



Burak cukrowy odmiany Korab

Fot. Mirosław Nowakowski

BIULETYN
INSTYTUTU HODOWLI
I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Nr 234/2004



Burak cukrowy odmiany Korab. Fot. Mirosław Nowakowski

RADZIKÓW 2004
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, JERZY SZYRMER,
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA (Sekretarz Redakcji — Editorial Secretary)

CZASOPISMO UKAZUJE SIĘ OD 1951 ROKU

Wydanie publikacji dofinansowane przez Ministerstwo Nauki i Informatyzacji

Redaktor techniczny i skład komputerowy
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA

Druk: PWR Sp. z o.o



MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA NAUKOWA

NOWE ASPEKTY HODOWLI I TECHNOLOGII UPRAWY BURAKA CUKROWEGO ORAZ TRAW NA CELE ENERGETYCZNE

ORGANIZATORZY KONFERENCJI

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

KOMITET ORGANIZACYJNY

PROF. DR HAB. LEONARDA DALKE — PRZEWODNICZĄCA
PROF. DR HAB. WITOLD GRZEBISZ
DR THOMAS POPP
DR INŻ. MIROSLAW NOWAKOWSKI
DR INŻ. JADWIGA SZYMCZAK-NOWAK
DR INŻ. WŁODZIMIERZ MAJTKOWSKI

SPONSORZY

INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE BASEL, SWITZERLAND
KUTNOWSKA HODOWLA BURAKA CUKROWEGO SP. z o.o.
BAYER CROPSOURCE POLSKA SP. z o.o.
K+S POLSKA SP. z o.o.

BYDGOSZCZ — ZACISZE, 23–25 CZERWIEC 2004

JAN MALEC

Instytut Przemysłu Cukrowniczego, Warszawa

Burak cukrowy — historia, aktualne problemy, przyszłość

Sugar beet — history, current problems and perspectives

Historię buraka w Polsce można przedstawić następująco: rasa liściasta (*Beta cicla*) przywędrowała do Polski wcześniej niż do Europy zachodniej, prawdopodobnie jeszcze w epoce przed piastowskiej i dotarła do nas z Bizancjum. Rasa korzeniowa buraka ogrodowego (*Beta vulgaris*) dotarła do Polski prawdopodobnie w XVI wieku. Burak cukrowy śląski rozpowszechnił się u nas w latach dwudziestych XIX wieku. Burak cukrowy spowodował olbrzymi przewrót w rolnictwie. Dzięki uprawie buraków rolnictwo zaczęło osiągać duże zyski. Pierwszą cukrownię w Królestwie Polskim uruchomiono w 1826 roku w Częstoczach. Bujny rozwój hodowli buraków i postępy w agrotechnice doprowadziły, że pod koniec XIX wieku cukrowość buraków wynosiła ponad 17%. Najintensywniejszy postęp w produkcji buraków odnotowuje się w ostatnim 15-leciu. Produkcja buraków na potrzeby przemysłu cukrowniczego w najbliższych latach będzie malała z powodu nadprodukcji cukru i olbrzymiej konkurencji cukru trzcinowego.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, cukier trzcinowy, historia, hodowla, produkcja, przemysł, rolnictwo

The history of the sugar beet in Poland can be shortly presented as follows: — the leaf strain (*Beta cicla*) reached Poland, earlier than Western Europe, probably as early as the pre-Piast era (before the 10th century), and originated from Bizantium, — the root strain of the garden breed (*Beta vulgaris*) reached Poland probably in the 16th century, — the Silesian sugar beet become common in Poland in the twenties of the 19th century. The sugar beet has caused a revolution in agriculture. Thanks to cultivating sugar beet, agriculture has begun to bring substantial profits. The first sugar mill in the Kingdom of Poland was established in 1826, in Częstocice. The vast development of sugar beet breeding and the progress in agricultural techniques resulted at the end of the 19th century in an over 17% sugar content in the sugar beet. The most intensive development in the production of sugar beet could be observed in the last 15 years. Production of sugar beet for sugar industry will be decreasing in the nearest future due to the overproduction of sugar and the strong competition from cane sugar.

Key words: agriculture, breeding, history, cane sugar, industry, production, sugar beet

Historię buraka w Polsce można przedstawić następująco: rasa liściasta (*Beta cicla*) przywędrowała do Polski wcześniej niż do Europy zachodniej, prawdopodobnie jeszcze w

epoce przedpiastowskiej i dostała się do nas z Bizancjum. Jako potrawa sałatowa (*boćwina*) przetrwała w Polsce do końca XVII wieku. Rasa korzeniowa buraka ogrodowego (*Beta vulgaris*) dotarła do Polski o wiele później, bo prawdopodobnie w XVI wieku. Burak cukrowy śląski rozpowszechnił się u nas w latach 20. XIX wieku. Warto na wstępie zapoznać się z historią buraka.

Tabela 1

Historia buraka (dane z 250 Jahre Reubenzucker..., 1997)
The history of the beet (data are from ref. 250 Jahre Reubenzucker..., 1997)

Rok Year	Czasy przed narodzeniem Chrystusa Before Christ (B.C.)
Ok. 750 About 750 B.C.	Buraki (boćwina) uprawiano w ogrodach królewskich w Babilonie Beet is grown in the royal gardens in Babylon
Ok. 425 About 425 B.C.	Buraki uprawiano w Grecji jako warzywo ogrodowe Beet is grown in Greece as a garden vegetable
Ok. 200 About 200 B.C.	Buraki były już znane w kręgu kultury rzymskiej Beet is known in the area of Roman culture
	Czasy po narodzeniu Chrystusa After Christ (A.D.)
812	W czasach Karola Wielkiego buraki były znane i zalecane jako warzywo liściaste In the times of Charles the Great beet is known and recommended as the greens
1550	Mikołaj Rej w „Żywocie człowieka poczciwego” — mówiąc o „gospodarstwie jesiennem domowem” wymienia także buraki (ćwikłę) Beet mentioned by Nicolaus Rej in his essay
1753	Linneusz opisał rodzaje, podrodzaje buraków oraz nadał im nazwy łacińskie Genera and sub-genera of beet are described and given Latin names by Linneus
1700–1800	Uprawa buraków jako roślin pastewnych Growing of beet as a fodder plant
1747	Odkrycie przez Margraffa cukru w białym buraku pastewnym /zawartość cukru wynosiła ok. 1,5% Margraff discovers sugar (approx. 1.5%) in roots of white fodder beet
1790	Achard wydał dzieło o uprawie buraków i otrzymywaniu z nich cukru A manual by Achard on beet cultivation and sugar recovery
1799	Achard w Konarach na Dolnym Śląsku zbudował pierwszą cukrownię buraczaną First beet sugar factory built by Achard at Konary, Lower Silesia
1802	Pierwsza kampania w cukrowni Konary (początek kampanii 20 marca), przerobiono buraki zebrane w roku poprzednim First sugar campaign at Konary (beginning on 20 March)
1806	Wprowadzenie przez Napoleona blokady na cukier trzcinowy Embargo on cane sugar, ordered by Napoleon
1826	Uruchomienie pierwszej w Królestwie Polskim cukrowni w Częstocicach First sugar factory in the Kingdom of Poland
1850	Początek selekcji buraków wg ciężaru właściwego jako wskaźnika zawartości cukru (Vilmorin, Francja) Initiation of beet selection based on specific gravity as an indicator of sugar content (Vilmorin, France)
1924	Pierwsze doświadczenia z otoczkowaniem nasion buraków cukrowych First experiments with pelleting of sugar beet se
1927	Powstanie pierwszej europejskiej organizacji zrzeszającej plantatorów (CIBE) First European beet growers association (CIBE) is set up
1932	Powstanie Międzynarodowego Instytutu Buraka Cukrowego (IIRB) International sugar beet institute (IIRB) is set up
1948	Savitsky (USA) znajduje rośliny buraków z jednokielkowymi nasionami i rozpoczyna hodowlę odmian genetycznie jednokielkowych Savitsky finds beet plants with monogerm seeds and initiates breeding of monogerm varieties
1995–2000	Wyhodowanie pierwszych genetycznie modyfikowanych odmian buraków cukrowych First genetically modified beet varieties are bred

Odkrycia Marggrafa i Acharda, jak również dekrety Napoleona zabraniające przywozu towarów kolonialnych (w tym cukru trzcinowego), przyczyniły się do rozwoju cukrownictwa buraczanego. Polska związana z gwiazdą Napoleona wzięła udział w rozwoju przemysłu cukrowniczego, to też pierwsze ślady fabryk cukru w Polsce znajdujemy równocześnie z pierwszymi takimi fabrykami w innych krajach. Wskutek tego buraki zdobywały sobie coraz szersze prawa obywatelstwa wśród innych roślin uprawnych, by stać się najważniejsze w nowoczesnym rolnictwie. Uprawa buraków i cukrownictwo odgrywały zawsze wyjątkową ważną rolę w gospodarce.

Już w latach dwudziestych XIX wieku pisano: „Cukrownia, a za nią plantacja buraków, w racjonalnych prowadzona granicach, korzystnie wpływają na ogólną zamożność krajową, dając źródła zarobku pracującym warstwom społeczeństwa, a zarazem wartość ziemi podnosząc”. Dalszy cytat:” Dopóki plantacja stoi w harmonii z ogólną przestrzenią i płodozmianem, to przedstawia nie tylko sama przez się wielkie korzyści bez wycieńczania roli, ale podnosi produkcję idących następnie płodów, z powodu dokładniejszej i głębszej uprawy, przez wzmocnienie inwentarza pociągowego, użycie lepszych narzędzi i częste zasilanie własnym i kupnym nawozem”.

Burak cukrowy spowodował olbrzymi przewrót w rolnictwie. Korzyści z uprawy buraków przekonały rolnika, że tylko: ”przy uprawie buraków na szeroką skalę, plony i zyski z ogółu gospodarstwa osiągną rozmiarów przedtem za niepodobne uważanych”. Jakże to stwierdzenie z przed ponad 150 laty i dziś jest aktualne.

Uprawiane w latach dwudziestych XIX wieku buraki dawały plony w wysokości 10–11 t/ha przy zawartości cukru 8%–10%, z czego otrzymano 2%–4% cukru białego.

W pracy „Hodowanie buraków w otwartym polu” A. Schuch (1837) tak pisze o przygotowaniu roli pod buraki:

„Rolę pod buraki przeznaczoną już w jesieni głęboko przyorać należy. Krótco przed zimą, kiedy się zielska na zaoranej ziemi puszcza, drugi raz pługiem lub radłem przerobić się wypada, przez co wzeszłe zielska się niszczy, a tem samem koszt przyszłego pielienia znacznie się zmniejszy. Gdy mrozy przeoraną i głęboko poruszoną ziemię dostatecznie przejmą i skruszą i gdy potem takowa z zimowej wilgoci na wiosnę obeschnie, przeorywa się powtórnie i starannie z korzeni wszelkiego zielska, jakim jest perz, oset, powój itp. dostatecznem bronowaniem oczyszcza się i zarazem spulchnia”. Już wtedy zwracano uwagę na właściwy dobór stanowiska pod buraki.

Za najlepszy pod buraki uważano grunt gliniasty pomieszany ze znaczną ilością piasku, „grunta wapienne kredniaste nie są tak dobre, bo pospolicie będąc niegłębokie, rozrastać się korzeniom wzbraniają”.

Termin siewu uzależniony był od pogody i stanu roli. Uważano, że „jeśli rola jest zbyt mokra, to tem samem nie może być do przyjęcia zasiewu odpowiednio przysposobioną, jednakże najlepiej, jeżeli siew, od połowy kwietnia do połowy maja da się uskuteczyć. Zbyt późne sadzenie ziaren burakowych, rzadko kiedy pomyślny zbiór wyda”.

Siew buraków do połowy XIX wieku przeprowadzano w następujący sposób:

- w rowki za pomocą znacznika zrobione,
- w szachownicę,
- zasiewanie z ręki,

- zasiewanie w rozsadnikach i przesadzanie rozsady rzędami na pole,
- za pomocą maszyny siewnej.

O pielęgnacji buraków tak pisano: „buraki wymagają w czasie wzrastania, a osobliwie z początku kilkakrotnego pełcia (pielenia), które wytępią bezużyteczne zielska, oraz wzrusza ziemię. Później, gdy już roślina dobrze się rozkrzewi, pełcie staje się niepotrzebnym, szerokie bowiem i gęste jej liście, ocieniając ziemię nie dopuszczają do obcych zielsk promieni słonecznych, bujaniu ich sprzyjających”.

Prace pielęgnacyjne koncentrowały się na kilkakrotnym ręcznym pieleniu lub przy pomocy konnych opielaczy zwanych w owym czasie konną motyką.

Zbiór polegał na wrywaniu buraków z ziemi przy pomocy rydli, łopat i innych narzędzi.

W miarę upływu lat odnotowano znaczny postęp w uprawie buraków. W połowie XIX wieku ukazało się wiele prac na temat uprawy buraków cukrowych, przede wszystkim autorstwa Oczapowskiego, najwybitniejszego polskiego uczonego w dziedzinie rolnictwa.

W swych pracach szczególną uwagę zwracał na dobór gleby, głęboką uprawę, nawożenie itp. W pracy „Gospodarstwo wiejskie” Oczapowski (1846) pisał: „buraki mogą obfitować w cukier byleby dopełnione były następujące warunki:

- użycie nawozu dobrze przegniłego,
- wcześniejsze jego wywiezienie,
- głębsze zaoranie,
- staranniejsze cząstkami gruntu umieszanie i połączenie,
- głębszy siew lub sadzenie buraków.”

W tym czasie zaczyna dominować siew buraków w rzędy (Oczapowski, 1848). Odległość między rzędami wynosiła 45 cm, a nasiona w rzędach umieszczano co 20 cm. Zalecano, aby wysiane nasiona posypać mieszaniną złożoną z sadzy, wapna i popiołu, a następnie przykryć ziemią. Zwracano w tym czasie uwagę na rolę wapnia w produkcji buraków. Stwierdzono bowiem, że wapń:

- w połączeniu z gliną ją pulchni,
- działa sposobem gryzącym na zawartą w gruncie starą i zwęgloną próchnicę i na cząstki organiczne jeszcze nierozłożone, słowem pokarmy nieczynne do czynności pobudza,
- zobojętnia kwasy, które próchnicę czynią nierozpuszczalną, a zatem i przez to do czynności ją pobudza.

Podstawowymi narzędziami stosowanymi do uprawy buraków w połowie XIX wieku były: pługi, radła do spulchniania gleby, brony, opielacze i walce.

Lata sześćdziesiąte i siedemdziesiąte XIX wieku to wprowadzenie na szeroką skalę siewu maszynowego.

W latach osiemdziesiątych zaczynają powstawać pierwsze polskie hodowle buraków cukrowych. Wkrótce nasiona polskich firm nie tylko dorównują nasionom firm zagranicznych, lecz nawet znacznie nad nimi górują.

W 1892 roku z inicjatywy Sekcji Cukrowniczej Warszawskiego Oddziału Towarzystwa Popierania Przemysłu i Handlu zorganizowano zbiorowe doświadczenia z nasionami buraczanymi różnych firm. Najbardziej cukrowe okazały się odmiany firm polskich Janasza i Mayzla.

Zadziwia olbrzymia wiedza autorów ówczesnych prac na temat uprawy buraków cukrowych (Encyklopedia Rolnicza, 1890).

O doborze stanowiska pod buraki pisano tak: „Dobra pod buraki rola powinna łatwo się obrabiać, czy to w stanie wilgotnym, czy suchym a po spulchnieniu utrzymywać pewien stopień wilgoci. Do takiej bowiem roli powietrze przystęp, mieć może, co ze względu na kiełkowanie nasienia jest rzeczą pierwszorzędną wagi”.

Zwracano uwagę na takie zagadnienia jak zaskorupienie gleby, stopień wilgotności, gęstość gleby, zasobność w składniki pokarmowe.

Do lat 80. XIX wieku podstawą nawożenia buraków był obornik stosowany w dawce 30 ton na 1 ha oraz nawozy zielone.

Nawozy mineralne znalazły sobie prawo obywatelstwa dopiero pod koniec XIX wieku (Strzelecki, 1896). Zaczęto prowadzić doświadczenia nawozowe. Były pomysły, aby dostosować nawożenie do potrzeb rośliny. Niestety analiza chemiczna gleby, którą dysponowano w tym czasie, nie była w stanie podać ilości przystępnych dla roślin składników pokarmowych.

W dużych gospodarstwach dość powszechnie stosowane były pługi parowe. Do siewu nasion stosowano siewniki konne produkowane przez różne krajowe fabryki.

Buraki cukrowe więcej niż jakiegokolwiek inne rośliny atakowane były przez choroby i szkodniki (Karpiński, 1912). Do najważniejszych chorób buraków zaliczano w owym czasie: rdzę buraczaną, mączniak rzekomy, fuzariozę, zgorzel liści sercowych, zgniliznę fioletową buraka, zgorzel siewek buraka. Ze szkodników najczęściej kłopotów sprawiały: pędraki, drobnica burakowa, omarlice, pchełki i nematody.

Dostrzegano olbrzymią rolę odpowiednich płodozmianów, odchwaszczania i innych czynników, we właściwym utrzymaniu stanu fitosanitarnego plantacji buraczanych.

Przed chorobami zgorzelowymi zabezpieczano się, mocząc nasiona w 5% roztworze siarczanu magnezu lub w 1% roztworze kwasu karbolowego. Do zwalczania nematod stosowano dwusiarczek węgla, naftalinę, wywar tytoniowy, wapno i szereg innych środków. Odnotowano postęp w zbiorze buraków. W dużych gospodarstwach stosowane były 2-rzędowe pługi do zbioru buraków.

Pierwsza dekada XX wieku to czas upadku polskiej hodowli nasion buraka cukrowego. Rynek polski zdominowały nasiona firm niemieckich.

Od 1908 roku datuje się ponowny rozkwit polskich firm nasiennych, który z przerwą spowodowaną pierwszą wojną światową trwał aż do 1939 roku. Największe znaczenie w historii polskiej hodowli odegrały przede wszystkim firmy: A. Janasz — jedna z najstarszych na ziemiach polskich, K. K. Buszczyński i Synowie — założona w 1885 roku w Niemierczu na Podolu, a następnie kontynuująca swoją działalność w Górcie Narodowej, firma „Motycz”, Sandomierska Hodowla Roślin, Spółka Akcyjna Hodowli Nasion Udycz oraz inne pomniejsze.

Lata dwudzieste to przede wszystkim odbudowa zniszczonej gospodarki i rolnictwa. Widać coraz większą rolę nauki w szerzeniu postępu w uprawie buraków. Dokonano olbrzymiego postępu w dziedzinie poznania potrzeb nawozowych buraków. Dokładnie poznano rolę azotu w tworzeniu plonu buraków i ich wartości technologicznej. W latach

międzywojennych w miarę rozwoju nauki o glebie, o życiu i znaczeniu znajdujących się w niej drobnoustrojów oraz w miarę rozwoju techniki budowy maszyn do siewu buraków i uprawy roli, zasadniczo zmieniły się poglądy na sposób siewu i przygotowanie roli pod zasiew buraków.

Lata II wojny światowej przyniosły olbrzymie straty i zniszczenia w polskim cukrownictwie i w uprawie buraków cukrowych. Na ich odbudowę potrzeba było wielu lat. Dlatego też w latach powojennych nie odnotowano żadnego istotnego postępu w uprawie buraków cukrowych. W zasadzie stosowano te same metody uprawy, co w okresie międzywojennym, a często z powodu braków w umaszynowaniu sięgano do tych sprzed I wojny światowej. Jeszcze w latach 50. XX wieku np. praktykowany był ręczny siew buraków.

Na przełomie lat 50. i 60. XX wieku wprowadzono do praktyki odmiany poliploidalne jak: Poly IHAR, AJ-Poly 1, AJ-Poly-2 i inne. Odmiana Poly Mono-IHAR była próbą pierwszej polskiej odmiany genetycznie jednokielkowej. Hodowla odmian poliploidalnych stanowiła istotny krok naprzód w produkcji surowca. Przełom lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych to również okres istotnych zmian i postępu w ochronie buraków cukrowych. Wprowadzono w tym czasie do praktyki rolniczej szereg związków chemicznych o różnorodnym działaniu.

Organiczne związki fosforu okazały się bardzo dobre do zwalczania szkodliwych owadów. Dzięki wdrożeniu kompleksowych metod ochrony buraków możliwe było uratowanie 10%–30% plonów.

Uprawa buraków była zawsze bardzo pracochłonna, a zwłaszcza zwalczanie chwastów. Praca ta wykonywana była prawie wyłącznie ręcznie i zajmowała bardzo dużo czasu. Rewolucją w zwalczaniu chwastów była synteza środków chemicznych do tego celu, czyli herbicydów. Pierwszym herbicydem do zwalczania chwastów w burakach był Alipur (1962). W programach zwalczania chwastów istotny okazał się dobór mieszanek herbicydowych wzajemnie uzupełniających się, które zwiększają liczbę zwalczanych gatunków chwastów i zabezpieczają plantacje buraka przez cały okres wegetacji.

W ostatnich dwudziestu latach olbrzymi postęp odnotowano w ochronie plantacji przed chorobami i szkodnikami. Chemiczna ochrona buraka cukrowego została znacznie udoskonalona dzięki wprowadzeniu do praktyki nasion zaprawionych fungicydami i insektycydami, chroniącymi przed patogenami zgorzeli siewek oraz szkodnikami.

Aktualnie stosowane preparaty do zwalczania chorób i szkodników charakteryzują się wysoką skutecznością, małą toksycznością dla ludzi i zwierząt pożytecznych, ograniczoną trwałością i brakiem właściwości kumulacyjnych.

Przełomem w uprawie buraków cukrowych w Polsce było wprowadzenie do praktyki w latach siedemdziesiątych odmian genetycznie jednokielkowych. Pozwoliło to na ograniczenie nakładów pracy na produkcję buraków o 30%–40%.

Szczególną rolę w tym zakresie miała współpraca z firmą Klein Wanzleben — NRD. Owocem tej współpracy było wyhodowanie odmian PN Mono 1 i PN Mono 4, które w owym czasie uprawiane były na ok. 90% arealu.

Współpraca polskiej hodowli z firmami zagranicznymi jest kontynuowana. Polega ona na zakupie nasion komponentu męskosterylnego i krzyżowania z własnymi zapylaczami.

W technologii produkcji buraka cukrowego w ostatnich latach dążono do zwiększenia potencjału plonowania i wzrostu efektywności stosowanych zabiegów uprawowych.

Stosowane jeszcze 10 czy 20 lat temu technologie wymagały dużej liczby energochłonnych zabiegów. Dlatego zmiany szły w kierunku ograniczenia ilości zabiegów uprawowych.

Intensywna mechanizacja uprawy buraków cukrowych rozpoczęła się w latach 70. Związane to było z uruchomieniem w kraju produkcji jednorzędowych kombajnów buraczanych oraz importem wysokowydajnych kombajnów sześciorzędowych.

Dziś około 85% surowca zbierana jest kombajnem. Jeśli chodzi o maszyny do zbioru buraków to w ostatnich latach obserwuje się wzrost udziału 6-rzędowych samobieźnych kombajnów z dużym zasobnikiem i hydraulicznym samosterowaniem.

W nowoczesnych siewnikach zastosowano już komputerowe sterowanie urządzeń do wysiewu nasion na określoną głębokość. Z kabiny kierowcy można elektronicznie sterować każdą sekcją wysiewającą siewnika, a jego pracę przystosować do różnorodnych warunków glebowych.

Dokonujący się postęp techniczny spowodował, że zmiany w uprawie buraka cukrowego są większe i szybsze niż w przypadku innych roślin uprawnych.

Świadczą o tym choćby plony korzeni i cukru uzyskiwane w Polsce w ostatnich latach, które wzrosły o ok. 25%–30%.

Burak cukrowy jest tzw. „rośliną dużego obszaru”. Tylko na dużych plantacjach istnieje możliwość zmechanizowania uprawy i zbioru, ograniczenia nakładów pracy, zmniejszenia kosztów.

W ciągu ostatnich lat powierzchnia jednej przeciętnej plantacji wzrosła prawie trzykrotnie z 1,2 ha w 1991 roku do 3,55 ha w 2003 roku.

Liczba plantatorów zmalała z 285800 w 1991 roku do 83645 w 2003 roku.

Najbliższe lata na pewno przyniosą dalszy istotny postęp w hodowli buraków. Dotyczył on będzie poprawy cech jakościowych i ilościowych, podniesienie odporności roślin na choroby i szkodniki, uzyskanie roślin tolerancyjnych na herbicydy nowej generacji, wyhodowanie roślin o pokroju, który powodował będzie, że korzenie w mniejszym stopniu zanieczyszczone będą ziemią a na ich wykopanie potrzeba będzie zużyć mniej energii.

Poprawa jakości surowca na drodze hodowlanej sprzyjać będzie obniżeniu kosztów jednostkowych produkcji cukru.

Szerokie możliwości hodowlane stworzy inżynieria genetyczna. W 1990 roku rozpoczęto badania z roślinami transgenicznymi odpornymi na totalne herbicydy, zakończone sukcesem.

Innym przykładem wykorzystania inżynierii genetycznej w hodowli są rośliny odporne na choroby. Prowadzone są badania nad uzyskaniem roślin posiadających odporność wielokrotną (na 4 patogeny).

Dalszej racjonalizacji ulegnie nawożenie buraków. Postęp polegać będzie w głównej mierze na dostosowaniu nawożenia mineralnego do potrzeb rośliny w zależności od jej faz rozwojowych.

Postęp w mechanizacji polegać będzie na powiększeniu szerokości roboczej maszyn i komputerowego sterowania jakością ich pracy.

Duże możliwości w zwiększeniu plonów buraków będzie miało lepsze wykorzystanie czynników produktywności fotosyntezy, poznaniu mechanizmów, dzięki którym pobierane są substraty (CO_2) i energia do produkcji masy rośliny.

Przyszłość uprawy buraków w Polsce nie należy łączyć wyłącznie z postępowaniem hodowlanym, agrotechnicznym, mechanizacją itp.

W 1934 roku prof. K. Smoleński w przedmowie do wydawnictwa „Prace CL.C”, pisał: „Na dalszą zaś metę ratunkiem dla buraczanego przemysłu cukrowniczego wobec konkurencji cukru z trzciny, może być wyhodowanie nowych odmian buraka cukrowego, które bez obniżania dzisiejszej cukrowości i jakości soku buraczanego dałyby znaczne zwiększenie plonu” (Smoleński, 1934). Mimo spełnienia tych warunków cukier buraczany nie jest w stanie i dzisiaj konkurować z cukrem trzcinowym. Produkcja cukru buraczanego wynosi obecnie ok. 33,5 mln ton, a cukru trzcinowego ponad 99 mln ton i rośnie. Światowe zapasy cukru sięgają 70 mln ton.

Kraje rozwijające się, w ramach WTO żądają zwiększenia dostępu swego cukru trzcinowego na rynki krajów wysokorozwiniętych. Narasta konflikt interesów producentów cukru trzcinowego i buraczanego. Maleje popyt na cukier na skutek rozwoju produkcji innych środków słodzących, głównie izoglukozy. Obserwuje się wyraźne tendencje ograniczania produkcji cukru buraczanego, przy równoczesnej ekspansji cukru trzcinowego. Produkcja cukru trzcinowego jest tańsza, głównie na skutek niskich kosztów surowca i niskich kosztów przetwórstwa w krajach rozwijających się.

Unia Europejska zawarła już umowę z 49 najmniej rozwiniętymi krajami świata, którym to państwom umożliwia się bezcłowy nieograniczony eksport towarów do krajów Unii Europejskiej. Na cukier został wprowadzony okres przejściowy, który kończy się w latach 2006–2009. Oznacza to, że od 2009 roku kraje rozwijające się będą mogły w pełni bezcłowo dostarczać cukier do Unii Europejskiej. Podobną regulację przewiduje Komisja Europejska dla tzw. państw AKP (państwa afrykańskie, karaibskie i państwa Pacyfiku), które mają od 2008 roku uzyskać wolny dostęp do rynku Unijnego. Jeśli politycy europejscy nie dojdą do porozumienia, to ceny na buraki i cukier ulegną dramatycznemu obniżeniu. Niestety w maju 2004 roku w Paryżu podczas zjazdu przedstawicieli ODCE spotkali się ministrowie handlu 30 krajów WTO i podjęli negocjacje o dalszym znoszeniu barier w wymianie międzynarodowej. Trwają prace nad ustaleniem formuły obniżania celi na produkty rolne. Komisja Europejska chce zniesienia subsydiów eksportowych do towarów rolnych (co roku o ok. 3 mld €; Smoleński, 2004). Oczywiście taki czarny scenariusz nie musi się zrealizować. Nie mniej przyszłość uprawy buraków i buraczanego przemysłu cukrowniczego są poważnie zagrożone. Możliwość utrzymania produkcji buraków na dotychczasowym poziomie lub nawet jej wzrostu otwiera perspektywa ich wykorzystania do produkcji biopaliw.

LITERATURA

- 250 Jahre Ruebenzucker 1747–1997. 1997. Verlag Bartens, Berlin.
Ecyklopedia rolnicza. 1890. Wydana staraniem i nakładem Muzeum Przemysłu i Rolnictwa w Warszawie.
Karpiński W. J. 1912. Uprawa buraków cukrowych. Warszawa, Wyd. Gebethner i Wolf.
Oczapowski M. 1846. Gospodarstwo wiejskie. Wyd. S. H. Merzbach, Warszawa.

- Oczapowski M. 1848. Uprawa roślin fabrycznych. Wyd. S. H. Merzbach, Warszawa.
- Schuch A. 1837. Hodowanie buraków w otwartym polu. Druk. J. Węcki, Warszawa.
- Smoleński K. 1934. Prace Centralnego Laboratorium Cukrowniczego w latach 1932–1933 r. Wyd. Instytutu Przemysłu Cukrowniczego w Polsce, Warszawa.
- Smoleński Z. 2004. Światowy rynek cukru na przełomie XX i XXI wieku. XII — Wiosenne Spotkanie Cukrowników 10–12 marca 2004, Pułtusk.
- Strzelecki A. 1896. Gospodarstwo pastewne. Druk. K. Kowalewski, Warszawa.

LEONARDA DALKE

Zakład Genetyki i Hodowli Roślin Korzeniowych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Bydgoszczy

Metody hodowli buraka cukrowego

Sugar beet breeding methods

Hodowla buraka cukrowego w Polsce ma ponad stuletnią tradycję i znaczne osiągnięcia. Pod względem stosowanych metod historię hodowli można podzielić na kilka okresów. Do lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku stosowano populacyjne metody hodowli wielokielkowych diploidów, głównie metodą rodowodową z oceną potomstw. W ten sposób wyhodowano odmianę AJ-1 o najwyższej w świecie zawartości cukru. Znaczący wzrost plonu korzeni i cukru z ha przyniosła opracowana w Instytucie metoda wytwarzania tetraploidów przy pomocy kolchicyny i tworzeniu triploidalnych odmian buraka cukrowego. Wymienić tu należy pionierskie prace A. Filutowicza i A. Kuźdowicza. Największym wyzwaniem dla hodowców było opracowanie metody tworzenia odmian jednokielkowych. Cel ten osiągnięto po wielu latach kosztownych i skomplikowanych prac. Opracowana została metoda syntezy jednokielkowych mieszańców tri i diploidalnych z wykorzystaniem cytoplazmatycznie-genowej męskiej sterility (CMS) i heterozji. Metoda ta przyniosła istotny wzrost plonu korzeni i cukru i jest powszechnie stosowana w Europie, USA i Japonii. W opracowaniu omówione zostały także najważniejsze zagadnienia do rozwiązania hodowli w najbliższej przyszłości.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, metody hodowli, odmiany wielokielkowe, odmiany jednokielkowe mieszańcowe

Sugar beet breeding in Poland has got more than hundred years tradition and considerable achievements. When taking into account the methods applied, the history of sugar beet breeding can be divided into several periods. Until the half of last century the population methods of breeding multigerm diploid cultivars were used (mainly genealogical method with progenies evolution). In this way, the cultivar AJ-1, characterized by the highest content of sugar in the world, was bred. A significant increase in root and sugar yield was achieved by applying the method of tetraploid induction using colchicine treatments and creating sugar beet polyploid cultivars. The method was developed at our Institute. In this respect, the pioneer research works on tetraploids by A. Filutowicz and A. Kuźdowicz should be mentioned. The greatest challenge for breeders was to develop a suitable method for creating monogerm triploid and diploid hybrids. This aim was reached after many years of very costly breeding work using cytoplasmic-genes male sterility lines. In monogerm hybrids a significant increase in root and sugar yield was obtained. This method is now commonly applied in Europe and in the USA. In this paper the main problems of breeding to be solved in the nearest future are outlined.

Key words: sugar beet, breeding methods, multigerm, monogerm hybrids cultivars

Burak cukrowy zaliczony został w Polsce do grupy roślin strategicznych. Uprawiany jest obecnie na powierzchni około 320 tys. ha jako surowiec do produkcji cukru. Powstają także możliwości wykorzystania buraków do produkcji etanolu w programie wykorzystania biopaliw, jako rośliny o najwyższej wydajności etanolu z 1 ha, w porównaniu do pszenicy, kukurydzy i ziemniaków.

Początkiem uprawy gatunku jest odmiana — czego nie dokona się w hodowli, nie dokona również najlepsza technologia uprawy. Hodowla buraka cukrowego w Polsce ma ponad stuletnią tradycję charakteryzującą się znacznymi dokonaniem.

Pierwszą placówkę hodowli buraków cukrowych założył w 1872 roku Julian Dobrzański w Budziszowicach. Później Dobrzańscy prowadzili hodowlę buraków pastewnych, którą kontynuował przez 40 lat w Polanowicach koło Krakowa wybitny hodowca inż. Zygmunt Mazurkiewicz.

Wśród wielu powstających firm hodowlanych największe osiągnięcia w hodowli odmian buraka cukrowego miała firma „Hodowla Nasion A. Janasz i Sp.” założona w 1885 roku. Wyhodowane zostały odmiany oryginalne AJ-1 (typ C) o najwyższej w świecie zawartości cukru, AJ-2 (typ C) oraz AJ-3 i AJ-4 (typ CN).

Duże osiągnięcia hodowlane miała również firma K. Buszczyńscy i Synowie. Najbardziej znane odmiany tej firmy to MLR (typ C) i CLR — odmiana odporna na chwościk.

Materiały hodowlane tych odmian przetrwały do dziś i są wykorzystywane w programach hodowlanych w kraju oraz w Europie i Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej.

W metodach hodowli buraków cukrowych w Polsce wyróżnić można kilka etapów.

Do lat pięćdziesiątych ubiegłego stulecia hodowane były wyłącznie diploidalne populacyjne odmiany wielokielkowe. Odmiany charakteryzowały się wysoką i bardzo wysoką zawartością cukru. Plon korzeni był istotnie niższy od odmian uprawianych obecnie.

Znaczący wzrost plonu przyniosło opracowanie metody wytwarzania form tetraploidalnych buraków przy pomocy kolchicyny (mutacje genomowe). Były to pierwsze w Polsce pionierskie prace prof. dr A. Filutowicza, które stały się podstawą wyhodowania w kraju tetraploidów, a później odmian poliploidalnych (anizoploidalnych) — buraka cukrowego. Uzyskane tetraploidy nie były jak się spodziewano bardziej wydajne niż diploidy. Wzrost plonownia otrzymano dopiero po krzyżowaniu komponentów diploidalnych z tetraploidalnymi, w wyniku którego uzyskiwano potomstwo triploidalne. U gatunku *B. vulgaris* bariera sterility nie oddziela di- i tetraploidalnych form przy krzyżowaniu a interakcja między genomami o różnym stopniu ploidalności wpływa dodatkowo na wzrost plonu korzeni. Stosując tę metodę wyhodowano szereg cennych odmian, pierwsze Poli-IHAR, Tetra-Tri-Polanowice, później Policama i AJ-Poly-1 oraz szereg odmian burak pastewnego.

Doświadczenia z zakresu metody otrzymywania i hodowli form poliploidalnych Oddział IHAR w Bydgoszczy przekazywał Stacjom Hodowli Buraka Cukrowego i Pastewnego. Należy tu wymienić duże zasługi prof. A. Kuźdowicza, który przez wiele lat

był stałym doradcą w Stacjach Hodowli w Straszku i Śmiłowie w zakresie cytologii i selekcji tetraploidów.

Formy tetraploidalne są cenne i wykorzystywane do dziś jako zapylacze do jednokielkowych odmian mieszańcowych, gdyż poliploidalność zwiększa możliwości kombinacyjne wszystkich cech i daje podstawy do intensywnej selekcji. Przeważają u tetraploidów heterozygoty, z których uzyskuje się różnymi metodami formy posiadające kombinacje korzystnych alleli.

Największym wyzwaniem dla hodowców była konieczność otrzymania odmian genetycznie jednokielkowych pozwalających na pełną mechanizację uprawy buraka cukrowego. Czynnikiem coraz bardziej ograniczającym uprawę odmian wielokielkowych była duża pracochłonność, wymagająca znacznego nakładu kosztownej pracy ręcznej (300–400 godz. na ha).

Wyjściowe formy jednokielkowe to kilka roślin — mutantów, które znaleziono w latach 30. i 40. ubiegłego wieku w Związku Radzieckim i Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej. Zbadany został sposób dziedziczenia jednokielkowości, który uwarunkowany jest monogenicznie recesywnym genem *m* (Savitsky, 1952, 1958). Formy częściowo jednokielkowe znaleziono także wśród 500000 nasienników wielokielkowych w Instytucie do Badań nad Burakiem w Kleinwanzleben (dawna NRD). Poprzez selekcje otrzymano rośliny jednokielkowe, które wykorzystane były do hodowli, także wspólnych odmian niemiecko-polskich. W wyniku realizowanego od 1968 roku wspólnego programu hodowli, którego uczestnikami byli HBC i IHAR Oddział w Bydgoszczy, otrzymano 65 mieszańców próbnych, z których zarejestrowano 13 odmian. Najbardziej znane to odmiany PN-mono 1 i PN-mono 4. W 1988 roku odmiany te uprawiane były na powierzchni 600 tys. ha w obydwu krajach (Röstel, 2003).

