanymi obiektami uprawowymi (tab. 1–5).

WNIOSKI

1. Uprawa buraka cukrowego na mulczu z gorczycy białej i rzodkwi oleistej nie wykazała wpływu na zawartość cukru, jonów K i Na w korzeniach oraz na wielkość współczynnika alkaliczności.

2. Warunki glebowe i pogodowe istotnie modyfikowały zawartość cukru i melasotworów ($N-\alpha-NH_2$, K i Na). Istotnie niższą zawartość cukru w korzeniach zanotowano po uprawie buraka na glebie lekkiej w Minikowie, przy najniższych średnich temperaturach w okresie wegetacji. W roku 1999, charakteryzującym się najwyższą średnią temperaturą w czasie wegetacji buraka, zawartość cukru była istotnie większa od zawartości stwierdzonych w pozostałych latach badań.

LITERATURA

- Becker C. 1997. Zuckerrübenbau ohne Pflug. Zuckerrübe, 4: 198 — 201.
- Becker C., Märlander B. 1998. Ertrag und Qualität von Zuckerrüben in dauerhaft pfluglosen Bodenbearbeitungssystemen — Ergebnisse einer Versuchsserie auf Großflächen. Pflanzenbauwissenschaften, 2 (1): 7 — 15.
- Becker C., Miller H., Koch H. J. 1997. Anbau von Zuckerrüben ohne Pflug — eine. umweltschonende und ökonomisch effiziente Alternative für die moderne Landwirtschaft. 60 Winter Congress IIRB, Cambridge: 91 — 103.
- Brunotte J., Sommer C. 1996. Gute fachliche Praxis bei der Bodennutzung. Zuckerrübe 6: 278 — 281.
- Dzienia S. 1999. Zachowawcza uprawa roli pod burak cukrowy. Fol. Univ. Agric. Stetin. 195 Agricultura (74): 131 — 134.
- Gutmański I., Nowakowski M., Symczak-Nowak J., Kostka-Gościński D., Banaszak H. 1997. Wpływ uprawy z siewu bezpośredniego na plony, jakość technologiczną i zdrowotność buraka cukrowego. Mat. Konfer. „Postęp w uprawie buraka cukrowego i w jakości korzeni”. SGGW Warszawa: 118 — 119.
- Gutmański I., Kreft K. 1998. Organizacyjne i ekonomiczne warunki wysoko wydajnej produkcji buraka cukrowego w gospodarstwach mało- i wielkoobszarowych. Konferencja naukowa, Ekonomia technologii produkcji roślinnej, Bonin 25–26 czerwca: 64 — 73.
- Merkes R. 1989. Möglichkeiten zur Verhütung von Bodenerosion durch Wasser. 52 Winter Congress IIRB, Bruxelles: 27 — 37.
- Nowakowski M., Symczak-Nowak J., Kostka-Gościński D., Gutmański J. 2002. Systemy uprawy buraka cukrowego na różnych glebach. Część I. Wybrane właściwości fizyczne gleby. Biul. IHAR 222: 309 — 316.
- Stephan C., Thelen M., Kromer K.-H. 1995. Mulchsaat von Zuckerrüben im 7 jährigen Vergleich. Zuckerrübe 44. 1: 16 — 21.
- Symczak-Nowak J., Wąsacz E., Sitarki A., Kostka-Gościński D., Nowakowski M., Gutmański J., Dąbrowski W., Banaszak H., Redo L., Ojczyk K. 1998. Wpływ uprawy buraka cukrowego na mulczu z gorczycy białej i rzodkwi oleistej na jego zdrowotność i plon. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 38 (2): 433 — 436.

JADWIGA SZYMCZAK-NOWAK ¹
DAMRAWA KOSTKA-GOŚCINIAK ²
MIROSLAW NOWAKOWSKI ²
IZYDOR GUTMAŃSKI ²

¹Zakład Chorób i Szkodników

²Zakład Technologii Produkcji Roślin Korzeniowych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Bydgoszcz

Systemy uprawy buraka cukrowego na różnych glebach *

Część IV. Zdrowotność roślin

Systems of sugar beet cultivation on different soils Part IV. Health of plants

W latach 1996–1999, na trzech różnych stanowiskach: na glebie płowej właściwej (Minikowo), czarnoziemie leśno-łąkowym (Lipie) i madzie nadwiślańskiej (Kokocko) (woj. kujawsko-pomorskie) badano wpływ uprawy buraka cukrowego z siewu w mulcz z gorczycy białej i rzodkwi oleistej na zdrowotność roślin w porównaniu do obiektu z uprawą tradycyjną. Gorczyca biała i rzodkiew oleista zastosowane jako mulcz w uprawie buraka cukrowego wpłynęły na poprawę zdrowotności roślin. Największe nasilenie występowania zgorzeli siewek i brunatnej plamistości liści stwierdzono na madzie, a w przypadku rdzy — na czarnoziemie leśno-łąkowym.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, choroby liści, międzyplon, mulcz, typ gleby

The assessment of health status of plants of sugar beet cultivated with traditional method and on mulch from white mustard or from oil radish was performed in 1996–1999. The field experiments were carried out at three locations, of the kujawsko-pomorskie voivodship: Minikowo — on grey podsolic soil, Lipie — on chernozem soil and Kokocko — on alluvial soil. White mustard and oil radish used as a mulch in sugar beet cultivation caused plant health improvement. Highest seedlings infestation by damping-off and *Ramularia* leaf spot occurred on alluvial soil and beet rust on chernozem soil.

Key words: catch crop, leaf diseases, mulch, soil type, sugar beet

WSTĘP

W ostatnich latach dużym zainteresowaniem praktyki rolniczej cieszą się odmiany gorczycy białej (*Sinapis alba* L. ssp. *alba*) i rzodkwi oleistej (*Raphanus sativus* L. var.

* Pracę wykonano w ramach projektu badawczego Nr 5PO 6 BO 2511

oleiformis Pers.), ograniczające w znacznym stopniu populację mątwika burakowego (*Heterodera schachtii* Schm.) w glebie. Gorczyca biała ponadto zawiera glukozynolany. Związki te oraz produkty ich rozkładu, szczególnie izotiocyjaniiny, są aktywne biologicznie i mogą być toksyczne dla wielu gatunków grzybów (Smolińska, 1996).

Celem badań była ocena zdrowotności buraka cukrowego w warunkach stosowania siewu w mulcz międzyplonu ścierniskowego z roślin krzyżowych lub w mulcz płytko wymieszany z glebą przy użyciu agregatu uprawowego w różnych miejscowościach.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 1996–1999, w trzech różnych miejscowościach: na glebie płowej właściwej — w Minikowie, na czarnoziemie leśno-łąkowym — w Lipiu i na madzie nadwiślańskiej — w Kokocku (woj. kujawsko-pomorskie), w warunkach opisanych przez Nowakowskiego i wsp. (2002) (I część publikacji).

Pierwszy czynnik doświadczalny stanowiły trzy miejscowości:

- Minikowo,
- Lipie,
- Kokocko.

Drugim czynnikiem doświadczalnym były lata badań, a trzecim - następujące systemy uprawy buraka cukrowego:

- uprawa tradycyjna,
- siew buraka w mulcz z gorzycy białej,
- siew buraka w mulcz z rzodkwi oleistej,
- siew buraka w mulcz z gorzycy białej wymieszany z glebą,
- siew buraka w mulcz z rzodkwi oleistej wymieszany z glebą,

Nasiona buraka cukrowego odmiany: Polko (Minikowo, Kokocko), Maria (Minikowo) i Evita (Lipie) wysiewano w kwietniu, w odstępach co 18 cm, przy użyciu siewnika punktowego, wyposażonego w specjalne kroje tarczowe.

W początkowym okresie wzrostu oceniono zdrowotność siewek (występowanie zgorzeli powodowanej przez *Aphanomyces cochlioides* Drechsler) według powszechnie stosowanej metodyki. W końcowym okresie wegetacji na 25 kolejno rosnących roślinach, w czterech powtórzeniach, dokonano oceny występowania chorób liści: mączniaka prawdziwego (*Erysiphe betae* [Vaňha] Weltzien), chwościka buraka (*Cercospora beticola* Saccardo), rdzy buraka (*Uromyces betae* Léveillé) i brunatnej plamistości liści (*Ramularia beticola* Fautr. et Lamb.). Ocenę przeprowadzono w 6-stopniowej skali, przyjmując jako 0 — rośliny zdrowe, 5 — rośliny silnie porażone. Na podstawie stopnia porażenia obliczono procent porażenia roślin wg wzoru Townsenda-Heubergera.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej dla doświadczeń trójczynnika (miejscowość x lata x obiekt uprawowy) podając najmniejsze istotne różnice (NIR) dla poziomu ufności $p = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Występowanie zgorzeli siewek buraka było wyraźnie zróżnicowane w zależności od miejscowości, roku, jak i od zastosowanych roślin międzyplonowych (tab. 1). Najwięcej siewek buraka porażonych zgorzelą notowano zawsze na obiekcie z uprawą tradycyjną i mniej na mulczu z gorczycy białej, a najmniej na mulczu z rzodkwi oleistej. Przewidywane, płytkie wymieszanie mulczu przy użyciu agregatu uprawowego, szczególnie na rzodkwi oleistej, przyczyniło się do wzrostu nasilenia występowania omawianej choroby. Największe porażenie siewek buraka przez tę chorobę stwierdzono na madzie w Kokocku oraz niezależnie od pozostałych czynników w 1998 roku. W 1999 roku we wszystkich miejscowościach, na badanych obiektach uprawowych nie stwierdzono porażenia siewek buraka przez zgorzel (tab. 1).