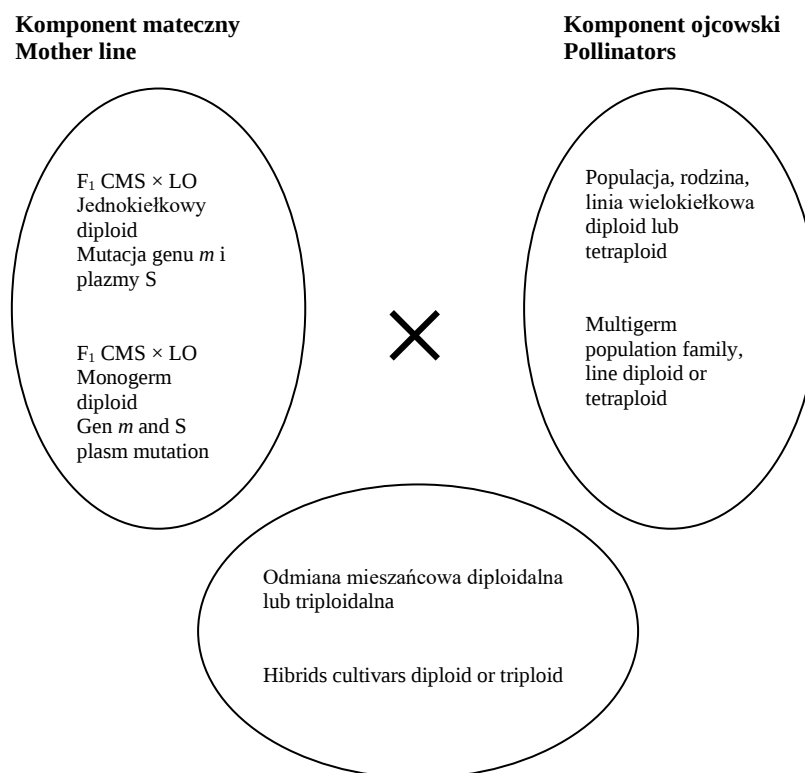
Hodowla wspólnych odmian pokrywała całkowicie przez pewien okres zapotrzebowanie naszego rolnictwa i dała czas polskim hodowcom na opracowanie własnych materiałów hodowlanych.

Największy postęp w hodowli odmian jednokielkowych buraków cukrowych, a także pastewnych uzyskano stosując metodę tworzenia mieszańców z wykorzystaniem form cytoplazmatycznie-genowo męskosterylnych, niewytwarzających pyłku jako komponentów macecznych. Metoda ta pozwala na uzyskanie 100% roślin mieszańcowych.

Rośliny cytoplazmatycznie-genowo męskosterylne (CMS) pojawiły się również w wyniku mutacji. Znaleziono zostały przez Owena, który zbadał również genetyczne uwarunkowania tej cechy (Owen, 1945). Zgodnie z wynikami jego badań, pyłku nie wytwarzają rośliny, które mają zmutowaną plazmę S oraz dwie pary recesywnych genów jądrowych *xx zz*. Dla rozmnażania męskosterylnych roślin konieczne są tzw. linie O, które mają płodny pyłek, nie zmutowaną plazmę N i dwie pary genów recesywnych *xx zz*. Rośliny takie występują w populacjach jednokielkowych w liczbie ok. 3%–5%, a znajduje się je w wyniku testowania. Krzyżuje się rośliny CMS parami w izolatorach z płodnymi roślinami jednokielkowymi. Potomstwa roślin z tych krzyżowań, które mają sterylny pyłek wskazują, że dawca pyłku jest poszukiwaną linią O (genotyp *N xx zz*).

Linie takie są bardzo ważne w stosowanej syntezie mieszańców buraka, gdyż służą do stałego rozmnażania komponentu maticznego oraz do wprowadzania korzystnych cech, czyli ulepszania linii męskosterylnych.

Schemat syntezy odmian jednokielkowych przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Schemat syntezy jednokielkowych mieszańcowych odmian buraka cukrowego
Fig. 1. The breeding schemes for sugar beet monogerm hybrids cultivars

Omówione pochodzenie źródła jednokielkowości i męskiej sterylności wskazuje na bardzo wąską podstawę genetyczną formy maticznej mieszańców. Dlatego konieczne było i jest stałe ulepszanie linii O poprzez krzyżowania i selekcję. Zabiegi te są bardzo pracochłonne i kosztowne. Wymagają izolowania corocznie tysięcy roślin, ich rozmnażania i oceny potomstw na pożądane cechy tak w pierwszym jak i w drugim roku wegetacji. Konieczne jest posiadanie szklarni, izolatorów różnych typów, kabin izolacyjnych i przechowalni korzeni oraz odpowiednio dużych środków finansowych a także doświadczonej kadry.

Powszechnie stosowany i konieczny, szczególnie w hodowli linii O, jest chów wsobny, który jest pewną metodą gromadzenia korzystnych alleli. Powstałe na tej drodze linie samozgodne, po odrzuceniu linii o bardzo silnej depresji, pozwalają na wodrębnienie

z materiałów wyjściowych podlinii o pożądanej zmienności cech w celu uzyskania maksymalnego efektu heterozji i korzystnych cech biologicznych nasion. Samozgodność chroni jednocześnie wyselekcjonowane materiały przed niepożądanymi zapyleniami i gwarantuje stabilność genotypów użytych do syntezy mieszańców.

Największą zmiennością charakteryzują się dotychczas wielokielkowe materiały hodowlane, które stanowią komponent ojcowski mieszańców. Selekcjonowane są stale, z zasady, metodą rodowodową z oceną potomstw. Wprowadza się także, stosując metody *in vitro* linie dihaploidalne, które po ocenie i selekcji pożądanych rekombinacji stanowią materiał do syntezy nowych zapylaczy (form ojcowskich). Prowadzony jest również chów wsobny materiałów wielokielkowych.

Bardzo istotnym elementem w metodzie syntezy mieszańców jest ocena ogólnej i swoistej zdolności kombinacyjnej. Corocznie przeprowadza się krzyżowania komponentów, by później w roku następnym ocenić w doświadczeniach porównawczych tysiące kombinacji krzyżówkowych, w celu wyboru najlepszych, odpowiadających założeniom realizowanego programu. Po wyborze najlepszych kombinacji skrzyżowań testowych przeprowadzana jest na plantacjach w Europie południowej (Francja, Włochy, Grecja, Słowenia), a także w USA synteza mieszańców i zbiór nasion handlowych. U buraków cukrowych mieszańce są jak dotąd trójliniowe. Komponent mateczny stanowi jeden lub kilka mieszańców pojedynczych linii ($F_1CMS \times LO$), zapylacz (komponent ojcowski) to zestaw rodzin, mieszanina grup lub linii z chowu krewniaczego tetra, a ostatnio również diploidalnych. Do syntezy wykorzystywane jest jedyne źródło męskiej sterylności Owena.

W wyniku tak prowadzonej syntezy otrzymujemy 100% nasion mieszańcowych zbieranych z jednokielkowego komponentu matecznego.

Wprowadzenie metody hodowli mieszańców odmian jednokielkowych wykorzystujących zjawiska heterozji spowodowało istotny wzrost plonu korzeni i plonu cukru, widoczny szczególnie w ostatniej dekadzie XX wieku i latach 2001–2003 (Wyniki porejestrowych doświadczeń odmianowych COBORU).

Oprócz podstawowych cech użytkowych wyraźnej poprawie uległy biologiczne cechy nasienników i nasion. Udoskonalona została istotnie technologia otoczkowania i inkrustowania nasion. W efekcie wysiew nasion na ha uległ zmniejszeniu. Na większości areału upraw buraka cukrowego nasiona wysiewane są co 18 cm w rzędzie, czyli na stan końcowy obsady w liczbie 100000 nasion na ha.

Wyhodowanie jenokielkowych odmian mieszańcowych buraka cukrowego uznać należy za pionierskie osiągnięcie w dorobku światowej hodowli.

W latach następnych, głównymi celami w pracach hodowlanych u buraków cukrowych i pastewnych także będą:

- hodowla odmian odpornych na rizomanię, chwościk buraka, suchą zgniliznę korzeni i zgorzel siewek powodowaną przez *Aphanomyces cochlidioides*. Odmiany hodowane będą na tzw. odporność wielokrotną.
- zmniejszenie zawartości melasotworów w korzeniach buraka,
- hodowla odmian tolerancyjnych na warunki suszy,

— selekcja genotypów poprawiających parametry plonów (płytką bruzda korzeniowa, mniejsza przyczepność gleby w czasie zbiorów), szybki wzrost roślin w pierwszych miesiącach wegetacji.

Dla przyspieszenia realizacji tych zadań są i będą wykorzystywane kultury *in vitro*, diagnostyka molekularna, badania genomu oraz inżynieria genetyczna.

Analizując wyniki uzyskane w ostatniej dekadzie w hodowli kukurydzy (Adamczyk i in., 2003), należy podjąć próbę hodowli mieszańców pojedynczych buraka cukrowego. Otrzymanie mieszańców o wysokiej wydajności jest możliwe (niepublikowane dane eksperymentalne).

U mieszańców pojedynczych realizacja wymienionych wyżej celów hodowli byłaby łatwiejsza, szczególnie w przypadku wprowadzania cech odpornościowych.

Niezależnie od stosowanej metodyki hodowla buraka cukrowego wymagać będzie w dalszym ciągu dużych nakładów finansowych, wsparcia jednostek naukowych oraz talentu i zaangażowania hodowców.

LITERATURA

- Adamczyk J., Cygert H., Czajczyński J. 2003. 50 lat hodowli kukurydzy mieszańcowej w Polsce — dorobek i perspektywy. Biul. IHAR 230: 423 — 431.
- Owen F. V. 1945. Cytoplasmically inherited male sterility in sugar beets. J. Agric Res., 71; 10: 423 — 440.
- Savitsky V. F. 1952. Methods and results of breeding work monogerm beets. Proc. Am. Soc. Sug. Beet Techn.: 339 — 342.
- Savitsky V. F. 1958. Genetische Studien und Züchtungsmethoden bei monogermen Rüben Zeit. Pflanzenzüchtung 40. 1 — 36.
- Röstel H. J. 1962. Ergebnisse der Züchtung und des Anbaues monokarper Zückerrüben. Deutsch Landwirtsch. 13: 590 — 593.
- Röstel H. J. 2003. Wysokowydajne jednokielkowe odmiany buraka cukrowego otrzymane w współpracy między byłą NRD i Polską (tłumaczone na j. polski przez organizatorów). Materiały z Konferencji z okazji 35 lat współpracy pomiędzy Kutnowską Hodowlą Buraka Cukrowego i KWS SAAT AG i ZKW Züchtungsgesellschaft GmbH — Śmiłów 26–27.06.2003.

BARBARA SKIBOWSKA

Zakład Genetyki i Hodowli Roślin Korzeniowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Bydgoszczy

Selekcja samozgodnych genotypów w diploidalnych populacjach wielonasiennych buraka cukrowego

Selection of self-compatible genotypes in multigerm diploid populations of sugar beet

Diploidalne jednonasienne odmiany buraka cukrowego są heterozyjnymi mieszańcami między komponentem męskosterylnym i diploidalnym wielonasiennym zapylaczem. W hodowli heterozyjnych odmian warunkiem sukcesu są wartościowe homozygotyczne linie rodzicielskie uzyskane przez chów wsobny i wykorzystywane do produkcji mieszańców o wysokiej wartości użytkowej oraz wiernym plonowaniu w zróżnicowanych warunkach glebowo-klimatycznych. Podjęte badania są istotne, ze względu na tendencję do uprawy diploidalnych odmian buraka cukrowego, które pod względem wartości użytkowych dorównują odmianom triploidalnym. Selekcja roślin samozgodnych pozwala na uzyskanie wartościowych linii homozygotycznych buraka. Samozapylenia i identyfikację roślin samozgodnych przeprowadzono w potomstwie roślin pochodzących z populacji oraz ze skrzyżowań parami wielonasiennych diploidalnych buraków. W potomstwach pochodzących z populacji nasiona po samozapyleniu zawiązało od 2,0 do 25,0% roślin w generacji S_1 i 26,7% roślin w generacji S_2 , a w potomstwach uzyskanych ze skrzyżowań parami roślin tego samego pochodzenia od 2,6 do 66,7% roślin w generacji S_1 i od 4,0 do 36,0% roślin w generacji S_2 . W generacji S_1 stwierdzono znaczny odsetek (15,9%) nasion z wykształconą tylko owocnią. Wyselekcjonowano również potomstwa generacji S_2 o zielonej barwie hipokotylu, które można wykorzystać do oceny stopnia przekrzyżowania roślin oraz kontroli czystości linii.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, diploidy, linie samozgodne

Monogerm diploid sugar beet varieties are hybrids between CMS lines and multigerm diploid pollinators. In creating sugar beet hybrids inbreeding is necessary to obtain suitable parental lines. These lines should possess valuable agronomic traits associated with a high combining ability. The investigations described in this paper are of great importance because of the recent tendency to produce diploid varieties that are comparable to triploid ones. The aim of the work was to select highly self-compatible plants originated from a population as well as from pair crosses of diploid plants. In progenies coming from the population seed setting after self-pollination ranged from 2% to 25% in S_1 generation, while in S_2 generation it was 26.7%. In progenies originated from pair-crossed plants of the same origin seed setting of S_1 generation varied in the range 2.6% to 66.7%, and from 4 to 36% in S_2 . In S_1 a high proportion of seeds (15.9%) with only well developed pericarp was noted. Moreover,

progenies of S₂ generation showing a green-coloured hypocotyl were selected. These can be used for evaluating a crossing level and identifying selected lines.

Key words: diploids, self-compatible lines, sugar beet

WSTĘP

Diploidalne jednonasienne odmiany buraka cukrowego są heterozyjnymi mieszańcami między komponentem męskosterylnym i diploidalnym wielonasiennym zapylaczem. W hodowli heterozyjnych odmian warunkiem sukcesu są homozygotyczne linie rodzicielskie uzyskane przez chów wsobny i wykorzystywane do produkcji mieszańców o wysokiej wartości użytkowej oraz wiernym plonowaniu w zróżnicowanych warunkach glebowo-klimatycznych.

Selekcja roślin samozgodnych pozwala na uzyskanie wartościowych linii homozygotycznych buraka. Podjęte badania są istotne, ze względu na tendencję do uprawy diploidalnych odmian buraka cukrowego, które pod względem wartości użytkowych dorównują odmianom triploidalnym (Bober, 1997; Burba i Jansen, 2000; COBORU, 2004). Badania Jassemę i Sadowskiego (1995) i Słomy (2002) wskazują na możliwość produkcji diploidalnego materiału siewnego buraka o dobrych parametrach jakościowych w południowo-zachodnich i zachodnich rejonach kraju oraz w rejonie Elbląga.

MATERIAŁ I METODY

W celu otrzymania ustabilizowanych homozygotycznych zapylaczy niezbędne jest wyodrębnienie diploidalnych genotypów buraka o wysokim stopniu samozgodności. Testowanie na samozgodność przeprowadzono w potomstwie wielonasiennych diploidalnych buraków pochodzących z populacji, które oznaczono symbolem DL i ze skrzyżowań parami oznaczonych jako ZN. Materiały te były wcześniej selekcjonowane na wysoką zawartość cukru oraz dobre plonowanie. Identyfikację samozgodnych roślin i ocenę stopnia samozgodności prowadzono przez dwie generacje na podstawie zawiązywania nasion po wymuszonym zapyleniu w izolatorach.

Do badań wykorzystano również opracowaną metodę polegającą na obserwacji w mikroskopie fluorescencyjnym wzrostu łagiewek pyłkowych na znamieniu i w szyjce słupka po samozapyleniu w kontrolowanych warunkach. Metoda ta pozwala określić na początku kwitnienia samozgodne genotypy i wskazać rośliny do izolowania (Szota i Skibowska, 2002).

Nasiona generacji S₁ zabrane z roślin izolowanych wysiano punktowo do skrzynek w szklarni pod koniec września. Obliczono liczbę uzyskanych siewek generacji S₁ a następnie w selekcjonowanym materiale na podstawie zabarwienia hipokotyłu określono procent roślin homozygotycznych i heterozygotycznych pod względem tej cechy. Po samozapyleniu w niektórych potomstwach generacji S₁ obok roślin heterozygotycznych o różowym zabarwieniu hipokotyłu (Rr) wystąpiły również rośliny homozygotyczne o zielonym (rr) i karminowym (RR) zabarwieniu hipokotyłu.

Zjarowizowane sadzonki generacji S_1 wysadzono w pole i po przeprowadzeniu oceny cech fenotypowych ponownie zaizolowano w celu otrzymania pokolenia S_2 . Nasiona potomstwa generacji S_2 wysiano w polu dla uzyskania korzeni i indywidualnej oceny ich cech morfologicznych oraz określenia plonu i zawartości cukru. Najlepsze potomstwa zostaną wybrane do skrzyżowań z linią CMS dla zbadania zdolności kombinacyjnej.

WYNIKI I DYSKUSJA

Selekcja prowadzona na zróżnicowanym pod względem stopnia samozgodności materiale wskazuje na możliwość wyboru roślin w wysokim stopniu samozgodnych. Ogółem testowano na samozgodność 688 roślin w tym 65 roślin przy zastosowaniu metody fluorescencyjnej.

W potomstwie roślin pochodzących z populacji zaizolowano pędy 325 roślin, a nasiona w liczbie od 5 do 443 sztuk zawiązało 11 roślin. Najwięcej roślin w wyniku samozapylenia otrzymano w populacji DL 5/00. W uzyskanych potomstwach generacji S_1 i S_2 nie stwierdzono roślin homozygotycznych o zielonej barwie hipokotyłu (rr), tylko w jednym potomstwie wsobnym pochodzącym z DL 5/00 wystąpiły rośliny o karminowej (RR) barwie hipokotyłu w 3,4%. W kolejnych generacjach wsobnych tej populacji odsetek roślin zawiązujących nasiona był zbliżony i wynosił odpowiednio 25% w generacji S_1 i 26,7% w S_2 (tab. 1).

Tabela 1

Ocena stopnia samozgodności potomstw generacji S_1 i S_2 zapylaczy buraka cukrowego pochodzących z populacji
Evaluation of self-compatibility in of sugar beet S_1 and S_2 generations of pollinators originated from a population

Materiał Material	Liczba zaizolowanych roślin Number of isolated plants		Rośliny wiążące nasiona (%) Per-cent of seed setting plants	
	S_1	S_2	S_1	S_2
DL 1/00	120	—	0,0	—
DL 2/00	80	—	3,7	—
DL 3/00	101	—	2,0	—
DL 5/00	24	15	25,0	26,7
Ogółem Total	325	15	—	—

Po zaizolowaniu pędów kwiatowych 363 roślin pochodzących ze skrzyżowań buraków parami nasiona w liczbie od 5 do 276 sztuk zawiązały 93 rośliny. W tych materiałach odsetek roślin generacji S_1 wiążących nasiona z poszczególnych skrzyżowań parami wynosił od 2,6% (ZN 39/00) do 66,7% (ZN 29/01), (tab. 2). Tylko z krzyżówki ZN 25/01 nie otrzymano nasion po zaizolowaniu 21 roślin. Na podstawie analizy nasion potomstw generacji S_1 pochodzących ze skrzyżowań parami ZN 36/00, ZN 9/01, ZN 11/01, ZN 13/01, ZN 29/01 i ZN 32/01 stwierdzono kłębki prawidłowo wykształcone oraz kłębki z rozwiniętą tylko owocnią.

W potomstwach (S_1) roślin pochodzących ze skrzyżowań parami wystąpiły rośliny heterozygotyczne (Rr) oraz homozygotyczne o zielonej (rr) i karminowej barwie

hipokotyłu (RR). Procentowy udział roślin homozygotycznych i heterozygotycznych pod względem barwy hipokotyłu u losowo wybranych pięciu potomstw generacji S_1 , pochodzących z trzech krzyżówek parami przedstawiono na rysunku 1. Znaczne zróżnicowanie potomstw pod względem selekcionowanej cechy umożliwia wybór genotypów generacji S_2 o zielonej i karminowej barwie hipokotyłu.

Tabela 2

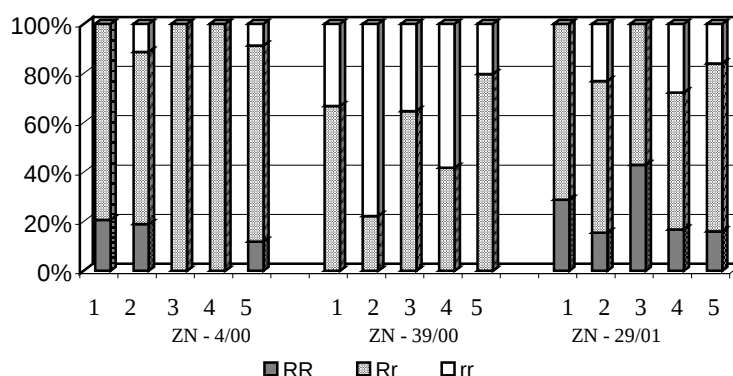
Ocena stopnia samozgodności potomstw generacji S_1 i S_2 zapylaczy buraka cukrowego pochodzących ze skrzyżowań parami
Evaluation of self-compatibility in sugar beet S_1 and S_2 generations of pollinators originated from pair crosses

Materiał Material	Liczba zaizolowanych roślin Number of isolated plants		Rośliny wiążące nasiona (%) Per-cent of seed setting plants	
	S_1	S_2	S_1	S_2
ZN4/00	24	85	20,8	22,3
ZN30/00	25	12	16,0	16,7
ZN31/00	26	25	34,6	36,0
ZN36/00	24	27	50,0	11,1
ZN38/00	24	22	4,2	4,5
ZN39/00	27	66	2,6	6,1
ZN4/01	23	—	39,1	—
ZN9/01	17	30	11,8	6,7
ZN10/01	18	24	27,7	29,2
ZN11/01	17	20	11,8	5,0
ZN13/01	21	25	19,0	4,0
ZN15/01	13	—	23,1	—
ZN18/01	17	23	23,5	26,1
ZN21/01	11	—	18,2	—
ZN25/01	21	—	0,0	—
ZN29/01	21	65	66,7	15,4
ZN32/01	22	6	18,2	16,7
ZN33/01	20	25	30,0	36,0
Ogółem Total	363	455	—	—

W wyniku chowu wsobnego i selekcji można uzyskać ustabilizowane linie buraka o korzystnych cechach oraz wyodrębnić linie homozygotyczne pod względem barwy hipokotyłu (zielonej rr i karminowej RR). Barwa hipokotyłu buraka jest wykorzystywana jako pomocnicze kryterium przy ocenie stopnia przekrzyżowania roślin oraz kontroli czystości linii. Z barwą hipokotyłu są skorelowane niektóre korzystne cechy gospodarcze jak plon i zawartość cukru oraz cechy fizjologiczne, co może być wykorzystane w hodowli (Szota, 1968).

Uzyskanie wartościowych homozygotycznych diploidalnych linii wykorzystywanych jako zapylacze do syntezy odmian jest ważne, ze względu na coraz większy udział diploidalnych odmian zgłaszanych do badań COBORU i rejestracji (COBORU, 2004). Na korzyść odmian diploidalnych, dorównującym odmianom triploidalnym przemawia również możliwość ich reprodukcji w polskich warunkach klimatycznych (Jassem i Sadowski, 1995; Słoma, 2002). Produkcja nasion w kraju jest tańsza niż w Europie Południowej oraz nie ma zagrożenia tworzenia burakochwastów w wyniku krzyżowania

z dzikim podgatunkiem *Beta maritima* L. Ponadto diploidalne zapylacze nie wykazują zaburzeń w mejozie charakterystycznych dla tetraploidów. Brak stabilizacji cyto-genetycznej tetraploidów powoduje tworzenie w mieszańcach triploidalnych aneuploidów o obniżonym plonie korzeni i niższej zawartości cukru, oraz niejednorodnym kształcie korzenia utrudniającym mechaniczny sprzęt (Bosemark, 1966; 1993; Szota, 1977).



Rys. 1. Procent roślin homozygotycznych i heterozygotycznych pod względem zabarwienia hipokotylu w diploidalnych zapylaczach generacji S₁

Fig. 1. Percentage of homozygous and heterozygous plants as related to hypocotyl colour in diploid pollinators S₁ generation

Inną metodą uzyskiwania homozygotycznych linii buraka cukrowego jest indukcja gynogenezy *in vitro* u różnych form buraka, roślin płodnych, roślin o genotypie linii O jak również męskosterylnych (Gośka, 1997; Svirshchetskaya i Doležel, 2000). Metoda ta umożliwia otrzymanie haploidów i po podwojeniu chromosomów homozygotycznych diploidów w ciągu jednego pokolenia. Słabe zawiązywanie nasion o niskiej zdolności kiełkowania ogranicza w znacznym stopniu wykorzystanie podwojonych haploidów dla uzyskania linii homozygotycznych. Powyższą metodę zastosowano również dla otrzymania dihaploidów z tetraploidalnych form buraka cukrowego wykorzystywanych jako komponent ojcowski w odmianach heterozyjnych (Svirshchetskaya, 2001; Gośka i in., 2003).

O przydatności dihaploidalnych linii jako zapylaczy w hodowli diploidalnych odmian heterozyjnych buraka cukrowego decyduje ich wartość użytkowa i zdolność kombinacyjna.

WNIOSKI

W materiałach wielonasiennych diploidalnych buraków cukrowych zidentyfikowano rośliny samozgodne, zawiązujące nasiona po wymuszonym samozapyleniu.

- W potomstwach pochodzących z populacji nasiona po samozapyleniu zawiązało od 2,0% do 25,0% roślin generacji S_1 i 26,7% roślin generacji S_2 .
- W potomstwach uzyskanych ze skrzyżowań parami roślin tego samego pochodzenia nasiona po samozapyleniu zawiązało od 2,6 do 66,7% roślin generacji S_1 i od 4,0 do 36,0% roślin generacji S_2 . W generacji S_1 stwierdzono znaczny odsetek (15,9%) nasion z wykształconą jedynie owocnią.
- Wyselekcjonowane w generacji S_2 potomstwa o zielonej barwie hipokotyłu, mogą być wykorzystane w hodowli buraka dla oceny stopnia przekrzyżowania roślin oraz kontroli czystości linii.

LITERATURA

- Bober K. 1997. Oszacowanie zdolności kombinacyjnej zapylaczy do produkcji genetycznie jednonasiennych odmian buraka cukrowego. Biul. IHAR 203: 159 — 183.
- Bosemark O. 1966. On the origin and consequences of aneuploidy in triploid and tetraploid sugar beet. J. Intern. Inst. Sugar Beet Res. 2: 9 — 34.
- Bosemark O. 1993. Genetics and breeding. In: The Sugar Beet Crop. Ed. Cooke and Scott.: 74 — 86.
- Burba M., Jansen R. 2000. Geschichte. Gegenwärtiger Stand und künftige Perspektiven der Qualitätszüchtung bei Zuckerrüben. Zuckerind.: 591 — 602 (Teil I) und 803 — 814 (Teil II).
- COBORU. 2004. Lista odmian roślin rolniczych i warzywnych.: 9 — 10.
- Gośka M. 1997. Haploidy i podwojone haploidy buraka cukrowego (*Beta vulgaris* L.) oraz możliwości ich wykorzystania w hodowli. Rozprawy i Monografie Naukowe IHAR 2: 1 — 81.
- Gośka M., Kresińska T., Strycharczuk K. 2003. Wykorzystanie gynogenezy *in vitro* dla uzyskania dihaploidów buraka cukrowego. II Krajowy Kongres Biotechnologii. Łódź: 135.
- Jassem M., Sadowski. 1995. Factors influencing the quality of sugar beet seed produced in Poland. 58th Congress of II RB: 64 — 70.
- Słoma B. 2002. Wartość nasienna odmian buraków cukrowych reprodukowanych w zróżnicowanych warunkach agroekologicznych. Biul. IHAR 222: 165 — 170.
- Szota M. 1977. Zaburzenia w mikrosporogenezie a płodność roślin poliploidalnych. Część I. Przebieg mikrosporogenezy u buraków 2x, 3x 4x, kapusty pastewnej 4x i mieszańca kapusty pastewnej 4x z kapustą głowiastą i jej wpływ na płodność. Hod. Rośl. Aklim. 21: 33 — 46.
- Szota M., Skibowska B. 2002. Wykorzystanie mikroskopii fluorescencyjnej do identyfikacji samopłodności buraka cukrowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 488: 233 — 237.
- Szota Z. 1968. Badania nad heterozją u buraków cukrowych w oparciu o linie homozygotyczne pod względem barwy hipokotyłu. Hod. Rośl. Aklim. 12: 481 — 521.
- Svirshchevskaya A. 2001. New germplasm through gynogenesis in sugar beet. In: Broad variation and precise characterization-limitation for the future. Eucarpia: 100 — 105.
- Svirshchevskaya A., Dolezel J. 2000. Production and performance of gynogenetic lines cultured *in vitro*. J. Am. Soc. Sugar Beet Techn. 37, 4: 117 — 133.

MARIA GOŚKA¹TERESA KRYSIŃSKA²KRYSTYNA STRYCHARCZUK²¹ Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Bydgoszczy² Kutnowska Hodowla Buraka Cukrowego, Stacja Hodowli Roślin, Straszaków

Wykorzystanie gynogenezy *in vitro* dla uzyskania dihaploidów buraka cukrowego

The use of *in vitro* gynogenesis for obtaining sugar beet dihaploids

Metoda kultur *in vitro* niezapłodnionych zalążków buraka cukrowego może być z powodzeniem stosowana do otrzymania dihaploidów z tetraploidalnych zapylaczy. Wytworzenie dihaploidalnych linii stwarza możliwość uzyskania nowej zmienności z uwagi na wysoką heterozygotyczność tetraploidów. Zalążki tetraploidalnych zapylaczy buraka cukrowego — typu normalnego, cukrowo-normalnego i cukrowego inkubowano na pożywce inicjalnej (MS) zawierającej 1 mg·l⁻¹ BAP i 0,1 mg·l⁻¹ NAA. Genotyp rośliny rodzicielskiej był czynnikiem determinującym zdolność do gynogenezy. Odsetek zalążków tworzących rośliny, w zależności od genotypu, wahał się od 0,2 do 2,0%. Wyższą zdolność do regeneracji roślin obserwowano u typu cukrowo-normalnego, nieco niższą u typu cukrowego i normalnego. Analizy ploidalności otrzymanych regenerantów z niezapłodnionych zalążków wykazały obecność 98,5% roślin diploidalnych i 1,5% tetraploidalnych. Linie dihaploidalne otrzymane z zalążków różnych genotypów były zróżnicowane pod względem cech morfologicznych.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, dihaploidy, kultury *in vitro*, niezapłodnione zalążki

The *in vitro* cultures of unpollinated ovules can be successfully used for obtaining dihaploids from tetraploid pollinators. Dihaploid lines from tetraploid pollinators give the feasibility to obtain a new variation from high heterozygous tetraploid materials. Ovules of tetraploid pollinators of sugar beet — N-type, ZN-type and Z-type were used as plant material in the studies. They were incubated on initial medium (MS) with 1 mg·l⁻¹ BAP and 0.1 mg·l⁻¹ NAA. A parental plant genotype affected the ability of gynogenesis. The percentage of plants obtained from ovules varied between 0.2 and 2%. The higher ability of plant regeneration was observed with ZN-type, the lower one was observed with Z-type and N-type. Analysis of ploidy levels of plants obtained from unpollinated ovules showed a 98.5% share of diploids and a 1.5% share of tetraploids. Dihaploid lines obtained from ovules of various genotypes differed in morphological traits.

Key words: dihaploids, *in vitro* culture, sugar beet, unpollinated ovules

WSTĘP

W hodowli odmian heterozyjnych buraka cukrowego wykorzystywane są di- i tetraploidalne wielonasiennie zapylacze. Tetraploidalne zapylacze dają z reguły wyższy efekt heterozji na poziomie triploidalnym w porównaniu do mieszańców diploidalnych. Jednak produkcja triploidalnych mieszańców w naszych warunkach klimatycznych jest kłopotliwa, ponieważ nie można uzyskać nasion o wysokiej wartości siewnej. Spowodowane jest to w znacznym stopniu brakiem stabilności cytogenetycznej tetraploidalnych zapylaczy.

Obecnie hodowcy tworzą odmiany diploidalne oparte na liniach wsobnych matecznych. Ze względu na obcopylność buraka uzyskanie linii homozygotycznych przez chów wsobny wymaga 5–6 lat. Dzięki opracowanej metodzie uzyskiwania podwojonych haploidów w kulturach *in vitro* można okres ten skrócić do 2 lat, omijając wieloletni chów wsobny (Gońska, 1997). Metoda ta pozwala również na otrzymanie z tetraploidalnych zapylaczy linii dihaploidalnych, stabilnych cytogenetycznie. Wytworzenie linii dihaploidalnych stwarza także możliwość uzyskania nowej zmienności z uwagi na wysoką heterozygotyczność tetraploidów.

Celem pracy było uzyskanie dihaploidów w kulturach *in vitro* z niezapłodnionych zalążków tetraploidalnych wielonasiennych zapylaczy. Po przeprowadzonej selekcji wartościowe linie dihaploidalne mogą być włączone do programu hodowlanego diploidalnych odmian mieszańcowych buraka cukrowego.

MATERIAŁ I METODY

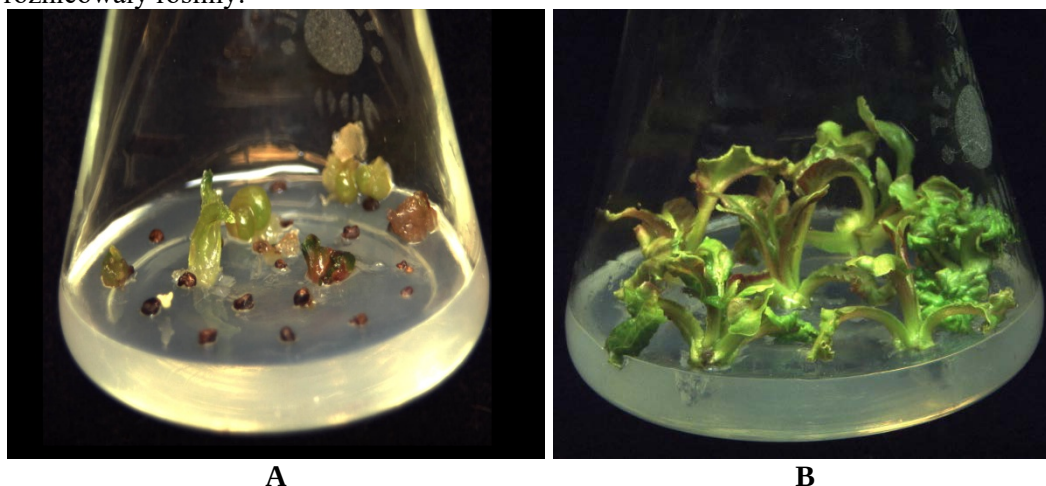
Materiałem wyjściowym do badań były wielonasiennie tetraploidalne zapylacze buraka cukrowego — typu normalnego (5 linii), cukrowo – normalnego (4 linie) i cukrowego (5 linii) pochodzące z Kutnowskiej Hodowli Buraka Cukrowego — Stacji Hodowli Roślin w Straszku. Zalążki do kultur *in vitro* pobierano z roślin rosnących w szklarni i w warunkach polowych. Kwiatostany sterylizowano przez 20 min. w 5% roztworze podchlorynu wapnia i następnie płukano trzykrotnie sterylną wodą. Pod mikroskopem stereoskopowym izolowano zalążki z pięciu zamkniętych pąków znajdujących się na pędzie powyżej kwiatu w stadium antezy. Niezapłodnione zalążki pobierano z pąków kwiatowych przez nacięcie zalążni od strony dna kwiatowego i wykładano na pożywkę inicjalną Murashige i Skooga (MS, 1962) zawierającą $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ BAP i $0,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ NAA. Inkubację zalążków prowadzono w pokoju hodowlanym w temperaturze 25°C , w 16-godzinnym oświetleniu o natężeniu ok. $40 \text{ mol}^{-3}\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Ogółem na pożywkę wyłożono 30925 zalążków izolowanych z roślin rosnących w szklarni i 16825 zalążków z roślin rosnących w polu.

Uzyskane z zalążków rośliny przenoszono na pożywkę regeneracyjną w celu ich rozmnożenia. Namnażanie pędów prowadzono na pożywce MS z dodatkiem $0,3 \text{ mg/l}$ BAP i $0,1 \text{ mg/l}$ NAA. Po pierwszym pasażu określono ploidalność regenerantów przy użyciu cytometru przepływowego Partec PA. Prawidłowo rozwinięte pędy (powyżej 2 cm) przenoszono na pożywkę ukorzeniającą, zawierającą $0,01 \text{ mg/l}$ 2iP i $3,0 \text{ mg/l}$ IBA.

Ukorzenione w kulturach *in vitro* rośliny przesadzono do doniczek o średnicy 9 cm, zawierających mieszaninę sterylizowanej ziemi z piaskiem w stosunku 3:1 i umieszczono w kabinach o wysokiej wilgotności.

WYNIKI I DYSKUSJA

W ciągu 14 dni kultury *in vitro* stwierdzono powiększenie zalążków buraka cukrowego oraz zmianę barwy z koloru jasnego na brunatny. Po 3–8 tygodniach niektóre z nich tworzyły rośliny z korzonkiem, hipokotylem i liśćmi. Obserwowano również nietypowe struktury z grubymi i szklistymi liśćmi bez widocznego stożka wzrostu (rys. 1 A). Liściopodobne struktury po dwukrotnym pasażowaniu na pożywkę regeneracyjną różnicowały rośliny.



Rys. 1. Etapy regeneracji dihaploidów z niezapłodnionych zalążków tetraploidalnych zapylaczy buraka cukrowego: A — rośliny otrzymane bezpośrednio z zalążków, B — rośliny po przeniesieniu na pożywkę regeneracyjną

Fig. 1. Stages of dihaploid plants regeneration from unpollinated ovules of tetraploid sugar beet pollinators: A — plants obtained directly from ovules, B — plants after subculture on the regeneration medium

Genotyp rośliny rodzicielskiej był czynnikiem determinującym zdolność do gynogenezy. Odsetek zalążków tworzących rośliny wahał się od 0,2 do 2,0% (tab. 1). Wyższą zdolność do regeneracji roślin obserwowano u typu cukrowo-normalnego, nieco niższą u typu cukrowego i normalnego. Jednakże wśród badanych genotypów typu cukrowego i normalnego wystąpiły również genotypy o wyższej zdolności do regeneracji (odpowiednio 1,4% i 1,0%). Wskazuje to na możliwość uzyskania dihaploidów ze wszystkich typów użytkowych tetraploidalnych zapylaczy buraka cukrowego. Różnice w efektywności gynogenezy między różnymi genotypami obserwowali również Hosemans i Bossoutrot (1985), Doctrinal i wsp. (1989), Lux i wsp. (1990), Potyondi i Heszky (1992) oraz Goška (1997). Hosemans i Bossoutrot (1985) oraz Potyondi i Heszky (1992)

w badaniach nad otrzymaniem roślin haploidalnych wykorzystali linie męskosterylne i płodne. Stwierdzili, że zalążki pobrane z roślin męskosterylnych regenerowały częściej (3,5%) niż z płodnych (2,6%). W doświadczeniach przeprowadzonych przez Lux i wsp. (1990) analizowano około 1300 różnych genotypów płodnych jednonasiennych buraków. Autorzy uzyskali od 0% do 13% haploidów, średnio 1%. Natomiast Goška (1997) przy zastosowaniu odpowiednich warunków zewnętrznych prowadzenia kultury, optymalnej pożywki inicjalnej oraz dobrze reagujących w kulturze *in vitro* genotypów uzyskała do 31,0% regenerujących zalążków.