Tabela 1

Zgorzel siewek (*A. cochlioides*) — procent roślin porażonych (1997–1999)
Damping-off (*A. cochlioides*) — per cent of infected plants (1997–1999)

Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation	Gorczyca biała White mustard		Rzodkiew oleista Oil radish		Średnia Mean
			bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	
Minikowo	1997	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1998	1,5	0,8	0,5	0,5	1,2	0,9
	1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Średnia — Mean		0,6	0,3	0,2	0,2	0,4	0,3
Lipie	1997	0,5	0,0	0,2	0,4	0,6	0,3
	1998	0,2	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1
	1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Średnia — Mean		0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Kokocko	1997	1,4	0,0	0,2	0,2	0,4	0,4
	1998	8,5	1,8	2,9	0,4	5,2	3,8
	1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Średnia — Mean		3,3	0,6	1,0	0,2	1,9	1,4
Średnia Mean	1997	0,7	0,0	0,1	0,2	0,3	0,2
	1998	3,4	0,9	1,1	0,3	2,2	1,6
	1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Średnia — Mean		1,4	0,3	0,4	0,2	0,8	0,6
NIR — LSD (p = 0,05) dla —for: miejscowości — location				I	0,3		
lat — year				II	0,3		
obektu — object				III	0,5		
współdziałania — interaction				I x II	0,6		
				I x III	0,4		
				II x III	0,4		
				I x II x III	0,6		

Tabela 2

Mączniak prawdziwy (*E. betae*) (1997–1999)**Powdery mildew (*E. betae*) (1997–1999)**

Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation		Gorzycza biała White mustard				Rzodkiew oleista Oil radish				Średnia Mean	
				bez agregatu without aggregate		agregat aggregate		bez agregatu without aggregate		agregat aggregate			
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Minikowo	1997	99,0	59,4	99,0	32,0	100,0	41,8	99,0	33,0	100,0	41,2	99,4	41,5
	1998	53,0	11,6	22,0	4,6	36,0	9,2	21,0	4,2	36,0	8,4	33,6	7,6
	1999	42,0	20,8	7,0	2,0	8,0	2,8	30,0	5,9	28,0	9,0	23,0	8,1
Średnia — Mean		64,7	30,6	42,7	12,9	48,0	17,9	50,0	14,4	54,7	19,5	52,0	19,1
Lipie	1997	99,0	48,0	96,0	24,0	85,0	21,6	99,0	37,0	97,0	37,8	95,2	33,7
	1998	45,0	14,3	28,0	8,2	34,0	10,4	34,0	8,8	38,0	12,1	35,8	10,8
	1999	50,0	19,0	19,0	7,0	43,0	16,4	16,0	5,8	35,0	13,8	32,6	12,4
Średnia — Mean		64,7	27,1	47,7	13,1	54,0	16,1	49,7	17,2	56,7	21,2	54,5	18,9
Kokocko	1997	100,0	49,6	96,0	29,2	100,0	27,2	91,0	26,0	100,0	35,2	97,4	33,4
	1998	53,0	20,8	22,0	7,6	36,0	11,9	21,0	8,2	36,0	16,8	33,6	13,1
	1999	66,0	23,2	43,0	13,6	49,0	14,2	44,0	16,8	49,0	17,0	50,2	16,9
Średnia — Mean		73,0	31,2	53,7	16,8	61,7	17,8	52,0	17,0	61,7	23,0	60,4	21,1
Średnia — Mean	1997	99,3	52,3	97,0	28,4	95,0	30,2	96,3	32,0	99,0	38,1	97,3	36,2
	1998	50,3	15,6	24,0	6,8	35,3	10,5	25,3	7,1	36,7	12,4	34,3	10,5
	1999	52,7	21,0	23,0	7,5	33,3	11,1	30,0	9,5	37,3	13,3	35,2	12,5
Średnia — Mean		67,5	29,6	48,0	14,3	54,6	17,3	50,6	16,2	57,7	21,2	55,6	19,7

NIR — LSD (p = 0,05) dla — for: A — % roślin porażonych — percentage of infected plants B — % porażenia rośliny — percentage infection of a plant.

miejscowości — location	I	r.n.*	I	r.n
lat — year	II	5,3	II	2,9
obiekty — object	III	6,8	III	2,9
współdziałania — interaction	I x II	9,3	I x II	5,0
	I x III	r.n.	I x III	r.n.
	II x III	r.n.	II x III	5,1
	I x II x III	r.n	I x II x III	8,7

* — r.n. — Różnice nieistotne — Not significant differences

Tabela 3

Chwościk buraka (*C. beticola*) (1997–1999)
Cercospora leaf spot (*C. beticola*) (1997–1999)

Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation		Gorczyca biała White mustard				Rzodkiew oleista Oil radish				Średnia Mean	
				bez agregatu without aggregate		agregat aggregate		bez agregatu without aggregate		agregat aggregate			
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Minikowo	1997	77,0	21,6	37,0	8,2	46,0	10,6	38,0	9,0	41,0	10,2	47,8	11,9
	1998	61,0	13,6	36,0	7,4	45,0	10,0	54,0	11,4	57,0	12,6	50,6	11,0
	1999	65,0	16,0	27,0	5,6	25,0	6,4	19,0	3,8	43,0	9,0	35,8	8,2
Średnia — Mean		67,7	17,1	41,3	7,1	38,7	9,0	37,0	8,1	47,0	10,6	44,7	10,4
Lipie	1997	80,0	24,6	54,0	11,4	61,0	13,0	56,0	11,8	62,0	13,4	62,6	14,8
	1998	64,0	14,6	26,0	5,8	37,0	7,8	27,0	5,8	32,0	7,4	37,2	8,3
	1999	95,0	26,4	42,0	10,6	50,0	18,2	48,0	11,0	52,0	11,4	57,4	15,5
Średnia — Mean		79,7	21,9	40,7	9,3	49,3	13,0	43,7	9,5	48,7	10,7	52,4	12,9
Kokocko	1997	76,0	16,6	33,0	6,6	41,0	8,4	48,0	10,0	37,0	7,6	47,0	9,8
	1998	70,0	19,8	45,0	13,0	55,0	14,4	51,0	13,1	60,0	14,4	56,2	14,9
	1999	48,0	13,0	31,0	9,4	38,0	10,0	17,0	4,0	19,0	4,8	30,6	8,2
Średnia — Mean		64,7	16,5	36,3	9,7	44,7	10,9	38,7	9,0	38,7	8,9	44,6	11,0
Średnia — Mean	1997	77,7	20,9	41,3	8,7	49,3	10,7	47,3	10,3	46,7	10,4	52,4	12,2
	1998	65,0	16,0	35,7	8,7	45,7	10,7	44,0	10,1	49,7	11,5	48,0	11,4
	1999	69,3	18,5	33,3	8,5	37,7	11,5	28,0	6,3	38,0	8,4	41,3	10,6
Średnia — Mean		70,7	18,5	39,4	8,7	44,2	11,0	39,8	8,9	44,8	10,1	47,2	11,1
NIR — LSD (p = 0,05) dla — for: A — % roślin porażonych — percentage of infected plants B — % porażenia rośliny — percentage infection of a plant.													
		miejscowości — location		I		r.n.*				I		r.n	
		lat — year		II		5,8				II		r.n.	
		obiekty — object		III		5,3				III		1,9	
		współdziałania — interaction		I x II		10,0				I x II		2,6	
				I x III		r.n.				I x III		r.n.	
				II x III		r.n.				II x III		3,3	
				I x II x III		15,9				I x II x III		r.n.	

* — r.n. — Różnice nieistotne — Not significant differences

Tabela 4

Rdza buraka (*U. betae*) (1997–1999)
Beet rust (*U. betae*) (1997–1999)

Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation		Gorczyca biała White mustard				Rzodkiew oleista Oil radish				Średnia Mean	
				bez agregatu without aggregate		agregat aggregate		bez agregatu without aggregate		agregat aggregate			
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Minikowo	1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1998	21,0	4,8	15,0	3,6	20,0	4,6	2,0	0,4	9,0	2,6	13,4	3,2
	1999	1,0	0,2	1,0	0,2	1,0	0,2	1,0	0,2	0,0	0,0	0,8	0,2
Średnia — Mean		7,3	1,7	5,3	1,3	7,0	1,6	1,0	0,2	3,0	0,9	4,7	1,1
Lipie	1997	39,0	12,4	21,0	4,6	11,0	2,6	28,0	4,8	25,0	4,0	24,8	5,7
	1998	54,0	25,8	32,0	15,8	38,0	22,8	23,0	11,0	35,0	16,4	36,4	18,4
	1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Średnia — Mean		31,0	12,7	17,7	6,8	16,3	8,5	17,0	5,3	20,0	6,8	20,4	8,0
Kokocko	1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1998	27,0	8,4	14,0	2,8	21,0	5,2	22,0	4,8	24,0	6,6	21,6	5,6
	1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Średnia — Mean		9,0	2,8	4,7	0,9	7,0	1,7	7,3	1,6	8,0	2,2	7,2	1,8
Średnia — Mean	1997	13,0	4,1	7,0	1,5	3,7	0,9	9,3	1,6	8,3	1,3	8,3	1,9
	1998	34,0	13,0	20,3	7,4	26,3	10,9	15,6	5,4	22,6	8,5	23,8	9,0
	1999	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1
Średnia — Mean		15,8	5,7	9,2	3,0	10,1	3,9	8,4	2,4	10,3	3,3	10,8	3,7
NIR — LSD (p = 0,05) dla — for: A — % roślin porażonych — percentage of infected plants B — % porażenia rośliny — percentage infection of a plant.													
miejscowości — location				I	4,9				I				1,7
lat — year				II	4,3				II				1,6
obiektu — object				III	3,8				III				1,3
współdziałania — interaction				I x II	7,4				I x II				2,8
				I x III	r.n.*				I x III				2,3
				II x III	r.n.				II x III				2,3
				I x II x III	15,9				I x II x III				3,9

* — r.n. — Różnice nieistotne — Not significant differences

Tabela 5

Brunatna plamistość liści (*R. beticola*) (1997–1999)
Ramularia leaf spot (*R. beticola*) (1997–1999)

Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation		Gorczyca biała White mustard				Rzodkiew oleista Oil radish				Średnia Mean	
				bez agregatu without aggregate		agregat aggregate		bez agregatu without aggregate		agregat aggregate			
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Minikowo	1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1998	8,0	2,0	3,0	0,6	7,0	1,6	3,0	1,0	7,0	1,6	5,6	1,3
	1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Średnia — Mean		2,7	0,7	1,0	0,2	2,3	0,5	1,0	0,3	2,3	0,5	1,8	0,4
Lipie	1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1998	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Średnia — Mean		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kokocko	1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1998	80,0	44,0	57,0	25,0	71,0	31,4	66,0	22,0	67,0	27,8	68,2	30,0
	1999	12,0	2,6	4,0	0,8	6,0	1,2	2,0	0,4	3,0	0,6	5,4	1,1
Średnia — Mean		30,7	15,5	20,3	8,6	25,6	10,8	22,6	7,4	23,3	9,4	24,5	10,3
Średnia — Mean	1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1998	29,3	15,3	20,0	8,5	26,0	11,0	23,0	7,6	24,6	9,8	24,6	10,4
	1999	4,0	0,9	1,3	0,2	2,0	0,4	0,6	0,1	1,0	0,2	1,8	0,3
Średnia — Mean		11,1	5,4	7,1	2,9	9,3	3,8	7,8	2,5	8,5	3,3	8,8	3,5

NIR — LSD (p = 0,05) dla — for: A — % roślin porażonych — percentage of infected plants B — % porażenia rośliny — percentage infection of a plant.

miejsowości — location	I	3,6	I	2,6
lat — year	II	3,4	II	2,1
obiekty — object	III	2,1	III	1,5
współdziałania — interaction	I x II	5,9	I x II	3,7
	I x III	3,6	I x III	2,7
	II x III	3,6	II x III	2,7
	I x II x III	r.n *	I x II x III	4,6

* — r.n. — Różnice nieistotne — Not significant differences

Z chorób atakujących liście buraka w większym nasileniu występowały: mączniak prawdziwy, chwościk, rdza i brunatna plamistość liści. Międzyplony z gorczycy białej i rzodkwi oleistej przyczyniły się do istotnego ograniczenia porażenia liści buraka przez wymienione choroby w porównaniu do obiektu z uprawą tradycyjną (tab. 2–5).

Na obiektach z zastosowaniem agregatu uprawowego zaznaczyła się tendencja do większego porażenia liści buraka przez: *E. betae*, *C. beticola*, *U. betae* i *R. beticola*. Lepszą zdrowotność buraka uprawianego na mulczu z gorczycy białej i rzodkwi oleistej zanotowali również we wcześniejszych badaniach Banaszak i wsp. (1998) oraz Szymczak-Nowak i wsp. (1997, 1998). Największe nasilenie występowania mączniaka prawdziwego i chwościka buraka wystąpiło w roku 1997, a w przypadku rdzy i brunatnej plamistości liści w 1998 roku. Na madzie w Kokocku obserwowano największe porażenie zgorzelą siewek i brunatną plamistością liści, a w Lipiu na czarnoziemiu leśno-łąkowym — rdzą buraka.

Analiza statystyczna wyników doświadczeń przeprowadzonych w latach 1997–1999 wykazała w większości przypadków istotne zróżnicowanie w porażeniu roślin przez zgorzel siewek oraz choroby występujące na liściach dla: miejscowości, lat, obiektu uprawowego oraz dla współdziałania między tymi czynnikami (tab. 1–5).

WNIOSKI

1. Gorczyca biała i rzodkiew oleista zastosowane jako mulcz w uprawie buraka cukrowego wpłynęły istotnie na zmniejszenie porażenia roślin przez zgorzel siewek, mączniak prawdziwy, chwościk, rdzę i brunatną plamistość liści.
2. W warunkach prowadzonych badań, niezależnie od obiektu uprawowego i lat, największe nasilenie występowania zgorzeli siewek i brunatnej plamistości liści stwierdzono na madzie, a w przypadku rdzy - na czarnoziemiu leśno-łąkowym.
3. Niezależnie od miejscowości i badanych obiektów uprawowych, największe porażenie buraka mączniakiem prawdziwym i chwościkiem zanotowano w 1997 roku, a rdzą i brunatną plamistością liści — w 1998 roku.

LITERATURA

- Banaszak H., Nowakowski M., Szymczak-Nowak J., Ojczyk K. 1998. Limiting of *Heterodera schachtii* Schm., diseases and weeds of sugar beet by tillage system based on mustard or radish intercrops and mulches. *Journal of Plant Protection Research* 38, 1: 70 — 80.
- Nowakowski M., Szymczak-Nowak J., Kostka-Gościński D., Gutmański J. 2002. Systemy uprawy buraka cukrowego na różnych glebach. Część I. Wybrane właściwości fizyczne gleby. *Biul. IHAR* 222: 309 — 316.
- Smolińska U. 1996. Działanie izjotocyjanianów na *Fusarium oxysporum* Slecht. *Mat. z Sympozjum PTFit. „Nowe kierunki w fitopatologii”*, Kraków 11–13 września 1996: 349 — 352.
- Szymczak-Nowak J., Nowakowski M., Kostka-Gościński D. 1997. Wpływ uprawy rzodkwi oleistej, gorczycy białej i facelii błękitnej na zdrowotność buraka cukrowego. *Rośliny Oleiste*, T.XVIII: 297 — 303.
- Szymczak-Nowak J., Wąsacz E., Sitarski A., Kostka-Gościński D., Nowakowski M., Gutmański J., Dąbrowski W., Banaszak H., Redo L., Ojczyk K. 1998. Wpływ uprawy buraka cukrowego na mulczu z gorczycy białej i rzodkwi oleistej na jego zdrowotność i plon. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 38 (2): 433 — 436.

JADWIGA SZYMCZAK-NOWAK ¹
DAMRAWA KOSTKA-GOŚCINIAK ²
MIROSLAW NOWAKOWSKI ²
IZYDOR GUTMAŃSKI ²

¹Zakład Chorób i Szkodników

²Zakład Technologii Produkcji Roślin Korzeniowych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Bydgoszcz

Systemy uprawy buraka cukrowego na różnych glebach* Część V. Stan zachwaszczenia plantacji

Systems of sugar beet cultivation on different soils Part V. Weed infestation of plantations

W latach 1996–1999, w trzech różnych miejscowościach: na glebie płowej właściwej (Minikowo), czarnoziemie leśno-łąkowym (Lipie) i madzie nadwiślańskiej (Kokocko) (woj. kujawsko-pomorskie) badano wpływ uprawy buraka cukrowego z siewu w mulcz z gorczycy białej i rzodkwi oleistej na stan zachwaszczenia plantacji w porównaniu do uprawy tradycyjnej. Zastosowanie gorczycy białej i rzodkwi oleistej w międzyplonie ścierniskowym przyczyniło się do istotnego zmniejszenia liczby chwastów dwu- i jednoliściennych na plantacjach buraka cukrowego uprawianego w trzech różnych miejscowościach. Największe ograniczenie liczby chwastów dwuliściennych stwierdzono na glebie płowej właściwej oraz w latach 1997 i 1999, a jednoliściennych — na madzie i w roku 1998. Przedsiewne wymieszanie mulczu z glebą zmniejszyło liczebność chwastów dwu- i jednoliściennych na wszystkich stanowiskach.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, chwasty, międzyplon, mulcz, typ gleby

In 1996–1999, the evaluation of weed infestation on plantation of sugar beet cultivated with traditional method and on mulch from white mustard or from oil radish was performed. The field experiments were carried out at three locations of the kujawsko-pomorskie voivodship: Minikowo — on grey podsolic soil, Lipie — on chernozem soil and Kokocko — on alluvial soil. Catch crops from white mustard and oil radish caused reduction of mono- and dicotyledonous weeds number on plantations of sugar beet cultivated on different soils. The highest reduction of dicotyledonous weeds was on grey-podsolic soil in 1997 and in 1999, whereas monocotyledonous weeds on alluvial soil in 1998. Mulch mixed with soil before beet sowing caused decrease of the amount of di- and monocotyledonous weeds at all locations.

* Pracę wykonano w ramach projektu badawczego Nr 5PO 6BO 2511 finansowanego przez KBN

Key words: catch crop, mulch, soil type, sugar beet, weeds

WSTĘP

Przy uprawie buraka cukrowego z siewu w mulcz, w międzyplonie wysiewa się rośliny o szybkim wzroście, dobrze zakrywające glebę i nie wytwarzające zdrewniałej masy nadziemnej. Najczęściej są to gorczyca biała (*Sinapis alba* L. ssp. *alba*) i rzodkiew oleista (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.). Gorczyca biała zawiera glukozynolany. Związki te są aktywne biologicznie i działają allelopatycznie w środowisku roślin (Krzymański, 1995).

Celem badań była ocena stanu zachwaszczenia plantacji buraka cukrowego w warunkach stosowania siewu w mulcz międzyplonu ścierniskowego z roślin krzyżowych lub w mulcz płytko wymieszany z glebą przy użyciu agregatu uprawowego w różnych miejscowościach.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 1996–1999, w trzech różnych miejscowościach: na glebie płowej właściwej — w Minikowie, na czarnoziemie leśno-łąkowym — w Lipiu i na madzie nadwiślańskiej — w Kokocku (woj. kujawsko-pomorskie), w warunkach opisanych przez Nowakowskiego i wsp. (I część publikacji).