Tabela 1

Wpływ genotypu i warunków uprawy buraków cukrowych na efektywność gynogenezy
The influence of genotype and sugar beet cultivation on efficiency of gynogenesis

Genotyp Genotype	Szkłarnia Greenhouse			Pole Field		
	liczba wyłożonych zalążków no. of ovules	liczba roślin no. of plants	% zalążków tworzących rośliny ovules producing plants (%)	liczba wyłożonych zalążków no. of ovules	liczba roślin no. of plants	% zalążków tworzących rośliny ovules producing plants (%)
Typ cukrowy — Z-type						
T 96 148	3550	22	0,6	1400	12	0,9
T 97 094	3150	30	1,0	650	0	0
T 97 264	1950	8	0,4	925	1	0,1
T 98 060	2200	6	0,3	375	0	0
T 98 074	1325	7	0,5	775	0	0
Razem Total	12175	73	0,6	4125	13	0,3
Typ cukrowo-normalny — ZN-type						
T 96 1428	2100	11	0,5	1275	5	0,4
T 97 1186	1500	29	1,9	1875	22	1,2
T 97 1228	2675	31	1,2	1075	7	0,7
T 98 1351	2200	13	0,6	1575	31	2,0
Razem Total	8475	84	1,0	5800	65	1,1
Typ normalny — N-type						
T 95 2066	2000	7	0,4	1350	4	0,3
T 95 2079	2225	32	1,4	1250	14	1,1
T 95 2041	1275	12	1,0	1550	8	0,5
T 99 2007	2850	6	0,2	1300	5	0,4
T 99 2043	1925	7	0,4	1450	3	0,2
Razem Total	10275	64	0,6	6900	34	0,5

Z zalążka tworzyła się tylko jedna roślina, dlatego konieczne było rozmnożenie dihaploidów dla otrzymania większej ilości materiału. Do rozmnożeń wybierano tylko te linie dihaploidalne, które charakteryzowały się wysokim współczynnikiem rozmnażania. Dihaploidy otrzymane z niezapłodnionych zalążków buraka typu cukrowo-normalnego wykazywały wyższy współczynnik rozmnażania w porównaniu z dihaploidami typu cukrowego i normalnego. Rozmnażanie w warunkach *in vitro* prowadzono do piątego pasażu (rys. 1 B). Po pierwszym pasażu oznaczano stopień ploidalności roślin uzyskanych z zalążków różnych genotypów buraka cukrowego. Wśród analizowanych 330 roślin 325

było diploidami (98,5%) a 5 tetraploidami (1,5%). Dihaploidy buraka były stabilne w kulturach *in vitro*. W kolejnych rozmnożeniach wykazywały stały diploidalny poziom ploidalności.

Podczas rozmnażania na pożywce regeneracyjnej dihaploidy nie tworzyły korzeni, dlatego prawidłowo rozwinięte pędy przenoszono na pożywkę ukorzeniającą. Około 90% roślin regenerowało korzenie (rys. 2). Ukorzone w kulturach *in vitro* regeneranty wysadzono do doniczek w szklarni. Nie wszystkie rośliny przeżyły przenoszenie do ziemi. Przyjmowało się około 95% dihaploidów, zależnie od genotypu. Ogółem uzyskano 142 linie dihaploidalne buraka cukrowego, a w każdej linii po 65 roślin.



Rys. 2. Dihaploidalne rośliny buraka cukrowego na pożywce ukorzeniającej
Fig. 2. Dihaploid plants of sugar beet on the rooting medium

Wiosną wysadzono w polu 43 linie dihaploidalne typu cukrowego (ok. 2790 roślin), 61 linii typu cukrowo-normalnego (ok. 3960 roślin) i 38 linii typu normalnego (ok. 2470 roślin). Linie dihaploidalne otrzymane z różnych zalążków i różnych genotypów były zróżnicowane pod względem cech morfologicznych przy jednoczesnej jednorodności w obrębie linii. Rośliny różniły się intensywnością barwy (od jasno do ciemnozielonej) i kształtem liści, długością ogonków i szerokością blaszek liściowych oraz brzegiem blaszki liściowej (od całego do podwójnie karbowanego), (rys. 3). Dihaploidy charakteryzowały się bujnym ulistnieniem i wykształciły korzeń spichrzowy. Korzenie 142 linii dihaploidalnych buraka wykopano i umieszczono w przechowalni.



Rys. 3. Różnice morfologiczne wśród dihaploidów uzyskanych z różnych genotypów buraka cukrowego
Fig. 3. Morphological differences between dihaploid plants obtained from various genotypes of sugar beet

Na wiosnę korzenie wysadzono w izolowanych szkółkach chowu siostrzanego dla oceny cech morfologicznych i biologicznych nasienników.

W niniejszej pracy przeprowadzono obserwacje dihaploidów w pierwszym roku wegetacji. Linie dihaploidalne podobnie jak podwojone haploidy (DH), (Gośka, 1997) wykazywały duże zróżnicowanie cech morfologicznych. W dostępnej literaturze brak jest danych dotyczących uzyskania i oceny dihaploidów buraka cukrowego. Prace obejmują zagadnienia związane z otrzymaniem haploidów i podwojonych haploidów (Bossoutrot i Hosemans, 1985; Gośka, 1985; D'Halluin i Keimer, 1986; Pedersen i Keimer, 1996; Wremerth Weich i Levall, 2003) oraz oceny linii DH w warunkach polowych (Steen i in., 1988; Gram, 1989; Gośka, 1997; Svirshchevskaya i Doležel, 2000). Steen i wsp. (1988) obserwowali duże zróżnicowanie cech morfologicznych wśród linii homozygotycznych uzyskanych z haploidów. Oprócz form nieprzydatnych do dalszej hodowli znajdowali linie o prawidłowym wzroście i wysokim plonie korzeni i cukru. Podobnie Svirshchevskaya i Doležel (2000) uzyskali linie podwojonych haploidów o korzystnych cechach użytkowych, które mogą być wykorzystane w hodowli odmian mieszańcowych buraka cukrowego. Z kolei Gram (1989) stwierdził, że wyselekcjonowane linie DH z jednonasiennych diploidów oraz ich mieszańce plonowały poniżej odmiany wzorcowej (95%–99%). Gośka (1997) również obserwowała znaczne zróżnicowanie cech morfologicznych linii DH uzyskanych z jedno- i wielonasiennych diploidalnych buraków cukrowych. Podwojone haploidy w wyniku samozapylenia słabo zawiązywały nasiona (20,1%) co w znacznym stopniu ograniczało otrzymanie kolejnych generacji.

Homozygotyczne linie uzyskane z haploidów okazały się mało przydatne w hodowli buraka (Gośka, 1997) i dlatego w niniejszej pracy przedstawiono metodę uzyskiwania dihaploidów z tetraploidalnych wielonasiennych zapylaczy. Otrzymane 142 linie dihaploidalne, po ocenie cech użytkowych oraz wartości kombinacyjnej, mogą być wykorzystane jako materiały wyjściowe do tworzenia formy ojcowskiej mieszańcowych odmian buraka cukrowego.

LITERATURA

- Bossoutrot D., Hosemans D. 1985. Gynogenesis in *Beta vulgaris* L.: From *in vitro* culture of unpollinated ovules to the production of doubled haploid plants in soil. *Plant Cell Reports* 4: 300 — 303.
- D'Halluin K., Keimer B. 1986. Production of haploid sugar beets (*Beta vulgaris* L.) by ovule culture. In: *Genetic manipulation in plant breeding*. W. de Gruyter, Berlin, New York: 307 — 309.
- Doctrinal M., Sangwan R. S., Sangwan-Norreel B. S. 1989. *In vitro* gynogenesis in *Beta vulgaris* L.: Effects of plant growth regulators, temperature, genotypes and season. *Plant Cell Tis. Org. Cult.* 17: 1 — 12.
- Gośka M. 1985. Sugar beet haploids obtained in the *in vitro* culture. *Bull. Pol. Acad. Sci. Biol. Sci.* 33: 31 — 33.
- Gośka M. 1997. Haploidy i podwojone haploidy buraka cukrowego (*Beta vulgaris* L.) oraz możliwości ich wykorzystania w hodowli. *Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR, Radzików*: 1 — 81.
- Gram N. H. 1989. The use of doubled haploids in the beet breeding program. XXV General Meeting ASSBT. *J. Sugarbeet Res.* 26: A8.
- Hosemans D., Bossoutrot D. 1985. *In vitro* culture of unpollinated beet (*Beta vulgaris* L.) ovules of male sterile and male fertile plants and induction of haploid plants. In: *Experimental Manipulation of Ovule Tissues*. Plant Science. G. P. Chapmann, S. H. Mantell, R. W. Daniels. Longman, New York: 79 — 88.

- Lux H., Herrmann L., Wetzel C. 1990. Production of haploid sugar beet (*Beta vulgaris* L.) by culturing unpollinated ovules. *Plant Breeding* 104: 177 — 183.
- Murashige T., Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15: 473 — 497.
- Pedersen H. C., Keimer B. 1996. Haploids in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). In: *In vitro* haploid production in higher plants. Kluwer Acad. Publ.: 17 — 36.
- Potyondi L., Heszky L. 1992. Gynogenic haploids produced in ovule cultures of male sterile, fertile, mono- and multigerm sugar beet (*Beta vulgaris* L.) lines. *Acta Agronomica Hungarica* 41: 125 — 130.
- Steen P., Keimer B., Smed E. 1988. Homozygote lines in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *International Symposium — Eucarpia. Genetic Manipulation in Plant Breeding*. 73.
- Svirshchevskaya A., Doležel J. 2000. Production and performance of gynogenetic sugarbeet lines. *J. Sugar Beet Research* 37: 117 — 133.
- Wremerth Weich E., Leval M. W. 2003. Doubled haploid production of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). In: *Doubled Haploid Production in Crop Plants*. Kluwer Acad. Publ. 255 — 263.

DORIT BLOCH**CHRISTA HOFFMANN**

Institute of Sugar Beet Research Göttingen, Niemcy

Effect of water deficiency on the development and technical quality of some sugar beet genotypes

Wpływ niedoboru wody na rozwój i jakość technologiczną wybranych genotypów buraka cukrowego

Field trials were conducted in 2003 at Heuchelheim in the southwestern part and Wörrzig in the eastern part of Germany. In the vegetation period yield and quality of four sugar beet varieties were assessed under reinfed conditions and in the irrigated plots. Drought caused the decrease both in yield and technical quality of beet roots, mainly due to the accumulation of melassogenic compounds: sodium, α -amino N, betaine and inverted sugar. The varieties responded in a similar way to changes in soil water content. There were no interactions between beet genotypes and irrigation in relation to yield or the analyzed constituents. Thus, no genotypic differences were found to exist in the response of sugar beet to water supply.

Key words: sugar beet, irrigation, yield, technical quality

W 2003 roku, w dwóch różnych miejscowościach, w Heuchelheim na południowym zachodzie i w Wörrzig na wschodzie Niemiec, badano dynamikę wzrostu, plon i jakość zróżnicowanych genotypów buraka cukrowego na obiektach z naturalnymi opadami w danym rejonie i z dodatkowym nawadnianiem. Niedobór wody spowodował spadek plonu i niepożądaną zmianę jakości przemysłowej korzeni buraka. Wystąpił wzrost zawartości sodu, azotu alfa-aminowego, betainy i sacharozy. W ciągu wegetacji odmiany buraka reagowały w podobny sposób na zmianę wilgotności gleby. Nie stwierdzono współdziałania między genotypem a nawadnianiem w odniesieniu do plonu jak i analizowanych składników w korzeniach buraka. Wyniki wskazują zatem, że nie było różnic genotypowych w reakcji buraka na poziom zaopatrzenia w wodę.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, nawadnianie, plon, jakość przemysłowa

INTRODUCTION

The development of yield and quality in sugar beet results from the complex interrelationship of environment and variety. The environment is characterized by the site factor, comprising such variables as soil, climate and relief, and by the year factor,

expressed in the changes of weather. Both factors are additionally modified by agronomic measures (Boguslawski, 1973).

Among these environmental factors, insufficient soil moisture during summer months is the major cause of sugar beet yield losses in many beet growing regions (Ober, 2001). Additionally, drought negatively affects beet quality for processing in the sugar factory (Kenter and Hoffmann, 2002).

The seasonal development of different sugar beet genotypes was investigated under irrigated and rainfed conditions in order to evaluate if there is genetic variability for the response to drought with regard to yield and quality parameters.

MATERIAL AND METHODS

Field trials were carried out in 2003 at Heuchelheim and Wörbzig, which are located in dry areas in Germany where irrigation is a standard measure in the sugar beet production system. The trials were established with and without irrigation at both locations. The trials were two-factorial with four genotypes and four harvest dates, carried out in block designs with four replications. Soil and climatic conditions of the trial sites are specified in Table 1. The investigated genotypes were supplied by different breeding companies. The selection comprised different variety types and was expected to represent a broad range with regard to the response to water deficiency. Genotype 1 can be categorized as a high sucrose variety, genotype 2 has been a successful variety over years in Italian sugar beet cultivation and is regarded as drought tolerant, whereas genotype 3 is the putative drought susceptible variety due to specific alterations in the root system. Genotype 4 is a high root yielding variety, also characterized as relatively drought tolerant. The field trials were sown on March 14th in Heuchelheim, and on April 3rd in Wörbzig. After field emergence the trials were manually thinned to a population density of 86,000 plants ha⁻¹. Fertilizer application (N up to a target value of 160 kg ha⁻¹), weed control, pest management and irrigation were carried out according to the local standard. Irrigation was applied five times with a total of 200 mm (Heuchelheim) and 150 mm (Wörbzig) of water. Irrigation measures commenced in the beginning of July at both trial sites.

Table 1

Characteristics of the trial sites
Charakterystyka warunków doświadczalnych

Location Lokalizacja	Altitude (m) Wysokość n.p.m.	Soil texture Struktura gleby	Soil type Typ gleby	Mean annual temperature (°C) Średnia temperatura roczna (°C)		Annual precipitation (mm) Roczna suma opadów (mm)	
				longterm mean średnia długoterminowa	deviation 2003 odchylenie	longterm mean średnia długoterminowa	deviation 2003 odchylenie
Heuchelheim	104	silty loam ił gliniasty	cambisol kambisol	10.3	+1.3	540	-132
Wörbzig	90	silty loam ił gliniasty	chernoziem czarnoziem	8.5	+2.1	476	-165

From mid June until the beginning of October, four manual harvests were carried out at five-week intervals. The six-row-plots (21.6 or 24 m²) were core-harvested (10.8 and 12

m², respectively) to avoid neighbourhood effects (Büchse, 1999). The first harvest took place prior to the first irrigation. Up to this time the treatment of both “rainfed” and “irrigated” plots was identical. At harvest the plants were topped, the leaf weight including tops was determined in the field, the beets were washed and taproot yield was determined. Brei samples of the beet material were quick-frozen at -70°C and stored at -26°C until analysis. Soil samples were taken from 0–30, 30–60 and 60–90 cm depth from plots of genotype 1 only. The gravimetric soil water content was determined by drying for 24 h at 105°C.

Using an automated beet brei analyser (Venema, Groningen, NL) sucrose concentration was determined polarimetrically (ICUMSA, 1994), K and Na flame photometrically, and α -amino N fluorometrically (OPA method, Burba and Georgi, 1975/76) from aluminium sulphate clarified filtrates. Betaine and reducing sugars were measured colorimetrically (Storey and Wyn Jones, 1977; Nelson 1944; Somogyi, 1945). Each sample was analyzed in duplicate.

An analysis of variance was carried out with the program SAS version 8.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) using the GLM procedure. Significant results are indicated with *, ** or *** for probabilities of error of $\alpha = 0.05$, 0.01 or 0.001, respectively, whereas n.s. identifies non-significant effects.

RESULTS AND DISCUSSION

Irrigation led to the differentiation in soil water contents. Under rainfed conditions at Wörbzig soil water contents were low during summer, particularly at the second harvest (Fig. 1).

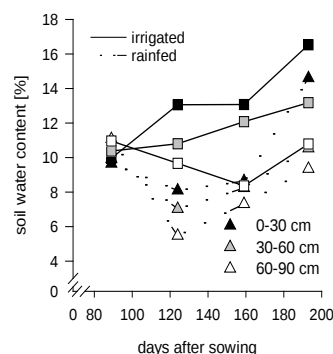


Fig. 1. The content of water in three layers of soil applied for sugar beet cultivation with or without irrigation (Wörbzig, 2003)

Rys. 1. Zawartość wody w trzech warstwach gleby wykorzystanej pod uprawę buraka cukrowego z nawadnianiem lub bez nawadniania (Wörbzig, 2003)

In the irrigated trial, in contrast, soil water content was kept on a relatively high level throughout the season, most notably in the upper soil layers 0–30 and 30–60 cm. Between the third and the final harvest, after rainfall, soil water contents markedly increased in both

treatments. The increase in soil water content was clearly reflected by sugar beet growth and quality improvement. The growth of the storage root was reduced under drought, only between the third and the final harvest the increase in root yield was higher under rainfed than under irrigated conditions (Fig. 2 A). Leaf yields decreased under drought (Fig. 2 B) since at high temperatures and insufficient water supply leaf senescence is accelerated and the growth of new leaves restricted (Ehlers, 1996). Under irrigation, plants were able to maintain a closed canopy during summer, only at the end of the vegetation leaf yields decreased. Sucrose concentration constantly increased under irrigation, whereas in the rainfed treatment sucrose concentration was the highest at the second harvest and decreased from that time on (Fig. 2 C). This decrease was probably mainly due to the dilution following higher uptake of water with increasing soil water contents, but leaf regrowth in autumn led to the loss of sucrose in the storage root as well. Also α -amino N concentration in the beet was the highest when soil water content was at the lowest level (Fig. 2 D).

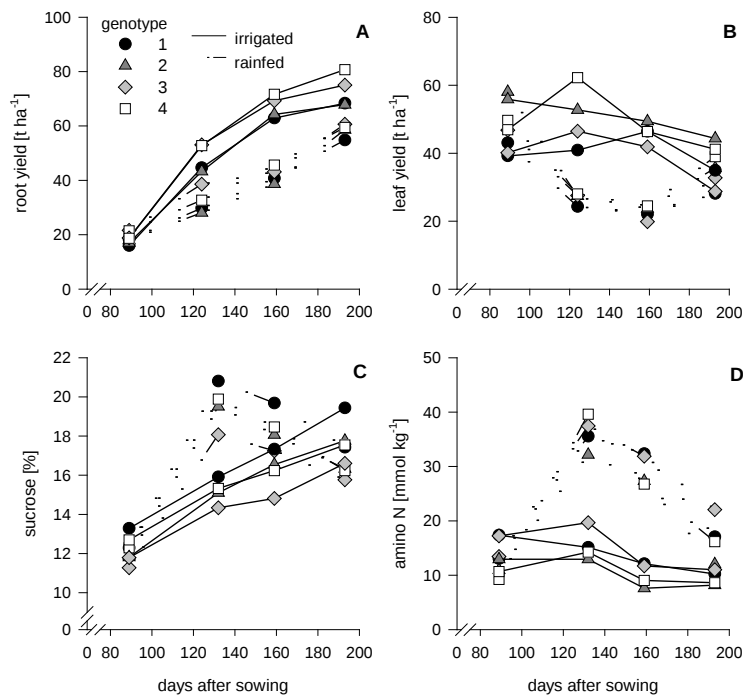


Fig. 2. Yield of roots (A) and leaves (B), and content of sucrose (C) and α -amino N (D) in four sugar beet varieties cultivated under irrigated and rainfed conditions (Wörbzig, 2003)

Rys. 2. Plon korzeni (A) i liści (B) oraz zawartość sacharozy (C) i azotu alfa-aminowego (D) w korzeniach czterech odmian buraka cukrowego, uprawianych z nawadnianiem lub bez nawadniania (Wörbzig, 2003)

High α -amino N concentrations are generally observed under water deficiency (van der Beek and Houtman, 1993) and are attributed to osmotic adjustment (Gzik, 1996) or disorders in the plant nitrogen metabolism (Kevrešan et al., 1997/98).

At the final harvest in autumn it was found that drought had affected almost all parameters under study. On an average for both locations, losses in root yield ranged from 24 to 33% in the different genotypes (Fig. 3).

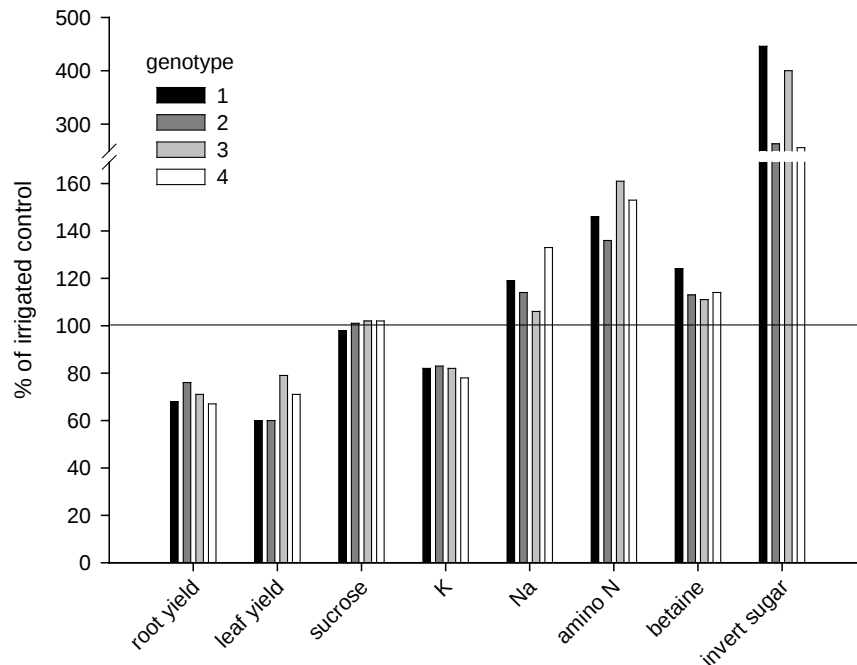


Fig. 3. Yield and quality of four sugar beet genotypes without irrigation as a percentage of the irrigated control (final harvest, mean for two locations in 2003)

Rys. 3. Wielkość i jakość plonu czterech odmian buraka cukrowego w uprawie bez nawadniania, w porównaniu z nawadnianym obiektem kontrolnym (zbiór końcowy, średnia dla dwóch miejscowości, rok 2003)

Similar reductions occurred in the leaf yield. Sucrose concentration was nearly the same under rainfed and irrigated conditions. Among the melassogenic compounds, K concentrations were lower under drought than under irrigation, whereas Na, α -amino N, betaine and invert sugar were accumulated under drought. For most parameters, changes due to drought were similar in different genotypes. Accordingly, analysis of variance of data from the final harvest showed clear effects of genotype and irrigation, but no interaction between these factors was found (Tab. 2).

The evaluation of technical quality in the German sugar factories is based on K, Na and α -amino N only (Buchholz et al., 1995). However, quality parameters, like betaine and inverted sugar, which are not analyzed in the routine process, are also affected by drought, which may lead to a misleading estimations of technical quality of sugar beet after a dry growing season.

Table 2

F-values of the impact of location (L), irrigation (I) and genotype (G) on yield and quality of sugar beet at the final harvest (two locations in 2003)

Wartości F charakteryzujące wpływ miejscowości (M), nawadniania (N) i genotypu (G) na plon i jakość buraka cukrowego w zbiorze końcowym (dwie lokalizacje, rok 2003)

	Root yield Plon korzeni	Leaf yield Plon liści	Sucrose Sacharoza	K Potas	Na Sód	α -amino N Azot alfa-aminowy	Betaine Betaina	Inverted sugar Cukier inwertowany
Location (L) Miejscowość (M)	2.19 n.s.	0.5 n.s.	20.87 ***	0.56 n.s.	3.21 n.s.	121.63 ***	0.65 n.s.	40.6 ***
Irrigation (I) Nawadnianie (N)	36.04 ***	169.24 ***	48.99 ***	11.56 ***	1.1 ***	121.76 ***	47.14 ***	50.54 ***
L $\times$ I M $\times$ N	2.97 n.s.	26.64 ***	8.02 *	0.01 n.s.	52.67 ***	2.57 n.s.	14.04 ***	20.78 ***
Genotype Genotyp (G)	1.25 n.s.	9.49 ***	8.64 ***	6.48 ***	53.24 ***	9.4 ***	8.48 ***	2.42 n.s.
L $\times$ G M $\times$ G	0.06 n.s.	0.58 n.s.	0.01 n.s.	0.11 n.s.	2.2 n.s.	1.11 n.s.	1.12 n.s.	2.42 n.s.
I $\times$ G N $\times$ G	0.07 n.s.	2.08 n.s.	0.04 n.s.	0.01 n.s.	0.68 n.s.	0.06 n.s.	0.67 n.s.	1.66 n.s.
L $\times$ I $\times$ G M $\times$ N $\times$ G	0.02 n.s.	0.55 n.s.	0.02 n.s.	0.14 n.s.	1.47 n.s.	0.12 n.s.	0.59 n.s.	2.23 n.s.

n.s. — Not significant effect; Wpływ nieistotny

CONCLUSIONS

1. Drought stress during the vegetation period reduced sugar beet yield and increased the concentration of most melassogenic components.
2. During their seasonal development different genotypes responded very similarly to changing soil water contents. Accordingly, at the final harvest an interaction between genotype and irrigation did not occur for any of the parameters under study. Genotypic differences in drought tolerance did not exist.
3. Drought-induced changes in non-conventional quality parameters may result in incorrect evaluation of technical quality.

REFERENCES

- Beek van der M. A., Houtman H. J. 1993. Does interaction between varieties and drought stress exist? Ber. 56. IIRB — Winterkongreß Brüssel 56: 151 — 169.
- Boguslawski E. 1973. Entwicklung und Problematik der Standortforschung im Pflanzenbau. Fortschritte im Acker- und Pflanzenbau, Beiheft Z. Acker- und Pflanzenbau 1.
- Buchholz K., Märländer B., Puke H., Glattkowski H., Thielecke K. 1995. Neubewertung des technischen Wertes von Zuckerrüben. Zuckerind. 120: 113 — 121.
- Büchse A. 1999. Nachbarschaftseffekte in Sortenversuchen bei Zuckerrüben. Diss. Universität Göttingen, Cuvillier.

- Burba M., Georgi B. 1975/76. Die fluorometrische Bestimmung der α -Aminosäuren in Zuckerrüben und Zuckerfabrikprodukten mit Fluoreszamin und o-Phthalaldehyd. Zuckerind. 25: 667 — 673 und 26: 322 — 329.
- Ehlers W. 1996. Wasser in Boden und Pflanze: Dynamik des Wasserhaushaltes als Grundlage von Pflanzenwachstum und Ertrag. Ulmer, Stuttgart.
- Gzik A. 1996. Accumulation of proline and pattern of α -amino acids in sugar beet plants in response to osmotic, water and salt stress. Env. Exp. Bot. 36: 29 — 38.
- ICUMSA. International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis 1994. Methods Book, Colney, Norwich.
- Kenter C., Hoffmann C. 2002. Ertrags- und Qualitätsentwicklung von Zuckerrüben in Abhängigkeit von Temperatur und Wasserversorgung. Zuckerind. 127: 690 — 698.
- Kevrešan S., Krstić B., Popović M., Kovačev L., Pajević S., Kandrač J., Malenčić D. 1997/98. Biochemical changes in sugar beet lines in dependence on soil moisture. Biolog. Plant. 40: 245 — 250.
- Nelson N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. Biol. Chem. 153: 375 — 380.
- Ober E. 2001. The search for drought tolerance in sugar beet. Brit. Sugar Beet Rev. 69: 40 — 43.
- Somogyi M. 1945. A new reagent for the determination of sugars. Biol. Chem. 160: 61 — 68.
- Storey R., Wyn Jones R. G. 1977. Quaternary ammonium compounds in plants in relation to salt resistance. Phytochemistry 16: 447 — 453.

JACEK RAJEWSKI¹**MIROSLAW LAKOMY**²¹ Kutnowska Hodowla Buraka Cukrowego, Kutno² Stacja Hodowli Roślin, Straszów — KHBC

Czy odmiany buraka cukrowego można rejonizować?

Can sugar beet cultivars be regionalized?

Analizę oparto na wynikach oceny wartości odmian przeprowadzonej w systemie porejestrowego doświadczalnictwa odmianowego. Miejscowości, które wzięto pod uwagę w obliczeniach, podzielono na trzy grupy jednorodności, stosując jako miarę niepodobieństwa kwadrat odległości Euklidesa. Niskie współczynniki korelacji wskazywały na brak zależności pomiędzy rejonem uprawy buraka a jego wydajnością. W warunkach doświadczeń określanych tylko parametrami średniej temperatury i ilości opadów w okresie wegetacji nie można rejonizować odmian buraka cukrowego.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, rejonizacja, technologiczny plon cukru

The analysis was based on the results of varieties ranking which was carried out in the post-registration trials. The examined areas were divided into 3 homogenous groups using (Euclid's square) as the measure of divergence. Low correlation coefficients indicated that there was no relation between the area of sugar beet growing and the plant productivity. The results indicate that sugar beet varieties cannot be regionalized only based on the average temperature and the amount of rain in the growing season.

Key words: regionalization, sugar beet, technological sugar yield

WSTĘP

W ostatnich latach na skutek przemian strukturalnych i braku środków, COBORU jako jednostka rejestrowa przestał oceniać wartość odmian buraka cukrowego w okresie porejestrowym. Od 2000 roku rolę tę przejął system PDO (porejestrowe doświadczalnictwo odmianowe), a ocena finansowana jest głównie ze środków przemysłu cukrowniczego. Układ ten stworzył system, w którym corocznie w doświadczeniach PDO bierze udział około 25 odmian z silną presją na odmiany nowo rejestrowane. System ten nie daje możliwości pozyskiwania informacji o pozostałych odmianach funkcjonujących na rynku. Coraz częściej jednak w związku z tymi brakami cukrownie czy koncerny na „własną rękę” zakładają polowe doświadczenia odmianowe. Coraz większa ich część

odpowiada wielopowtórzeniowym badaniom ścisłym, w których można oszacować wartości statystyczne.

Celem niniejszego opracowania było zbadanie, czy odmiany buraka cukrowego można rejonizować, czyli uzyskanie odpowiedzi, czy konkretne odmiany mają tendencję do specyficznej reakcji na warunki środowiska na podstawie wyników doświadczeń prowadzonych poza PDO.

Wyniki PDO uznano za najbardziej reprezentatywne w polskich warunkach. Jeżeli w 11 stacjach, biorących udział w badaniach, a wyodrębnionych pod względem jednorodności, nie uzyskuje się wysokich współczynników korelacji pomiędzy ich wynikami w następujących po sobie okresach, należy wnioskować, że nie ma przełożenia pomiędzy rejonem uprawy buraka a jego wydajnością, a co za tym idzie jeżeli inne badania są wykonane w warunkach i standardach doświadczeń ścisłych, to mogą być wykorzystywane jako alternatywne i uzupełniające wiedzę o odmianach.

MATERIAŁ I METODY

W obliczeniach wzięto pod uwagę wyniki z dwóch lat PDO, dotyczących miejscowości: Kościelna Wieś, Zybiszów, Słupia Wielka, Głubczyce, Czesławice, Bezek, Zadąbrowie, Tarnów Śląski, Kawęczyn, Chrzastowo i Przecław (Burak Cukrowy, 2000; Wyniki porejestrowe..., 2001). W miejscowościach tych określono średnią miesięczną temperaturę oraz średnio miesięczne opady w okresie wegetacji IV–X roku 2000 i 2001; dane pogodowe zaczerpnięto z COBORU w Słupi Wielkiej. Miejscowości te zostały podzielone na trzy grupy jednorodności, gdzie miarą niepodobieństwa był kwadrat odległości Euklidesa (Abbott i in., 1985) (tab. 1) oraz dendrogramy 1 i 2 (rys. 1, 2); dendrogramy wyznaczono przy pomocy programu Statistica 5.0.

Tabela 1

Grupy jednorodności uszeregowane według miary niepodobieństwa Homogeneity groups ordered according to the measure of divergence

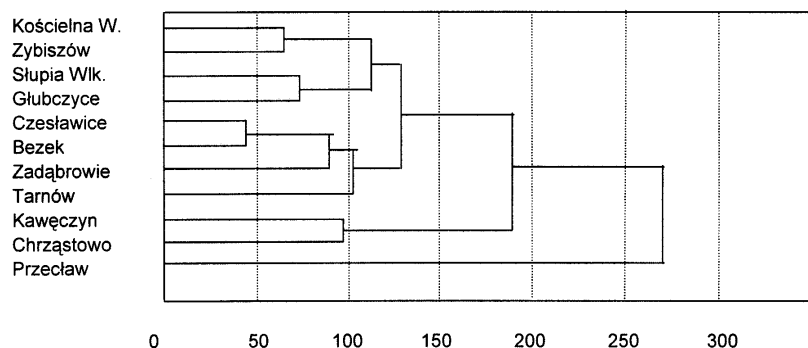
Grupa Group	Grupy jednorodności Group of homogeneity	Suma temperatur w °C Sum of temperatures (°C) IV–X	Suma opadów w mm Rainfall (mm) IV–X
rok — year 2000			
1	Kawęczyn, Chrzastowa	3108,7	264,3
2	Przecław	3145,4	544,3
3	Reszta*	3105,9	370,3
rok — year 2001			
1	Kawęczyn, Chrzastowa, Słupia Wielka	3022,1	413,1
2	Reszta**	3031,1	547,7
3	Przecław	3070,1	507,5

* — Kościelna Wieś, Zybiszów, Słupia Wlk, Głubczyce, Czesławice, Bezek, Zadąbrowie, Tarnów

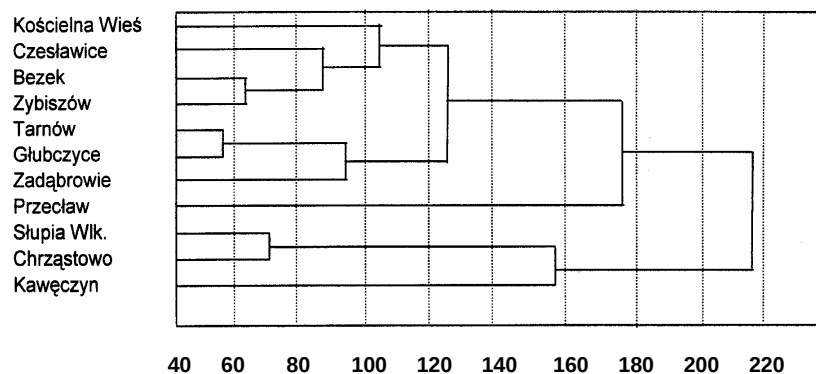
** — Kościelna Wieś, Zybiszów, Głubczyce, Czesławice, Bezek, Zadąbrowie, Tarnów

Dodatkowo w roku 2000 wyodrębniono 4 pary stacji o bardzo zbliżonych parametrach pogodowych, a w roku 2001 trzy takie pary (tab. 2, 3). W tabeli 4 i 5 podano wielkość plonu technologicznego z uwzględnieniem odmian, w celu porównania wielkości uzyska-

nego planu technologicznego dla poszczególnych odmian w danej grupie jednorodności w roku 2000 i 2001.



Rys. 1. Opady i temperatura powietrza w 11 miejscowościach w roku 2000 (odległość Euklidesa)
Fig. 1. Rainfall and air temperature in 11 localities in the year 2000 (distance of Euclid's — expression of genetics)



Rys. 2. Opady i temperatura powietrza w 11 miejscowościach w roku 2001 (odległość Euklidesa)
Fig. 2. Rainfall and air temperature in 11 localities in the year 2001 (distance of Euclid's — expression of genetics)

Tabela 2

Stacje o podobnych parametrach w roku 2000
Localities with similar parameters in the year 2000

Pary miejscowości Pairs of localities	Kościelna Wieś + Zybiszów	Słupia Wielka + Głubczyce	Czesławice + Bezek	Kawęczyn + Chrzastowa
Suma temperatur w °C w okresie wegetacji Sum of temperatures (°C) in the vegetation period	3231,4–3182,2	3158,6–3118,0	3060,2–3045,2	3160,8–3060,2
Suma opadów w mm w okresie wegetacji Rainfall (mm) in the vegetation period	312,2–347,0	360,1–402,8	411,3–429,5	233,4–295,1

Tabela 3

Stacje o podobnych parametrach w roku 2001
Localities with similar parameters in the year 2001

Pary miejscowości Pairs of localities	Bezek + Zybiszów	Tarnów + Głubczyce	Słupia Wielka + Chrząstowo
Suma temperatur (°C) w okresie wegetacji Sum of temperatures (°C) in the vegetation period	3013,1–3019,5	2996,0–3088,0	3055,9–2910,4
Suma opadów w mm w okresie wegetacji Rainfall (mm) in the vegetation period	529,3–519,7	607,9–596,6	419,7–461,5

Tabela 4

Plon technologiczny cukru w dt/ha w roku 2000
Technological sugar yield in dt/ha in the year 2000

Odmiana Cultivar	Tarnów Śląski	Bezek	Czesławice	Głubczyce	Przeclaw	Słupia Wlk.	Zadąbrowie	Zybiszów	Chrząstowo	Kościelna Wieś	Kawęczyn
Arosa	118,4	114,4	121,7	111,2	118,1	147,3	96,1	112,8	103,9	155,2	125,9
Arthur	124,1	114,9	132,8	114,6	118,4	150,6	102,5	110,5	105,6	162,4	144,0
Atair	121,5	115,3	129,0	107,5	127,3	147,7	95,7	103,2	105,6	148,7	132,6
Cortina	123,4	113,9	125,8	108,0	119,3	147,0	97,5	103,6	103,9	162,1	139,0
Dojana	114,3	113,1	121,3	105,7	115,8	140,6	86,8	106,4	106,0	145,3	129,5
Elan	118,8	104,9	126,3	111,2	116,3	142,5	97,9	103,0	109,0	150,3	137,8
Kassandra	119,2	105,9	124,5	114,3	115,0	142,9	92,7	104,8	107,9	154,4	138,0
Korab	116,0	107,3	128,7	112,2	124,3	145,8	95,7	104,1	108,2	154,2	128,0
Kujawska	118,2	119,9	136,9	113,5	131,1	145,3	103,4	110,9	106,6	163,2	141,1
Leo	120,3	114,6	133,3	111,6	124,1	148,0	93,3	107,2	96,6	148,3	138,5
Oktawia	116,3	107,3	127,7	107,5	116,8	144,1	95,5	99,2	97,4	162,2	132,8
Polko	119,5	112,9	132,6	109,0	126,9	146,2	87,3	107,7	94,8	152,1	117,1
Rubin	116,6	106,1	126,2	107,7	114,2	140,0	93,9	108,4	99,9	167,4	127,0
Saskia	113,9	107,1	127,1	106,3	117,1	140,4	89,5	104,2	101,2	152,8	125,9
Sonata	120,1	104,0	123,7	112,1	122,4	143,7	97,1	105,3	100,4	154,4	131,1
Ulla	119,8	108,5	131,1	109,6	125,1	144,1	96,4	103,8	92,8	161,7	137,3

Tabela 5

Plon technologiczny cukru w dt/ha w roku 2001
Technological sugar yield in dt/ha in the year 2001

Odmiana Cultivar	Bezek	Chrząstowo	Głubczyce	Kościelna Wieś	Przeclaw	Słupia Wlk.	Tarnów Śląski	Zadąbrowie	Zybiszów	Czesławice	Kawęczyn
Arosa	99,6	114,4	74,5	75,7	90,1	107,9	88,0	74,2	88,0	104,5	85,7
Arthur	97,6	117,4	68,1	79,8	91,3	95,3	95,9	74,8	87,4	105,1	81,6
Atair	91,9	109,4	66,8	90,2	86,8	104,0	82,0	70,8	80,1	101,0	84,6
Cortina	94,1	108,7	76,0	86,8	89,8	117,2	86,3	79,8	84,2	108,7	85,2
Dojana	97,3	109,1	73,7	74,1	89,6	111,5	85,0	72,1	82,4	108,9	71,5
Elan	95,6	105,5	80,3	92,7	86,4	111,4	86,9	78,6	89,6	113,5	88,9
Kassandra	94,2	109,2	78,6	87,4	90,7	100,0	89,1	72,3	88,8	106,8	81,3
Korab	95,2	103,5	75,8	89,0	77,9	99,6	86,3	72,8	82,5	132,0	78,0
Kujawska	93,8	111,4	69,7	82,2	91,6	104,9	83,8	74,5	84,0	105,2	76,0
Leo	96,9	104,4	73,9	87,2	83,3	102,7	84,9	69,2	81,9	109,6	80,3
Oktawia	90,8	116,7	76,5	98,7	84,0	101,4	103,5	73,0	86,7	112,8	78,5
Polko	94,6	102,9	74,5	81,6	83,7	102,1	83,1	69,9	83,5	127,6	86,6
Rubin	97,4	108,2	80,1	85,1	84,2	109,5	94,1	73,3	86,5	104,9	85,3
Saskia	93,7	107,4	74,1	73,2	93,9	99,2	83,2	72,5	84,5	109,2	84,1
Sonata	100,7	110,7	83,4	89,9	92,9	110,9	96,8	82,4	83,7	108,4	88,1
Ulla	99,0	99,1	76,5	85,1	83,0	108,3	89,3	78,2	83,9	106,7	88,0

WYNIKI

Uzyskane wyniki nie wykazały w żadnym przypadku wysokiego współczynnika korelacji (tab. 6, 7).