Pierwszy czynnik doświadczalny stanowiły trzy miejscowości:

- Minikowo,
- Lipie,
- Kokocko.

Drugim czynnikiem doświadczalnym były lata badań, a trzecim - następujące systemy uprawy buraka cukrowego:

- uprawa tradycyjna,
- siew buraka w mulcz z gorzycy białej,
- siew buraka w mulcz z rzodkwi oleistej,
- siew buraka w mulcz z gorzycy białej wymieszany z glebą,
- siew buraka w mulcz z rzodkwi oleistej wymieszany z glebą.

Po zbiorze przedplonu (pszenica ozima), w pierwszej połowie września wysiewano nasiona antymutawikowych odmian gorzycy białej Salvo (20 kg/ha) i rzodkwi oleistej Resal (25 kg/ha) i pozostawiono je na polu przez zimę jako mulcz.

Nasiona buraka cukrowego wysiewano w kwietniu, w odstępach co 18 cm, przy 45 cm rozstawie rzędów, siewnikiem punktowym, wyposażonym w specjalne kroje tarczowe.

Wiosną przed zastosowaniem herbicydów, przeprowadzono ocenę stanu zachwaszczenia plantacji metodą ramkową licząc poszczególne gatunki chwastów na 1 m² powierzchni, w 4 powtórzeniach dla każdego obiektu. Na obiektach z gorzycą białą i rzodkwią oleistą obliczono procentowy ubytek chwastów w stosunku do kontroli.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej dla doświadczeń trójczynnikowych (miejscowość x lata x obiekt uprawowy) podając najmniejsze istotne różnice (NIR) dla poziomu ufności $p = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Dominujące gatunki chwastów dwu- i jednoliściennych występujące na poszczególnych obiektach w okresie wiosennym — przed zastosowaniem herbicydów — podano w tabelach 1–1 b. We wszystkich miejscowościach, dominującymi gatunkami chwastów dwuliściennych były: komosa biała, gwiazdnica pospolita, przytulia czepna, fiołek polny. Z gatunków jednoliściennych dominowała chwastnica jednostronna, sporadycznie występował perz właściwy.

Tabela 1

Dominujące gatunki chwastów na wariantach uprawy buraka cukrowego (1997–1999)
Dominant of weed species in relation to sugar beet cultivation technology (1997–1999)

Międzyplon Catch crop	Uprawa przedsiewna Pre-sowing cultivation	Chwasty Weeds	
		dwuliścienne dicotyledonous	jednoliścienne monocotyledonous
Minikowo			
Uprawa tradycyjna Traditional cultivation		komosa biała <i>Chenopodium album</i> fiołek polny <i>Viola arvensis</i> przytulia czepna <i>Galium aparine</i> rumian polny <i>Anthemis arvensis</i> gwiazdnica pospolita <i>Stellaria media</i> tobołki polne <i>Thlaspi arvense</i> jasnota różowa <i>Lamium amplexicaule</i>	chwastnica jednostronna <i>Echinochloa crus-galli</i> perz właściwy <i>Agropyron repens</i>
	bez agregatu without aggregate	fiołek polny <i>Viola arvensis</i> komosa biała <i>Chenopodium album</i> przytulia czepna <i>Galium aparine</i> jasnota różowa <i>Lamium amplexicaule</i> rumian polny <i>Anthemis arvensis</i> gwiazdnica pospolita <i>Stellaria media</i>	chwastnica jednostronna <i>Echinochloa crus-galli</i> perz właściwy <i>Agropyron repens</i>
Gorczyca biała White mustard	agregat aggregate	komosa biała <i>Chenopodium album</i> fiołek polny <i>Viola arvensis</i>	chwastnica jednostronna <i>Echinochloa crus-galli</i> perz właściwy <i>Agropyron repens</i>
	bez agregatu without aggregate	fiołek polny <i>Viola arvensis</i> komosa biała <i>Chenopodium album</i> przytulia czepna <i>Galium aparine</i> przetacznik polny <i>Veronica arvensis</i> jasnota różowa <i>Lamium amplexicaule</i> rumian polny <i>Anthemis arvensis</i>	chwastnica jednostronna <i>Echinochloa crus-galli</i> perz właściwy <i>Agropyron repens</i>
Rzodkiew oleista Oil radish	agregat aggregate	komosa biała <i>Chenopodium album</i> przytulia czepna <i>Galium aparine</i> fiołek polny <i>Viola arvensis</i> przetacznik polny <i>Veronica arvensis</i> rumian polny <i>Anthemis arvensis</i>	chwastnica jednostronna <i>Echinochloa crus-galli</i> perz właściwy <i>Agropyron repens</i>

Tabela 1 a

Dominujące gatunki chwastów na wariantach uprawy buraka cukrowego (1997–1999)
Dominant of weed species in relation to sugar beet cultivation technology (1997–1999)

Międzyplon Catch crop	Uprawa przedsiewna Pre-sowing tillage	Chwasty Weeds	
		Dwuliścienne dicotyledonous	jednoliścienne monocotyledonous
Lipie			
Uprawa tradycyjna Traditional cultivation		przytulia czepna <i>Galium aparine</i> komosa biała <i>Chenopodium album</i> rdest powojowy <i>Polygonum convolvulus</i> gwiazdnica pospolita <i>Stellaria media</i> tobółki polne <i>Thlaspi arvense</i> przetacznik polny <i>Veronica arvensis</i> wilczomlecz obrotny <i>Euphorbia helioscopia</i>	chwastnica jednostronna <i>Echinochloa crus-galli</i>
Gorczyca biała White mustard	bez agregatu without aggregate	komosa biała <i>Chenopodium album</i> rdest powojowy <i>Polygonum convolvulus</i>	chwastnica jednostronna <i>Echinochloa crus-galli</i>
	agregat aggregate	komosa biała <i>Chenopodium album</i>	chwastnica jednostronna <i>Echinochloa crus-galli</i>
Rzodkiew oleista Oil radish	bez agregatu without aggregate	komosa biała <i>Chenopodium album</i> przetacznik polny <i>Veronica arvensis</i> tobółki polne <i>Thlaspi arvense</i> przytulia czepna <i>Galium aparine</i> tasznik pospolity <i>Capsella bursa-pastoris</i> gwiazdnica pospolita <i>Stellaria media</i> wilczomlecz obrotny <i>Euphorbia helioscopia</i>	chwastnica jednostronna <i>Echinochloa crus-galli</i>
	agregat aggregate	komosa biała <i>Chenopodium album</i> tasznik pospolity <i>Capsella bursa-pastoris</i> wilczomlecz obrotny <i>Euphorbia helioscopia</i>	chwastnica jednostronna <i>Echinochloa crus-galli</i>

Tabela 1 b

Dominujące gatunki chwastów na wariantach uprawy buraka cukrowego (1997–1999)
Dominant of weed species in relation to sugar beet cultivation technology (1997–1999)

Międzyplon Catch crop	Uprawa przedsiewna Pre-sowing tillage	Chwasty Weeds	
		dwuliścienne dicotyledonous	jednoliścienne monocotyledonous
1	2	3	4
Kokocko			
Uprawa tradycyjna Traditional cultivation		komosa biała <i>Chenopodium album</i> rumian polny <i>Anthemis arvensis</i> gwiazdnica pospolita <i>Stellaria media</i> fiołek polny <i>Viola arvensis</i> przytulia czepna <i>Galium aparine</i>	chwastnica jednostronna <i>Echinochloa crus-galli</i>
Gorczyca biała White mustard	bez agregatu without aggregate	rumian polny <i>Anthemis arvensis</i> fiołek polny <i>Viola arvensis</i> komosa biała <i>Chenopodium album</i> niezapominajka polna <i>Myosotis arvensis</i>	chwastnica jednostronna <i>Echinochloa crus-galli</i>
	agregat aggregate	komosa biała <i>Chenopodium album</i> rumian polny <i>Anthemis arvensis</i> gwiazdnica pospolita <i>Stellaria media</i> fiołek polny <i>Viola arvensis</i>	chwastnica jednostronna <i>Echinochloa crus-galli</i>

1	2	3	4
Rzodkiew oleista Oil radish	bez agregatu without aggregate	rumian polny <i>Anthemis arvensis</i> fiołek polny <i>Viola arvensis</i> niezapominajka polna <i>Myosotis arvensis</i> komosa biała <i>Chenopodium album</i> gwiazdnica pospolita <i>Stellaria media</i> jasnota różowa <i>Lamium amplexicaule</i> chaber bławatek <i>Centaurea cyanus</i>	chwastnica jednostronna <i>Echinochloa crus-galli</i>
	agregat aggregate	rumian polny <i>Anthemis arvensis</i> chaber bławatek <i>Centaurea cyanus</i> fiołek polny <i>Viola arvensis</i> gwiazdnica pospolita <i>Stellaria media</i>	chwastnica jednostronna <i>Echinochloa crus-galli</i>

Średnia liczba chwastów dwuliściennych na obiekcie z uprawą tradycyjną wahała się w granicach od 91,8 (Lipie) do 93,6 szt./m² (Kokocko), jednoliściennych od 4,9 (Lipie) do 52,0 szt./m² (Kokocko). We wszystkich miejscowościach zastosowane międzyplony wpłynęły istotnie na zmniejszenie liczby chwastów dwuliściennych (45,2–57,5%) i jednoliściennych (41,1–49,0%) w stosunku do obiektu z uprawą tradycyjną. Na mulczu z gorczycą białą i rzodkwią oleistą ubytek chwastów dwuliściennych był podobny. Spośród zastosowanych roślin międzyplonowych gorczyca biała bardziej ograniczała liczebność chwastów jednoliściennych (chwastnicy jednostronnej) niż rzodkiew oleista (tab. 2–3). Największe ograniczenie liczby chwastów dwuliściennych stwierdzono na glebie płowej właściwej oraz w latach 1997 i 1999, a jednoliściennych na madzie i w roku 1998. W badaniach Gutmańskiego i Pikulika (1992) uprawiana w międzyplonie gorczyca biała wpłynęła na ograniczenie liczby chwastów dwuliściennych na plantacji buraka cukrowego. O korzystnym oddziaływaniu międzyplonu z gorczycy białej w mieszance z facelią błękitną i rzepakiem ozimym na ograniczenie liczby chwastów dwu- i jednoliściennych donoszą również Pawłowski i Deryło (1991). Znaczny ubytek chwastów dwu- i jednoliściennych na plantacjach buraka uprawianego z siewu w mulcz z gorczycy białej i rzodkwi oleistej stwierdzili w swoich badaniach Banaszak i wsp. (1997, 1998). Zastosowanie agregatu uprawowego przed siewem buraka przyczyniło się do zmniejszenia liczby chwastów dwuliściennych średnio o 20,2% i jednoliściennych o 41,7% (tab. 2 i 3).

WNIOSKI

1. Zastosowanie gorczycy białej i rzodkwi oleistej w międzyplonie ścierniskowym przyczyniło się do istotnego zmniejszenia liczby chwastów dwu- i jednoliściennych na plantacjach buraka cukrowego uprawianego na glebie płowej właściwej (Minikowo), czarnoziemie leśno-łukowym (Lipie) i madzie nadwiślanej (Kokocko).
2. Na obiektach z mulczem, największe ograniczenie liczby chwastów dwuliściennych stwierdzono na glebie płowej właściwej oraz niezależnie od pozostałych czynników doświadczalnych w latach 1997 i 1999, a chwastów jednoliściennych - na madzie i w roku 1998 w porównaniu do uprawy tradycyjnej.
3. Przewidywane wymieszanie mulczu z glebą zmniejszyło liczebność chwastów dwu- i jednoliściennych.

Tabela 2

Stan zachwaszczenia plantacji buraka cukrowego — chwasty dwuliścienne (1997–1999)

Weedy state of sugar beet plantations — dicotyledonous weeds (1997–1999)

Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation	Gorczyca biała White mustard				Rzodkiew oleista Oil radish				Średnia Mean	
			bez agregatu without aggregate		agregat aggregate		bez agregatu without aggregate		agregat aggregate			
			szt. m ⁻² no. m ⁻²	szt. m ⁻² no. m ⁻²	A	szt. m ⁻² no. m ⁻²	A	szt. m ⁻² no. m ⁻²	A	szt. m ⁻² no. m ⁻²	A	szt. m ⁻² no. m ⁻²
Minikowo	1997	85,0	24,5	-71,2	14,5	-82,9	28,4	-66,6	19,8	-76,7	34,4	-74,3
	1998	49,0	33,7	-31,2	23,3	-52,4	38,3	-21,8	28,3	-42,2	34,5	-36,9
	1999	144,0	82,0	-43,1	64,0	-55,6	70,5	-51,0	46,0	-68,1	81,3	-54,5
Średnia — Mean		92,7	46,7	-49,6	33,9	-63,4	45,7	-50,7	31,4	-66,1	50,1	-57,5
Lipie	1997	159,5	99,5	-37,6	108,5	-32,0	38,5	-75,9	86,0	-46,1	98,4	-47,9
	1998	63,5	39,0	-38,6	34,0	-46,5	51,3	-19,2	45,5	-28,3	46,7	-33,1
	1999	52,5	30,0	-42,9	8,5	-83,8	26,0	-50,5	13,5	-74,3	26,1	-62,9
Średnia — Mean		91,8	56,2	-38,8	50,3	-45,2	38,6	-57,9	48,3	-47,4	57,1	-47,4
Kokocko	1997	34,5	19,5	-43,5	19,5	-43,5	20,0	-42,0	15,5	-55,1	21,8	-46,0
	1998	159,7	109,0	-31,7	79,7	-50,1	120,3	-24,7	72,0	-54,9	108,1	-40,3
	1999	86,7	29,7	-65,7	28,0	-67,7	67,6	-22,0	34,3	-60,4	49,3	-54,0
Średnia — Mean		93,6	52,7	-43,7	42,4	-54,7	69,3	-26,0	40,6	-56,6	59,7	-45,2
Średnia Mean	1997	93,0	47,8	-48,6	47,5	-48,9	29,0	-68,8	40,4	-56,6	51,5	-55,7
	1998	90,7	60,6	-33,2	45,8	-49,5	70,0	-22,8	48,6	-46,4	63,1	-37,9
	1999	94,4	47,2	-50,0	33,5	-64,5	54,7	-42,1	31,3	-66,8	52,2	-55,8
Średnia — Mean		92,7	51,9	-44,0	42,2	-54,5	51,2	-44,8	40,1	-56,7	55,6	-50,1

A — ubytek liczby chwastów w stosunku do kontroli = 100% — reduction of weeds number in comparison with control = 100%

NIR — LSD (p = 0,05) dla — for: miejscowości — location I 1,3 szt. m⁻² — no. m⁻²
lat — year II 1,5 szt. m⁻² — no. m⁻²
obiekty — object III 1,4 szt. m⁻² — no. m⁻²
współdziałania — interaction I x II 2,7 szt. m⁻² — no. m⁻²
I x III 2,4 szt. m⁻² — no. m⁻²
II x III 2,4 szt. m⁻² — no. m⁻²
I x II x III 4,2 szt. m⁻² — no. m⁻²

Tabela 3

Stan zachwaszczenia plantacji buraka cukrowego — chwasty jednoliścienne (1997–1999)
Weedy state of sugar beet plantations — monocotyledonous weeds (1997–1999)

Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation	Gorczyca biała White mustard				Rzodkiew oleista Oil radish				Średnia Mean	
			bez agregatu without aggregate		agregat aggregate		bez agregatu without aggregate		agregat aggregate			
			szt.· m ⁻² no.· m ⁻²	szt.· m ⁻² no.· m ⁻²	A	szt.· m ⁻² no.· m ⁻²	A	szt.· m ⁻² no.· m ⁻²	A	szt.· m ⁻² no.· m ⁻²	A	szt.· m ⁻² no.· m ⁻²
Minikowo	1997	30,0	12,0	-60,0	9,2	-69,3	18,0	-40,0	14,7	-51,0	16,8	-55,1
	1998	31,7	17,0	-46,4	10,3	-65,7	28,0	-11,7	14,7	-53,6	20,3	-44,3
	1999	14,0	8,0	-42,9	6,0	-57,1	11,5	-38,0	7,5	-46,4	9,4	-46,1
Średnia — Mean		25,2	12,3	-51,2	8,5	-66,3	19,2	-23,8	12,3	-51,2	15,5	-48,0
Lipie	1997	2,3	1,5	-34,8	1,1	-52,2	1,6	-30,4	1,4	-39,1	1,6	-39,1
	1998	8,3	5,5	-33,7	3,0	-63,8	7,0	-15,7	5,3	-36,1	5,8	-37,3
	1999	4,0	0,0	-100,0	0,0	-100,0	2,5	-37,5	1,5	-62,5	1,6	-75,0
Średnia — Mean		4,9	2,3	-53,1	1,4	-71,4	3,7	-24,5	2,7	-44,9	3,0	-49,0
Kokocko	1997	32,7	28,3	-13,5	21,3	-34,9	21,3	-34,9	19,3	-41,0	24,6	-31,1
	1998	102,7	71,8	-30,1	41,3	-59,8	81,3	-20,8	19,3	-81,2	63,3	-8,0
	1999	20,5	12,0	-41,5	10,5	-48,8	16,0	-22,0	13,5	-34,1	14,5	-36,6
Średnia — Mean		52,0	37,4	-28,1	24,4	-53,1	39,5	-24,0	17,4	-66,5	34,1	-41,1
Średnia — Mean	1997	21,7	13,9	-35,9	10,5	-51,2	13,6	-37,3	11,8	-45,6	14,3	-42,4
	1998	47,6	31,4	-34,0	18,2	-61,8	38,8	-18,5	13,1	-72,5	29,8	-44,3
	1999	12,8	6,7	-47,7	5,5	-57,0	10,0	-21,9	7,5	-41,4	8,5	-42,2
Średnia — Mean		27,3	17,3	-36,6	11,4	-57,1	20,8	-23,8	10,8	-60,4	17,5	-44,7

A — ubytek liczby chwastów w stosunku do kontroli = 100% — reduction of weeds number in comparison with control = 100%

NIR — LSD (p = 0,05) dla — for: miejscowości — location I 0,2 szt. m⁻² — no. m⁻²
 lat — year II 0,4 szt. m⁻² — no. m⁻²
 obiektu — object III 0,4 szt. m⁻² — no. m⁻²
 współdziałania — interaction I x II 0,7 szt. m⁻² — no. m⁻²
 I x III 0,8 szt. m⁻² — no. m⁻²
 II x III 0,8 szt. m⁻² — no. m⁻²
 I x II x III 1,3 szt. m⁻² — no. m⁻²

LITERATURA

- Banaszak H., Nowakowski M., Szymczak-Nowak J., Ojczyk K. 1998. Limiting of *Heterodera schachtii* Schm., diseases and weeds of sugar beet by tillage system based on mustard or radish intercrops and mulches. J. Plant Protection Res. 38, 1: 70 —80.
- Banaszak H., Praczyk T., Adamczewski K. 1997. Integrated weed control by mustard mulch and small rate of herbicides in sugar beet. 10th EWRS (European Weed Research Society) Sympozjum, Poznań: 100.
- Gutmański I., Pikulik R. 1992. Przydatność facelii i roślin krzyżowych jako poplonu ścierniskowego w uprawie buraka cukrowego. Mat. Konf. Nauk. „Nawozy organiczne”, AR Szczecin, 1: 229 —236.
- Krzymański J. 1995. Biosynteza i fizjologiczne funkcje glukozynolanów w roślinie. Rośliny Oleiste. XVI (1): 113 —126.
- Nowakowski M., Szymczak-Nowak J., Kostka-Gościński D., Gutmański J. 2002. Systemy uprawy buraka cukrowego na różnych glebach. Część I. Wybrane właściwości fizyczne gleby. Biul. IHAR 222: 309 —316.
- Pawłowski F., Deryło S. 1991. Wpływ poplonów ścierniskowych na plonowanie buraka cukrowego w zmianowaniu o różnym udziale zbóż. Biul. IHAR 178: 113 —119.