Tabela 6

Współczynniki korelacji dla poszczególnych grup z tabeli 1
Correlation coefficients between groups from Table 1

Porównanie danych dla grup w latach 2000 i 2001 Comparison of data for groups in the years 2000 and 2001	Współczynnik korelacji Correlation coefficient
Grupa 1 Group 1	0,047
Grupa 2 Group 2	0,161
Grupa 3 Group 3	0,001

Tabela 7

Współczynniki korelacji dla poszczególnych grup w roku 2000 i 2001
Correlation coefficients between groups in the years 2000 and 2001

Współczynnik korelacji Correlation coefficient	
kombinacja grup w roku 2000 group combination in 2000	
Grupa 1 do grupy 2 Between group 1 and group 2	0,0798
Grupa 2 do grupy 3 Between group 2 and group 3	0,4772
Grupa 3 do grupy 1 Between group 3 and group 1	0,4046
kombinacja grup w roku 2001 group combination in 2001	
Grupa 1 do grupy 2 Between group 1 and group 2	0,3819
Grupa 2 do grupy 3 Between group 2 and group 3	0,2170
Grupa 3 do grupy 1 Between group 3 and group 1	0,4064

Nawet w stacjach o bardzo zbliżonych parametrach (tab. 8, 9) współczynnik korelacji w najlepszym układzie wynosił 0,482. Uzyskane wyniki, w warunkach doświadczeń określanych tylko parametrami średniej temperatury i ilości opadów w okresie wegetacji, nie pozwalają stwierdzić, że odmiany buraka można rejonizować, czyli że konkretne odmiany mają tendencję do specyficznej reakcji na warunki środowiska. Oczywiście można postawić zarzut, iż wybiórczo wzięto pod uwagę tylko dwa parametry, nie uwzględniając tak istotnych czynników, jak rozkład opadów i temperatur w okresie wegetacji, kompleksy glebowe, na których były uprawiane buraki, przedplon, zmianowanie czy stosowana agrotechnika. Wszystkie te czynniki mają duży wpływ na plonowanie, jednak wzięcie ich pod uwagę zmusiłoby do zmiany metodycznej i jeszcze

bardziej wykazałoby, że buraki niezależnie od odmiany bardziej podlegają aktualnym zmianom siedliskowym otoczenia niż genetycznej zdolności adaptacji do poszczególnych warunków. Brak wysokich korelacji nie neguje jednak konkretnego zachowania się odmiany w konkretnych warunkach, pomijając wszelkie czynniki na to wpływające, a potwierdza jedynie zakładaną tezę.

Tabela 8

Współczynnik korelacji w parach obiektowych z tabeli 2 w roku 2000
Correlation coefficients for pairs of localities from Table 2 in the year 2000

Para miejscowości Pair of localities	Współczynnik korelacji Correlation coefficient
Kościelna Wieś + Zybiszów	0,136
Słupia Wielka + Głubczyce	0,463
Częstawice + Bezek	0,482
Kawęczyn + Chrzastowo	0,299

Tabela 9

Współczynnik korelacji w parach obiektowych z tabeli 3 w roku 2001
Correlation coefficients for pairs of localities from Table 3 in the year 2001

Para miejscowości Pair of localities	Współczynnik korelacji Correlation coefficient
Bezek + Chrzastowo	0,046
Tarnów Śląski + Głubczyce	0,395
Słupia Wielka + Chrzastowo	0,088

WNIOSEK

Na podstawie analizy parametrów średniej temperatury i ilości opadów w okresie wegetacji nie można rejonizować odmian buraka cukrowego.

LITERATURA

- Abbott L., Bisby F. A., Rogers D. J. 1985. Taxonomic analysis in biology. Columbia University Press, Columbia.
- Burak Cukrowy. 2000. Informacja o plonowaniu odmian w doświadczeniach porejestrowych w roku 2000 (seria cukrownicza). COBORU, Słupia Wielka.
- Wyniki porejestrowe doświadczeń odmianowych. Burak Cukrowy. 2001. (PDO). COBORU, Słupia Wielka.

ZDZISŁAW WYSZYŃSKI
MARIANNA KALINOWSKA-ZDUN
DARIUSZ GOZDOWSKI
BEATA MICHAŁSKA

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

Plonowanie buraka cukrowego na plantacjach produkcyjnych w rejonie Polski środkowej

Sugar beet yielding on farm plantations in the region of Central Poland

W latach 2000–2002 w województwie łódzkim (rejon Cukrowni Dobrzelin i Leśmierz) przeprowadzono badania na łącznie 202 plantacjach produkcyjnych buraka cukrowego. Plon korzeni i zawartość cukru oceniono metodą wielokrotnej regresji liniowej w zależności od: klasy gleby, jej zasobności w P_2O_5 i K_2O , kwasowości, nawożenia NPK, przedplonu, terminu siewu, obsady roślin, zachwaszczenia wtórnego i terminu zbioru. Współczynniki determinacji R^2 dla plonu korzeni i zawartości cukru wynosiły odpowiednio 41,1 i 16,7%. Czynniki istotnie wpływającymi na plon korzeni były wg stopnia malejącego wpływu: obsada, klasa gleby, nawożenie azotem, termin siewu, pH gleby, jej zasobność w K_2O i P_2O_5 , a na zawartość cukru: obsada, zasobność gleby w K_2O i P_2O_5 , przedplon, termin zbioru i siewu.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, czynniki agrotechniczne, plon korzeni, zawartość cukru

In the years 2000–2002 investigations were conducted on 202 farm plantations of sugar beet cultivated in Łódź voivodeship (sugar factory region — Dobrzelin and Leśmierz). Yields of roots and sugar content were evaluated in relation to: soil class, soil P_2O_5 and K_2O contents, acidity, fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium, forecrops, sowing date, plant density, secondary weed infestation and length of the vegetation period using multifactorial linear regression method. Determination coefficients R^2 for root yield and sugar content were 41.1 and 16.7%, respectively. The factors that significantly affected root yield were as follows: plant density, soil class, nitrogen fertilization, date of sowing, pH of the soil, soil K_2O and P_2O_5 contents. Sugar content was affected by plant density, K_2O and P_2O_5 contents in soil, forecrop, harvest date and date of sowing.

Key words: agrotechnical factors, sugar beet, sugar content, root yield

WSTĘP

Wpływ na plonowanie buraka cukrowego stosowanych w doświadczeniach czynników agrotechnicznych, które są elementami technologii produkcji jest znany. Niektórym z nich, a zwłaszcza ważności wczesnego terminu siewu i dawkom azotu poświęcono już wiele

uwagi w latach dwudziestych ubiegłego wieku (Kosiński, 1929; Cybulski, 1933). Druga połowa XX wieku to w badaniach z burakiem cukrowym dążenie do określenia stopnia wpływu poszczególnych czynników agrotechnicznych na plonowanie tego gatunku. Badano głównie wpływ przedplonu, nasilenie występowania buraka cukrowego w zmianowaniu, obsady roślin, nawożenia mineralnego, ochrony plantacji przed zachwaszczeniem i agrofagami oraz innych czynników decydujących o wielkości i jakości plonu korzeni (Dunham, 1991; Larsson i in., 1991; Wevers, 1992; Urbanowski, Rajs, 1993; Krzymuski, Laudański, 1995; Gutmański, 2001). Wprowadzenie do uprawy odmian genetycznie jednokiełkowych i siewy punktowe stworzyły możliwość całkowitego zmechanizowania procesów uprawowych. W praktyce rolniczej przyczyny organizacyjne i wyposażenie w środki produkcji powodują występowanie dużych odchyleń poszczególnych czynników agrotechnicznych od optymalnych dla nich poziomów. Konfrontacja wyników uzyskiwanych w szerszej praktyce rolniczej z poziomami stosowanych czynników jest ciągle aktualna. Ponadto jednoczesne badanie wpływu dużej liczby czynników technologii produkcji pozwala na reprezentatywną ocenę ich efektów głównych, tj. indywidualnego oddziaływania każdego z nich na plonowanie buraka cukrowego.

MATERIAŁ I METODY

Obiektem badań były 202 plantacje produkcyjne buraka cukrowego zlokalizowane w gospodarstwach indywidualnych w rejonie Cukrowni Leśmierz (powiat Zgierz) i Cukrowni Dobrzelin (powiat Kutno) w województwie łódzkim. Badania przeprowadzono w latach 2000–2002. Podstawowym dokumentem do zbierania danych była karta technologiczna, obejmująca informacje o glebie i technologii produkcji. W okresie wegetacji przeprowadzono 3–4-krotnie wywiad z każdym rolnikiem i zapisywano dane o poziomach stosowanych czynników agrotechnicznych. Plantacje lustrowano w celu określenia występowania chorób, szkodników i wtórnego zachwaszczenia. Jesienią przed zbiorem przeprowadzono pomiary plantacji oraz policzono rośliny w wybranych losowo kilku miejscach pola. Pobrano próby gleby i określono jej zasobność w fosfor, potas oraz pH w KCl. Dane o plonie korzeni i zawartości w nich cukru pozyskano z cukrowni. Wpływ czynników technologii produkcji na plon i zawartość cukru w korzeniach oceniono statystycznie metodą wielokrotnej regresji liniowej. Estymowano funkcję regresji dla wyników łącznie ze wszystkich lat badań z 12 zmiennymi przyczynowymi reprezentującymi następujące czynniki agrotechniczne: klasa gleby, jej zasobność w P_2O_5 i K_2O , pH gleby, przedplon, dawki azotu, fosforu i potasu, termin siewu, obsada, zachwaszczenie wtórne i termin zbioru. Funkcje regresji estymowano po standaryzacji zmiennych niezależnych. Oceniono i sklasyfikowano czynniki istotnie kształtujące plon korzeni i zawartość cukru. Suma kwadratów współczynników regresji badanych czynników agrotechnicznych (zmiennych przyczynowych) była zbliżona do wartości współczynnika determinacji (R^2) dla badanych zależności. Umożliwiło to ustalenie indywidualnego udziału (w %) poszczególnych czynników w kształtowaniu wielkości plonu korzeni i cukru. Ponadto wyznaczono średnie arytmetyczne badanych cech dla

wyróżnionych poziomów czynników, których zróżnicowanie ma charakter skokowy (klasa gleby, przedplon, zachwaszczenie wtórne) lub też według ustalonych przedziałów poziomu czynników o zmienności ciągłej (termin siewu, obsada i termin zbioru). Znaczenie zasobności gleby, pH i nawożenia NPK przedstawiono w publikacji obejmującej dane za lata 2000–2001 (Wyszyński i in., 2002).

WYNIKI

Plonowanie buraków cukrowych na badanych plantacjach charakteryzowała znaczna rozpiętość plonów i zawartości cukru w korzeniach w latach badań. Duże wahania plonu korzeni i procentowej zawartości cukru w latach badań dowodzą znacznego zróżnicowania technologii produkcji buraków cukrowych w poszczególnych gospodarstwach, a zmienność pomiędzy latami wskazuje na silny wpływ układu pogody w latach (tab. 1).

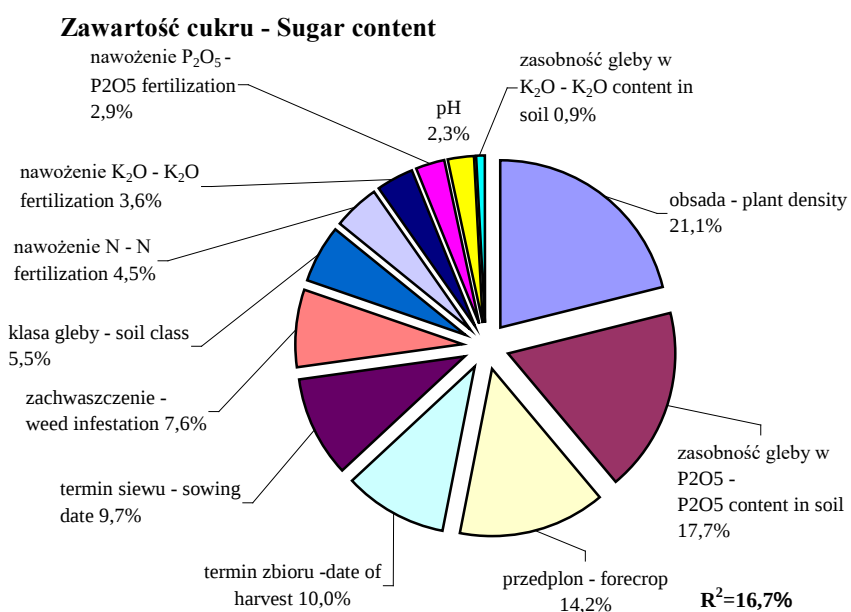
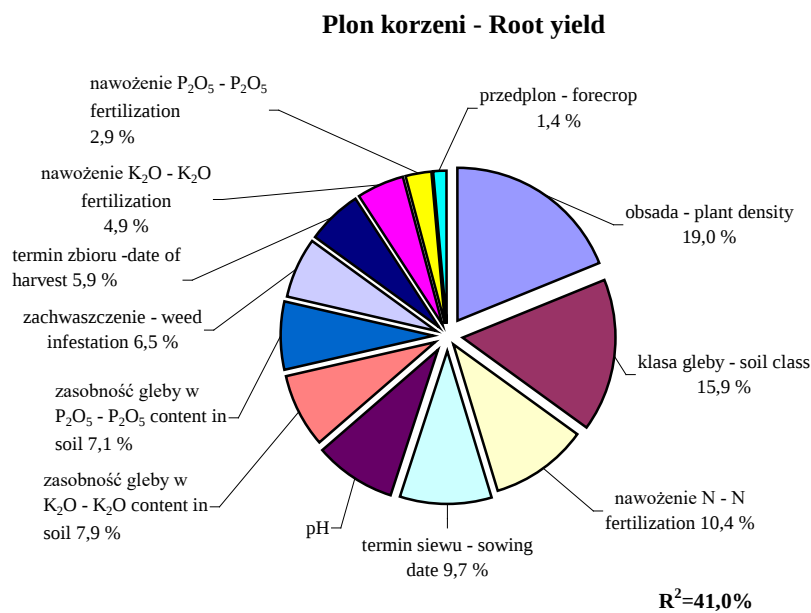
Tabela 1

Plony korzeni buraków cukrowych w t/ha i zawartość w nich cukru w % w latach 2000–2002
Root yield of sugar beet (t/ha) and sugar content (%) in the years 2000–2002

Lata Years	Plon korzeni Root yield			Zawartość cukru Sugar content		
	średnia mean	min.	max.	średnia mean	min..	max.
2000	52,6	32,0	72,0	18,7	16,2	21,2
2001	40,7	25,1	64,6	16,1	14,2	18,2
2002	43,7	27,5	66,0	16,2	14,7	17,5

Ocena zależności pomiędzy plonem korzeni i zawartością cukru jako zmiennymi zależnymi, a dwunastoma czynnikami agrotechnicznymi jako zmiennymi niezależnymi wykazuje, że determinują one łącznie wielkość plonu korzeni w ponad 41,0% ($R^2 = 41,01$), a zawartość cukru w 16,7% ($R^2 = 16,72$). Przy założeniu, że łączny wpływ badanych 12 czynników na plon korzeni i zawartość cukru w ustalonym przedziale determinacji wynosi 100% to czynniki o istotnym wpływie na plon korzeni stanowią 78,0% udziału zależności, a na zawartość cukru 73,0%. Znaczenie czynników w kształtowaniu plonu korzeni i zawartości cukru przedstawia rysunek 1. Najsilniej i istotnie na plon korzeni wpływały: obsada roślin, klasa gleby, nawożenie N, termin siewu, pH gleby, zasobność w K_2O i P_2O_5 . Na granicy istotności ($\alpha \leq 0,05$) działały: zachwaszczenie wtórne, termin zbioru i nawożenie K_2O . Zawartość cukru była istotnie determinowana przez czynniki: obsada roślin, przedplon, termin siewu i zbioru oraz zasobność w P_2O_5 . Na granicy istotności działały: zachwaszczenie wtórne, klasa gleby i nawożenie N.

Na badanych plantacjach zlokalizowanych w Polsce środkowej burak cukrowy uprawiano głównie na glebach klasy IIIa i IIIb (75,2%). Stwierdzono bardzo duży wpływ klasy gleby na plon korzeni (tab. 2).



Rys. 1. Udział czynników w kształtowaniu plonu korzeni i zawartości cukru
Fig. 1. Contribution of factors to forming root yield and sugar content

Tabela 2

Plon korzeni (t/ha) i zawartość cukru (w %) w zależności od klasy gleby, przedplonu i zachwaszczenia wtórnego łąnu

Root yield (t/ha) and sugar content (%) in relation to soil class, forecrop and secondary weed infestation of canopy

Klasa gleby Soil class	2000		2001		2002		2000–2002		Udział plantacji Share of plantations
	t/ha	(%)	t/ha	(%)	t/ha	(%)	t/ha	(%)	
II	58,8	18,4			47,1	15,6	57,6	18,1	9,4
IIIa	54,2	18,3	42,9	16,0	44,6	16,1	49,1	17,2	46,0
IIIb	49,7	19,2	41,4	15,9	44,6	16,5	46,4	17,7	29,2
IVa	49,7	18,9	34,8	16,4	35,6	15,9	43,3	17,7	12,4
IVb	38,5	19,4	40,7	16,5	28,7	17,1	37,2	18,5	3,0
Przedplon:									
Forecrop:									
Zboża Cereals	51,3	18,6	41,6	16,2	43,6	16,3	48,1	17,7	70,8
Ziemniaki Potatoes	53,3	19,0	29,4	15,9	44,7	16,4	45,7	17,1	9,9
Buraki cukrowe Sugar beet	59,5	19,7	33,4	16,0	27,5	15,5	45,5	17,8	3,0
Inne Other	59,1	18,6	42,4	15,9	44,5	15,6	49,6	16,9	16,3
Zachwaszczenie wtórne:									
Secondary weed infestation:									
Małe Small	57,2	18,7	43,1	16,2	45,0	16,3	50,3	17,4	59,4
Średnie Medium	50,4	18,4	32,1	15,8	41,4	16,0	45,9	17,5	26,2
Duże Large	43,8	18,9	33,3	15,0	42,1	16,1	42,5	18,1	14,4

Buraki cukrowe uprawiane na glebach najsłabszych klasy IVb średnio za 3 lata plonowały o 20,4 t/ha (o 35,4%) niżej w porównaniu z plonem korzeni z gleb klasy II. Zawartość cukru w mniejszym stopniu była determinowana klasą gleby. Większą zawartością cukru charakteryzowały się korzenie ze słabszych gleb.

Zachwaszczenie wtórne jako wyznacznik poziomu kultury uprawy roli i zabiegów pielęgnacyjnych znacząco różnicowało plonowanie buraków (tab. 2). Na blisko 60,0% lustrowanych plantacji zachwaszczenie wtórne określono jako małe. Plon korzeni i zawartość w nich cukru były mniejsze na plantacjach o większym poziomie zachwaszczenia. Średnio za trzy lata plon korzeni z plantacji o małym i dużym zachwaszczeniu różnił się o 7,8 t/ha, co stanowi 15,6%.

Wśród przedplonów na badanych plantacjach dominowały zboża ozime i jare, które stanowiły łącznie 70,8% wszystkich przedplonów. Na prawie 10,0% plantacji buraki były uprawiane po ziemniakach, a w grupie przedplonów określonych jako pozostałe (16,3%) dominował rzepak ozimy i rośliny motylkowe. Uprawa buraków po zbożach gwarantowała wysoki plon korzeni o dużej zawartości cukru.

Okres siewu buraków cukrowych wahał się zależnie od roku badań od 20 do 30 dni, przy czym buraki wysiano w terminie do 20 IV. na 77,7% plantacji (tab. 3). Opóźnienie

terminu siewu o ponad 20 dni (siew do 10 IV. i po 1 V.) skutkowało spadkiem plonu korzeni od 8,8 t/ha (19,8%) w roku 2001 do 25,7 t/ha (39,7%) w roku 2000. Niezależnie od roku badań każde 10 dniowe opóźnienie terminu siewu w porównaniu z okresem wcześniejszym powodowało spadek plonu korzeni. Buraki na 51,5% plantacji zostały zebrane w terminie od 11 do 25 października, a na 31,7% pól po 25 października. Zbiór wcześniejszy przed 10 X. skutkował spadkiem plonu korzeni o 2,2 t/ha w porównaniu ze zbiorem po 25 X. Zawartość cukru była największa przy najpóźniejszym terminie zbioru.

Tabela 3

Plon korzeni (t/ha) i zawartość cukru w % w zależności od terminu siewu, terminu zbioru i obsady roślin

Root yield (t/ha) and sugar content (%) in relation to date of sowing, harvest date and plant density

Termin siewu Date of sowing	2000		2001		2002		2000–2002		Udział plantacji Share of plantations
	t/ha	(%)	t/ha	(%)	t/ha	(%)	t/ha	(%)	(%)
Do; until 10. IV.	64,7	18,7	44,9	16,5	44,2	16,4	48,2	16,9	26,7
11–20. IV.	53,3	18,5	42,3	15,6	43,0	15,9	50,4	17,8	51,0
21–30. IV.	46,0	19,1	40,4	15,9	41,0	15,6	44,7	18,3	16,3
Po; after 1.V.	39,0	18,8	36,1	16,1			36,3	16,3	6,0
Termin zbioru									
Harvest date									
Do; until 10. X.	53,0	18,7	33,6	15,8	42,6	16,2	46,7	17,4	16,8
11. X.–25. X.	52,7	18,6	40,0	16,0	43,1	16,3	48,0	17,5	51,5
Po; after 25. X.	52,1	18,8	43,5	16,3	45,8	16,0	48,9	17,6	31,7
Obsada roślin (10³/ha)									
Plant density									
<70	47,1	18,9	40,5	15,6	41,3	16,1	43,8	17,3	21,3
70–80	52,1	18,8	37,6	16,0	44,7	16,2	46,6	17,4	35,1
>80	54,6	18,5	43,7	16,2	45,5	16,4	51,3	17,8	43,6

Obsada roślin na 43,6% plantacji przekroczyła 80 tys. szt./ha, a tylko na 21,3% pól była mniejsza od 70 tys. Plantacje o większej obsadzie roślin podczas zbioru charakteryzowały się większym plonem korzeni i co należy podkreślić większą zawartością cukru. Średnio za trzy lata badań plon korzeni z plantacji o obsadzie powyżej 80 tys. był większy o 7,5 t/ha (14,5%) w porównaniu z plonem z pól o obsadzie mniejszej od 70 tys. roślin/ha.

DYSKUSJA

Plon korzeni i zawartość cukru buraka cukrowego jest efektem złożonych zależności między potencjałem genetycznym odmiany, czynnikami siedliska i stosowanymi technologiami produkcji. Ocena działania łącznie 12 czynników wpływających na plonowanie buraka cukrowego jest bardzo trudna i skomplikowana. Stopień determinacji wpływu w prezentowanym cyklu badań był dość wysoki: 41,1% dla plonu korzeni i 16,7% dla plonu cukru. W innych badaniach terenowych prowadzonych w Polsce wschodniej w cyklu 3 letnich badań determinacja wynosiła dla plonu korzeni 28,6%, a w cyklu 4 letnich 34,0% (Wyszyński i in., 1998). W doświadczeniu stacjonarnym 7-czynnikowym była ona mniejsza i wynosiła 20,4% dla plonu korzeni i 6,8% dla zawartości cukru (Wyszyński, 2003). W prezentowanych badaniach przeprowadzonych na

plantacjach produkcyjnych buraka cukrowego czynniki o istotnym wpływie na plon korzeni kształtowały go zgodnie z ich malejącym wpływem w następującej kolejności: obsada, klasa gleby, nawożenie azotem, termin siewu, pH gleby i jej zasobność w K_2O i P_2O_5 . Wyniki dotychczasowych doświadczeń ścisłych 2 i 3-czynnikowych potwierdzają ich znaczenie dla plonowania buraka cukrowego (Gutmański, 1991; Smit, 1993; Gutmański, Nowakowski, 1994; Koźmiński, Michalska, 1995; Draycott i in., 1997; Cakmakci i in., 1998; Roszkowska, 1998). Przeprowadzona w pracy ocena plonowania buraka cukrowego na plantacjach produkcyjnych w rejonie Polski środkowej pozwoliła na ustalenie znaczenia poszczególnych czynników środowiska i technologii produkcji w kształtowaniu plonu korzeni i zawartości cukru.

WNIOSKI

1. Ocena plonu korzeni oraz zawartości cukru względem analizowanych 12 czynników środowiska i technologii produkcji wskazuje na większe możliwości wyjaśnienia ich wpływu na plon korzeni (41,1%) niż na zawartość w nich cukru (16,7%).
2. Struktura udziału (znaczenie) omawianych 12 czynników w kształtowaniu plonu korzeni buraka różni się od ich znaczenia w kształtowaniu zawartości cukru. Na plon korzeni najsilniej wpływały: obsada, klasa gleby, nawożenie azotem, termin siewu, pH gleby, jej zasobność w K_2O i P_2O_5 , a na zawartość cukru: obsada, zasobność gleby w K_2O i P_2O_5 , przedplon, termin zbioru i termin siewu.

LITERATURA

- Cakmakci R., Oral E., Kantar F. 1998. Root yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in relation to plant population. J. Agron. Crop Sci. 180: 45 — 52.
- Cybulski Z. 1933. Burak. Nakładem Koła Techników Cukrowników, Warszawa: 210 ss.
- Draycott A. P., Allison M. F., Armstrong M. J. 1997. Changes in fertilizer usage in sugar beet production. 60th Congress I.I.R.B., Cambridge: 39 — 55.
- Dunham R. J. 1991. Effects of starter fertilizers close to the seed. 54th Winter Congress I.I.R.B. Brussels: 369 — 384.
- Gutmański I. 1991. Nawożenie azotem. W: Produkcja buraka cukrowego. Praca zbiorowa pod red. I. Gutmańskiego. PWRiL, Poznań: 391 — 402.
- Gutmański I. 2001. Kierunki zmian w uprawie buraków cukrowych. Wieś Jutra, Buraki cukrowe, 1 (30): 16 — 19.
- 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.
- Kosiński I. 1929. Wyniki doświadczeń z burakami cukrowymi przeprowadzonych w 1928 r. przez Związek Stowarzyszeń Plantatorów Buraka Cukrowego w Warszawie: 46.
- Koźmiński Cz., Michalska B. 1995. Terminy siewu buraków cukrowych w Polsce w zależności od temperatury i wilgotności gleby. Zesz. Nauk. AR Szczecin, 167, Rolnictwo, 60: 35 — 47.
- Krzymuski J., Laudański Z. 1995. Poziom działania czynników plonowania w gospodarstwach indywidualnych i państwowych. Biul. IHAR 193: 11 — 18.
- Larsson M., Olsson R., Olandes J. 1991. New cost effective cultivation techniques to improve establishment and early growth — First results from a Swedish project. 54th Winter Congress I.I.R.B. Brussels: 1 — 20.
- Agron. J. 87: 586 — 591.

- Roszkowska B. 1998. Ocena czynników limitujących plony i jakość technologiczną buraka cukrowego przy zmiennym bilansie energetycznym w gospodarstwach indywidualnych w rejonie Cukrowni Łapy. Praca doktorska, Wyd. Rolniczy SGGW.
- Smit A. L. 1993. The influence of sowing date and plant density on the decision to resow sugar beet. *Field Crops Res.* 34: 159 — 173.
- Urbanowski S., Rajs T. 1993. Plonowanie buraka cukrowego w zmianowaniach i monokulturze, *Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy*, 183, *Rolnictwo* (34): 25 — 31.
- Wevers J. D. A. 1992. Restrictions on the registration and use of herbicides. 55th Winter Congress I.I.R.B. Brussels: 133 — 136.
- Wyszyński Z. 2003. Zmienność cech roślin buraka cukrowego w łanie oraz plonowanie i jakość korzeni pod wpływem czynników środowiskowo-agrotechnicznych. Warszawa. Wyd. SGGW. Praca habilitacyjna: 136.
- Wyszyński 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 Agriculture Bohemica*, 29 (3/4): 183 — 192.
- Wyszyński Z., Kalinowska-Zdun M., Roszkowska B., Laudański Z., Gozdowski D. 2002. Plony i jakość korzeni buraka cukrowego na plantacjach produkcyjnych w zależności od nawożenia mineralnego, pH i zasobności gleb w fosfor i potas. *Biul. IHAR* 222: 231 — 238.

PIOTR KUC**LESŁAW ZIMNY**

Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin

Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Produktywność buraka cukrowego w warunkach zróżnicowanych systemów uprawy

Productivity of sugar beet at different tillage systems

Ścisłe doświadczenie polowe założono metodą split-plot w czterech powtórzeniach na glebie średniej. Czynnikiem I rzędu było nawożenie organiczne — międzyplon ścierniskowy uprawiany bez słomy przedplonowej i po jej przyoraniu. Czynnikiem II rzędu była uprawa jesienno-wiosenna oraz nawożenie obornikiem; na trzech obiektach wykonano orkę przedzimową, na obiekcie 4 zastosowano uprawę konserwującą, a na 5 orkę wiosenną. Nawożenie obornikiem na obiekcie 1 i 2 wynosiło odpowiednio 20 i 10 t/ha. Zastosowanie różnych systemów uprawy roli połączone z nawożeniem dwoma dawkami obornika oraz międzyplonu ścierniskowego uprawianego bez i po przyoranej słomie a także współdziałanie tych czynników nie wpłynęło istotnie na: plony biomasy i cukru, wskaźnik ulistnienia (LAR) oraz powierzchnię asymilacyjną i liczbę liści przypadające na 1 dt cukru. Wskaźnik pokrycia liściowego (LAI) był istotnie zależny od czynnika pierwszego. Wykazano korzystniejsze działanie samego międzyplonu w porównaniu z międzyplonem uprawianym po przyoranej słomie. Na poletkach, na których międzyplon pozostawiono do wiosny, w porównaniu do obiektów uprawianych tradycyjnie, buraki wytworzyły większą biomasa i potrzebowały mniej liści do wytworzenia 1 dt cukru.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, produktywność, uproszczona uprawa roli, nawożenie organiczne

The field experiment was conducted with applying split-plot method in four replications on medium textured soil. Two factors were examined: 1) stubble crop fertilization with or without ploughing down straw; 2) autumn-spring tillage system and manure fertilization. Autumn ploughing was performed in three plots, in plot 4 conservation tillage was done, and in plot 5 -spring ploughing. Manure fertilization in plots 1 and 2 was, respectively, 20 and 10 t/ha. Application of different tillage systems combined with two rates of manure fertilization and crop fertilization with or without ploughing down straw, as well as interactions of these factors, had no effect on biomass and biological sugar yield, leaf area ratio (LAR), assimilation area and a number of leaves per 1 dt of sugar. Leaf area index (LAI) was significantly determined by the first factor. A better effect of only stubble crop compared to stubble crop growing without ploughing down straw was observed. In the plots in which stubble crop had been left till spring the number of beet leaves needed to produce 1 dt of sugar was smaller than that in the plots in which traditional tillage was applied.

Key words: sugar beet, productivity, reduced tillage, organic fertilization

WSTĘP

Coraz szerzej stosowane uproszczenia w uprawie roli pod burak cukrowy różniące się częstotliwością i intensywnością zabiegów są ekonomicznie uzasadnione pod warunkiem, że nie powodują obniżenia masy i jakości plonu. Liczne badania (Baranowski i Pabin, 1980; Kordas i Zimny, 1997; Krężel, 1991; Zimny, 1988; 1997; 1999) dowodzą, że ograniczenie liczby orek, a nawet eliminacja uprawy płużnej i stosowanie uprawy konserwującej nie powodują wyraźnego spadku plonu. Niedobór obornika i intensyfikacja produkcji buraka cukrowego skłoniły do poszukiwania alternatywnych rodzajów nawożenia organicznego, które mogą zastąpić obornik bez pogarszania plonów (Gandecki i in., 1999; Słowiński i in., 1995), dlatego coraz większego znaczenia nabierają nawozy zielone i słoma zbóż jako źródła substancji organicznej w glebie (Ceglarek i in., 1997). Pomimo licznych badań nie rozstrzygnięto kwestii czy międzyplon ścierniskowy i słoma zbóż mogą w pełni zastąpić obornik w uprawie buraka cukrowego.

Celem podjętych badań było poznanie wpływu uproszczeń jesienno-wiosennej uprawy roli pod burak cukrowy, obniżonych dawek obornika, a także nawożenia międzyplonem ścierniskowym uprawianym bez i po przyoranej słomie na produktywność buraka cukrowego.

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe dwuczynnikowe doświadczenie polowe, założone metodą split-plot w czterech powtórzeniach, realizowano na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego po pszenicy ozimej w latach 2002–2003 w RZD Swojec k. Wrocławia. Powierzchnia poletek do uprawy i nawożenia wynosiła 40 m². Czynnikiem I rzędu było nawożenie organiczne: międzyplon ścierniskowy uprawiany bez i po przyoranej słomie przedplonowej (tab. 1).

Tabela 1

Schemat doświadczenia
Scheme of experiment

Czynnik I. Nawożenie słomą i międzyplonem — Factor I. Straw and stubble crop fertilization		
	nazwa pełna full name	nazwa skrócona abbreviation
A.	słoma przedplonowa + międzyplon ścierniskowy straw + stubble crop	sł.+m. st.+s.c.
B.	międzyplon ścierniskowy stubble crop	m. s.c.
czynnik II. systemy uprawy — factor II. tillage system		
1.	obornik 20 t/ha, ziębła 25 cm, brona wirnikowa + wał strunowy manure 20 t/ha, fall ploughing 25 cm, swirl harrow + string roller	Ziębła ⁺⁺ , br., wał. F. plough ⁺ , h., st. r.
2.	obornik 10 t/ha, ziębła 25 cm, brona wirnikowa + wał strunowy manure 10 t/ha, fall ploughing 25 cm, swirl harrow + string roller	Ziębła ⁺ , br., wał. F. plough ⁺ , h., st. r.
3.	ziębła 25 cm, brona wirnikowa + wał strunowy fall ploughing 25 cm, swirl harrow + string roller	Ziębła ⁺ , br., wał. F. plough, h., st. r.
4.	brona wirnikowa + wał strunowy swirl harrow + string roller	Br., wał. H., st. r.
5.	orka wiosenna 15 cm, brona wirnikowa + wał strunowy spring ploughing 15 cm, swirl harrow + string roller	O. wios, br., wał Spr. plough, h., st. r.

Czynnikami II rzędu była zróżnicowana uprawa jesienno-wiosenna oraz nawożenie obornikiem. Jesienią na trzech obiektach wykonano orkę przedzimową na głębokość 25 cm przykrywającą międzyplon z obornikiem (obiekt 1 — 20 t/ha i obiekt 2 — 10 t/ha) lub sam międzyplon (obiekt 3). Na obiektach 4 (uprawa konserwująca) i 5 międzyplon pozostawiano do wiosny w formie mulczu. Wiosną na obiekcie 5 wykonano orkę wiosenną na głębokość 15 cm. Następnie zastosowano bronę zębową (obiekty 1–3) lub wirnikową (obiekty 4 i 5). Całe pole zawałowano waleń strunowym.

Burak cukrowy odmiany Kujawska, o zdolności kiełkowania 97%, wysiewano na gotowo w rozstawie $0,18 \times 0,45$ m. Siew wykonano precyzyjnym siewnikiem punktowym.

Powierzchnię asymilacyjną buraka określono na 20 roślinach każdego obiektu mierząc długość i szerokość blaszki każdego liścia a następnie mnożąc ich iloczyn przez współczynnik 0,76 (Lazarow, 1965). Na podstawie powierzchni asymilacyjnej przypadającej na jednostkę powierzchni pola obliczono wskaźnik pokrycia liściowego (LAI), a wskaźnik ulistnienia (LAR) ze stosunku powierzchni asymilacyjnej do biomasy całej rośliny (Pietkiewicz, 1985). Masę jednego korzenia i masę liści jednej rośliny ustalono na podstawie zebranych roślin z 20 mb każdego poletka. Plon korzeni i liści obliczono mnożąc średnią masę jednego korzenia i masę liści jednej rośliny przez obsadę końcową roślin buraka.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wskaźnik pokrycia liściowego (LAI) był istotnie zależny od zastosowanego nawożenia organicznego (tab. 2).