JADWIGA SZYMCZAK-NOWAK ¹
DAMRAWA KOSTKA-GOŚCINIAK ²
MIROSLAW NOWAKOWSKI ²
IZYDOR GUTMAŃSKI ²

¹Zakład Chorób i Szkodników

²Zakład Technologii Produkcji Roślin Korzeniowych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Bydgoszcz

Systemy uprawy buraka cukrowego na różnych glebach *

Część VI. Wybrane pomiary biometryczne

Systems of sugar beet cultivation on different soils Part VI. Selected biometrical measurements

W latach 1996–1999, w trzech różnych miejscowościach na: glebie płowej właściwej (Minikowo), czarnoziemie leśno-łąkowym (Lipie) i madzie nadwiślańskiej (Kokocko) (woj. kujawsko-pomorskie) wykonano pomiary biometryczne buraka cukrowego uprawianego z siewu w mulcz międzyplonu ścierniskowego z roślin krzyżowych lub w mulcz płytko wymieszany z glebą przy użyciu agregatu uprawowego. Miejscowości, lata badań i zastosowane międzyplony wpłynęły na strukturę rozmieszczenia buraka w rzędzie oraz wystawianie korzeni nad powierzchnią gleby. Na obiektach z międzyplonami ścierniskowymi zwiększyła się odległość między burakami w rzędzie oraz liczba przepustów w stosunku do obiektu z uprawą tradycyjną. Mulcz z gorczycy białej i rzodkwi oleistej płytko wymieszany z glebą oraz międzyplon z rzodkwi oleistej zastosowany jako mulcz przyczyniły się istotnie do zwiększenia wystawiania korzeni nad powierzchnią roli.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, międzyplon, mulcz, przepusty, typ gleby, wystawianie korzeni

In 1996–1999, biometrical measurements of sugar beet cultivated with traditional method and on mulch from white mustard or from oil radish were taken. Experiments were carried out at three locations of the kujawsko-pomorskie voivodship: Minikowo — on grey podsolic soil, Lipie — on chernozem soil and Kokocko — on alluvial soil. Location, years of experiments and catch crops influenced plant-to-plant distance in row and roots crown height. Cultivation of technology with catch crops increased distance between beets in row and number gaps within the row in comparison to traditional method of cultivation. Catch crop from white mustard and oil radish shallowly mixed with soil and catch crops from white oil radish as a mulch caused on the significant increase of roots crown height.

Key words: catch crop, gaps, mulch, roots crown height, soil type, sugar beet

* Pracę wykonano w ramach projektu badawczego Nr 5PO 6BO 2511 finansowanego przez KBN

WSTĘP

W gospodarstwach nastawionych na produkcję roślin korzeniowych występujące braki substancji organicznej w glebie można uzupełnić przyorując zieloną masę roślin wysiewanych w międzyplonie ścierniskowym. Najczęściej tymi roślinami są gorczyca biała i rzodkiew oleista, które charakteryzują się szybkim wzrostem i dobrym zakrywaniem gleby. Pozostawienie tych roślin na polu aż do wiosny wpływa na poprawę struktury i wilgotności gleby (Richard i in., 1995).

Celem badań była ocena wybranych parametrów biometrycznych buraka cukrowego w warunkach stosowania siewu w mulcz międzyplonu ścierniskowego z roślin krzyżowych lub w mulcz płytko wymieszany z glebą przy użyciu agregatu uprawowego na różnych glebach.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 1996–1999, na trzech różnych stanowiskach: na glebie płowej właściwej — w Minikowie, na czarnoziemie leśno-łąkowym — w Lipiu i na madzie nadwiślańskiej — w Kokocku (woj. kujawsko-pomorskie), w warunkach opisanych przez Nowakowskiego i wsp. (I część publikacji).

Pierwszy czynnik doświadczalny stanowiły trzy miejscowości:

- Minikowo,
- Lipie,
- Kokocko.

Drugim czynnikiem doświadczalnym były lata badań, a trzecim — następujące systemy uprawy buraka cukrowego:

- uprawa tradycyjna,
- siew buraka w mulcz z gorzycy białej,
- siew buraka w mulcz z rzodkwi oleistej,
- siew buraka w mulcz z gorzycy białej wymieszany z glebą,
- siew buraka w mulcz z rzodkwi oleistej wymieszany z glebą.

Nasiona buraka cukrowego odmiany: Polko (Minikowo, Kokocko), Maria (Minikowo) i Evita (Lipie) wysiewano w kwietniu, w odstępach co 18 cm, przy użyciu siewnika punktowego, wyposażonego w specjalne kroje tarczowe.

Przed zbiorem buraka określono rozmieszczenie roślin w rzędzie i wystawanie korzeni nad powierzchnią gleby. Obliczono procentowy udział przepustów, czyli odległości między roślinami powyżej 50 cm. Pomiary wykonano na poletkach o powierzchni 27 m², w czterech powtórzeniach.

Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji dla doświadczeń trójczynnikowych (miejscowość x lata x obiekt uprawowy) podając najmniejsze istotne różnice (NIR) dla poziomu ufności $p = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Miejscowości, międzyplony ścierniskowe (gorczyca biała i rzodkiew oleista) oraz lata badań wpłynęły na średnią odległość między burakami w rzędzie i wystawanie korzeni nad powierzchnią gleby (tab. 1 i 3).

Tabela 1

Odległość między korzeniami buraka cukrowego w rzędzie (cm) (1997–1999)
Distance between sugar beet roots within the row (cm) (1997–1999)

Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation	Gorczyca biała White mustard		Rzodkiew oleista Oil radish		Średnia Mean
			bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	
Minikowo	1997	26,0	28,3	47,5	41,2	44,3	37,5
	1998	28,5	29,2	32,4	28,7	31,1	30,0
	1999	25,0	35,8	35,0	43,6	34,7	34,8
Średnia — Mean		26,5	31,1	38,3	37,8	36,7	34,1
Lipie	1997	28,0	34,0	30,7	32,0	33,3	31,6
	1998	23,0	31,2	31,1	28,1	27,2	28,1
	1999	31,1	26,6	32,2	25,9	28,1	28,8
Średnia — Mean		27,4	30,6	31,3	28,7	29,5	29,5
Kokocko	1997	25,4	35,5	24,8	29,9	33,0	29,7
	1998	23,4	23,5	20,5	22,4	21,5	22,3
	1999	19,7	23,8	21,1	19,3	21,8	21,1
Średnia — Mean		22,8	27,6	22,1	23,9	25,4	24,4
Średnia — Mean	1997	26,5	32,6	34,3	34,4	36,9	32,9
	1998	25,0	28,0	28,0	26,4	26,6	26,8
	1999	25,3	28,7	29,4	29,6	28,2	28,2
Średnia — Mean		25,6	29,8	30,6	30,1	30,6	29,3
NIR — LSD (p = 0,05) dla — for: miejscowości — location			I		2,0		
lat — year			II		1,2		
objektu — object			III		1,5		
współdziałania — interaction			I x II		2,1		
			I x III		2,6		
			II x III		2,6		
			I x II x III		4,6		

Na obiektach z mulczem, jak i z mulczem wymieszanym agregatem uprawowym, średnia odległości między burakami w rzędzie oraz udział roślin rosnących w odstępach niepożądanych — powyżej 50 cm (przepusty) były większe w stosunku do obiektu z uprawą tradycyjną. Zmniejszyło się tym samym wykorzystanie potencjału plonotwórczego buraków. Wymieszanie mulczu z glebą przy pomocy agregatu uprawowego nie miało wpływu na procentowy udział przepustów w porównaniu do obiektu z mulczem. Największą średnią odległość między korzeniami w rzędzie (34,1 cm) i najwyższy procentowy udział przepustów (13,9%) stwierdzono na glebie płowej właściwej w Minikowie oraz w roku 1997 (odpowiednio 32,9 cm i 13,2%) (tab. 1 i 2). Według Żołnierczyka (1991) odległości między burakami w rzędzie powinny wynosić 18–30 cm. Buraki rosnące w takich odległościach są wyrównane pod względem masy korzenia i wystawania nad powierzchnią gleby i nadają się do zmechanizowanego zbioru. Orlikowski (1991) podaje, że dla poprawnej pracy zespołów ogławiających odległość między

burakami w rzędzie nie powinna być mniejsza niż 15–22 cm. Gutmański (1991) stwierdza, że przepusty ujemnie wpływają na wielkość korzeni i jakość przetwórczą plonu.