Tabela 2

Analiza wskaźnikowa wzrostu buraka cukrowego
Growth of sugar beet analysis

System uprawy Tillage system	LAI ¹⁾			LAR ²⁾		
	nawożenie organiczne organic fertilization		średnio mean	nawożenie organiczne organic fertilization		średnio mean
	śł.+m. st. + s.c.	m. s.c.		śł.+m. st. + s.c.	m. s.c.	
1. Ziębla ⁺⁺ , br., wał.	1,48	1,66	1,57	0,16	0,18	0,17
1. F. plough ⁺⁺ , h., st. r.						
2. Ziębla ⁺ , br., wał.	1,33	1,59	1,46	0,16	0,15	0,16
2. F. plough ⁺ , h., st. r.						
3. Ziębla, br., wał.	1,33	1,63	1,48	0,15	0,18	0,17
3. F. plough, h., st. r.						
4. Br., wał.	1,27	1,63	1,45	0,12	0,18	0,15
4. H., st. r.						
5. O. wios., br., wał.	1,64	1,46	1,55	0,16	0,16	0,16
5. Spr. plough, h., st. r.						
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,15		r.n.	r.n.		r.n.
Średnio — Mean	1,41	1,59	—	0,15	0,17	—
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,17		—	r.n.		—

r.n. — Nieistotne; Not significant

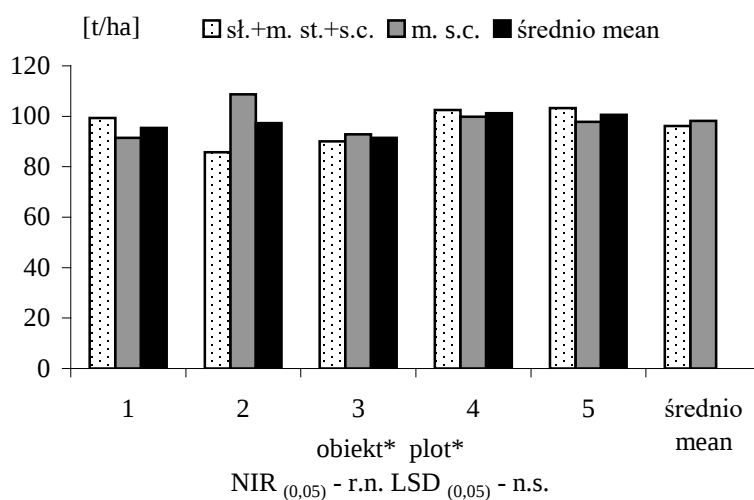
¹⁾ Wskaźnik pokrycia liściowego; Leaf area index

²⁾ Wskaźnik ulistnienia; Leaf area ratio

Buraki uprawiane po przyorany samym międzyplonie charakteryzowały się większym o 11,8% wskaźnikiem pokrycia liściowego w porównaniu do liści buraków uprawianych na poletkach, na których przyorano słomę i międzyplon ścierniskowy. Nie wykazano natomiast większego wpływu zastosowanych uproszczeń oraz zmniejszonych dawek obornika na wskaźnik LAI. Istotnie najkorzystniejszym (LAI — 1,66) współdziałaniem było połączenie systemu uprawy tradycyjnej z przyorany samym międzyplonem ścierniskowym. Podobne wyniki uzyskał Zimny (1995), który wykazał brak wpływu uproszczeń w uprawie roli na ten wskaźnik.

Wskaźnik ulistnienia (LAR) nie był istotnie modyfikowany zarówno zastosowanymi systemami uprawy roli połączonymi z nawożeniem dwoma dawkami obornika oraz nawożeniem międzyplonem ścierniskowym uprawianym bez i po przyoranej słomie, a także współdziałaniem tych czynników (tab. 2). Jest to zgodne z badaniami Malaka (2000), który stwierdził brak wpływu różnych rodzajów nawozów organicznych na wskaźnik ulistnienia.

Największe plony świeżej biomasy (108,7 t/ha) uzyskano z buraków uprawianych tradycyjnie, nawożonych zmniejszoną dawką obornika oraz samym międzyplonem ścierniskowym, a najmniejsze (85,8 t/ha) na tym samym obiekcie, ale nawożonych dodatkowo słomą przedplonową (rys. 1). Jednak różnica między tymi obiektami była nieistotna.

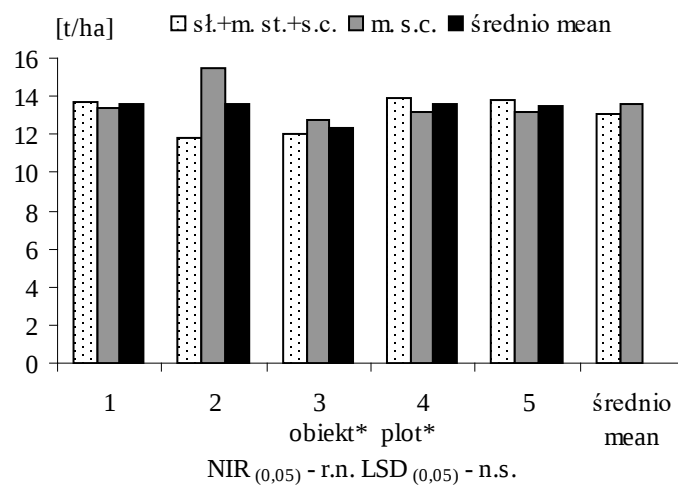


* Wyjaśnienie skrótów w tabeli 1; For abbreviations see Table 1

Rys. 1. Plon biomasy
Fig. 1. Yield of biomass

Zastosowane w doświadczeniu dwa warianty nawożenia słomą i międzyplonem oraz różne systemy uprawy roli nie miały większego wpływu na biologiczny plon cukru (rys. 2). Największą masę cukru z 1 ha (15,4 t/ha) uzyskano z buraków uprawianych na poletkach z orką przedzimową nawożonych zmniejszoną dawką obornika oraz samym

międzyplonem ścierniskowym. Dodatek słomy na tym obiekcie spowodował obniżenie plonu cukru aż o 23,4%.

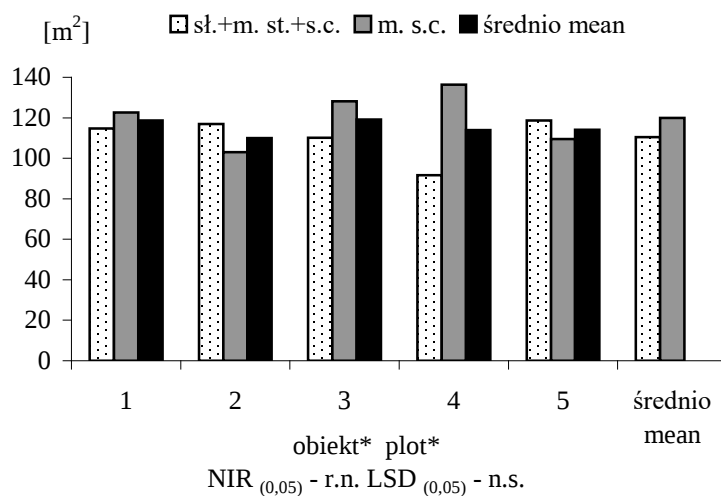


* Wyjaśnienie skrótów w tabeli 1; For abbreviations see Table 1

Rys. 2. Biologiczny plon cukru

Fig. 2. Biological sugar yield

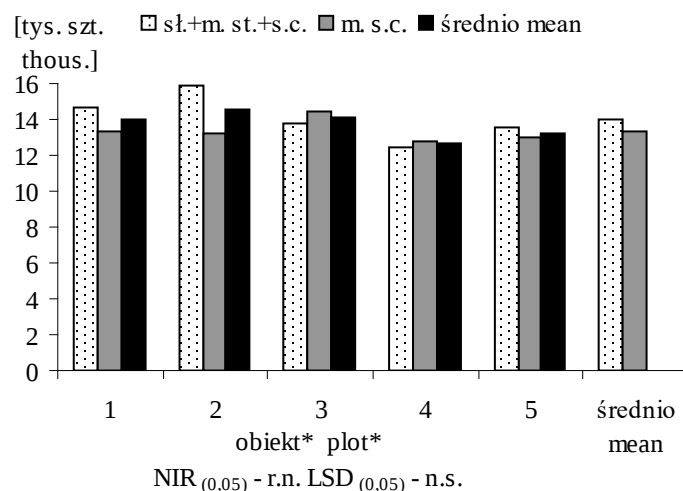
Po przeliczeniu liczby i powierzchni asymilacyjnej liści na jednostkę plonu cukru biologicznego stwierdzono, że produktywność liści buraka cukrowego nie była istotnie uzależniona od zastosowanych systemów uprawy i nawożenia organicznego (rys. 3, 4).



* Wyjaśnienie skrótów w tabeli 1; For abbreviations see Table 1

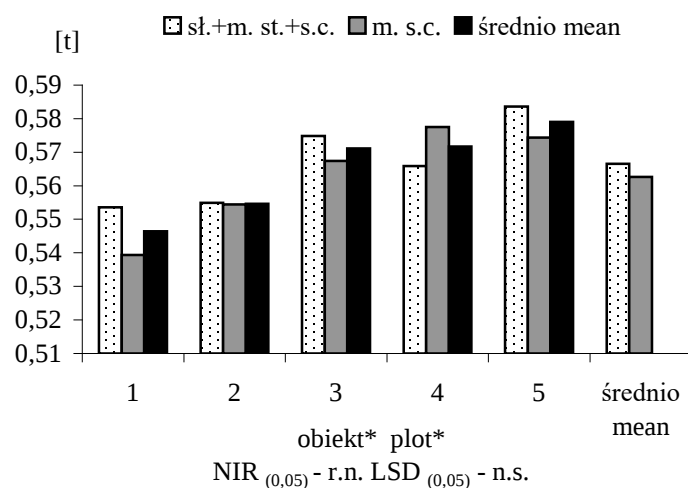
Rys. 3. Powierzchnia asymilacyjna potrzebna do wytworzenia 1 dt cukru

Fig. 3. Assimilation area needed to produce 1 dt of sugar



* Wyjaśnienie skrótów w tabeli 1; For abbreviations see Table 1

Rys. 4. Liczba liści potrzebna do wytworzenia 1 dt cukru
Fig. 4. Number of leaves needed to produce 1 dt of sugar



* Wyjaśnienie skrótów w tabeli 1; For abbreviations see Table 1

Rys. 5. Masa korzeni potrzebna do wytworzenia 1 dt cukru
Fig. 5. Mass of roots needed to produce 1 dt of sugar

Najwięcej liści (15,9 tys.) na wytworzenie 1 dt cukru biologicznego potrzebowały buraki uprawiane tradycyjnie nawożone 10 t/ha obornika oraz międzyplonem ścierniskowym uprawianym po przyoranej słomie, a najmniej (12,5 tys.) na poletkach z uprawą konserwującą. Największą powierzchnią asymilacyjną (136,3 m²) potrzebną do wytworzenia 1 dt cukru biologicznego charakteryzowały się buraki uprawiane systemem

bezorkowym i nawożone samym międzyplonem, a najmniejszą (91,7 m²) — rośliny tego samego obiektu, ale nawożonego międzyplonem uprawianym po przyoranej słomie.

Modyfikacje uprawy jesienno-wiosennej oraz różne warianty nawożenia organicznego nie różnicowały istotnie masy korzeni przypadającej na 1 dt cukru biologicznego (rys. 5). Na obiekcie z uprawą tradycyjną i nawożonym międzyplonem wskaźnik ten był najniższy (0,53 t), zaś na poletkach z orką wiosenną oraz międzyplonem i słomą najwyższy (0,58 t).

WNIOSKI

1. Stosowane różne systemy uprawy roli i nawożenia organicznego pod burak cukrowy nie miały większego wpływu na produktywność tej rośliny.
2. Nawożenie międzyplonem uprawianym po przyoranej słomie przedplonowej w porównaniu do nawożenia samym międzyplonem wpływa negatywnie na produktywność buraka cukrowego.

LITERATURA

- Baranowski R., Pabin J. 1980. Wpływ gęstości gleby lekkiej na plony buraków cukrowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 227: 61 — 67.
- Ceglarek F., Buraczyska D., Płaza A. 1997. Reakcja buraka cukrowego na nawożenie obornikiem, słomą i międzyplonami wsiewek. *Fragm. Agron.* 4: 18 — 26.
- Gandecki R., Malak D., Śniady R., Zimny L. 1999. Plonowanie buraka cukrowego przy zróżnicowanym nawożeniu organicznym i wzrastających dawkach azotu mineralnego. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, 361, Konferencje 22: 189 — 195.
- Kordas L., Zimny L. 1997. Wpływ wybranych poplonów ścierniskowych na plonowanie buraków cukrowych przy zastosowaniu siewu bezpośredniego. *Biul. IHAR* 202: 207 — 211.
- Krężel R. 1991. Wpływ sposobów i terminów przyorywania obornika na plonowanie buraków cukrowych. *Biul. IHAR* 178: 41 — 45.
- Lazarow R. 1965. Koeficienti za opredeljane na listnata pov'rchnost pri njakoi selskstopanski kulturi. *Rastieniev'd Nauki* 2, 2: 27 — 37.
- Malak D., 2000. Wpływ zróżnicowanego nawożenia organicznego przy wzrastających dawkach azotu mineralnego na właściwości gleby i plonowanie buraka cukrowego. Praca doktorska, AR Wrocław.
- Pietkiewicz S. 1985. Wskaźnikowa analiza wzrostu roślin. *Wiad. Bot.* 29: 29 — 42.
- Słowiński J., Nowak W., Gospodarczyk F. 1995. Wartość nawozowa wybranych poplonów ścierniskowych na tle obornika dla buraka cukrowego. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, ser. Rolnictwo, 262: 9 — 20.
- Zimny L. 1988. Wpływ spłyconej orki przedzimowej i wiosennej na wybrane właściwości fizyczne gleby i plonowanie buraków cukrowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 356: 269 — 276.
- Zimny L. 1995. Produktywność buraka cukrowego w warunkach zróżnicowanych systemów uprawy roli. *Fragm. Agron.* 1: 62 — 69.
- Zimny L. 1997. Modyfikacje uprawy pod burak cukrowy. *Post. Nauk Rol.* 1: 35 — 47.
- Zimny L. 1999. Uprawa konserwująca. *Post. Nauk Roln.* 5: 41 — 51.

GRAŻYNA WIELOGÓRSKA**JÓZEF STARCZEWSKI****SZYMON CZARNOCKI**

Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin

Akademia Podlaska, Siedlce

Ocena kosztów nawożenia i ochrony w produkcji buraka cukrowego w wybranych gospodarstwach Komunikat

Estimation of the costs of plants fertilization and protection in sugar beet production in chosen farms

Short communication

W pracy podjęto próbę oceny produkcji buraka cukrowego w wybranych gospodarstwach prywatnych. Wykorzystano wyniki 130 ankiet przeprowadzonych w środkowowschodniej Polsce. Nakłady finansowe na uprawę 1 ha buraka cukrowego obliczono korzystając z aktualnych średnich cen nawozów, środków ochrony roślin i paliwa notowanych w punktach sprzedaży prowadzących działalność na terenie Siedlec i okolic. W badanych gospodarstwach wysokie nakłady oraz koszty nawożenia i ochrony roślin wpływały w istotny dodatni sposób na plon korzeni buraka cukrowego. Maksymalny poziom nadwyżki bezpośredniej (5529,56 PLN) otrzymano w gospodarstwie o intensywnym nawożeniu i ochronie roślin, w którym plon korzeni był najwyższy (60 t ha⁻¹). Opłacalność zabiegów dla przyjętych plonów buraka była bardzo wysoka (336%–380%). O współczynniku opłacalności decydował poziom nawożenia i ochrony roślin.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, koszty produkcji, współczynnik korelacji

In the work, an estimation of the costs of sugar beet production in chosen private farms was attempted. The results of 130 surveys carried out in central-eastern Poland were utilized. Financial input per one hectare of sugar beet cultivation was calculated on the basis of current average prices of fertilizers, plant protection agents and fuel in the outlets operating in Siedlce and in the area of the town. In the surveyed farms, a high outlay and both fertilization and plant protection costs significantly and favourably influenced sugar beet root yield. The maximum level of direct surplus (5529.56 PLN) was obtained in the farm applying intensive fertilization and plant protection, in which the root yield was the highest (60 t ha⁻¹). The production profitability for assumed beet yields was very high (336%–380%). The fertilization level and plant protection determined the index of profitability.

Key words: correlation coefficient, production costs, sugar beet

WSTĘP

Współczesna produkcja buraka cukrowego charakteryzuje się wysokimi nakładami materiałowymi i finansowymi. W celu zmniejszenia nakładów i poprawienia rentowności uprawy poszukuje się możliwości ograniczenia najbardziej kosztownych zabiegów agrotechnicznych. Zdaniem wielu autorów (Kisiel, Domska, 1994; Zimny, 1997; Dzień, 1999; Gutmański i in., 1999) w tradycyjnej technologii uprawy buraka cukrowego istnieją możliwości wielu uproszczeń zarówno w okresie późnym, przedzimowym jak i wiosennym. Uproszczenia te można jednak wprowadzić tylko na glebach będących w wysokiej kulturze i sprawnych. W praktyce rolniczej obserwuje się w ostatnich latach duży postęp technologiczny. Siew odbywa się siewnikami precyzyjnymi (punktowymi) przy użyciu otoczkowanego materiału siewnego zalecanego przez cukrownie. Wymagania cukrowni odnośnie jakości surowca zmuszają plantatorów do przestrzegania zasad technologii uprawy i zbioru buraków, który odbywa się obecnie przy pomocy kombajnu. Zupełnie wycofana została technologia trzyetapowa. W praktyce rolniczej największe różnice w technologiach produkcji buraka cukrowego występują w stosowaniu środków obrotowych — nawozów i pestycydów (Wielogórska, 2004).

Celem pracy było określenie wpływu wysokości nakładów wynikających ze stosowania nawozów i środków ochrony roślin na poziom plonowania buraka cukrowego, oraz na opłacalność produkcji tej uprawy w wybranych gospodarstwach środkowowschodniej Polski.

MATERIAŁ I METODY

Badania ankietowe przeprowadzono w 1998 roku na terenie rejonów białostockiego, białkopodlaskiego, łomżyńskiego i siedleckiego. Burak cukrowy był uprawiany w 130 spośród 400 badanych gospodarstw. Nakłady finansowe na uprawę 1 ha buraka cukrowego obliczono korzystając z aktualnych średnich cen nawozów mineralnych, środków ochrony roślin i paliwa notowanych w punktach sprzedaży na terenie Siedlec i okolic. Do obliczenia kosztów nadwyżki bezpośredniej przyjęto ceny materiału siewnego i produktu końcowego ustalone na podstawie wywiadu z rolnikami. Zużycie paliwa na poszczególne zabiegi i zbiór buraka obliczono w oparciu o badania własne. Wskaźnik opłacalności produkcji obliczono z wzoru:

$$Wop = \frac{wp}{ckp} \times 100\% , \text{ (Fereniec, 1999)}$$

gdzie:

Wop — wskaźnik opłacalności,

wp — wartość produkcji,

ckp — całkowite koszty produkcji.

Do ustalenia zależności pomiędzy plonem korzeni a poniesionymi kosztami na nawozy i pestycydy obliczono proste współczynniki korelacji, przy poziomie istotności $p \leq 0,01$.

WYNIKI I DYSKUSJA

W badanych gospodarstwach plon korzeni buraka cukrowego wahał się od 30 do 60 t ha⁻¹ przy niewielkim współczynniku zmienności $V\% = 16,4$ (tab. 1). Średni plon wynosił 45,4 tony i był wyższy od średnich plonów otrzymywanych w Polsce — 44,3 t ha⁻¹ w 2002 roku (Rocznik Statystyczny, 2003). Na 1 ha uprawy buraka cukrowego zużywano średnio 362,1 kg ha⁻¹ NPK i 1,125 kg ha⁻¹ substancji biologicznie czynnej w pestycydach. Średnie koszty uprawy jednego hektara buraka cukrowego poniesione na nawozy i środki ochrony roślin wynosiły 1044,8 PLN (wartości ekstremalne wahały się od 310 do 1695,7 PLN).

Tabela 1

Charakterystyka uprawy buraka cukrowego
Performance of sugar beet cultivation

Wyszczególnienie n = 130 Specification n = 130	$\bar{X}$	min.	max.	V%
Plon w t·ha ⁻¹ Yield in t·ha ⁻¹	45,4	30,0	60,0	16,4
Dawka NPK w kg·ha ⁻¹ Dose in kg·ha ⁻¹	362,1	171,0	556,0	20,2
Koszt nawozów w PLN·ha ⁻¹ Fertilizers costs in PLN·ha ⁻¹	490,7	266,0	810,0	22,8
Zużycie pestycydów w kg·ha ⁻¹ s.b.cz. Fuel consumption of pesticides	1,125	0	4,985	86,5
Koszt pestycydów w PLN·ha ⁻¹ Pesticides costs in PLN·ha ⁻¹	553,0	0	958,0	37,9
Suma kosztów nawożenia i ochrony w PLN·ha ⁻¹ Total fertilization and protection costs in PLN·ha ⁻¹	1044,8	310,0	1695,7	27,5

Zróżnicowane nawożenie i ochrona roślin wywierały wpływ na plon korzeni i wartość nadwyżki bezpośredniej. W tabelach 2–4 przedstawiono kalkulacje kosztów bezpośrednich uprawy 1 ha buraka cukrowego w trzech wybranych gospodarstwach różniących się plonem korzeni i intensywnością uprawy. W gospodarstwie, w którym otrzymano plon 60,0 t z 1 ha poniesiono koszty bezpośrednie równe 2343,1 PLN, a nadwyżka bezpośrednia była najwyższa i wynosiła 5529,56 PLN z 1 ha (tab. 2). Było to gospodarstwo charakteryzujące się wysokim nawożeniem mineralnym i ochroną roślin, na którą składały się aż 4 zabiegi herbicydem. Nie wykonywano natomiast mechanicznej pielęgnacji plantacji.

Znacznie niższą nadwyżkę bezpośrednią (4181,36 PLN) otrzymano w gospodarstwie, w którym plon buraka wynosił 45,0 t z 1 ha (tab. 3). Również koszty poniesione na nawożenie (466 PLN) i ochronę roślin (540 PLN) były znacznie niższe w porównaniu do pierwszego gospodarstwa. W tym przypadku zastosowano pielęgnację chemiczno-mechaniczną, składającą się z dwóch oprysków herbicydem, jednego spulchniania międzyrzędzi i jednego pielenia ręcznego. Według Lorencowicza (1998) na pielęgnację ręczną każdorazowo zużywane jest ok. 40 godzin pracy ludzkiej. Jednak badani rolnicy nie wynajmowali pracowników a zajęcia związane z produkcją buraka wykonywali sami.

Tabela 2

Kalkulacja kosztów bezpośrednich uprawy 1 ha buraka cukrowego na przykładzie gospodarstwa o dużych nakładach (plon 60,0 t·ha⁻¹ zaw. cukru 16,5%)
Calculation of direct costs of sugar beet cultivation per 1 ha based on an example of the farm with a high outlay (yield 60.0 t·ha⁻¹, content of sugar 16.5%)

Wyszczególnienie Specification	Jednostka Unit	Ilość Quantity	Cena Price	Wartość Value
Materiał siewny Seed material	js	1,3	366,00	475,80
nawożenie fertilization				
Polifoska 8-24-24 compound fertilizer	dt	6,0	95,00	570,00
Saletrzak Nitro-chalk	dt	2,0	46,00	92,00
Mocznik Urea	dt	1,0	64,00	64,00
Razem nawożenie Total fertilization				726,00
ochrona roślin plant protection				
Betanal Progress 274 OF	kg (l)	3,0	130,00	390,00
Fusilade Super125 EC	kg (l)	1,5	100,00	150,00
Lontrel 300 SL	kg (l)	0,4	320,00	128,00
Goltix 700 SC	kg (l)	2,0	118,00	236,00
Razem ochrona Total protection				904,00
Zużycie paliwa na całokształt agrotechniki Fuel consumption in relation to the whole cultivation performance	l	79,1	3,00	237,30
Razem koszty bezpośrednie Total direct costs				2343,10
Plon korzeni Kwota A Roots yield Amount B	dt	562	12,84	7216,08
Wysłodki suche Dried pulp	dt	6	53,00	318,00
Nadwyżka bezpośrednia Direct surplus				5529,56
Wskaźnik opłacalności Profitability index	%		336	

Najniższe koszty (1034,8 PLN) i nadwyżka bezpośrednia (2901,53 PLN) charakteryzowały gospodarstwo o ekstensywnym nawożeniu i ochronie roślin (tab. 4). Producent buraka zrezygnował z ochrony roślin, stosując mechaniczną pielęgnację. We wszystkich przedstawionych gospodarstwach wskaźnik opłacalności był bardzo wysoki (336%–380%), najwyższy zanotowano w gospodarstwie, w którym stosowano ograniczone nawożenie i ochronę. W opracowaniu nie uwzględniono jednak kosztów zmiennych maszyn własnych oraz pracy własnej rolnika i jego rodziny, dlatego nadwyżka bezpośrednia w analizowanych gospodarstwach jest tak wysoka.

Tabela 3

Kalkulacja kosztów bezpośrednich uprawy 1 ha buraka cukrowego na przykładzie gospodarstwa o średnich nakładach (plon 45,0 t ha⁻¹ zaw. cukru 16,5%)

Calculation of direct costs of sugar beet cultivation per 1 ha based on an example of the farm with a mean outlay (yield 45.0 t ha⁻¹, content of sugar 16.5%)

Wyszczególnienie Specification		Jednostka Unit	Ilość Quantity	Cena Price	Wartość Value
Materiał siewny Seed material		js	1,3	366,00	475,80
		nawożenie fertilization			
Saletra amonowa Ammonium nitrate		dt	4,0	50,00	200,00
Superfosfat granul. Ganul. superphosphate		dt	3,0	50,00	150,00
Sól potasowa Potash salt		dt	2,0	58,00	116,00
Razem nawożenie Total fertilization					466,00
		ochrona roślin plant protection			
Betanal Progress 274 OF		kg (l)	3,0	130,00	390,00
Fusilade Super 125 EC		kg (l)	1,5	100,00	150,00
Razem ochrona Total protection					540,00
Zużycie paliwa na całokształt agrotechniki Fuel consumption in relation to the whole cultivation performance		l	81,1	3,00	243,3
Razem koszty bezpośrednie Total direct costs					1725,1
Plon korzeni Roots yield	Kwota A Amount B	dt	422	12,84	5418,48
		dt	28	8,91	249,48
Wysłodki suche Dried pulp		dt	4,5	53,00	238,50
Nadwyżka bezpośrednia Direct surplus					4181,36
Wskaźnik opłacalności Profitability index		%			342

Wpływ kosztów nawożenia i stosowanych pestycydów na plon korzeni buraka cukrowego przedstawiono obliczając współczynniki korelacji pomiędzy tymi zmiennymi (tab. 5). Plon buraka był dodatnio determinowany przez obie zmienne ($r = 0,786^{**}$; $r = 0,731^{**}$). Wraz ze wzrostem kosztów poniesionych na nawożenie i ochronę roślin plon korzeni wzrastał. Niektórzy rolnicy nie stosowali pestycydów a minimalne nawożenie mineralne wynosiło 171,0 kg NPK na 1 ha. Zatem uzasadnione staje się stwierdzenie, że należy dążyć do intensyfikacji produkcji.

Tabela 4

Kalkulacja kosztów bezpośrednich uprawy 1 ha buraka cukrowego na przykładzie gospodarstwa o niskich nakładach (plon 30,0 t ha⁻¹, zaw. cukru 16,5%)
Calculation of direct costs of sugar beet cultivation per 1 ha based on an example of the farm with a low outlay (yield 30.0 t ha⁻¹, content of sugar 16.5%)

Wyszczególnienie Specification	Jednostka Unit	Ilość Quantity	Cena Price	Wartość Value
Materiał siewny Seed material	js	1,3	366,00	475,80
nawożenie fertilization				
Saletra amonowa Ammonium nitrate	dt	2,0	50,00	100,00
Fosforan amonu Ammonium phosphate	dt	2,0	105,00	210,00
Razem nawożenie Total fertilization		310,00		
ochrona roślin plant protection				
Nie stosowano Not applied	kg (l)	0	0	0
Razem ochrona Total protection				0
Zużycie paliwa na całokształt agrotechniki Fuel consumption in relation to the whole cultivation performance	l	83,0	3,00	249,0
Razem koszty bezpośrednie Total direct costs			1034,80	
Plon korzeni Kwota A Roots yield Amount B	dt	281,0	12,84	3608,04
Wysłodki suche Dried pulp	dt	19,0	8,91	169,29
Nadwyżka bezpośrednia Direct surplus		3,0	53,00	159,00
Wskaźnik opłacalności Profitability index	%			2901,53
				380

Tabela 5

Współczynniki korelacji plonów buraka cukrowego z niektórymi zmiennymi objaśniającymi
Correlation coefficients for sugar beet yields and selected explanatory variables

Nazwa zmiennej (n = 130) Variable name (n = 130)		
Koszty nawożenia Fertilization costs	Koszty ochrony Plant protection costs	Suma kosztów Total costs
0,786**	0,731**	0,840**

Istotność ** $P \leq 0,01$ Significance: ** $P \leq 0.01$

WNIOSKI

Uprawa buraka cukrowego wymaga znacznych nakładów finansowych na nasiona, nawozy, pestycydy i paliwo. Jest to niewątpliwie jedna z najbardziej intensywnych i opłacalnych upraw w środkowowschodniej Polsce. Wyniki przeprowadzonych badań pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. W badanych gospodarstwach wysokie nakłady oraz koszty nawożenia i ochrony roślin wpływały w istotny dodatni sposób na plon korzeni buraka cukrowego.
2. Najwyższą nadwyżkę bezpośrednią z 1 ha uprawy buraka cukrowego (5529,56 PLN) otrzymano w gospodarstwie o intensywnym nawożeniu i ochronie roślin, w którym plon korzeni był najwyższy ($60 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$).
3. Opłacalność produkcji dla przyjętych plonów buraka była bardzo wysoka (336%–380%). O współczynniku opłacalności decydował poziom nawożenia i ochrony roślin.

LITERATURA

- Dzienia S. 1999. Zachowawcza uprawa roli pod burak cukrowy. *Fol. Univ. Agric. Stetin* 195: 131 — 134.
- Fereniec J. 1999. *Ekonomika i organizacja rolnictwa*. Wyd. Key Test, Warszawa.
- Gutmański I., Kostka-Gościński D., Kreft K., Nowakowski M., Szymczak-Nowak J. 1999. Nakłady i koszty produkcji buraka cukrowego z siewu w mulcz. *Fol. Univ. Agric. Stetin*. 195: 97 — 103.
- Kisiel R., Domska D. 1994. Koszty i opłacalność produkcji buraków cukrowych przy zróżnicowanym poziomie nawożenia. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Oeconomica* 30: 45 — 56.
- Lorencowicz E. 1998. *Tabele do ćwiczeń z użytkowania maszyn rolniczych*. Wyd. AR w Lublinie.
- Rocznik Statystyczny. 2003. GUS. Wydawnictwa Statystyczne, Warszawa.
- Wielogórska G. 2004. Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie ziemniaka i buraka cukrowego w środkowowschodniej Polsce. *Annales UMCS Sectio E*. 4: 1587 — 1593.
- Zimny L. 1997. Modyfikacje uprawy roli pod burak cukrowy. *Post. Nauk Rol.* 1: 35 — 47.

PRZEMYSŁAW BARŁÓG**WITOLD GRZEBISZ**

Katedra Chemii Rolnej

Akademia Rolnicza w Poznaniu

Plonotwórcza i diagnostyczna ocena nawożenia buraków cukrowych potasem z udziałem sodu i magnezu Część I. Plon korzeni i liści

**Sugar beets fertilization with potassium, sodium and magnesium — yielding and
diagnostic evaluation
Part I. Yield of roots and leaves**

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 1997–1999 w układzie split-block w 4 powtórzeniach. Główny czynnik doświadczalny zawierał trzy odmiany: Fontana, Sonja, Evita. Czynnikiem drugiego rzędu były 4 warianty nawożenia: kontrola — bez potasu (O); nawożenie potasem w dawce $160 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$ (K); potasem, sodem i magnezem w dawkach $160 \text{ kg K}_2\text{O} + 12 \text{ kg Na} + 14,4 \text{ kg Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (KNaMg); potasem, sodem i zwiększoną dawką magnezu — $160 \text{ kg K}_2\text{O} + 12 \text{ kg Na} + 38,3 \text{ kg Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (KNa3Mg). Uzyskane w doświadczeniu plony korzeni były wysokie — $71,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, zbliżone do potencjału plonowania testowanych odmian w Polsce. Głównym czynnikiem różnicującym plony okazał się przebieg pogody w sezonie wegetacyjnym. Potencjał plonotwórczy odmian (Fontana > Sonja > Evita) uwidocznił się szczególnie w warunkach optymalnego rozkładu opadów i zbilansowanego odżywienia (1997). W warunkach tych, niezależnie od badanej odmiany, wpływ nawożenia przedstawiał się następująco: kontrola ($73,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} = 100\%$) $\leq$ K (103,6%) < KNaMg (108,3%) $\leq$ KNa3Mg (111,8%). W warunkach stresowych, odmiany buraka cukrowego wykazały indywidualną reakcję na zabiegi agrotechniczne — współdziałanie między cechami hodowlanymi a nawożeniem KNaMg. Plonotwórcze działanie sodu, wyrażone wzrostem plonów korzeni, przejawiało się w każdym z kolejnych lat badań, lecz zdecydowanie jednoznacznie tylko w suchym 1999 roku.

Słowa kluczowe: buraki cukrowe, magnez, nawożenie, plon, potas, sól

The field experiments were carried out in the years 1997–1999 in randomized permanent plots (split-block design) with four replications. The first experimental factor was a variety of sugar beet: Sonja, Fontana and Evita. The second-rate factor was fertilization, applied in four variants: 1. control (O), 2. potassium at $160 \text{ kg K}_2\text{O}$ per 1 ha (K), 3. potassium, sodium and magnesium in a combination: $160 \text{ kg K}_2\text{O} + 12 \text{ kg Na} + 14.4 \text{ kg Mg}$ per 1 ha (KNaMg), and 4. potassium, sodium and the increased dose of magnesium in a combination: $160 \text{ kg K}_2\text{O} + 12 \text{ kg Na} + 38.3 \text{ kg Mg}$ per 1 ha (KNa3Mg). The yield of roots was very high, and amounted $71.7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. The effects of a variety and of potassium

fertilizers on the yield of roots and leaves were greatly influenced by the weather conditions during the vegetation period. Production capabilities of the tested varieties (Fontana > Sonja > Evita) were best expressed under optimal water and nutrients conditions in 1997. That year, the average effects of fertilizers on the root yield were, irrespective of a variety, as follows: control ($73 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} = 100\%$) $\leq$ K (103.6%) < KNaMg (108.3%) $\leq$ KNa3Mg (111.8%). In contrast, in the years with unfavourable growth conditions, variety-fertilization interactions were strongly pronounced. Fertilization with sodium resulted in the increased root yields throughout the experiments, particularly in dry weather conditions in 1999.

Key words: magnesium, potassium, sodium, sugar beet, varieties, yield

WSTĘP

Potencjał plonowania buraków cukrowych szacuje się na poziomie $90\text{--}100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Takie plony można uzyskać tylko w idealnych warunkach produkcyjnych (Hills i in., 1990). Potencjał plonowania buraków w Polsce, określony w badaniach COBORU, w latach 1995–2000 w odniesieniu do plonu korzeni kształtuje się na średnim poziomie $70 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a cukru technologicznego — $11 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Siódmiak, 2002). Plony rzeczywiste buraków, uzyskiwane w produkcji są zdecydowanie niższe, nieco tylko powyżej 50% potencjału plonowania tej rośliny w Polsce (Rocznik Statystyczny, 1995–2001). W dodatku podlegają one znacznym sezonowym wahaniom (Grzebisz, 2000). Wynika to przede wszystkim z niekorzystnych warunków pogodowych, a zwłaszcza częstych, a do tego mało prognozowanych susz atmosferycznych (Panek, 1990; Rudnicki i in., 1997). Z tej też przyczyny zmienność sezonowa (lata) aż w 1/3 decydują o wielkości uzyskiwanych przez rolników plonów (Grzebisz, 2000). Drugą przyczyną pogłębiającą reakcję buraków cukrowych na niekorzystne warunki atmosferyczne jest niezbyt wysoki poziom zasobności gleb, a do tego niedostateczne nawożenie, głównie fosforem, potasem i to zarówno w formie organicznej, jak i mineralnej (Fotyma i Gosek, 1998; Gosek i Fotyma, 1998). W rezultacie zwiększa się zależność plonów roślin uprawnych od warunków pogodowych (Grzebisz i in., 2002). Plon i jakość buraków cukrowych wymaga stworzenia przez rolnika takich warunków wzrostu roślin na plantacji, które minimalizując ujemne skutki czynników naturalnych, jednocześnie sprzyjać będą maksymalizacji produkcji cukru. W dążeniu do uzyskania wysokiej jakości surowca w pierwszej kolejności należy uregulować poziom nawożenia potasem, który jest składnikiem pobieranym przez rośliny w największej ilości. Optymalizując nawożenie buraka cukrowego nie można pominąć magnezu, od którego w dużej mierze zależy zarówno wielkość i jakość plonu korzeni (Barłóg, Grzebisz, 2001; Grzebisz i in., 2001). Wyniki badań, prowadzonych w Niemczech wskazują na konieczność nawożenia buraka cukrowego nawozami zawierającymi sód (Haneklaus i in., 1998). Wiedza na temat reakcji odmian buraka cukrowego na nawożenie potasem, a w szczególności na współdziałanie tego pierwiastka z sodem i magnezem, jest jak dotąd niedostateczna. Rozwiązanie powyższego problemu może mieć duże znaczenie w optymalizacji nawożenia buraka cukrowego.

Podstawowym celem niniejszej pracy jest ocena reakcji trzech odmian buraka cukrowego na nawożenie potasem na tle stałego udziału sodu i wzrastającego magnezu wyrażona plonami korzeni i liści.

MATERIAŁY I METODY

Badania przeprowadzono w latach 1997–1999 w Wielkopolsce, w rejonie Cukrowni Kościan. Ścisłe doświadczenia polowe zakładano na glebach płowych właściwych, wytworzonych z piasków gliniastych mocnych, zaliczanych pod względem agronomicznym do gleb lekkich. Gleby te zostały zaliczone do kompleksu żyniego bardzo dobrego, klasy bonitacyjnej IVa. Doświadczenie polowe, corocznie zakładano w układzie split-block w 4 powtórzeniach (Trętowski i Wójcik, 1988). Główny czynnik doświadczalny zawierał trzy odmiany firmy hodowlanej KWS (Kleinwanzleben Saatzucht AG): Fontana — plenna; Sonja — normalna; Evita — cukrowa. Czynnikiem drugiego rzędu były 4 warianty nawożenia: kontrola, bez potasu (O); nawożenie potasem w dawce $160 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$ (K); potasem, sodem i magnezem w dawkach $160 \text{ kg K}_2\text{O} + 12 \text{ kg Na} + 14,4 \text{ kg Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (KNaMg); potasem, sodem i zwiększoną dawką magnezu – $160 \text{ kg K}_2\text{O} + 12 \text{ kg Na} + 38,3 \text{ kg Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (KNa3Mg).

Stanowiska, w których uprawiano buraki charakteryzowały się dobrą zasobnością składników pokarmowych w warstwie ornej (0–0,3 m) i optymalnym odczynem. Zawartość azotu mineralnego (suma N-NH_4 i N-NO_3) w warstwie 0–0,6 m wahała się od 108 do $126 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 1).

Tabela 1

Charakterystyka agrochemiczna gleb
Agrochemical properties of soil

Rok Year	Warstwa gleby Soil layer (cm)	pH	N min ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	P ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	K ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Mg ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
1997	0–30	6,9	73	85,1	194,2	60
	31–60	6,2	45	54,1	101,3	34
1998	0–30	6,7	69	90,7	125,3	55
	31–60	6,8	57	66,3	132,8	50
1999	0–30	6,4	44	94,2	137,8	65
	31–60	6,1	64	60,2	77,2	42

Wszystkie poletka nawożono taką samą dawką azotu ($120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$), którą stosowano w $\frac{1}{2}$ przed siewem i w $\frac{1}{2}$ w fazie czwartego liścia właściwego buraka. Fosfor w dawce $60 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$, stosowano wraz z potasem, tydzień przed siewem. Przedplonem buraków cukrowych była pszenica ozima. Powierzchnia podstawowego poletka wynosiła 54 m^2 . Wysiew nasion, każdego roku, przeprowadzano w 2 dekadzie kwietnia. Plon zebrano z powierzchni $21,6 \text{ m}^2$ w drugiej dekadzie października.

Ocenę statystyczną uzyskanych wyników przeprowadzono z wykorzystaniem analizy wariancji (Trętowski i Wójcik, 1988) oraz regresji prostoliniowej — program komputerowy STAT-LK (Konys i Wiśniewski, 1984).

WYNIKI

Głównym czynnikiem różnicującym plony okazał się przebieg pogody w sezonie wegetacyjnym. Największe średnie plony korzeni uzyskano w roku 1998, w którym zarówno w czerwcu, jak i we wrześniu opady były wyższe od średnich wieloletnich odpowiednio o 50% i 112% (tab. 2). Zdecydowanie najmniejsze plony uzyskano w suchym, 1999 roku (tab. 3).

Tabela 2

Warunki pogodowe w okresie wegetacji buraków cukrowych
Weather conditions during vegetation of sugar beet

Rok Year	Miesiące Months							średnia lub suma mean or sum
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
temperatura temperature (°C)								
1997	5,0	11,8	15,5	16,6	18,3	12,7	6,3	12,3
1998	10,3	12,9	15,1	16,1	15,0	13,9	8,0	13,0
1999	9,0	13,4	16,2	21,5	18,9	17,3	9,5	15,1
1954–1999	8,0	16,3	17,2	18,8	18,9	14,0	8,9	14,6
opady rainfall (mm)								
1997	31,4	43,5	23,5	189,0	145,8	31,6	44,6	509,4
1998	33,6	18,2	93,1	59,2	38,8	84,3	82,6	409,8
1999	62,6	74,5	28,7	29,6	22,9	54,8	29,8	302,9
1954–1999	36,4	48,4	62,0	78,0	64,4	40,7	36,0	407,4

Wpływ czynników doświadczalnych na plon korzeni przejawiał się w różny sposób w kolejnych latach badań. W pierwszym roku badań (1997), oba czynniki doświadczalnie istotnie wpływały na plony korzeni, lecz nie wystąpiło między nimi współdziałanie (tab. 3). Plony, w zależności od odmiany, zmniejszały się w kierunku: Fontana > Sonja ≥ Evita. Intensyfikacja nawożenia, niezależnie od odmiany, prowadziła do wzrostu plonów korzeni: kontrola (100%) ≤ K (103,6%) < KNaMg (108,3%) ≤ KNa3Mg (111,8%). Wzbogacenie nawozu potasowego w sód i magnez zwiększyło istotnie, w stosunku do kontroli a także samego K plon korzeni.

W roku 1998 odmiana Fontana plonowała na niższym poziomie niż w roku 1997, lecz dwie pozostałe zdecydowanie wyżej. Dlatego w roku tym uzyskano największy przeciętny plon korzeni. Ponadto zaznaczyło się współdziałanie między obu czynnikami doświadczalnymi. Największy plon korzeni odmiany Sonja uzyskano w wariacie z samym K, a najmniejszy z KNa3Mg. Odmiana Fontana plonowała najwyżej w wariacie nawożenia samym K oraz KNa3Mg. Trzecia z odmian, Evita silnie reagowała na intensyfikację nawożenia, a najlepszym wariantem okazał się KNaMg (tab. 3).

W trzecim roku badań (1999), także wystąpiło współdziałanie obu czynników doświadczalnych (tab. 3), lecz uzyskane plony korzeni kształtowały się na poziomie zdecydowanie mniejszym, niż w dwóch poprzednich latach. W roku tym wystąpiła susza, która podkreśliła plonotwórczą rolę potasu i sodu. Jak wynika z powyższego zestawienia,

testowane odmiany reagowały w sposób bardzo indywidualny na nawożenie KNaMg. Odmiana Fontana plonowała najlepiej w wariacie z samym K, a uzyskany przyrost plonu, w stosunku do kontroli, wyniósł aż 76,8%. Natomiast odmiana Sonja i Evita wytworzyła największy plon w wariacie KNaMg (odpowiednio +23,5% i +62%). Dla ostatniej wymienionej odmiany był to jedyny udowodniony statystycznie przyrost plonu w stosunku do kontroli (tab. 3).

Tabela 3

Wpływ odmiany i nawożenia potasem, sodem i magnezem na plon korzeni ($t \cdot ha^{-1}$)
Effect of varieties and of potassium, sodium and magnesium fertilization on the root yield ($t \cdot ha^{-1}$)

Rok Year	Odmiana Variety	Warianty Treatments				Średnia Mean
		O	K	KNaMg	KNa3Mg	
1997	Fontana	81,2	84,5	88,6	90,3	86,2
	Sonja	65,6	74,6	76,4	77,9	73,7
	Evita	72,1	67,8	72,3	76,9	72,2
	Średnia Mean	73,0	75,6	79,1	81,7	77,4
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	A = 5,3		B = 3,4	A × B = r.n.	
1998	Fontana	82,3	87,8	80,0	89,3	84,8
	Sonja	75,8	83,8	81,0	69,5	77,5
	Evita	76,5	79,0	88,0	80,3	80,9
	Średnia Mean	78,2	83,5	83,0	79,7	81,1
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	A = 6,7		B = r.n.	A × B = 5,7	
1999	Fontana	40,0	70,8	59,8	66,7	59,3
	Sonja	50,9	47,7	62,9	55,7	54,3
	Evita	43,5	52,1	70,4	59,6	56,4
	Średnia Mean	44,8	56,8	64,3	60,7	56,7
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	A = r.n.		B = r.n.	A × B = 6,5	

A — Odmiany; Varieties, B — Nawożenie K; K — Fertilization, A × B — Współdziałanie; Interaction
 r.n. — Różnica nieistotna; Not significant difference

Plony liści w roku 1997 istotnie zależały od obu czynników doświadczalnych, między którymi nie stwierdzono współdziałania (tab. 4). Rola odmiany przedstawiała się następująco: Fontana ≥ Sonja ≥ Evita. Działanie nawożenia KNaMg przedstawia dość złożony obraz, bowiem plony liści zwiększały się w kierunku: kontrola ≤ KNa3Mg ≤ K ≤ KNaMg. W 1998 roku intensyfikacja nawożenia prowadziła do spadku plonów liści odmiany Sonja i Fontana. Z tym, że dla Sonji w stosunku do kontroli, spadek plonów wystąpił w wariacie z KNaMg, a dla Fontany już z samym K. W roku 1999 odmiany Sonja i Evita nawożone samym K wytworzyły największy plon liści. Największy plon liści odmiany Fontana odnotowano w wariacie nawożenia KNa3Mg (tab. 4).

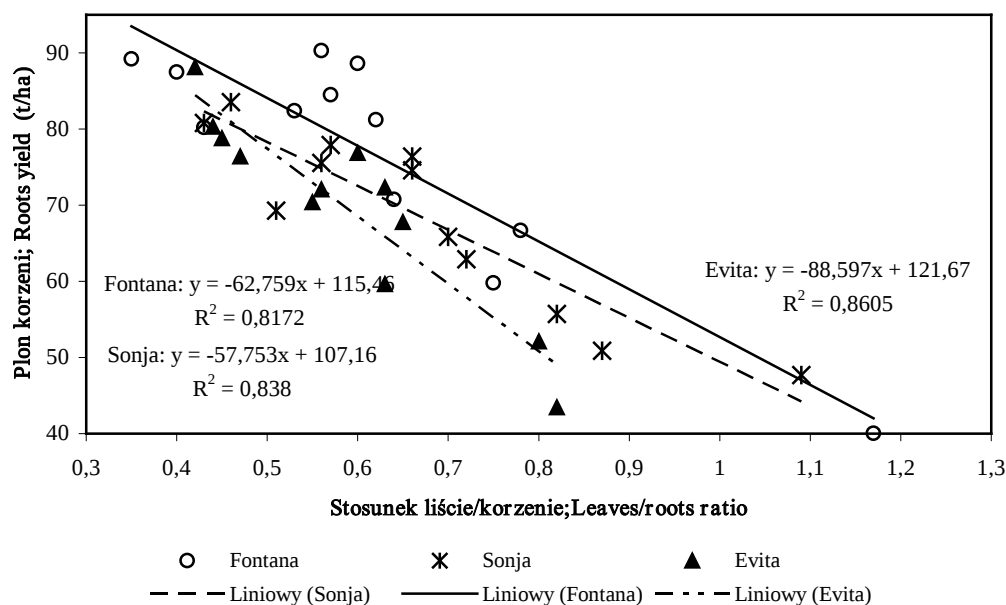
Różnice odmianowe, rozważane w kontekście zależności plonów korzeni od plonów liści, ujawniły się poprzez: (a) zróżnicowanie wartości R^2 , które zwiększały się w kierunku: Fontana < Sonja < Evita; (b) wartością stosunku liście/korzenie. W przypadku odmian Sonja i Fontana zakres ten wahał się od 0,4 do 1,2, a dla odmiany Evita od 0,4 do 0,8 (rys. 1).

Tabela 4

Wpływ odmiany i nawożenia potasem, sodem i magnezem na plon liści (t·ha⁻¹)
Effect of varieties and of potassium, sodium and magnesium fertilization on the leaves yield (t·ha⁻¹)

Rok Year	Odmiana Variety	Warianty Treatments				Średnia Mean
		O	K	KNaMg	KNa3Mg	
1997	Fontana	50,4	48,2	53,2	50,6	50,6
	Sonja	46,1	49,2	50,4	44,4	47,5
	Evita	40,4	44,1	45,5	46,1	44,0
	średnia mean	45,6	47,2	49,7	47,0	47,4
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		A = 3,4	B = 2,7	A × B = r.n.	
1998	Fontana	43,8	34,7	34,7	31,3	36,1
	Sonja	42,2	38,2	34,7	35,3	37,6
	Evita	35,6	35,1	36,9	35,2	35,7
	średnia mean	40,5	36,0	35,4	33,9	36,5
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		A = r.n.	B = r.n.	A × B = 6,3	
1999	Fontana	46,9	46,9	45,0	52,3	47,8
	Sonja	44,1	52,2	45,0	45,9	46,8
	Evita	35,6	41,5	38,5	37,8	38,3
	średnia mean	42,2	46,8	42,8	45,3	44,3
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		A = r.n.	B = r.n.	A × B = 5,5	

A — Odmiany; Varieties, B — Nawożenie K; K — Fertilization, A × B — Współdziałanie; Interaction
 r.n. — Różnica nieistotna; Not significant difference



Rys. 1. Zależność między plonem korzeni a stosunkiem liście/korzenie, n = 12
Fig. 1. Relationship between root yield and a leaves/roots ratio, n = 12

Oznacza to, że każdy czynnik plonotwórczy zwiększający plon liści prowadził generalnie do spadku plonu korzeni z tym, że odmiana Evita reagowała silniej na zmianę relacji liście/korzenie, niż dwie pozostałe odmiany.

DYSKUSJA

Uzyskane, w przeprowadzonym doświadczeniu, plony korzeni były wysokie, zbliżone do potencjału plonowania testowanych odmian w Polsce — $69,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Siódmiak, 2002). Tak wysoki poziom plonów oraz niewielki stopień reakcji na nawożenie wskazuje na optymalne warunki wzrostu roślin w całym okresie wegetacji. Milford i wsp. (2000) prowadząc w Wielkiej Brytanii badania nad reakcją buraków cukrowych na nawożenie potasem stwierdzili, że roślina ta wykazuje niezwykle dużą reakcję na wszystkie czynniki produkcji, a zwłaszcza na warunki pogodowe. Również w badaniach własnych najważniejszym czynnikiem określającym poziom plonowania były warunki pogodowe. Zdecydowanie najmniejsze plony uzyskano w suchym, 1999 roku. Natomiast plony korzeni (Sonja i Evita) uzyskane w roku 1998, zdecydowanie gorszym pod względem rozkładu opadów niż rok 1997 (Panek, 1993), były jednakże o kilka $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ większe. Można to wytłumaczyć tym, że zarówno w czerwcu, jak i we wrześniu (1998) opady były wyższe od średnich wieloletnich odpowiednio o 50% i 112% (tab. 2). Przyczyny bardzo złożonej reakcji buraków na warunki pogodowe (rozkład opadów) wynikają z biologii gatunku. Roślina ta z jednej strony jest niezwykle wymagająca w stosunku do składników pokarmowych, rozważanych zarówno ilościowo, jakościowo, jak i w aspekcie czasowym — dynamika pobierania (Draycott, 1996; Grzebisz i Barłóg, 2002; Grzebisz i in., 2002), lecz z drugiej strony toleruje niekorzystne warunki pogodowe, zwłaszcza w odniesieniu do wody, co może wynikać z szybkiego wzrostu systemu korzeniowego wiosną (Brown i Biscoe, 1985; Windt, 1995). Według Hillsa i wsp. (1990) buraki cukrowe reagują spadkiem plonów cukru dopiero przy deficycie wodnym przekraczającym 60% zasobów wody dostępnej w strefie ukorzenienia (0–90 cm). Jak wynika z analizy szeregu opracowań dotyczących optymalnej dawki wody do nawadniania buraków, roślina ta reaguje na dawki wody ilościowo zbliżone do wartości ewapotranspiracji. Tylko w takich warunkach zaopatrzenia roślin buraka w wodę można uzyskać maksymalne plony (Winter, 1988).

Średni plon korzeni testowanych odmian kształtował się następująco: Fontana > Evita $\geq$ Sonja. Uzyskana zależność potwierdza różnice odmianowe, zwłaszcza wysoki poziom plonowania odmiany plennej — Fontana (Siódmiak, 2002). Badania własne nie wykazały jednak istotnych różnic w plonowaniu między odmianą normalną (Sonja) a cukrową (Evita). Pomimo, że największy plon korzeni odmiany Sonja i Evita uzyskano w roku 1998, a nie w 1997, to jednak w tym ostatnim roku zaznaczył się wyraźnie potencjał plonotwórczy testowanych odmian (Siódmiak, 2002). Wynikało to zarówno z optymalnego rozkładu opadów, jak i z najlepszej zasobności stanowiska w podstawowe składniki pokarmowe oraz relatywnie wysokiego poziomu nawożenia potasem.

Jeżeli założymy, że potas jest głównym składnikiem pokarmowym stabilizującym plon, to jednocześnie pojawia się pytanie o rolę pozostałych składników pokarmowych — sodu i magnezu. Upraszczając zagadnienie, plonotwórcze działanie tych dwóch pierwiastków

można odnieść do efektywności agronomicznej potasu (tab. 5). Tylko w 1997 roku agronomiczna efektywność potasu, zwiększała się w miarę intensyfikacji nawożenia KNaMg. W rozważaniach nad stabilizacją plonów, niezwykle interesującym okazał się jednak trzeci rok badań (1999), w którym wystąpił głęboki stres wodny. W roku tym uzyskano największą efektywność zastosowanego nawożenia potasem (tab. 5). Jak dotychczas tylko Moraghan (1978) wskazał na odmianową reakcję buraków cukrowych na nawożenie potasem. W badaniach własnych dwie odmiany, a mianowicie Sonja i Evita nawożone KNaMg, reagowały wzrostem produktywności potasu, a spadkiem plonów na 3-krotny wzrost dawki magnezu. Taka reakcja plonotwórcza buraków wskazuje na występowanie antagonizmu między magnezem, a prawdopodobnie wapniem i kationami jednowartościowymi (Kirkby i Mengel, 1978).

Tabela 5

Agronomiczna efektywność nawożenia potasem (kg·kg K ₂ O ⁻¹) Agronomical efficiency of potassium fertilization (kg·kg K ₂ O ⁻¹)				
Rok Year	Odmiany Variety	Warianty Treatments		
		K	KNaMg	KNa3Mg
1997	Fontana	56,3	67,5	76,9
	Sonja	20,6	46,3	56,9
	Evita	—*	1,3	30,0
1998	Fontana	50,0	32,5	—
	Sonja	34,4	—	43,8
	Evita	15,6	71,9	23,8
1999	Fontana	—	75,0	30,0
	Sonja	192,5	12,8	166,9
	Evita	53,8	168,1	100,6

* — Wartości ujemne; Negative values

Rola potasu w stabilizacji plonów roślin uprawnych wynika, jak prezentuje szeroka literatura przedmiotu, z funkcji, jaką pełni ten pierwiastek w procesach odpowiedzialnych za gospodarkę wodną rośliny i jej metabolizm mineralny (Marschner, 1993; Gething, 1993; Marschner i in., 1996; Armstrong, 1998; Gutmański, 2001). Badania nad fizjologiczną rolą sodu, w roślinach reagujących na nawożenie tym składnikiem, nie przedstawiają się tak jednoznacznie jak w odniesieniu do potasu, lecz generalnie zwraca się uwagę na poprawę gospodarki wodnej roślin dobrze odżywionych tym pierwiastkiem (Mendel, 1991). Plonotwórcza rola sodu w burakach cukrowych wynika prawdopodobnie z funkcji fizjologicznych tego pierwiastka i odniesiona może być do szybkości reakcji aparatów szparkowych na stres wodny, bowiem sól przyspiesza zamykanie komórek szparkowych (Mendel, 1991). Lindhauer i wsp. (1990) stwierdzili przy szerokim stosunku Na⁺/K⁺ w roztworze żywieniowym lepszy wzrost liści, a przy wąskim — korzeni roślin buraka. Jednakże Draycott i wsp. (1970) wykazali, że zapotrzebowanie buraków na sól i reakcja tej rośliny na nawożenie sodem nie zawsze występuje, gdyż zależy od ilości dostępnego sodu w glebie. Ponadto zwrócili uwagę na możliwy antagonizm między tym pierwiastkiem a potasem. W badaniach własnych plonotwórcze działanie sodu, wyrażone wzrostem plonów korzeni i liści, przejawiało się w każdym z kolejnych lat badań, lecz zdecydowanie

jednoznacznie tylko w roku suchym. Niezależnie od roku, dodatnią reakcję na nawożenie KNaMg wykazała odmiana Evita (cukrowa).

WNIOSKI

1. Plon korzeni i liści buraków cukrowych kształtowały w pierwszej kolejności warunki pogodowe w sezonie wegetacyjnym, a dopiero w dalszej odmiany i nawożenie.
2. Potencjał plonotwórczy odmian, odniesiony do plonu korzeni, można zrealizować tylko w warunkach optymalnego rozkładu opadów i zbilansowanego odżywienia roślin.
3. Stabilność plonów, jako warunek efektywnej strategii uprawy buraków cukrowych, zależy od nawożenia roślin potasem, a zwłaszcza nawozem wzbogaconym w sód i magnez.
4. W warunkach stresowych, odmiany buraka cukrowego wykazują indywidualną reakcję na zabiegi agrotechniczne, w tym na nawożenie. Możliwe jest wówczas wystąpienie współdziałania między odmianami buraka cukrowego a nawożeniem KNaMg.
5. Plonotwórcze działanie sodu i magnezu, wyrażone wzrostem plonów korzeni, przejawiało się w każdym z kolejnych lat badań, lecz zdecydowanie jednoznacznie tylko w roku suchym.
6. Zwiększenie dawki magnezu z 14,4 do 38,3 kg Mg·ha⁻¹, przy jednoczesnym stosowaniu 160 kg K₂O i 12 kg Na·ha⁻¹, przyczyniało się do depresji wydajności buraków cukrowych odmiany Sonja (normalnej) i Evita (cukrowej).

LITERATURA

- Armstrong D. I. 1998. Potassium for agriculture. Better Crops 3: 40 p.
- Barłóg P., Grzebisz W. 2001. Effect of magnesium foliar application on the yield and quality of sugar beet roots. Rostlinna Vyroba 47, (9): 418 — 422.
- Brown K. F., Biscoe P. V. 1985. Fibrous root growth and water use of sugar beet. J. agric. Sci., Camb. 105: 679 — 691.
- Draycott A.P., Marsh J., Tinker P. 1970. Sodium and potassium relationships in sugar beet. J. Agric. Sci., Camb. 74: 568 — 573.
- Draycott, A.P. 1996. Aspects of fertilizer use in modern, high-yield sugar beet culture. IPI — Bulletin 15, IPI, Basel/Switzerland: 52 p.
- Fotyma M., Gosek S. 1998. Long term phosphorus balance in Poland. Fragm. Agron. 3/98: 317 — 326.
- Gething P.A. 1993. The potassium-nitrogen partnership. IPI Research Topics, 13: 51 p.
- Gosek S., Fotyma M. 1998. Long term potassium balance in Poland. Fragm. Agron. 3/98: 443 — 453.
- Grzebisz W., Barłóg P., Feć M. 1998. The dynamics of nutrient uptake by sugar beet and its effect on dry matter and sugar yield. Bibliotheka Fragm. Agron. 3/98: 242 — 249.
- Grzebisz W. 2000. Nutrient management and advisory systems for sugar beet in Poland. Proceedings: Balanced plant nutrition in sugar beet cropping systems for high yield and quality. Budapest — Hungary, 1–2 September, 1999: 203 — 210.
- Grzebisz W., Barłóg P., Lehrke R. 2001. Effect of interaction between the methods of magnesium application and amount of nitrogen fertilizer application on sugar recovery and technical quality of sugarbeet (*Beta vulgaris* L.). Zuckerind. 126 (12): 956 — 960.
- Grzebisz W., Barłóg P. 2002. Zasady nawożenia. W. Grzebisz (ed.) Nowoczesna uprawa buraków cukrowych. Wyd. AR Poznań: 62 — 85.

- Grzebisz W., Musolf R., Barłóg P., Potarzycki J. 2002. Potassium fertilization, water shortages during vegetation and crop yielding variability; the case of sugar beets. *Biul. IHAR* 222: 19 — 30.
- Gutmański I. 2002. Znaczenie nawożenia potasem dla efektywnej uprawy buraka cukrowego. *IPI, IHAR*, s. 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.
- Hills F. J., Winter S. R., Henderson D. W. 1990. Sugarbeet. In: *Irrigation of Agricultural Crops – Agronomy Monograph* no. 30: 795 — 810.
- Hoffmann Ch., Märlander B. 2001. Perspektiven des Ertragspotentials von Zuckerrüben — Einfluss von Witterung und Standort. In *Fortschritte im Zuckerrübenbau*. Südzucker AG, 22 — 29.
- Kirkby E. A., Mengel K. 1978. *Principles of Plant Nutrition*. IPI, Bern, Switzerland.
- Konys L., Wiśniewski P. 1984. Analiza ścieżki. *Rocz. AR Poznań* 146: 597 — 603.
- Lindhauer M. G., Haeder H. E., Beringer H. 1990. Osmotic potentials and solute concentrations in sugar beet plants cultivated with varying potassium/sodium ratios. *Pflanzenernähr. Bodenkd.* 153: 25 — 32.
- Marschner H. 1993. *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, London, San Diego, New York, Boston, Sydney, Tokyo, 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.
- Mengel K. 1991. *Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze*. Gustav Fischer, Jena.
- 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 soil of different potassium status. *J. Agric. Sci. Cambridge* 135: 1 — 10.
- Moraghan J. T. 1978. Responses of sugarbeets to potassium fertilizer in the Red River Valley. 978 Sugarbeet Research and Extension Reports. Vol. 9: 139 — 161.
- Panek K. 1993. *Opady*. W: *Czynniki plonotwórcze — plonowanie roślin*. Dzieżyć J. (red.). PWN, Warszawa-Wrocław: 149 — 193.
- Rocznik Statystyczny. 1995–2001. GUS. Wydawnictwa Statystyczne, Warszawa.
- Rudnicki F., Wasilewski P., Urbanowski St. 1997. Zależność plonu buraka cukrowego od warunków opadowo-termicznych w okresie wegetacji. *Biul. IHAR* 202: 97 — 103.
- Siódmiak J. 2002. Odmiany buraka cukrowego, ich ocena i wartość gospodarcza. W: *Nowoczesna uprawa buraków cukrowych*. W. Grzebisz (red.) Wyd. AR Poznań: 29 — 40.
- Trętowski J., Wójcik A. R. 1988. *Metodyka doświadczeń rolniczych*. WSRP, Siedlce.
- Windt A. 1995. Entwicklung des Fasewurzelsystems der Zuckerrübe sowie dessen Beziehung zum Wachstum der Gesamtpflanze und Nährstoffaufnahme. Diss. Göttingen, Cuvillier Verlag, Göttingen.
- Winter S. R. 1988. Influence of seasonal irrigation amount on sugar beet yield and quality. *J. Sugar Beet Res.* 25: 1 — 10.

PRZEMYSŁAW BARŁÓG**WITOLD GRZEBISZ**

Katedra Chemii Rolnej

Akademia Rolnicza w Poznaniu

Plonotwórcza i diagnostyczna ocena nawożenia buraków cukrowych potasem z udziałem sodu i magnezu Część II. Jakość korzeni i plon cukru

**Sugar beets fertilization with potassium, sodium and magnesium — yielding and
diagnostic evaluation**

Part II. Quality of roots and yield of sugar

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 1997–1999 w układzie split-blok w 4 powtórzeniach. Główny czynnik doświadczalny zawierał trzy odmiany: Fontana, Sonja, Evita. Czynnikiem drugiego rzędu były 4 warianty nawożenia: kontrola — bez potasu (O); nawożenie potasem w dawce 160 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$ (K); potasem, sodem i magnezem w dawkach 160 kg $K_2O + 12$ kg Na + 14,4 kg Mg $\cdot ha^{-1}$ (KNaMg); potasem, sodem i zwiększoną dawką magnezu – 160 kg $K_2O + 12$ kg Na + 38,3 kg Mg $\cdot ha^{-1}$ (KNa3Mg). Głównym czynnikiem różnicującym jakość technologiczną korzeni i plony cukru okazał się przebieg pogody w sezonie wegetacyjnym. W zależności od odmiany, zawartość cukru w korzeniach zmniejszała się w kolejności: Evita $\geq$ Sonia $\geq$ Fontana. Istotne różnice stwierdzono między odmianami Evita i Fontana. Nawożenie nie miało istotnego wpływu na zawartość cukru, aczkolwiek zaznaczył się trend do jego wzrostu w wariantcie z samym K — w stosunku do kontroli o 0,12% i z KNa3Mg o 0,20%. Każda z badanych odmian wykazała odmienny model tworzenia plonu, odniesiony do cech jakościowych. Spośród nich, zdecydowanie największy wpływ wywierały plon korzeni i polaryzacja. Przeciwnie, największy plon cukru wytworzyły rośliny nawożone KNaMg.

Słowa kluczowe: buraki cukrowe, magnez, melasotwory, plon cukru, polaryzacja, potas, sól

The field experiments were carried out in 1997–1999 in randomized permanent plots (split-block design) with four replications. The first experimental factor was a sugar beet variety: Sonja, Fontana and Evita. The second-rate factor was fertilization, applied in four variants: 1. control (O), 2. potassium at 160 kg K_2O per 1 ha (K), 3. potassium, sodium and magnesium in a combination: 160 kg $K_2O + 12$ kg Na + 14.4 kg Mg per 1 ha (KNaMg), and 4. potassium, sodium and the increased dose of magnesium in a combination: 160 kg $K_2O + 12$ kg Na + 38.3 kg Mg per 1 ha (KNa3Mg). The weather conditions during the vegetation period were the main factor influencing quality of sugar beet roots. According to sugar content, the varieties were classified as follows: Evita $\geq$ Sonja $\geq$ Fontana. The difference between

cultivars Evita and Fontana was significant. No significant effect of fertilization with K, Na and Mg on sugar content was observed, although in treatments K and KNa3Mg this trait reached a higher level, as compared to the control, by 0.12% and 0.2%, respectively. The varieties showed different ways of creating their yields, as related to the quality features. Generally, the plants fertilized with KNaMg produced the highest yield of sugar.

Key words: magnesium, potassium, sodium, sugar beet, sugar yield, technological quality, variety

WSTĘP

Zrealizowanie przez rolnika, zakontraktowanej z cukrownią, kwoty cukru wymaga uwzględnienia przez niego szeregu czynników siedliskowych, dokonania odpowiedniego wyboru odmiany oraz zapewnienia roślinom optymalnych warunków żywieniowych. Zakładany efekt można uzyskać drogą wzrostu plonów korzeni i ich jakości przetwórczej, tzn. jakości technologicznej zewnętrznej (kształt korzeni, zawartość zanieczyszczeń, etc.), a także wewnętrznej korzeni (zawartość cukru i związków melasotwórczych). Jakość technologiczną buraka cukrowego kształtuje wiele czynników naturalnych — przebieg pogody w sezonie wegetacyjny i agrotechnicznych — stanowisko, nawożenie, choroby (Gutmański, 1991). Znaczącą rolę odgrywają także cechy odmianowe (Siódma, 2002). Postęp hodowlany w Niemczech doprowadził w ostatnich latach do znacznego spadku zawartości niepożądanych związków melasotwórczych (IFZ, 2000; Hoffmann i Märlander, 2001). Jednak praktyczne efekty otrzymanego postępu hodowlanego, czyli plony cukru zbierane przez plantatorów buraka cukrowego w znacznym stopniu zależą od poprawnej agrotechniki, zwłaszcza nowych odmian wrażliwych na niezbilansowane nawożenie (Günther i Spehan, 1996; Pollach, 1996).

Celem niniejszej pracy było określenie reakcji trzech odmian buraka cukrowego na nawożenie potasem na tle stałego udziału sodu i wzrastającego magnezu wyrażonej jakością przemysłową korzeni i plonem cukru białego.

MATERIAŁY I METODY

Badania przeprowadzono w latach 1997–1999 w Wielkopolsce w rejonie Cukrowni Kościan. Ścisłe doświadczenia polowe zakładano na glebach płowych właściwych wytworzonych z piasków gliniastych mocnych, zaliczanych pod względem agronomicznym do gleb lekkich kompleksu żyniego bardzo dobrego, klasy bonitacyjnej IVa. Doświadczenie polowe, corocznie zakładano w układzie split-blok w 4 powtórzeniach (Trętowski i Wójcik, 1988). Główny czynnik doświadczalny zawierał trzy odmiany firmy hodowlanej KWS (Kleinwanzleben Saatucht AG): Fontana — plenna; Sonja — normalna; Evita — cukrowa. Czynnikiem drugiego rzędu były 4 warianty nawożenia: kontrola (O); nawożenie potasem — 160 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$ (K); potasem, sodem i magnezem — 160 kg K_2O + 12 kg Na + 14,4 kg $Mg \cdot ha^{-1}$ (KNaMg); potasem, sodem i zwiększoną dawką magnezu — 160 kg K_2O + 12 kg Na + 38,3 kg $Mg \cdot ha^{-1}$ (KNa3Mg).

Stanowiska, w których uprawiano buraki charakteryzowały się zasobną w składniki pokarmowe warstwą orną (0–0,3 m) o optymalnym odczynie. Warstwa podorna (31–60 cm) charakteryzowała się zdecydowanie większą zmiennością zawartości podstawowych

makroskładników, lecz także optymalnym odczynem (szczegółowe wartości — Część I. tab. 1). Zawartość azotu mineralnego (suma $N-NH_4$ i $N-NO_3$) w warstwie ornej 0–0,6 m wahała się od 108 do 126 kg N/ha.

Wszystkie poletka nawożono taką samą dawką azotu ($120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$), którą stosowano w $\frac{1}{2}$ przed siewem i w $\frac{1}{2}$ w fazie czwartego liścia właściwego buraka. Fosfor w dawce $60 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$, stosowano wraz z potasem, tydzień przed siewem. Przedplonem buraków cukrowych była pszenica ozima. Powierzchnia podstawowego poletka wynosiła 54 m^2 . Wysiew nasion, każdego roku, przeprowadzano w 2 dekadzie kwietnia. Dokonano zbioru z powierzchni $21,6 \text{ m}^2$ w drugiej dekadzie października.

Ocenę parametrów jakościowych zebranych korzeni (polaryzacja, zawartość K, Na, N-amin) przeprowadzono przy pomocy Autoanalyzera Venema Typ IIG, w Cukrowni Środa Wlkp. W celu uzupełnienia uzyskanych wyników obliczono następujące parametry jakościowe korzeni (Buchholz i in., 1995):

— a) straty przerobowe cukru: $m^{\wedge}_{\text{OPL}} = 0,12 w'_{(K+Na)} + 0,24 \times w'_{\alpha-N} + 1,08 (\%)$

— b) wydatek cukru technologicznego: $m^{\wedge}_{\text{RS}} = m^{\wedge}_{\text{S}} - m^{\wedge}_{\text{OPL}} (\%)$

— c) plon cukru technologicznego (białego): $m_{\text{RSY}} = m_{\text{B}} (m^{\wedge}_{\text{S}} - m^{\wedge}_{\text{OPL}}) \times 100^{-1} (\text{t} \cdot \text{ha}^{-1})$,

gdzie: w'_K — zawartość potasu ($\text{mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ świeżych korzeni); w'_{Na} — zawartość sodu ($\text{mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ świeżych korzeni); $w'_{\alpha-N}$ — azotu α -aminowy ($\text{mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ świeżych korzeni); m_{B} — plon korzeni (t/ha); $m^{\wedge}_{\text{S}}$ — zawartość cukru w korzeniach, polaryzacja (%).

Ocenę statystyczną uzyskanych wyników przeprowadzono z wykorzystaniem analizy wariancji (Trętowski i Wójcik, 1988) oraz regresji prostoliniowej i wielokrotnej z wyborem najlepszego podzbioru zmiennych niezależnych — program komputerowy STAT-LK (Konys i Wiśniewski, 1984).

WYNIKI

W dwóch spośród trzech lat, a mianowicie w latach 1997 i 1999, warunki pogodowe sprzyjały akumulacji cukru w korzeniach (tab. 1). W zależności od odmiany, zawartość cukru w korzeniach zmniejszała się w kolejności: Evita $\geq$ Sonja $\geq$ Fontana. Istotne różnice stwierdzono między odmianami Evita i Fontana. Nawożenie nie miało istotnego wpływu na zawartość cukru, aczkolwiek zaznaczył się trend do jego wzrostu w wariancie z samym K — w stosunku do kontroli o 0,12% i z KNa_3Mg o 0,20% (tab. 1). Należy zaznaczyć, że zawartość cukru w korzeniach odmiany Fontana przekroczyła wartość 16% dopiero w najbardziej intensywnym wariancie nawożenia, tj. KNa_3Mg . Ponadto, w korzeniach odmiany Evita, a więc cukrowej, każdy wariant nawożenia potasowo-magnezowego, w stosunku do kontroli, zwiększał zawartość cukru o 0,2–0,3% (dane dostępne u autorów).

Zawartość azotu α -aminowego, w jeszcze większym stopniu, niż zawartość cukru zależała od zmian sezonowych oraz odmiany (tab. 1). Średnie zawartości K w korzeniach, w następstwie nawożenia KNaMg oraz KNa_3Mg , wykazały tendencję wzrostową zawartości tego melasotworu, a podstawowym czynnikiem różnicującym zawartość składnika okazał się przebieg pogody w sezonie wegetacyjnym. Uprawiane odmiany

istotnie różniły się zawartością sodu w korzeniach. Wyraźnie większą zawartość tego melasotworu stwierdzono w korzeniach buraka odmiany Fontana (tab. 1).

Tabela 1

Zawartość cukru oraz melasotworów w korzeniach buraków cukrowych
Sugar and melassogenic substances content of sugar beet roots

Czynnik Factor		Cechy jakościowe korzeni Root quality parameters			
		Polaryzacja (%) Polarization (%)	N α-amin.	K	Na
		Mmol·100 g ⁻¹			
Odmiany Varieties	Fontana	16,03	2,16	4,44	0,53
	Sonja	16,88	1,88	4,92	0,41
	Evita	17,57	1,69	4,80	0,38
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	1,07	r.n.	r.n.	0,12
Nawożenie Fertilization	O	16,71	2,16	4,56	0,44
	K	16,87	2,00	4,69	0,44
	KNaMg	16,80	2,06	4,81	0,46
	KNa ₃ Mg	16,91	2,08	4,83	0,44
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Lata Years	1997	16,46	2,35	4,89	0,49
	1998	14,77	2,82	5,52	0,53
	1999	19,23	1,05	3,74	0,32
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	2,04	0,83	0,69	0,13

r.n. — Różnica nieistotna; Not significant difference

Każda z cech jakościowych wywierała istotny wpływ na zawartość cukru w korzeniach i ich plon (tab. 2). Jednakże, każda z badanych odmian wykazała odmienny model tworzenia plonu, odniesiony do cech jakościowych. Plon korzeni odmiany Sonja był w największym stopniu związany z zawartością cukru, odmiany Fontana z azotem α-aminowym, a odmiany Evity z potasem:

- Sonja: $m_B = 151,46 - 4,92 m^{\wedge}_S$ $R^2 = 69\%$, $n = 12$
- Fontana: $m_B = 47,60 + 13,52 w'_{N-\alpha}$ $R^2 = 68\%$, $n = 12$
- Evita: $m_B = 6,81 + 13,13 w'_K$ $R^2 = 76\%$, $n = 12$.

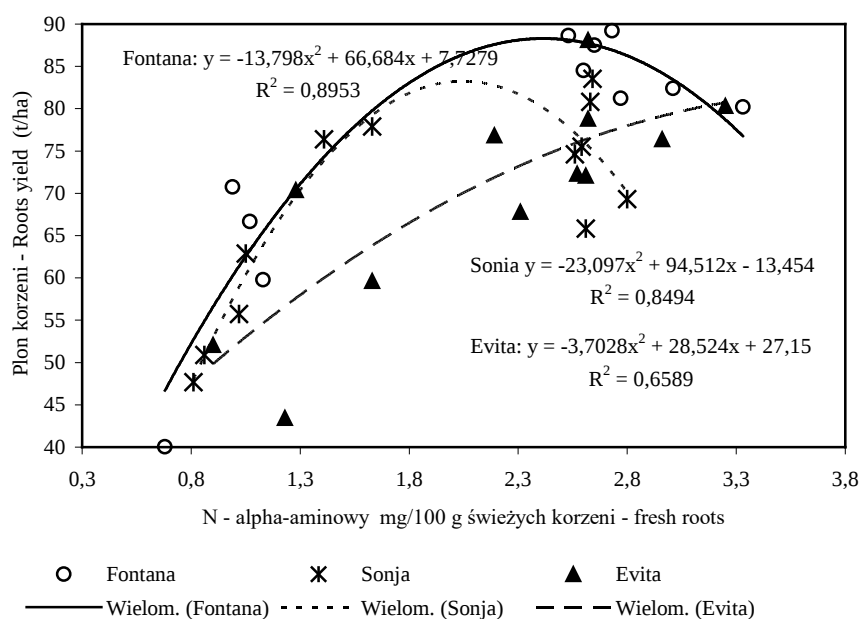
W przeprowadzonych badaniach odnotowano dużą zależność zawartości azotu α-aminowego od przebiegu pogody, a także od agrotechniki, którą w kontekście tego właśnie związku melasotwórczego odnosi się do dostępności azotu mineralnego w glebie (Pocock i in., 1990; Bell i in., 1992). Składnik ten wykorzystano do oceny różnic odmianowych, rozważanych w aspekcie plonu korzeni. Jak przedstawiono na rysunku 1, każda z testowanych odmian w sposób wysoce specyficzny kształtowała relację między zawartością azotu α-aminowego a plonem korzeni. Wyliczone z otrzymanych równań optymalne zawartości azotu α-aminowego wynoszą: Sonja (2,05) < Fontana (2,42) < Evita (3,85 mmol·100 g⁻¹ miazgi korzeniowej). Wartości te definiują maksymalne plony korzeni, które kształtują się odpowiednio jak 79,7 < 88,3 > 82,08 t·ha⁻¹.