Tabela 2

Niewykorzystanie rzędu przez buraki cukrowe (przepusty — %) (1997–1999)

Gaps within the row (%) (1997–1999)

Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation	Gorzyczka biała White mustard		Rzodkiew oleista Oil radish		Średnia Mean
			bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	
Minikowo	1997	3,2	20,7	30,1	28,2	28,3	22,1
	1998	8,1	6,5	9,7	7,1	9,7	8,2
	1999	1,8	12,0	11,6	18,9	11,7	11,2
Średnia — Mean		4,4	13,1	17,1	18,1	16,6	13,9
Lipie	1997	7,3	12,2	9,3	10,2	12,3	10,3
	1998	1,2	8,5	4,6	4,9	5,2	4,9
	1999	8,0	3,3	9,0	4,0	5,6	6,0
Średnia — Mean		5,5	8,0	7,6	6,4	7,7	7,0
Kokocko	1997	6,4	3,2	4,4	9,4	12,6	7,2
	1998	3,8	5,7	1,0	2,2	2,4	3,0
	1999	0,0	0,1	3,2	0,8	2,5	1,3
Średnia — Mean		3,4	3,0	2,9	4,1	5,8	3,8
Średnia — Mean	1997	5,6	12,0	14,6	15,9	17,7	13,2
	1998	4,4	6,9	5,1	4,7	5,8	5,4
	1999	3,3	5,1	7,9	7,9	6,6	6,2
Średnia — Mean		4,4	8,0	9,2	9,5	10,0	8,3
NIR — LSD (p = 0,05) dla — for: miejscowości — location			I		1,8		
lat — year			II		1,7		
obiektu — object			III		1,8		
współdziałania — interaction			I x II		2,9		
			I x III		3,1		
			II x III		3,1		
			I x II x III		5,3		

Ważną cechą biometryczną dla zmechanizowanego zbioru buraka jest również wystawanie korzeni nad powierzchnią gleby, zależne w dużej mierze od wschodów i końcowej obsady roślin. Międzyplon z rzodkwi oleistej zastosowany jako mulcz wpłynął na większe wystawanie korzeni nad powierzchnią gleby w stosunku do obiektu z uprawą tradycyjną. Podobny wpływ na tę cechę miał mulcz z gorzycy białej i rzodkwi oleistej wymieszany z glebą (tab. 3). Istotnie mniejsze wystawanie korzeni nad powierzchnią gleby zanotowano przy uprawie buraka na madzie nadwiślanej w Kokocku. W roku 1997 stwierdzono najmniejsze wartości dla tego parametru buraka. Zróżnicowana wysokość wystawania główek buraka nad powierzchnią gleby wpływa na zwiększenie liczby buraków ogłowionych nieprawidłowo — za nisko lub za wysoko (Orlikowski, 1991). Uwzględniając przyjęte przez Gutmańskiego (1991) przedziały wystawiania korzeni buraka nad powierzchnią gleby, korzenie na badanych obiektach należy określić jako wysoko wystające (pow. 6 cm).

Oceniając wybrane parametry biometryczne stwierdzono istotne interakcje między badanymi czynnikami doświadczalnymi (tab. 1–3).

Tabela 3

Wystawianie korzeni buraka cukrowego nad powierzchnię gleby (cm) (1997-1999)
Crown height of sugar beet roots (cm) (1997-1999)

Miejscowość Location	Rok Year	Uprawa tradycyjna Traditional cultivation	Gorczyca biała White mustard		Rzodkiew oleista Oil radish		Średnia Mean
			bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	bez agregatu without aggregate	agregat aggregate	
Minikowo	1997	5,1	5,6	7,2	5,3	6,5	5,9
	1998	6,5	6,6	10,0	6,2	9,8	7,8
	1999	4,9	6,7	6,8	8,9	6,5	6,8
Średnia — Mean		5,5	6,3	8,0	6,8	7,6	6,8
Lipie	1997	6,1	7,5	6,3	7,6	6,1	6,7
	1998	7,2	6,0	5,9	8,6	7,0	6,9
	1999	6,6	4,9	8,2	6,3	8,5	6,9
Średnia — Mean		6,6	6,1	6,8	7,5	7,2	6,8
Kokocko	1997	6,1	6,1	4,7	7,1	6,3	6,1
	1998	6,9	7,2	6,0	6,0	8,5	6,9
	1999	6,7	5,7	4,0	5,3	6,8	5,7
Średnia — Mean		6,6	6,3	4,9	6,1	7,2	6,2
Średnia — Mean	1997	5,8	6,4	6,1	6,7	6,3	6,2
	1998	6,9	6,6	7,3	6,9	8,4	7,2
	1999	6,1	5,8	6,3	6,8	7,3	6,5
Średnia — Mean		6,3	6,3	6,6	6,8	7,3	6,6
NIR — LSD (p = 0,05) dla — for: miejscowości — location					I	0,3	
lat — year					II	0,3	
obiekty — object					III	0,3	
współdziałania — interaction					I x II	0,5	
					I x III	0,6	
					II x III	0,6	
					I x II x III	1,0	

WNIOSKI

1. Zastosowanie mulczu z gorczycy białej i rzodkwi oleistej, uprawianych w międzyplonie ścierniskowym, wpłynęło istotnie na zwiększenie średniej odległości między burakami w rzędzie i wzrost udziału rzędu nie wykorzystanego przez buraki w porównaniu do tradycyjnej uprawy buraka cukrowego.
2. Niezależnie od miejscowości i roku badań, mulcz z rzodkwi oleistej bez wymieszania z glebą oraz mulcze z rzodkwi oleistej i gorczycy białej po wymieszanu z glebą przyczyniły się do istotnie większego wystawiania korzeni nad powierzchnią roli.
3. Przy uprawie buraka cukrowego na glebie płowej właściwej występowały większe przepusty niż na czarnoziemie leśno-łąkowym lub madzie nadwiślanej. W warunkach prowadzonych badań najmniejsze wystawianie korzeni nad powierzchnią roli stwierdzono na madzie nadwiślanej.

LITERATURA

- Gutmański I. 1991. Obsada, rozmieszczenie i pomiary buraków. W: Produkcja buraka cukrowego. Praca zbiorowa pod red. I. Gutmańskiego. PWRiL Poznań: 391 — 402.
- Nowakowski M., Szymczak —Nowak J., Kostka-Gościński D., Gutmański J. 2002. Systemy uprawy buraka cukrowego na różnych glebach. Część I. Wybrane właściwości fizyczne gleby. Biul. IHAR 222: 309 — 316.
- Richard G., Boiffin J., Duval Y. 1995. Direct drilling of sugar beet (*Beta vulgaris*) into a cover crop: effects on soil physical conditions and crop establishment. Soil and Tillage Research 34: 169 —185.
- Orlikowski B. 1991. Technika i technologia zbioru. W: Produkcja buraka cukrowego. Praca zbiorowa pod red. I. Gutmańskiego. PWRiL Poznań: 560 —582.
- Żołnierczyk Cz. 1991. Pielęgnacja plantacji. W: Produkcja buraka cukrowego. Praca zbiorowa pod red. I. Gutmańskiego. PWRiL, Poznań: 381 —389.

SPIS TREŚCI — CONTENTS

Adolf Krauss	Potassium, an integral part for sustained soil fertility and efficient crop production	5
Witold Grzebisz Radosław Musolf Przemysław Barłóg Jarosław Potarzycki	Potassium fertilization, water shortages during vegetation and crop yielding variability the case of sugar beets	19
Leo-Christian von Braunschweig Kristian Orlovius	Effect of different K-supply on sugar beet production and soil fertility in a long-term fertilizer experiment	31
Pavel Čermák Kamil Cigánek	The influence of comparative fertilization on the yield and quality of sugar beet, the nutrient balances. The evaluation of long-term field experiments in the Czech Republic	39
Katarzyna Kucińska Arkadiusz Artyszak Daniela Ostrowska	Wykorzystanie nadwyżki bezpośredniej w ocenie efektywności ekonomicznej uprawy buraka cukrowego Usage of direct surplus in estimation of economic efficiency of sugar beet production	49
Arkadiusz Wojciechowski Witold Szczepaniak Witold Grzebisz	Wpływ nawożenia potasem na plony i jakość technologiczną buraka cukrowego Część I. Plony korzeni i cukru Effect of potassium fertilization on yields and technological quality of sugar beet Part I. Yields of roots and sugar	57
Arkadiusz Wojciechowski Witold Szczepaniak Witold Grzebisz	Wpływ nawożenia potasem na plony i jakość technologiczną buraka cukrowego Część II. Ocena stanu odżywienia roślin Effect of potassium fertilization on yields and technological quality of sugar beet Part II. An assessment of plants nutritional status	65
Arkadiusz Wojciechowski Witold Szczepaniak Witold Grzebisz	Wpływ nawożenia potasem na plony i jakość technologiczną buraka cukrowego Część III. Pobranie potasu Effect of potassium fertilization on yields and technological quality of sugar beet Part III. Potassium uptake	71
Arkadiusz Wojciechowski Witold Szczepaniak Witold Grzebisz	Wpływ nawożenia potasem na plony i jakość technologiczną buraka cukrowego Część IV. Ilość potasu przyswajalnego w glebie a plony cukru Effect of potassium fertilization on yields and technological quality of sugar beet Part IV. Quantity of available soil potassium and sugar yield	77