Tabela 2

Macierz współczynników korelacji, plon korzeni i cechy jakościowe, n = 12
Correlation between root yields and quality parameters, n = 12

Pierwiastki Elements	Plon korzeni Root yield	Polaryzacja Polarization	N α-aminowy	K
Fontana				
Polaryzacja Polarization	-0,71**	—		
N α-aminowy	0,82**	-0,94**	—	
K	0,78**	-0,90**	0,92**	—
Na	0,68**	-0,84**	0,77**	0,75**
Sonia				
Polaryzacja Polarization	-0,83**	—		
N α-aminowy	0,73**	-0,91**	—	
K	0,76**	-0,91**	0,94**	—
Na	0,74**	-0,80**	0,72**	0,83**
Evita				
Polaryzacja Polarization	-0,81**	—		
N α-aminowy	0,80**	-0,94**	—	
K	0,87**	-0,93**	0,91**	—
Na	0,84**	-0,96**	0,95**	0,91**

* $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$



Rys. 1. Zależność plonów korzeni od zawartości azotu alfa-aminowego, n = 12
Fig. 1. The relationship between root yield and alpha-amine nitrogen content, n = 12

Wymagania technologiczne, przy założeniu dobrej wartości surowca, która powinna wynosić poniżej $2,0 \text{ mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ korzeni szereguje odmiany w kolejności teoretycznych plonów: Fontana (85,90) > Sonja (83,18) > Evita ($69,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Porównanie obu szeregów plonowania odmian wskazuje na rezerwę plonotwórczą odmian Fontana i Evita, wynoszących odpowiednio 2,4 i $12,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Oznacza to, że w warunkach środowiskowych i agrotechnicznych, w których prowadzono badania, tylko odmiana Sonja wykorzystała swój potencjał plonotwórczy.

Na wielkość strat przerobowych cukru wpływał głównie przebieg pogody w sezonie wegetacyjnym. Odmiana istotnie wpływała na wielkość strat, a zwiększała się ona w kierunku Sonja $\leq$ Evita $\leq$ Fontana (tab. 3). Również w odniesieniu do zawartości cukru technologicznego stwierdzono dominującą rolę odmiany, pomimo dużej zmienności sezonowej wyników (lata). Szereg ułożony zgodnie z malejącą zawartością cukru technologicznego (wydatku) przedstawia się następująco: Evita $\geq$ Sonja > Fontana. Istotne różnice stwierdzono między odmianami Evita i Fontana. Nawożenie nie wywierało istotnego wpływu na zawartość cukru technologicznego, lecz zaznaczyła się tendencja do wzrostu jego zawartości pod wpływem nawożenia, zwłaszcza w wariacie KNaMg (tab. 3).

Tabela 3

Parametry jakościowe korzeni buraków cukrowych
Root quality parameters of sugar beet

Czynnik Factor		Straty przerobowe (%) Sugar losses (%)	Cukier technologiczny (%) Recoverable sugar (%)	Wydajność (%) Efficiency (%)
Odmiany Varieties	Fontana	2,24	13,78	86,3
	Sonja	2,10	14,78	87,6
	Evita	2,21	15,35	87,4
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,11	0,99	r.n.
Nawożenie Fertilization	O	2,18	15,24	86,9
	K	2,16	15,39	87,0
	KNaMg	2,19	15,30	87,0
	KNa3Mg	2,20	15,53	87,0
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.
Lata Years	1997	2,28	14,18	86,1
	1998	2,47	12,30	83,3
	1999	1,81	17,42	90,6
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,30	2,31	3,1

r.n. — Różnica nieistotna; Not significant difference

Niezależnie od nawożenia i odmiany, tylko jedna cecha jakościowa, czyli polaryzacja istotnie określała wartość omawianego parametru. Otrzymano następujące równania:

— Fontana: $m_{RS} = -5,592 + 1,209 m^{\wedge}_S$ $R^2 = 99,7\%$ $n = 12$

— Sonja: $m_{RS} = -4,325 + 1,132 m^{\wedge}_S$ $R^2 = 99,8\%$ $n = 12$

— Evita: $m_{RS} = -4,310 + 1,119 m^{\wedge}_S$ $R^2 = 99,9\%$ $n = 12$

W tej sytuacji melasotwory stanowiły grupę czynników drugoplanowych, koniecznych do uwzględniania tylko w aspekcie zawartości cukru. Największy średni plon cukru technologicznego otrzymano w roku 1997 — $10,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. W latach 1998 i 1999 plony

cukru, w stosunku do plonów z roku 1997, kształtowały się na poziomie o $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ niższym (o około 10%), wynosząc odpowiednio $9,96$ i $9,89 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. W roku 1997 oba czynniki doświadczalne działały niezależnie od siebie (tab. 4). W zależności od odmiany plony cukru zmniejszały się w kierunku: Fontana > Evita $\geq$ Sonja. Wpływ wariantów nawożenia przedstawiał się następująco: kontrola (100%) < K (105,5%) $\leq$ KNaMg (109,5%) < KNa3Mg (116,7%).

Tabela 4

Wpływ odmiany i nawożenia potasem, sodem i magnezem na technologiczny plon cukru ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)
Effect of variety and of potassium, sodium and magnesium fertilization on the technological yield of sugar ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Rok Year	Odmiana Variety	Warianty Treatments				Średnia Mean
		O	K	KNaMg	KNa3Mg	
1997	Fontana	10,68	11,24	11,81	12,61	11,58
	Sonja	9,22	10,70	10,68	11,38	10,49
	Evita	10,51	10,20	10,85	11,49	10,76
	Średnia					
	Mean	10,13	10,71	11,11	11,83	10,95
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	A = 0,78 B = 0,49 A × B = r.n.				
1998	Fontana	9,67	10,44	9,02	11,12	10,06
	Sonja	9,64	10,46	10,10	8,32	9,63
	Evita	9,76	10,23	11,20	9,57	10,19
	Średnia					
	Mean	9,69	10,38	10,11	9,67	9,96
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	A = r.n. B = r.n. A × B = 0,72				
1999	Fontana	6,38	11,22	9,60	10,94	9,53
	Sonja	8,97	8,53	11,60	9,53	9,65
	Evita	7,93	9,63	13,11	11,19	10,47
	Średnia					
	Mean	7,76	9,79	11,44	10,55	9,89
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	A = r.n. B = r.n. A × B = 1,11				

A — Odmiany; Varieties B — Nawożenie K K — Fertilization; A × B — Współdziałanie; Interaction
 r.n. — Różnica nieistotna; Not significant difference

W roku 1998 i 1999, plony cukru zależały od współdziałania obu czynników doświadczalnych (tab. 4). W roku 1998 odmiana Sonja największy plon wytworzyła na obiekcie z samym potasem, Fontana — KNa3Mg, a Evita — K i KNaMg. W roku 1999 odmiana Sonja w stosunku do kontroli plonowała najwyżej w wariacie KNaMg i plon był istotny statystycznie, a rośliny nawożone samym K wykazały redukcję plonu. Reakcja pozostałych dwóch odmian na nawożenie była zdecydowanie większa. Największy plon cukru, istotnie większy od wszystkich wariantów nawożeniowo-odmianowych, wyprodukowały rośliny nawożone KNaMg.

Spośród 5 cech określających plon cukru, zdecydowanie największy wpływ wywierały plon korzeni i polaryzacja. Różnice odmianowe potwierdziła analiza regresji wielokrotnej z wyborem najlepszego podzbioru zmiennych niezależnych:

$$\begin{aligned} \text{Fontana: } m_{\text{RSY}} &= 4,125 + 0,082 m_B & R^2 &= 60\% & n &= 12 \\ m_{\text{RSY}} &= -15,764 + 0,148 m_B + 0,924 m_S & R^2 &= 99,7\% & n &= 12 \end{aligned}$$

Sonja:	$m_{RSY} = 6,597 + 0,049 m_B$	$R^2 = 28\%$	$n = 12$
	$m_{RSY} = -14,865 + 0,163 m_B + 0,809 m^{\wedge}_S$	$R^2 = 97\%$	$n = 12$
Evita:	$m_{RSY} = 7,180 + 0,047 m_B$	$R^2 = 21\%$	$n = 12$
	$m_{RSY} = -16,042 + 0,170 m_B + 0,833 m^{\wedge}_S$	$R^2 = 97\%$	$n = 12$

Różnice te wynikają z roli polaryzacji w prognozowaniu wielkości plonu cukru. W dwóch odmianach, a mianowicie Sonja i Evita, rola ta okazała się bardzo duża, gdyż plon korzeni, jako zmienna niezależna nie wykazał istotnego wpływu na plon cukru. Dopiero wprowadzenie zawartości cukru, jako zmiennej niezależnej, zdecydowało o wartości współczynnika determinacji. Plony cukru odmiany Fontana istotnie określały już same plony korzeni, a polaryzacja pozwoliła uzyskać istotnie wyższy poziom oszacowania.

DYSKUSJA

Spośród 7 badanych cech jakościowych korzeni buraków, tylko 5 zależało istotnie od odmiany, a żadna od nawożenia, a uzyskane wartości modyfikował przebieg pogody. Prawidłowości tych nie należy traktować jako zaskakujące, gdyż Hoffmann i Märlander (2001) oraz Wolf (1995) w warunkach niemieckich stwierdzili wręcz nikły wpływ odmiany i nawożenia (w sumie poniżej 1%) na plon cukru, który w 37,7% zależał od pogody.

Z analizy wyników otrzymanych z zastosowaniem regresji z wyborem najlepszego podzbioru zmiennych jednoznacznie wynika dominująca rola plonu korzeni, jako głównego determinanta plonu cukru. Różnice odmianowe ujawniły się dopiero na poziomie zależności zachodzących między składową ilościową (plon korzeni) a jakościową (polaryzacja i zawartość związków melasotwórczych). Zawartość cukru w korzeniach (polaryzacja) oczywiście wykazała ujemną relację w stosunku do zawartych w nich melasotworów. Relacje zachodzące między zawartością cukru a związkami melasotwórczymi należy przyjąć jako przejaw fizjologicznych funkcji składników odpowiedzialnych za ciśnienie osmotyczne komórek (Beringer i in., 1986, Wyse i in., 1986; Winzer i in., 1996). W wielu krajach sól zawarty w soku surowym korzeni traktowany jest jako specyficzny wskaźnik odmianowy. W Japonii, Shibayama i wsp. (1989) odnotowali zróżnicowaną szybkość wzrostu korzeni w zależności od zawartego w nich sodu. W Grecji, Maslaris i wsp. (1996), wykazali znaczenie relacji cukier/sól w korzeniach, jako potencjalnego wskaźnika regionalizacji uprawy buraków.

Problem, który pojawił się w przeprowadzonym eksperymencie, sprowadza się do oceny relacji zachodzących między zawartością cukru i melasotworów a masą korzeni, czy też szerzej traktując zagadnienie, plonem korzeni. Wyjaśnienie zachodzących relacji wymaga zwrócenia uwagi na: funkcje fizjologiczne cukru i melasotworów w korzeniach oraz fazę dojrzałości technologicznej korzeni w czasie zbioru. Cukier i związki melastwórcze zawarte w komórkach parenchymatycznych korzeni buraków cukrowych odpowiedzialne są za ciśnienie osmotyczne i turgor komórek. Wraz z wiekiem korzenia zmniejsza się stężenie związków melasotwórczych, a wzrasta oczywiście stężenie cukrów (Bell i in., 1996). Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że w przeprowadzonym terminie zbioru buraków, jedynie korzenie odmiany Sonia uzyskały

pełną dojrzałość technologiczną, gdyż głównym składnikiem, pozostającym w istotnej relacji z plonem, okazała się tylko zawartość cukru (Hoffmann i Märlander, 2001; Oltmann i in., 1984). Ujemny znak tej zależności wyjaśnia specyfika budowy anatomicznej korzenia buraka cukrowego. Im większe korzenie, co wynika z wielkości komórek parenchymy, tym mniejsze stężenie w nich cukru i odwrotnie (Bell i in., 1996). W przypadku drugiej z odmian, Fontana, poziom zawartości azotu α -aminowego w korzeniach wskazuje na przedwczesny termin zbioru, gdyż korzenie w dniu zbioru nie zawierały dostatecznej ilości cukru, a zapasy azotu nie zostały przekształcone w plon. Zawartość i działanie azotu α -aminowego na polaryzację wskazuje jednocześnie na większą zdolność tej odmiany do pobierania azotu z gleby, gdyż zawartość tego melasotworu bezpośrednio odnosi się do jego akumulacji w roślinie (Pocock i in., 1990; Bell i in., 1992; Wendenburg i Koch, 1996). W odniesieniu do odmiany Evita, w fazie zbioru plon korzeni zależał od zawartości w miążdze korzeniowej potasu, którego działanie wspomagał sól, a ograniczał azot α -aminowy i zawartość cukru. Znaczna zawartość potasu w miążdze korzeniowej mogła być następstwem dobrego zaopatrzenia roślin w potas, co jest możliwe w warunkach uprawy buraków w stanowiskach zasobnych, nawożonych obornikiem i znaczną dawką potasu. Wzrost zawartości potasu w soku nie zawsze oznacza spadek polaryzacji, czy też wydatku cukru, gdyż rośliny dobrze zaopatrzone w potas zwiększają z reguły plon korzeni, zawartość cukru, a jednocześnie zmniejszają zawartość azotu α -aminowego (Bürcky, 1978; Beiß, 1982). Orlovius (1993) w doświadczeniach prowadzonych z dawkami potasu wzrastającymi do $360 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$ uzyskał wzrost wydatku cukru od 0,5% do 1,0% przy klasie zasobności gleby w potas odpowiednio wysokiej i bardzo wysokiej. Wy tłumaczenie otrzymanej zależności, na podstawie uzyskanych wyników jest trudne, lecz właśnie odmiana cukrowa, w każdym roku badań, wykazywała dodatnią reakcję na nawożenie KNaMg. Oznaczać to może specyficzną reakcję tej odmiany nie tylko na potas, lecz także na sól.

WNIOSKI

1. Przebieg warunków pogodowych w sezonie wegetacyjnym miał największy wpływ na jakość korzeni przerobowa i plony cukru buraków cukrowych, a dopiero w dalszej kolejności odmiana i nawożenie potasem, sodem oraz magnezem.
2. Analiza podstawowych cech jakościowych roślin wykazała różnice odmianowe odniesione do relacji zachodzących między plonem korzeni, polaryzacją a zawartymi w korzeniach związkami melasotwórczymi.
3. Stwierdzenie w fazie zbioru istotnej zależności polaryzacji korzeni od zawartych w nich związków melasotwórczych jest wskaźnikiem niedojrzałości technologicznej korzeni. Przeprowadzone badania wykazały, że tylko odmiana Sonja osiągnęła dojrzałość technologiczną, gdyż polaryzacja ujemnie zależała od plonu korzeni. Pozostałe odmiany, a więc plenna — Fontana, a zwłaszcza cukrową — Evita zbierano jako technologicznie niedojrzałe.

4. Stabilność plonów cukru, jako warunek efektywnej strategii uprawy buraków cukrowych, zależy od zbilansowanego nawożenia roślin potasem, sodem i magnezem. Znaczenie to wzrasta szczególnie w latach suchych.

LITERATURA

- Bell Ch., Jones J., Milford G. F. J., Leigh T. 1992. The effects of crop nutrition on sugar beet quality. *Aspects Appl. Biol.* 32: 19 — 26.
- 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.
- Beiß U. 1982. Kalium — Hauptnährstoff und Qualitätsbestimmender Inhaltsstoff der Rübe. *Die Zuckerrübe* 31, 2: 79 — 83.
- Beringer H., Koch K., Lindhauer M. G. 1986. Sucrose accumulation and osmotic potentials in sugar beet at increasing levels of potassium nutrition. *J. Sci. Food Agric.* 37: 211 — 218.
- Buchholz K., Märlander B., Puke, H., Glatkowski H., Thielecke K. 1995. Neubewertung des technischen Wertes von Zuckerrüben. *Zuckerind.* 120, 2: 113 — 121.
- Bürcky K., Beiß U., Winner L., Drath L., Schiweck H. 1978. Versuche zur Bedeutung des Nährstoffsangebotes für die Qualität der Zuckerrübe. II. Stickstoff und Kalium. *Zuckerind.* 103, 3: 190 — 199.
- Gutmański I. 1991. *Produkcja buraka cukrowego*. PWRiL, Poznań: 699 ss.
- Günther I., Stephan K. H. 1996. Produktionstechnische Reserven im Zuckerrübenbau. *Zuckerind.* 121, 8: 640 — 653.
- Hoffmann Ch., Märlander B. 2001. Perspektiven des Ertragspotentials von Zuckerrüben — Einfluss von Witterung und Standort. In: *Fortschritte im Zuckerrübenbau*. Südzucker AG: 22 — 29.
- IFZ. 2000. Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen, Jahresbericht 1999/2000: 12 — 13.
- Konys L., Wiśniewski P. 1984. Analiza ścieżki. *Rocz. AR Poznań*, 146: 597 — 603.
- Maslaris N., Christodoulou P., Zountsas G. 1996. Quantitative effect of root/leaf growth rate on root quality parameters in sugar beet. *Proceedings of the 29th General Assembly of CITS*, Munich, Germany, 26–30 June 1995: 85 — 93.
- Orlovius K. 1993. Einfluss unterschiedlicher K-Düngung und K-Bodenversorgung auf die Qualität von Zuckerrüben. *Kongressband 1993, VDLUFA-Schriftenreihe* 37: 107 — 110.
- 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.
- Oltmann W., Burba M., Bolz G. 1984. Die Qualität der Zuckerrübe — Bedeutung, Beurteilungskriterien und züchterische Maßnahmen zu ihrer Verbesserung. *Fortschritte der Pflanzenzüchtung*, H. 12, Paul Parey, Verlag, Berlin, Hamburg.
- Siódmiak J. 2002. Odmiany buraka cukrowego, ich ocena i wartość gospodarcza. W: W. Grzebisz (red.) *Nowoczesna uprawa buraków cukrowych*. Wyd. AR Poznań: 29 — 40.
- Shibayama T., Takada S., Hayashida M. 1989. Interactions between varietal characteristics and environmental factors. 5. *Proceedings of the Japanese Society of Sugar Beet Technologists* 31: 13 — 19.
- Trętowski J., Wójcik A. R. 1988. *Metodyka doświadczeń rolniczych*. WSRP Siedlce.
- 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 and sugar beet. *J. Exp. Bot.* 47, 300: 863 — 870.
- Wolf. I. 1995. *Sorte und Sortenwahl bei Zuckerrüben und den Wechselwirkung zu Umwelt und Qualitätsbezahlung*. Dissertation, Universität Göttingen, Cuvillier, Göttingen.
- Wyse R. E., Zamski E., Tomos A. D. 1986. Turgor regulation of sucrose transport in sugar beet taproot tissue. *Plant Physiol.* 81: 478 — 481.

PRZEMYSŁAW BARŁÓG**WITOLD GRZEBISZ**

Katedra Chemii Rolnej

Akademia Rolnicza w Poznaniu

Plonotwórcza i diagnostyczna ocena nawożenia buraków cukrowych potasem, z udziałem sodu i magnezu

Część III. Prognozowanie plonu i jego jakości

Sugar beets fertilization with potassium, sodium and magnesium — yielding and diagnostic evaluation

Part III. Prognosis on root yield and its quality

Doświadczenie polowe, zakładano w latach 1997–1999 zakładano w układzie split-block w 4 powtórzeniach. Główny czynnik doświadczalny zawierał trzy odmiany: Fontana, Sonja, Evita. Czynnikiem drugiego rzędu były 4 warianty nawożenia: kontrola — bez potasu (O); nawożenie potasem w dawce 160 kg K₂O·ha⁻¹ (K); potasem, sodem i magnezem w dawkach 160 kg K₂O + 12 kg Na + 14,4 kg Mg·ha⁻¹ (KNaMg); potasem, sodem i zwiększoną dawką magnezu — 160 kg K₂O + 12 kg Na + 38,3 kg Mg·ha⁻¹ (KNa3Mg). Prognozowanie plonów i jakości przerobowej korzeni przeprowadzono na podstawie składu mineralnego organów roślin buraka w różnych fazach jego rozwoju. Pobranie jednostkowe składników pokarmowych było wskaźnikiem, który wykazał największe walory diagnostyczne, gdyż najlepiej korelował z plonem korzeni. Natomiast decydującą rolę w prognozowaniu cech ilościowych i jakościowych badanych odmian odgrywały zawarte w organach roślin buraka kationy dwuwartościowe (wapń i magnez), które z jednej strony ograniczały plony korzeni, a z drugiej poprawiały jakość technologiczną korzeni. Prognozowanie plonu cukru na podstawie składu chemicznego korzeni lub pobrania jednostkowego składników pokarmowych było możliwe tylko dla najplenniejszej odmiany Fontana, której plon cukru w 60% zależał od plonu korzeni.

Słowa kluczowe: buraki cukrowe, jakość, odmiany, nawożenie magnezem, potasem i sodem, plon, prognozowanie

The field experiments were conducted in the years 1997–1999 in randomized permanent plots (split-block design) with four replications. The first experimental factor was a sugar beet variety: Sonja, Fontana and Evita. The second-rate factor was fertilization, applied in four variants: 1. control (O), 2. potassium at 160 kg K₂O per 1 ha (K), 3. potassium, sodium and magnesium in a combination: 160 kg K₂O+12 kg Na+14.4 kg Mg per 1 ha (KNaMg), and 4. potassium, sodium and the increased dose of magnesium in a combination: 160 kg K₂O+12 kg Na+38.3 kg Mg per 1 ha (KNa3Mg). Prognosis on yield and processing quality of roots was performed based on mineral composition of plant organs at

different growth stages. The rate of specific macronutrients uptake was found to be the most useful estimate because of its good correlation with the yield of roots. Meanwhile, the calcium and magnesium contents of plants were the suitable measures to determine both quantity and quality features of the investigated varieties. These cations significantly increased sugar content, although they negatively affected root yield. Prognosis on sugar yield on the basis of mineral composition of plants or based on specific nutrient uptake was only feasible with the most productive var. Fontana, which showed significant relationships between sugar and root yields ($R^2 = 60\%$).

Key words: fertilization, magnesium, potassium, sodium, prognosis, sugar beet, technological quality, variety, yield

WSTĘP

Plon i jakość technologiczną buraka cukrowego kształtuje wiele czynników naturalnych (przebieg pogody w sezonie wegetacyjnym) i agrotechnicznych (stanowisko, nawożenie, choroby). Znaczącą rolę odgrywają także cechy odmianowe uprawianych przez rolnika buraków. Praktyczne efekty dokonanego postępu hodowlanego, wyraża się plonem cukru, który bezpośrednio zależy od prawidłowego nawożenia (Günther i Stephan, 1996; Pollach, 1996). W celu uzyskania maksymalnego plonu korzeni, o odpowiedniej jakości przerobowej, w pierwszej kolejności należy uregulować poziom nawożenia potasem, który jest składnikiem pobieranym przez buraki w największej ilości (Grzebisz i Barłóg, 2002). Optymalizując nawożenie buraka cukrowego nie można pominąć magnezu i sodu. Pierwiastków, pobieranych w mniejszych ilościach, lecz również istotnie wpływających na plonowanie tej rośliny (Haneklaus i in., 1998; Barłóg, Grzebisz, 2001; Grzebisz i in., 2001). Wiedza na temat reakcji odmian buraka cukrowego (plon, jakość, zawartość makroskładników) na nawożenie potasem, a w szczególności na współdziałanie tego pierwiastka z sodem i magnezem, jest jak dotąd niewystarczająca. Dostatecznie głębokie rozpoznanie zależności zachodzących między zawartością makroskładników pokarmowych a różnymi parametrami ilościowymi i jakościowymi może mieć duże znaczenie nie tylko w optymalizacji nawożenia, lecz także w prognozowaniu plonu cukru.

Celem przeprowadzonych badań było określenie: możliwości prognozowania plonów i jakości korzeni na podstawie stanu odżywienia roślin na przełomie czerwca/lipca oraz zawartości i jednostkowego pobrania składników pokarmowych w okresie zbioru buraka cukrowego.

MATERIAŁY I METODY

Badania mające na celu uzyskanie odpowiedzi na postawione cele badawcze prowadzono w latach 1997–1999 w rejonie plantacyjnym Cukrowni Kościan. Ścisłe doświadczenia polowe zakładano na glebach płowych właściwych wytworzonych z piasków gliniastych mocnych, zaliczanych pod względem agronomicznym do gleb lekkich, kompleksu żyniego bardzo dobrego oraz klasy bonitacyjnej IVa.

Doświadczenie polowe, corocznie zakładano w układzie split-block w 4 powtórzeniach (Trętowski i Wójcik, 1988). Główny czynnik doświadczalny zawierał trzy odmiany firmy hodowlanej KWS (Kleinwanzleben Saatucht AG): Fontana — plenna; Sonja — normalna; Evita — cukrowa. Czynnikiem drugiego rzędu były 4 warianty nawożenia: kontrola (O;

oznaczenie występujące w tekście, tabelach, rysunkach); nawożenie potasem — 160 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$ (K); potasem, sodem i magnezem — 160 kg K_2O + 12 kg Na + 14,4 kg $Mg \cdot ha^{-1}$ (KNaMg); potasem, sodem i zwiększoną dawką magnezu — 160 kg K_2O + 12 kg Na + 38,3 kg $Mg \cdot ha^{-1}$ (KNa3Mg).

Stanowiska, w których uprawiano buraki charakteryzowały się zasobną w składniki pokarmowe warstwą orną (0–0,3 m) o optymalnym odczynie. Warstwa podorna (0,31–0,60 m) charakteryzowała się zdecydowanie większą zmiennością zawartości podstawowych makroskładników, lecz także optymalnym odczynem (szczegółowe wartości — Część I, tab. 1). Zawartość azotu mineralnego (suma $N-NH_4$ i $N-NO_3$) w warstwie 0–0,6 m wahała się od 108 do 126 kg $N \cdot ha^{-1}$.

Wszystkie poletka nawożono taką samą dawką azotu (120 kg $N \cdot ha^{-1}$), którą stosowano w ½ przed siewem i w ½ w fazie czwartego liścia właściwego buraka. Fosfor w dawce 60 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$, stosowano wraz z potasem, tydzień przed siewem. Przedplonem buraków cukrowych była pszenica ozima. Powierzchnia podstawowego poletka wynosiła 54 m².

W celu oceny stanu odżywienia roślin pobierano z każdego poletka, w fazie pełnego rozwoju liści (50–60 dni po siewie — przełom czerwca/lipca), 20 w pełni rozwiniętych liści ze średniego okółka. Końcowy zbiór buraków dokonywano z powierzchni 21,6 m², w drugiej dekadzie października. W zebranych próbkach, zarówno z pierwszego, jak i drugiego terminu, oznaczano zawartość N (metoda Kiejdahla), Mg (ASA) oraz K, Ca, i Na (emisja fotopłomieniowa).

Ocenę parametrów jakościowych zebranych w październiku korzeni (polaryzacja, zawartość K, Na, N-amin) przeprowadzono przy pomocy Autoanalyzera Venema Typ IIG, w Cukrowni Środa Wlkp.

Porównania statystyczne zebranych wyników przeprowadzono z wykorzystaniem analizy wariancji (Trętowski i Wójcik, 1988) oraz regresji prostoliniowej i wielokrotnej z wyborem najlepszego podzbioru zmiennych niezależnych — program komputerowy STAT-LK (Konys i Wiśniewski, 1984).

WYNIKI I DYSKUSJA

Za kryterium oceny stanu odżywienia buraka cukrowego na przełomie czerwca/lipca przyjęto graniczne zakresy zawartości składników pokarmowych w liściach, wyznaczone przez Bergmanna (1992): 4,0%–6,0% N; 3,5%–7,0% K; 0,3%–0,7% Mg i 0,7%–2,0% Ca. Otrzymane w badaniach własnych zawartości azotu w roku 1997 i 1999, a potasu w roku 1997 i 1998 nie przekraczały dolnej wartości zakresu granicznego (tab. 1). W odniesieniu do magnezu tylko w roku 1998 uzyskano wartość mniejszą od krytycznej. Natomiast zawartość wapnia mieściła się, niezależnie od sezonu wegetacyjnego, w optymalnym zakresie. Odmiany w niewielkim stopniu różniły się zawartością składników. Nawożenie KNaMg nieznacznie zwiększało, w porównaniu do kontroli, zawartość badanych kationów (tab. 1).

Tabela 1

Zawartość makroskładników w liściach buraków cukrowych, lipiec
Macronutrients content in leaves of sugar beet, July

Czynnik Factor		Pierwiastki (%) Elements (%)				
		N	K	Na	Mg	Ca
Lata Years	1997	3,69	3,36	0,74	0,50	1,15
	1998	4,02	2,98	0,71	0,17	0,83
	1999	3,05	3,74	0,94	0,59	1,64
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,27	0,24	0,14	0,08	0,14
Odmiana Variety	Fontana	3,83	3,29	0,83	0,41	1,22
	Sonja	3,50	3,36	0,71	0,44	1,22
	Evita	3,54	3,38	0,83	0,41	1,19
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Nawożenie Fertilization	kontrola control	3,57	3,17	0,69	0,38	1,09
	K	3,65	3,39	0,74	0,43	1,28
	KNaMg	3,73	3,49	0,85	0,43	1,22
	KNa3Mg	3,54	3,32	0,87	0,44	1,24
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. — Różnice nieistotne; Not significant differences

Zawartość pierwiastków w liściach zebranych w październiku zależała w największym stopniu od sezonu wegetacyjnego (tab. 2). Jednakże zaznaczyły się pewne tendencje, które wskazały na różnice odmianowe, czy też działanie nawożenia. Liście odmiany Fontana zawierały nieznacznie więcej azotu i magnezu w porównaniu z pozostałymi odmianami. Ta pierwsza tendencja pojawiła się po raz pierwszy w lipcu i tym samym wskazuje na specyfikę tej odmiany względem azotu.

Tabela 2

Zawartość makroskładników w liściach buraków cukrowych, zbiór
Macronutrients content in leaves of sugar beet, harvest

Czynnik Factor		Pierwiastki (%) Elements (%)				
		N	K	Na	Mg	Ca
Lata Years	1997	2,78	3,06	0,65	0,39	0,56
	1998	3,30	2,85	1,49	0,73	0,83
	1999	3,49	3,28	1,46	0,94	1,64
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	0,21	0,13	0,12
Odmiana Variety	Fontana	3,29	3,07	1,12	0,75	1,03
	Sonja	3,12	2,90	1,31	0,67	1,01
	Evita	3,17	3,23	1,17	0,63	1,01
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Nawożenie Fertilization	kontrola control	2,95	2,97	1,32	0,65	0,98
	K	3,15	3,02	1,18	0,67	1,12
	KNaMg	3,29	3,21	1,08	0,74	0,99
	KNa3Mg	3,37	3,05	1,22	0,69	0,98
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. — Różnice nieistotne; Not significant differences

Nawożenie nawozami KNaMg, zwiększało w liściach zarówno zawartość azotu, jak i potasu, a jednocześnie zmniejszało zawartość sodu. Zawartość pierwiastków w korzeniach zależała również w większym stopniu od sezonu wegetacyjnego niż od odmiany i wariantu nawożenia (tab. 3).

Tabela 3

Zawartość makroskładników w korzeniach buraków cukrowych, zbiór
Macronutrients content in leaves of sugar beet, harvest

Czynnik Factor		Pierwiastki (%) Elements (%)				
		N	K	Na	Mg	Ca
Lata Years	1997	0,89	0,53	0,33	0,10	0,10
	1998	0,61	0,23	0,27	0,06	0,25
	1999	0,60	0,51	0,16	0,18	0,51
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,05	0,07	0,6	0,03	0,02
Odmiana Variety	Fontana	0,72	0,42	0,27	0,11	0,29
	Sonia	0,70	0,41	0,25	0,13	0,57
	Evita	0,68	0,42	0,24	0,11	0,28
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Nawożenie Fertilizatin	kontrola control	0,71	0,43	0,24	0,12	0,29
	K	0,71	0,43	0,26	0,12	0,39
	KNaMg	0,68	0,41	0,27	0,11	0,41
	KNa3Mg	0,69	0,41	0,24	0,11	0,42
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

X. — Różnice istotne; Differences significant

r.n. — Różnice nieistotne; Not significant differences

Jednostkowe pobranie azotu ($\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$) zależało przede wszystkim od współdziałania odmiany i warunków pogodowych. Przeciętne różnice w latach dochodziły do prawie $2,5 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. W odniesieniu do odmian, w latach 1998–1999 zaznaczył się trend do większej akumulacji azotu przez rośliny odmiany Sonja, średnio o 25–32% (tab. 4).

Potas, odwrotnie niż azot, reagował tylko na nawożenie i warunki pogodowe (tab. 4). Różnice w latach były znaczne, dochodząc do ponad $3 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$. Działanie nawożenia zależało od lat, lecz zaznaczył się wyraźny trend spadku jednostkowego pobrania składnika w miarę intensyfikacji nawożenia: O (średnio $4,09 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$) > K > KNaMg > KNa3Mg ($3,48 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$).

Sezonowe wahania jednostkowego pobrania sodu okazały się znacznie mniejsze w porównaniu z potasem. W stosunku do bardzo stabilnych wartości w latach 1997, 1998, w roku 1999 rośliny pobrały średnio o 62% składnika więcej. Również, lecz mniej wyraźny zaznaczył się spadek pobrania jednostkowego w miarę intensyfikacji nawożenia (tab. 4).

Magnez wykazał bardzo dużą zmienność pobrania jednostkowego, głównie w zależności od warunków pogodowych. W roku suchym, 1999, w stosunku do dwóch poprzednich, jednostkowe pobranie składnika zwiększyło się prawie 3-krotnie. Odmiany nieznacznie różniły się pobraniem magnezu. Przeciętne pobranie dla roślin odmiany Sonja wynosiło $0,97 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$ i było o 10% większe niż Fontany, i o 25% niż Evity.

Tabela 4

Pobranie jednostkowe azotu, potasu i sodu (kg-t plonu korzeni⁻¹)
Specific nitrogen, potassium and sodium uptake (kg-t root yield⁻¹)

Pierwiastek Element	Rok Year	Odmiana Variety	Warianty Treatments				Średnia Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
			O	K	KNaMg	KNa3Mg		
N	1997	Fontana	4,31	4,43	3,72	4,33	4,20	A = r.n.
		Sonja	4,44	4,05	4,22	4,11	4,21	B = r.n.
		Evita	4,28	5,5	4,88	4,5	4,79	A × B = r.n.
		średnia — mean	4,34	4,66	4,27	4,31	4,40	
	1998	Fontana	2,83	2,47	3,37	2,9	2,89	A = 0,49
		Sonja	3,76	3,15	3,23	3,95	3,52	B = r.n.
		Evita	2,50	2,41	2,68	3,3	2,72	A × B = r.n.
		średnia — mean	3,03	2,68	3,09	3,38	3,05	
	1999	Fontana	4,31	4,43	3,72	4,33	4,20	A = 0,81
		Sonja	5,78	7,26	5,26	6,37	6,17	B = r.n.
		Evita	5,64	5,65	4,23	4,81	5,08	A × B = r.n.
		średnia — mean	5,24	5,78	4,40	5,17	5,15	
K	1997	Fontana	3,86	3,89	3,62	3,62	3,75	A = r.n.
		Sonja	4,28	3,72	3,60	3,85	3,86	B = 0,26.
		Evita	4,29	4,47	4,50	3,86	4,28	A × B = r.n.
		średnia — mean	4,14	4,03	3,91	3,78	3,96	
	1998	Fontana	2,00	1,77	2,21	1,94	1,98	A = r.n.
		Sonja	1,87	1,62	1,64	1,98	1,78	B = 0,12
		Evita	2,13	1,87	1,89	2,35	2,06	A × B = 0,21
		średnia — mean	2,00	1,75	1,91	2,09	1,94	
	1999	Fontana	6,26	3,75	4,47	4,20	4,67	A = r.n.
		Sonja	5,96	6,09	4,65	5,12	5,46	B = 0,38
		Evita	6,00	5,98	4,88	4,40	5,32	A × B = 0,67
		średnia — mean	6,07	5,27	4,67	4,57	5,15	
Na	1997	Fontana	1,08	1,65	1,29	1,19	1,30	A = r.n.
		Sonja	1,60	1,12	1,60	1,21	1,38	B = 0,06
		Evita	1,42	1,27	1,24	1,47	1,35	A × B = 0,11
		średnia — mean	1,37	1,35	1,38	1,29	1,35	
	1998	Fontana	1,32	1,06	1,52	1,21	1,28	A = 0,07
		Sonja	1,83	1,49	1,04	1,45	1,45	B = 0,06
		Evita	1,39	1,00	1,06	1,14	1,15	A × B = 0,10
		średnia — mean	1,51	1,18	1,21	1,27	1,29	
	1999	Fontana	2,79	1,54	1,77	2,04	2,04	A = r.n.
		Sonja	2,27	2,58	1,88	2,13	2,22	B = 0,15
		Evita	2,50	2,00	1,75	1,93	2,05	A × B = 0,26
		średnia — mean	2,52	2,04	1,80	2,03	2,10	

A — Odmiana; Variety, B — Nawożenie; Fertilization, A × B — Współdziałanie; Interaction
 r.n. — Różnice nieistotne; Not significant differences

Nawożenie KNaMg nie miało istotnego wpływu, aczkolwiek zanotowano spadek pobrania składnika średnio o 10% w stosunku do kontroli (tab. 5).

Działanie czynnika pogodowego, głównie suszy w roku 1999, określiło jednostkowe pobranie wapnia. W tym bowiem roku rośliny pobrały, średnio 3–4-krotnie więcej składnika niż w roku 1998, czy też 1997. W roku 1998 istotnie większe pobranie wykazała odmiana Fontana i Evita, natomiast w roku 1999 odmiana Sonja. Nawożenie potasem zwiększało pobieranie wapnia, a sodowo-magnezowe, generalnie zmniejszało (tab. 5).