Witold Szczepaniak Witold Grzebisz Barbara Żuchlińska	Reakcja buraków cukrowych na nawozy azotowe na tle nawożenia potasowo-sodowo-magnezowego The response of sugar beet to nitrogen fertilizers in relation to potassium-sodium-magnesium fertilization	83
Henryk Ławiński Małgorzata Szcześniak Robert Fabiański Witold Grzebisz	Efektywność azotu nawozowego w systemach uprawy buraka cukrowego w mulcz Efficiency of nitrogen fertilizer in sugar beet mulch cultivation systems	91
Henryk Ławiński Jarosław Potarzycki Aleksandra Baer	Wpływ systemu uprawy i nawożenia azotem na pobranie mikroelementów przez buraki cukrowe The effect of tillage system and nitrogen fertilization on micronutrients uptake by sugar beet	101
Jarosław Potarzycki Lucyna Lewicka	Efektywność plonotwórcza nawozów wieloskładnikowych w uprawie buraka cukrowego Yielding efficiency of multicomponent fertilizers in sugar beet cultivation	111
Przemysław Barłóg Witold Grzebisz Artur Paradowski	Wpływ nawożenia potasem, sodem i magnezem na plonowanie trzech odmian buraka cukrowego. Część I. Plon korzeni i cukru Effect of potassium, sodium and magnesium fertilization on yielding of three sugar beet varieties Part I. Yields of root and sugar	119
Przemysław Barłóg Witold Grzebisz Artur Paradowski	Wpływ nawożenia potasem, sodem i magnezem na plonowanie trzech odmian buraka cukrowego Część II. Zawartość i pobieranie makroskładników Effect of potassium, sodium and magnesium fertilization on yielding of three sugar beet varieties Part II. Content and uptake of macronutrients	127
Przemysław Barłóg Witold Grzebisz Dariusz Górski Renata Gaj	Reakcja plennych odmian buraka cukrowego na nawożenie potasem, sodem i magnezem Response of high-yielding sugar beet varieties to fertilization with potassium, sodium and magnesium	135
Renata Gaj Przemysław Barłóg Dariusz Górski Heliodor Banaszak	Wpływ dolistnego stosowania askorbinianu tytanu na plon i jakość korzeni buraka The effect of titanium ascorbate on yield and quality of sugar beet roots	143
Daniela Ostrowska Katarzyna Kucińska Arkadiusz Artyszak	Wpływ wielkości masy korzenia buraka cukrowego na wartość technologiczną surowca The influence of root mass of sugar beet on technological value of raw material	149
Franciszek Borówczał Stanisław Grześ	Wpływ deszczowania, dokarmiania dolistnego i nawożenia azotem na plony i efekty ekonomiczne uprawy buraków cukrowych na nasiona Influence of irrigation, foliar and nitrogen fertilization on the yields and economic effects of sugar beet cultivation for seeds	155
Bernard Słoma	Wartość nasienna odmian buraków cukrowych reprodukowanych w zróżnicowanych warunkach agroekologicznych Seed quality of sugar beet varieties reproduced in various agroecological conditions	165

Jarosław Mikita Izydor Gutmański	Wpływ warunków glebowo-klimatycznych wybranych plantacji nasiennych na wartość siewną nasion oraz plonowanie buraka cukrowego Część I. Warunki reprodukcji i skład chemiczny nasion Effect of soil and climatic conditions of selected seed plantations on seed sowing value and yielding of sugar beet Part I. Conditions of reproduction and chemical composition of seed	171
Jarosław Mikita Izydor Gutmański	Wpływ warunków glebowo-klimatycznych wybranych plantacji nasiennych na wartość siewną nasion oraz plonowanie buraka cukrowego Część II. Zależność jakości nasion od warunków glebowo-klimatycznych Effect of soil and climatic conditions of selected seed plantations on seed sowing value and yielding of sugar beet Part II. Influence of soil and climatic conditions on seed quality	185
Jarosław Mikita Damrawa Kostka-Gościński Izydor Gutmański	Wpływ warunków glebowo-klimatycznych wybranych plantacji nasiennych na wartość siewną nasion oraz plonowanie buraka cukrowego Część III. Wysokość i jakość plonu buraka cukrowego Effect of soil and climatic conditions of selected seed plantations on seed sowing value and yielding of sugar beet Part III. Quantity and quality of sugar beet yield	195
Franciszek Borówcza Stanisław Grześ	Wpływ deszczowania, dokarmiania dolistnego i nawożenia azotem na plon korzeni i efekty ekonomiczne uprawy buraków cukrowych Influence of irrigation, foliar fertilization and nitrogen application on root yields and on economic effects of sugar beet cultivation	203
Urszula Prośba-Białczyk Marek Mydlarski	Wpływ chlorku sodu zastosowanego nalistnie na produktywność i wartość technologiczną buraka cukrowego The effect of sodium chloride sprayed on leaves on productivity and technological value of sugar beet	215
Cezary Kwiatkowski	Zawartość niektórych składników pokarmowych i mineralnych w korzeniach i liściach buraka cukrowego w zależności od intensywności zabiegów pielęgnacyjnych oraz poziomu agrotechniki The contents of some nutrients and mineral components in the sugar beet roots and leaves depending on the agricultural level	223
Zdzisław Wyszynski Marianna Kalinowska-Zdun Barbara Roszkowska Zbigniew Laudański Dariusz Gozdowski	Plony i jakość korzeni buraka cukrowego na plantacjach produkcyjnych w zależności od nawożenia mineralnego, pH i zasobności gleb w fosfor i potas Yields and quality of sugar beet roots on production plantations in dependence on mineral fertilization, pH and contents of available soil phosphorus and potassium	231
Lesław Zimny Leszek Kordas	Wpływ zagęszczenia roli przy zróżnicowanym nawożeniu organicznym na wschody, obsadę i plonowanie buraka cukrowego Effect of soil compaction under different organic fertilization on emergence, plant stand and yielding of sugar beet	239
Feliks Ceglarek Danuta Buraczyńska	Działanie nawozowe obornika i międzyplonów wsiewek stosowanych pod burak cukrowy Część I. Wschody, obsada i plony buraka cukrowego Fertilizing effect of farmyard manure and undersown cover crops on sugar beet Part I. Emergence, plant stand and sugar beet yield	247

Danuta Buraczyńska Feliks Ceglarek	Działanie nawozowe obornika i międzyplonów wsiewek stosowanych pod burak cukrowy Część II. Jakość przemysłowa buraka cukrowego Fertilizing effect of farmyard manure and undersown cover crops on sugar beet Part II. Technological quality of sugar beet	255
Leszek Kordas Lesław Zimny	Wpływ wieloletniego stosowania siewu bezpośredniego w uprawie buraka cukrowego na niektóre wskaźniki struktury gleby The effects of long-term using of no-tillage method in sugar beet production on soil structure indices	263
Adam Paradowski Kazimierz Adamczewski	Ocena wpływu zmiany technologii odchwaszczania buraka cukrowego na przestrzeni ostatnich 15 lat Evaluation of change of weed control technology in sugar beet in the last 15 years	271
Joanna Kurus Elżbieta Podstawka- Chmielewska	Wpływ sposobów nawożenia azotem oraz systemów odchwaszczania na plonowanie buraka cukrowego na rędzinie The effect of various ways of nitrogen fertilization and systems of weed control on the yield of sugar beet on rendzina	279
Elżbieta Podstawka- Chmielewska Joanna Kurus	Wpływ późniwno-przedzimowej uprawy roli na plonowanie buraka cukrowego na rędzinie The effect of postharvest and pre-winter tillage on yielding of sugar beet on rendzina	287
Władysław Nowak Józef Sowiński Maria Pytlarz-Kozicka	Zmiany ilości azotu mineralnego w glebie podczas wegetacji buraka cukrowego oraz plony korzeni i cukru w zależności od nawożenia organicznego i azotowego The changes of mineral nitrogen amount in soil during sugar beet vegetation, root and sugar yields depending on organic and nitrogen fertilization	295
Przemysław Sztukowski Zbigniew Błaszkievicz	Zagęszczenie i opory penetracji gleby przy stosowaniu siewu buraka cukrowego w mulcz i bezpośredniego Compaction and penetration resistance of the soil in conservation and no-tillage production technology of sugar beet	303
Mirosław Nowakowski Jadwiga Szymczak- Nowak Damrawa Kostka- Gościński Izydor Gutmański	Systemy uprawy buraka cukrowego na różnych glebach Część I. Wybrane właściwości fizyczne gleby Systems of sugar beet cultivation on different soils Part I. Selected physical soil properties	309
Mirosław Nowakowski Damrawa Kostka- Gościński Jadwiga Szymczak- Nowak Izydor Gutmański	Systemy uprawy buraka cukrowego na różnych glebach Część II. Wschody i plony Systems of sugar beet cultivation on different soils Part II. Field emergence and yield	317
Mirosław Nowakowski Damrawa Kostka- Gościński Jadwiga Szymczak- Nowak Izydor Gutmański	Systemy uprawy buraka cukrowego na różnych glebach Część III. Jakość przetwórcza Systems of sugar beet cultivation on different soils Part III. Processing quality	325

Jadwiga Szymczak-Nowak Damrawa Kostka-Gościński Mirosław Nowakowski Izydor Gutmański	Systemy uprawy buraka cukrowego na różnych glebach Część IV. Zdrowotność roślin Systems of sugar beet cultivation on different soils Part IV. Health of plants	333
Jadwiga Szymczak-Nowak Damrawa Kostka-Gościński Mirosław Nowakowski Izydor Gutmański	Systemy uprawy buraka cukrowego na różnych glebach Część V. Stan zachwaszczenia plantacji Systems of sugar beet cultivation on different soils Part V. Weed infestation of plantations	341
Jadwiga Szymczak-Nowak Damrawa Kostka-Gościński Mirosław Nowakowski Izydor Gutmański	Systemy uprawy buraka cukrowego na różnych glebach Część VI. Wybrane pomiary biometryczne Systems of sugar beet cultivation on different soils Part VI. Selected biometrical measurements	349