Tabela 5

Pobranie jednostkowe magnezu i wapnia (kg-t plonu korzeni⁻¹)
Specific magnesium and calcium uptake (kg-t root yield⁻¹)

Pierwiastek Element	Rok Year	Odmiana Variety	Warianty Treatments				Średnia Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
			O	K	KNaMg	KNa3Mg		
Mg	1997	Fontana	0,60	0,61	0,67	0,50	0,60	A = r.n.
		Sonja	0,72	0,52	0,52	0,55	0,58	B = r.n.
		Evita	0,57	0,59	0,60	0,55	0,58	A × B = r.n.
		średnia — mean	0,63	0,57	0,60	0,53	0,58	
	1998	Fontana	0,60	0,47	0,69	0,51	0,57	A = r.n.
		Sonja	0,85	0,44	0,47	0,59	0,59	B = r.n.
		Evita	0,44	0,34	0,45	0,56	0,45	A × B = r.n.
		średnia — mean	0,63	0,42	0,54	0,55	0,53	
	1999	Fontana	1,76	1,13	1,56	1,48	1,48	A = 0,18
		Sonja	1,67	2,01	1,62	1,69	1,75	B = r.n.
		Evita	1,29	1,49	1,2	1,11	1,27	A × B = 0,25
		średnia — mean	1,57	1,54	1,46	1,43	1,50	
Ca	1997	Fontana	0,90	0,97	0,40	0,48	0,69	A = r.n.
		Sonja	0,80	0,69	0,90	0,86	0,81	B = 0,06
		Evita	0,75	0,85	0,85	0,57	0,76	A × B = 0,10
		średnia — mean	0,82	0,84	0,72	0,64	0,75	
	1998	Fontana	0,90	0,98	1,06	0,84	0,95	A = 0,03
		Sonja	0,96	0,84	0,92	0,75	0,87	B = r.n.
		Evita	0,92	0,95	0,78	1,09	0,94	A × B = 0,07
		średnia — mean	0,93	0,92	0,92	0,89	0,92	
	1999	Fontana	3,22	2,68	3,11	2,84	2,96	A = 0,18
		Sonja	3,19	4,20	3,37	3,22	3,50	B = 0,20
		Evita	3,12	3,13	2,72	3,14	3,03	A × B = 0,35
		średnia — mean	3,18	3,34	3,07	3,07	3,16	

A — Odmiana; Variety, B — Nawożenie; Fertilization, A × B — Współdziałanie; Interaction
 r.n. — Różnice nieistotne; Not significant differences

Do prognozowania plonów korzeni wykorzystano metodę regresji z wyborem najlepszego podzbioru zmiennych odniesioną do czterech grup zmiennych niezależnych, a mianowicie: I — zawartości składników pokarmowych w liściach na przełomie czerwca/lipca; II — zawartości składników w liściach (zbiór); III — zawartości składników w korzeniach (zbiór); IV — pobranie jednostkowe składników pokarmowych (tab. 6).

Dla odmiany Sonja wartości współczynników determinacji generalnie zmniejszały się w kierunku: IV > III > I > II; Fontana: IV > III > II > I; Evita: IV > III = I > II. Średnio, niezależnie od odmiany, największe wartości współczynników determinacji (R^2) otrzymano dla pobrania jednostkowego składników. Przedstawione zależności jednoznacznie wykazują na nadmiar składników pobranych z jednostką plonu korzeni (wraz z odpowiednią masą plonu liści), który w efekcie prowadził do spadku plonu korzeni. Analiza regresji wykazała bardziej złożony układ zależności, w których znaczącą rolę odgrywały azot i suma pobranych kationów (rys. 1). Plon korzeni wzrastał do określonej wartości relacji jednostkowego pobrania N względem sumy kationów, wynosząc odpowiednio Sonja — 0,74; Fontana — 0,68; Evita — 0,63. Tym samym

zaznaczył się, podnoszony już wcześniej, aspekt zróżnicowanej wrażliwości odmian na nawożenie, przy założeniu takiego samego terminu zbioru różnych typów odmian.

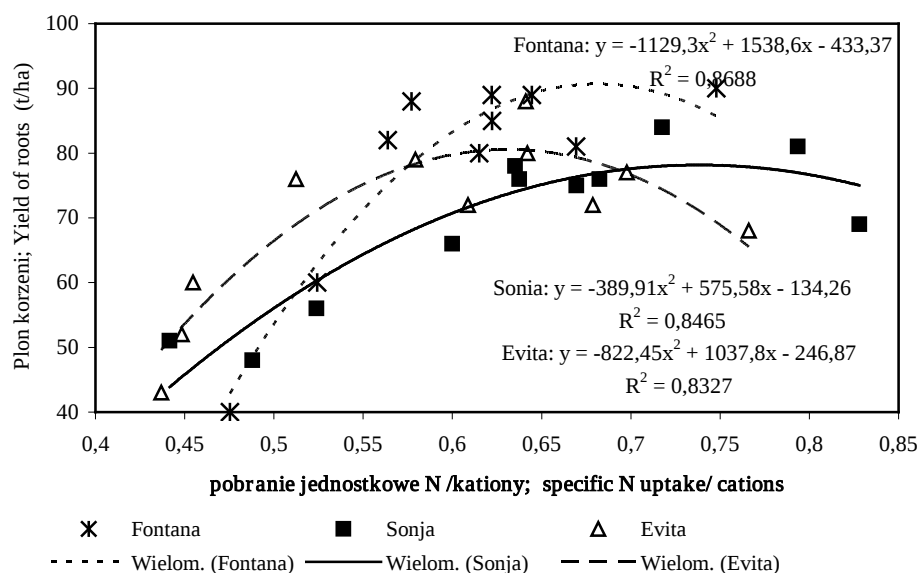
Tabela 6

Prognoza plonów korzeni buraków cukrowych, n = 12
Prognosis on yield of sugar beet roots, n = 12

Terminy Phases	Odmiany Varieties								
	Sonja			Fontana			Evita		
	P*	R ²	równanie equation	P	R ²	równanie equation	P	R ²	równanie equation
I**	N	69	$y = 0,738 + 19,365x$	Ca	25	$y = 102,13 - 20,77x$	N	72	$y = 0,738 + 19,365x$
II	Ca	54	$y = 84,22 - 15,60x$	Ca	50	$y = 98,3 - 21,6x$	Ca	40	$y = 86,59 - 16,6x$
III	Mg	74	$y = 90,56 - 173,6x$	Mg	73	$y = 114,04 - 336,4x$	Mg	73	$y = 94,92 - 228,0x$
IV	N	90	$y = 109,43 - 8,86x$	Mg	90	$y = 103,7 - 30,45x$	Na	85	$y = 108,99 - 25,85x$

*P — Pierwiastek; Element

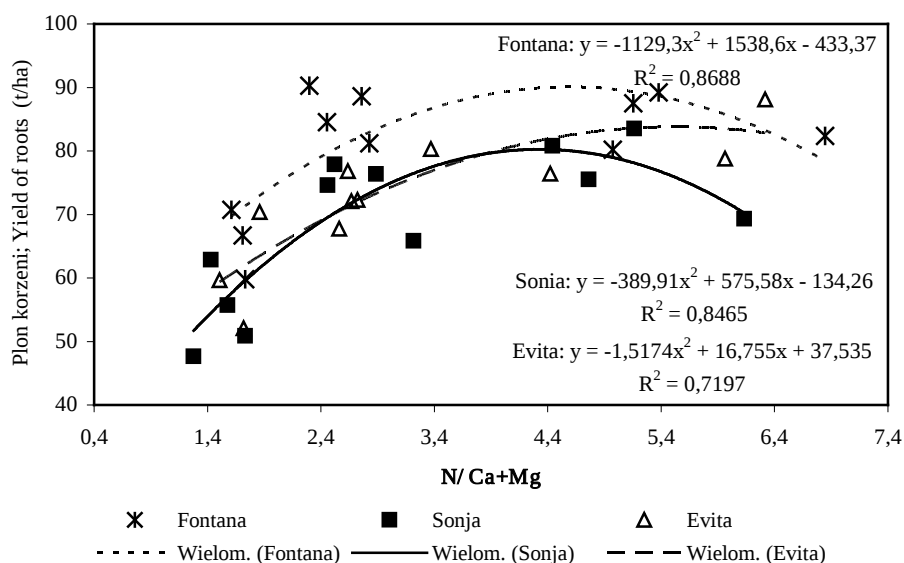
** I — liście -czerwiec/lipiec, leaves -June/July; II — liście-zbiór, leaves-harvest; III — korzenie-zbiór, roots-harvest; IV — pobranie jednostkowe, specific uptake



Rys. 1. Zależność plonu korzeni od stosunku jednostkowego pobrania N/suma kationów, n = 12
Fig. 1. Relationship between root yield and ratio specific nitrogen uptake/ amount of cations, n = 12

Przeprowadzona powyżej analiza ma charakter *ex post*, gdyż wykonana została dla pobrania jednostkowego składników pokarmowych i może być wykorzystana tylko do prognozowania przyszłych, a nie aktualnie zbieranych plonów buraków. Większą wagę diagnostyczną należałoby odnieść do prognozowania plonów korzeni na podstawie stanu odżywienia roślin w pełni wegetacji. Postępowanie takie okazało się umiarkowanie

wiarygodne tylko dla dwóch odmian, a mianowicie Sonji i Evity. Dla tych odmian główną zmienną określającą plon korzeni okazał się azot, lecz zdecydowanie większą wiarygodność prognozy uzyskano przyjmując za zmienną niezależną ekwiwalentny stosunek zawartości azotu do sumy kationów dwuwartościowych (rys. 2). Przeprowadzone postępowanie ujawniło także znaczne różnice odmianowe, które prezentuje optymalna wartość omawianej relacji, wynosząca: Sonia — 4,32; Fontana — 4,59; Evita — 5,34. Powyższe wartości jednoznacznie wskazują na większe zapotrzebowanie na azot, w tej fazie rozwoju, przez rośliny odmiany Evita.



Rys. 2. Zależność plonu korzeni od ekwiwalentnego stosunku N/ Ca+Mg, liście, lipiec, n = 12
 Fig. 2. Relationship between root yield and equivalent ratio N/Ca+Mg, leaves, July, n = 12

Dominującą rolę w prognozowaniu zawartości cukru w korzeniach spełniały magnez i wapń, z wyjątkami dotyczącymi potasu i azotu, które to pierwiastki tym samym podkreślają różnice między odmianami. Prawdopodobieństwo oszacowania plonu, na bazie wartości współczynnika R^2 , przedstawia się następująco: Sonia — III $\geq$ I = IV > II; Fontana — III > I > IV > II; Evita — III > I $\geq$ IV > II (tab. 7). Z powyższego zestawienia jednoznacznie wynika, że najlepszym organem do prognozowania zawartości cukru okazał się korzeń.

W analizie zależności zawartości cukru od składu mineralnego korzeni nie można pominąć azotu, gdyż pewna jego część stanowi tzw. azot szkodliwy (Burba, 1996; Pollach i in., 1996; Günther i Stephan, 1996). Azot ten, jak wykazano w drugiej części tego rozdziału wyraźnie zmniejszał zawartość cukru w korzeniach odmian Sonia i Fontana. Zatem zawartość cukru w korzeniach odniesiono do ekwiwalentnego stosunku zawartości azotu do sumy kationów dwuwartościowych (rys. 3). Optymalne najmniejsze wartość

badanej relacji wynosiły: Sonia — 3,13; Fontana — 3,62; Evita — 2,31. Wartości te jednoznacznie potwierdzają ponownie największą wrażliwość odmiany cukrowej na wzrost zawartości azotu w korzeniach. Z przeprowadzonej analizy wynika, że kationy dwuwartościowe generalnie poprawiały jakość korzeni, gdyż z jednej strony zwiększały zawartość cukru w korzeniach, a z drugiej zmniejszały zawartość związków melasotwórczych.

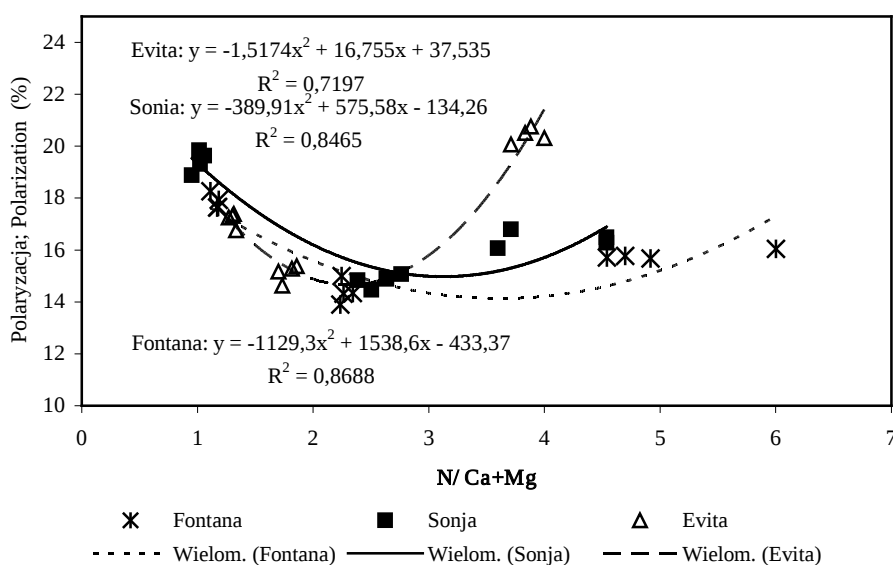
Tabela 7

Prognoza plonów zawartości cukru (polaryzacji), n = 12
Prognosis on sugar contents (polarization), n = 12

Terminy Phases	Odmiany Varieties								
	Sonia			Fontana			Evita		
	P*	R ²	równanie equation	P	R ²	równanie equation	P	R ²	równanie equation
I**	Ca	91	$y = 11,401 + 4,50x$	N	83	$y = 25,129 - 2,44x$	K	85	$y = 2,061 + 4,58x$
II	Ca	66	$y = 13,92 + 2,92x$	Ca	48	$y = 13,89 + 2,13x$	Ca	58	$y = 13,91 + 3,62x$
III	Ca	97	$y = 12,60 + 33,59x$	Mg	89	$y = 11,85 + 37,62x$	Mg	96	$y = 12,31 + 47,77x$
IV	K	89	$y = 12,63 + 1,15x$	Mg	71	$y = 13,6 + 2,74x$	Mg	83	$y = 13,46 + 5,36x$

*P — Pierwiastek; Element

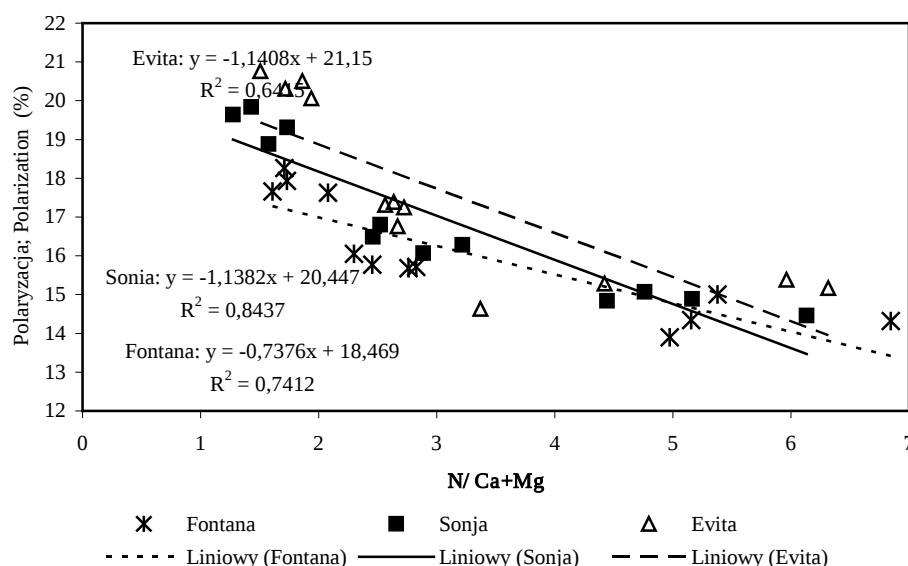
** I — liście-czerwiec/lipiec, leaves-June/July; II — liście-zbiór, leaves-harvest; III — korzenie-zbiór, roots-harvest; IV — pobranie jednostkowe, specific uptake



Rys. 3. Zależność zawartości cukru od ekwiwalentnego stosunku N/ Ca + Mg, korzenie, zbiór, n = 12
Fig. 3. Relationship between sugar content and an equivalent ratio N/Ca + Mg, roots, harvest, n = 12

Wyjaśnienie specyficznej roli wapnia i magnezu w kształtowaniu cech jakościowych korzeni buraków jest niezwykle trudne. Pierwiastki te nie stanowią ograniczenia

w procesie ekstrakcji cukru, gdyż są względnie łatwo usuwane z soku (Oltmann i in., 1984). Plonotwórcze działanie magnezu w burakach cukrowych potwierdzone zostało licznymi wynikami badań eksperymentalnych, które wykazały działanie pierwiastka na plon cukru, bądź to poprzez wzrost plonu korzeni, lub/oraz poprawę jakości wyrażoną wzrostem polaryzacji i spadkiem zawartości melasotworów (Barłóg i Grzebisz, 2001; Grzebisz i in., 2001). Plonotwórcza rola magnezu wynika z olbrzymiej liczby funkcji biochemicznych i fizjologicznych pełnionych przez ten pierwiastek w roślinach, dotyczących między innymi metabolizmu azotowego i funkcjonowania ściany komórkowej (Mengel, 1991; Bergmann, 1992). Plonotwórcze działanie wapnia, poza ogólnie znanymi funkcjami jako regulatora odczynu gleby jest mało rozpoznane, aczkolwiek należy zwrócić uwagę na rolę, jaką pełni w procesach podziału i wzrostu komórek oraz jako składnik blaszki środkowej (Mengel, 1991; Bergmann, 1992; Amberger, 1996). Nie można też pominąć funkcji wapnia związanych z selektywnością pobierania jonów. Marschner i Schafarczyk (1967) zwrócili uwagę na specyficzną rolę kationów wapnia w pobieraniu jonów sodu i potasu. W przeprowadzonych eksperymentach wykazali, że wzrost zawartości jonów Ca^{2+} w środowisku wzrostu roślin buraka zwiększa pobieranie K^+ , a zmniejsza Na^+ .



Rys. 4. Zależność zawartości cukru od ekwiwalentnego stosunku N/ Ca+Mg, liście, lipiec, n = 12
Fig. 4. Relationship between sugar content and an equivalent ratio N/Ca+Mg, leaves, July, n = 12

Podobnie, jak w odniesieniu do plonu korzeni, prognozowanie jakości technologicznej korzeni ma praktyczny sens tylko wówczas, jeżeli przeprowadzone zostanie w pełni sezonu wegetacyjnego. Spośród analizowanych cech jakościowych zdecydowanie najlepiej

prognozowaną cechą jakościową okazała się polaryzacja, która wykazywała silną zależność od ekwiwalentnego stosunku azotu do sumy dwuwartościowych kationów (rys. 4).

Każdorazowy wzrost wartości tej relacji prowadził do spadku zawartości cukru. Przyjmując zawartość cukru na poziomie standardowym (16%) można wyznaczać optymalną wartość omawianej relacji, która wynosiła: Sonia — 3,91; Fontana — 3,35; Evita — 4,51. Ostatnia z odmian, w tej fazie rozwoju, ujawnia większą tolerancję na wzrost zawartości azotu względem sumy kationów dwuwartościowych.

Porównanie optymalnych wartości relacji N/Ca+Mg oraz wysokich wartości współczynników determinacji tłumaczy brak możliwości prognozowania plonów cukru. Pierwiastki te kształtowały istotnie dwie składowe plonu cukru: plon korzeni i zawartość cukru, lecz ich wypadkowe działanie okazało się nieistotne. Takie zjawisko wystąpiło w odniesieniu do odmiany Sonja i Evita, w których plon cukru zależał od obu składowych (Barłóg i Grzebisz, 2005; Część II). W przypadku odmiany Fontana, dla której plon cukru w 60% określał plon korzeni, prognoza plonu cukru na podstawie składu chemicznego korzeni, czy też pobrania jednostkowego składników okazała się możliwa.

WNIOSKI

1. Zawartość oraz pobranie jednostkowe składników pokarmowych przez buraki cukrowe zależało przede wszystkim od przebiegu warunków pogodowych. W roku suchym nadmiar pobieranego przez rośliny wapnia oraz magnezu silnie ograniczał pobieranie sodu, a tym samym buraki silniej reagowały na nawożenie sodem.
2. Prognozowanie plonów i jakości przerobowej korzeni buraka cukrowego można przeprowadzić na podstawie składu mineralnego organów roślin w różnych fazach jej rozwoju. O potrzebie optymalnego odżywienia roślin w okresie całej wegetacji buraków świadczy najlepszy wynik, jaki uzyskano dla składu chemicznego w korzeniach w fazie zbioru.
3. Pobranie jednostkowe składników pokarmowych określone w optymalnych warunkach wzrostu buraków cukrowych, a w takich prowadzono badania, może służyć do opracowania nowych, zmodyfikowanych zaleceń nawozowych. Wskaźnik ten wykazał duże walory diagnostyczne, gdyż najlepiej korelował z plonem korzeni.
4. Zawartość kationów dwuwartościowych (wapń i magnez) odgrywała istotną rolę kształtowaniu cech ilościowych i jakościowych badanych odmian, gdyż z jednej strony ograniczała plon korzeni, a z drugiej poprawiała ich jakość technologiczną.
5. Prognozowanie plonu cukru na podstawie składu chemicznego korzeni i pobrania jednostkowego składników pokarmowych było możliwe dla najplenniejszej odmiany Fontana, której plon cukru w 60% zależał od plonu korzeni.

LITERATURA

- Amberger A. 1988. Pflanzenernährung — ökologische und physiologische Grundlagen. Dynamik und Stoffwechsel der Nährelemente. Eugen Ulmer, Stuttgart: 319 p.
- Barłóg P., Grzebisz W. 2001. Effect of magnesium foliar application on the yield and quality of sugar beet roots. Rostlinna Vyroba 47, (9): 418 — 422.

- Barłóg P., Grzebisz W. 2004. Plonotwórcza i diagnostyczna ocena nawożenia buraków cukrowych potasem, sodem i magnezem. Część II. Jakość korzeni i plon cukru. Biul. IHAR 234: 83 — 92.
- Bergmann W. 1992. Nutritional disorders of plants, development, visual and analytical diagnosis. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, New York.
- Burba M. 1996. Der Schädliche Stickstoff als Kriterium der Rübenqualität. Zuckerind. 121, 3: 165 — 173.
- Grzebisz W., Barłóg P., Lehrke R. 2001. Effect of interaction between the methods of magnesium application and amount of nitrogen fertilizer application on sugar recovery and technical quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Zuckerind. 126, 12: 956 — 960.
- Grzebisz W., Barłóg P. 2002. Zasady nawożenia. W: W. Grzebisz (red.) Nowoczesna uprawa buraków cukrowych. Wyd. AR Poznań: 62 — 85.
- Günther I., Stephan K. H. 1996. Produktionstechnische Reserven im Zuckerrübenbau. Zuckerind. 121, 8: 640 — 653.
- Haneklaus S., Knudsen L., Schnug E. 1998. Relationship between potassium and sodium in sugar beet. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 29: 1793 — 1798.
- Konys L., Wiśniewski P. 1984. Analiza ścieżki. Roczn. AR Poznań, 146: 597 — 603.
- Marschner H., Schafarczyk W. 1967. Influx und Efflux von Natrium und Kalium bei Mais — und Zuckerrübenpflanzen. Zeitschrift für Pflanzenernähr. Bodenk. 118: 172 — 187.
- Mengel K. 1991. Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Pollach G., Hein W., Rösner G. 1996. Definition der inneren Qualität von Zuckerrüben. Zuckerind. 121, 5: 332 — 344.
- Oltmann W., Burba M., Bolz G. 1984. Die Qualität der Zuckerrübe — Bedeutung, Beurteilungskriterien und züchterische Maßnahmen zu ihrer Verbesserung. Fortschritte der Pflanzenzüchtung, H. 12, Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- Trętowski J., Wójcik A. R. 1988. Metodyka doświadczeń rolniczych. WSRP, Siedlce.

RADOSŁAW MUSOLF
WITOLD GRZEBISZ
WITOLD SZCZEPANIAK

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu

Wpływ nawożenia potasem na tle zróżnicowanych warunków wodnych na plon i jakość korzeni buraka cukrowego (*Beta vulgaris* L.) Część I. Reakcja plonotwórcza

**Effect of potassium fertilization under diversified water conditions on yield
and quality of sugar beets (*Beta vulgaris* L.)
Part I. Yielding response**

W 1991 roku, aby ocenić wpływ poziomu zasobności gleby w potas i warunków wodnych na plony roślin uprawnych, założono eksperyment polowy, mający na celu zmniejszenie zasobności gleby w ten składnik. W latach 1998–2000 testowano burak cukrowy, odmiany Mieszkowski. Schemat doświadczalny zawierał dwa poziomy nawożenia potasem (0, 150 kg K₂O ha⁻¹) oraz cztery warianty wodne: kontrolę (C — naturalne warunki opadowe), nawadniany (I — do 70% PPW) oraz dwa warianty z symulowaną suszą (28 dni) w lipcu lub sierpniu. Uzyskane wyniki wykazały, że brak nawożenia potasem, nawet przy wysokiej zasobności gleby w przyswajalny potas, wywołał prawie 20% spadek plonu korzeni. Straty wynikały zarówno ze zmniejszenia się obsady roślin (7,3%), jak i mniejszej masy pojedynczej rośliny (11,4%). Na obiektach z potasem skutki niedoboru wody w okresie krytycznym wzrostu buraków były mniejsze, niż na obiektach nienawożonych tym składnikiem.

Słowa kluczowe: buraki cukrowe, nawożenie potasem, obsada roślin, plony korzeni, susza

To assess the effect of water conditions and K availability level on crops' yields, the K-exhaustion type field experiment was established in 1991. In the years 1998–2000, the sugar beet, cultivar Mieszkowski was grown as a test crop. The experimental design comprised two levels of applied K (0, 150 kg K₂O/ha) and four water treatments, i.e. control (C — rainfall only), irrigated to 70% FC (I), and 4 weeks drought periods imposed in July (D-I) or in August (D-II). The obtained results showed that long-term lack of K fertilization, even on soil rich in plant available potassium, resulted in about 20% yield of taproots decrease. Yield losses were due to both lower stock (by 11.4%) and lower plant mass (7.3%). The effects of water deficits on the K fertilized plots were much lower than on the K non-treated ones.

Key words: drought, K supply, stock, sugar beets, yield of beets

WSTĘP

Warunki glebowe i klimatyczne Polski są mniej korzystne do uprawy buraków cukrowych niż w większości krajów sąsiednich. Ponadto, jak wynika z wielu doświadczeń polowych, zbierane plony korzeni podlegają znacznym sezonowym wahaniom. Zmienność pogody, zwłaszcza niedobór opadów jest ważnym czynnikiem ograniczającym produkcję roślinną w Polsce (Dzieżyc, 1993; Grzebisz, 1998).

Gleby uznawane za nisko-produktywne (niska zasobność w składniki pokarmowe) stanowią, zależnie od źródła 40%–60% powierzchni gruntów ornych w Polsce. W tych stanowiskach uzyskanie wysokich plonów możliwe jest tylko w latach o korzystnym przebiegu pogody i przy odpowiednio wysokich nakładach poniesionych na agrotechnikę, w szczególności na nawożenie. Wyniki badań Stacji Chemiczno-Rolniczych, prowadzone w latach 1993–1998, wskazują na fakt, że tylko 24% gleb w Polsce charakteryzuje się zasobnością w potas powyżej średniej. Składnik ten może, więc być uznawany za ważny czynnik limitujący plony w Polsce (Grzebisz, 1996; Fotyma i Sheppard, 2000).

Celem podjętych badań była ocena reakcji plonotwórczej buraków cukrowych na poziom zasobności gleby w przyswajalny potas na tle zróżnicowanych warunków wodnych.

MATERIAŁY I METODY

Doświadczenie nawozowe (statyczne) założono w roku 1991, a ściśle badania nad reakcją buraka cukrowego na poziom zasobności gleby w różnicowanych warunkach wodnych przeprowadzono w latach 1998–2000 w RGD Brody, Akademia Rolnicza w Poznaniu. Doświadczenie założono metodą pasów prostopadłych (split-blok) (Trętowski i Wójcik, 1988), w czterech powtórzeniach, jako doświadczenie dwuczynnikowe. Rośliną testową były buraki cukrowe odmiany Mieszko. Czynniki doświadczenia:

- Nawożenie potasem (dawki):
 - 150 K₂O/ha (buraki cukrowe) (obiekty oznaczono symbolem K+)
 - 0 K₂O/ha (obiekty oznaczono symbolem K-)
- Warunki wodne:
 - naturalne (kontrola — C +/- warunki wodne zgodne z przebiegiem pogody);
 - symulowane susze atmosferyczne (susza D+/-); kolejne susze przeprowadzono na dwóch różnych obiektach w lipcu (D₁) i sierpniu (D₂);
 - nawadnianie do około 70% PPW (nawadnianie I+/-).

Wielkość poletka buraków wynosiła 40 m² (8 m × 5 m). W celu zróżnicowania warunków wodnych, w tym samym przedziale czasu stosowano (i) nawadnianie do około 70% PPW (obiekty nawadniane — kontrolę wilgotności prowadzono za pomocą tensjometrów) (ii) symulowano brak opadów (symulowana susza) ustawiając zadaszenia foliowe zabezpieczające poletka przed opadem atmosferycznym (iii) nie prowadzono żadnych z w/w zabiegów (obiekty kontrolne). Warunki atmosferyczne panujące w okresie prowadzonych badań zamieszczono w tabeli 1. Sezon 1997/1998 był wyraźnie cieplejszy niż wielolecie. Niższe temperatury (nieznacznie) wystąpiły jedynie w październiku

i listopadzie. Nieco niższe temperatury w miesiącach od lipca do końca roku 1998 nie miały już prawdopodobnie większego wpływu na wegetację buraków cukrowych. Sezon 1998/1999, po nieco chłodniejszym początku zimy, w porównaniu, do wielolecia również cechował się wyższymi temperaturami szczególnie w miesiącach styczeń, marzec, kwiecień i lipiec. Również w roku 2000 mieliśmy do czynienia z wyższymi średnimi temperaturami, niż w okresie wielolecia (szczególnie duże różnice w lutym, kwietniu i maju).

Tabela 1

Warunki wodne i termiczne doświadczenia
Water and thermic conditions of the experiment

Opady (mm) i temperatury (°C) Rainfalls and temperature	Miesiące Monts											
Rok 1998 Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I	46,4	41,2	58,2	72,3	29,3	83,3	103,2	141,1	77,5	89,4	69,8	52,6
D ₁	46,4	41,2	58,2	72,3	29,3	83,3	0	101,1	77,5	89,4	69,8	52,6
D ₂	46,4	41,2	58,2	72,3	29,3	83,3	63,2	0	77,5	89,4	69,8	52,6
C	46,4	41,2	58,2	72,3	29,3	83,3	63,2	101,1	77,5	89,4	69,8	52,6
Temperatura (°C) Temperature	1,9	4,6	3,4	8,1	14,8	17,4	17,5	15,8	13,1	7,6	-0,7	-0,7
Rok 1999 Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I	48,5	43,8	86,1	70	55,3	127,3	61,9	72	19,1	51,8	37,3	51,1
D ₁	48,5	43,8	86,1	70	55,3	127,3	0	32	19,1	51,8	37,3	51,1
D ₂	48,5	43,8	86,1	70	55,3	127,3	21,9	0	19,1	51,8	37,3	51,1
C	48,5	43,8	86,1	70	55,3	127,3	21,9	32	19,1	51,8	37,3	51,1
Temperatura (°C) Temperature	1,3	0	4,8	10	13,7	16,4	20,3	17,9	16,7	8,3	2,9	1,7
Rok 2000 Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I	48,5	53,0	113,4	15,8	39,4	44,1	134,2	111,6	57,9	7,9	62,3	51,3
D ₁	48,5	53,0	113,4	15,8	39,4	44,1	0,0	71,6	57,9	7,9	62,3	51,3
D ₂	48,5	53,0	113,4	15,8	39,4	44,1	94,2	0,0	57,9	7,9	62,3	51,3
C	48,5	53,0	113,4	15,8	39,4	44,1	94,2	71,6	57,9	7,9	62,3	51,3
Temperatura (°C) Temperature	-0,2	3,6	4,5	11,6	15,8	18,0	16,3	18,4	12,5	11,5	6,0	2,5
Lata 1961–2000 Years	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Warunki naturalne Natural conditions	36,1	29,8	38	38,5	56,2	66,5	78,7	60,8	48,3	41,6	43,9	47,9
Temperatura (°C) Temperature	-1,6	-0,5	2,6	7,8	12,9	16,3	17,7	17,1	13	8,3	3,2	-0,1

I — Obiekt nawadniany; Irrigated treatment, D₁ — Symulowana susza w lipcu; Drought imposed in July, D₂ — Symulowana susza w sierpniu; Drought imposed in August; C — Naturalne warunki wodne; Natural water conditions

Warunki wodne, w jakich uprawiano buraki cukrowe w poszczególnych latach były różne. W roku 1998 rozpatrując średnie miesięczne można stwierdzić, że niedobory opadów w porównaniu do wielolecia występowały w miesiącach maj i lipiec, natomiast szczególnie duże w porównaniu do wielolecia opady odnotowano w marcu i kwietniu oraz

od sierpnia do zbiorów. Opady marcowe i kwietniowe pozwoliły złagodzić nieco deficyt wody w maju. O ile jednak niedobór w lipcu mógł być łagodzony przez opady sierpniowe to w wypadku obiektów D₂ nie miało to miejsca. Na obiektach z drugą suszą symulowaną deficyt ten mógł się tylko pogłębić. W roku 1999 rozpatrując średnie miesięczne można stwierdzić, że niedobory opadów, w porównaniu do wielolecia wystąpiły w miesiącach lipiec, sierpień i wrzesień, natomiast szczególnie duże w porównaniu do wielolecia opady odnotowano w marcu i kwietniu oraz czerwcu. Opady marcowe i kwietniowe a zwłaszcza czerwcowe złagodziły nieco deficyt lipcowo-wrzesniowy i w efekcie sumy roczne były i tak wyższe od wielolecia, chociaż takie spojrzenie może być mylące dla końcowej oceny tego sezonu. Susza od lipca do września mogła nieco zmniejszyć różnice między wariantami wodnymi, szczególnie dotyczy to suszy symulowanych i kontroli a zwiększyć między w/w a obiektami nawadnianymi. W roku 2000 rozpatrując średnie miesięczne można stwierdzić, że niedobory opadów w porównaniu do wielolecia miały miejsce w miesiącach kwiecień, maj, czerwiec oraz w październiku. Natomiast opady wyższe do wielolecia miały miejsce w marcu, co prawdopodobnie częściowo kompensowało skutki kwietniowej suszy atmosferycznej.

Doświadczenie założono na glebie płowej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego przechodzącego w glinę lekką klasy IVa, kompleksu żyniowego bardzo dobrego, kategoria agronomiczna — gleba lekka. Zawartość w glebie przyswajalnych form fosforu, potasu, magnezu oraz wartość odczynu przedstawiano w tabeli 2. Azot w dawce 120 kg N·ha⁻¹ (saletra amonowa) stosowano w dwóch terminach: przedsiwnie w dawce 60 kg N/ha, oraz 60 kg N·ha⁻¹ w fazie 4–6 liści właściwych buraka.

Tabela 2

Warunki glebowe w kolejnych latach prowadzenia doświadczeń
Soil conditions in consecutive years of study

Rok Year	Przyswajalne składniki pokarmowe Available nutrients				pH	Liczba pomiarów Number of measurements
	P ₂ O ₅ mg/100g gleby	K ₂ O* mg/100g gleby	K ₂ O** mg/100g gleby	Mg mg/100g gleby		
1998						
(0–30 cm)	22,6	32,5	17,5	4,5	5,7	32
(31–60 cm)	20,3	25,3	18,2	5,9	6,2	
1999						
(0–30 cm)	19,2	28,9	13,9	3,7	5,9	32
(31–60 cm)	19,8	26,3	14,5	4,1	6,3	
2000						
(0–30 cm)	17,9	28,8	16,2	3,8	6,1	32
(31–60 cm)	19,0	24,4	15,4	4,0	5,9	

* Na polstkach nawożonych potasem; On K fertilized plots

** Na polstkach nienawożonych potasem; On K non-fertilized plots

Ocenę statystyczną uzyskanych wyników przeprowadzono z wykorzystaniem analizy wariancji oraz regresji prostoliniowej i wielokrotnej z wyborem najlepszego podzbioru zmiennych niezależnych oraz testem t-Studenta do porównania wartości średnich. W obliczeniach posłużono się programami komputerowymi: STATPAKU[®] autorstwa dr P. Toboły (AR Poznań) oraz Arkusz Kalkulacyjny Excel[®] ver. 97 firmy Microsoft.

WYNIKI I DYSKUSJA

Kluczem do uzyskania dużych plonów korzeni buraków cukrowych jest obsada roślin dostosowana do warunków glebowo-klimatycznych pola. Sturm (1994) przyjmuje 7–8 roślin m^{-2} , jako wartość optymalną, lecz ten sam autor (za Märländer, 1990) podaje, że najwyższe plony uzyskuje się przy obsadzie 10–11 roślin m^{-2} . Gutmański (1991) klasyfikuje obsadę roślin buraka cukrowego w zależności od kategorii agronomicznej gleby. Dla gleb lekkich, a na takich glebach prowadzono badania, przyjmuje obsadę w przedziale poniżej 5,5 roślin m^{-2} za zbyt niską; 5,5–7,0 jako małą; 7,1–8,5 — dobrą; 8,6–10,0 bardzo dobrą i powyżej 10,0 roślin m^{-2} jako nadmierną. W prowadzonych eksperymentach polowych uzyskiwano bardzo zróżnicowaną obsadę roślin w kolejnych latach badań. Biorąc pod uwagę klasy obsady według Gutmańskiego (1991), w 1998 roku obsada roślin buraka cukrowego, niezależnie od wariantu nawożenia była za mała. W następnym, 1999 roku, na poletkach nawożonych potasem mieściła się w klasie dobrej, a na nienawożonych w klasie małej. Natomiast w roku 2000 obiekty nawożone potasem sklasyfikowano w klasie bardzo dobrej, a nienawożone potasem — dobrej. Otrzymane wyniki wskazują na istotny wpływ zasobności gleby w potas na obsadę roślin. Rozpatrując czynniki doświadczenia nawożenie potasem zwiększało obsadę roślin buraków i to w sposób niezależny od lat mimo wysokiej zasobności gleby w ten składnik (tab. 3). Działanie potasu wynikało prawdopodobnie ze zmniejszenia strat we wczesnych fazach rozwojowych buraka cukrowego. Roślinę charakteryzuje, w tym okresie rozwoju, zarówno słabo wykształcony system korzeniowy, jak i silna, dodatnia reakcja na stężenie składników pokarmowych w roztworze glebowym (Beringer, 1987; Sturm, 1994).

Tabela 3

Końcowa obsada roślin buraka cukrowego, sztuki m^{-2}
Final stock of sugar beet plants, plants $\text{per} \cdot \text{m}^{-2}$

Obiekty ¹ Main plots	Lata Years			Średnia Mean
	1998	1999	2000	
K+	5,57	7,63	9,24	7,48
K-	5,03	6,88	7,98	6,63
NIR _{0,05}	—	—	—	0,483
LSD _{0,05}	—	—	—	—

¹ K +, K - — Obiekty nawożone (+) potasem / Obiekty nienawożone (-) potasem; Plots fertilized (+) or not fertilized (-) with potassium

Drugim obok obsady czynnikiem kształtującym plon korzeni buraka cukrowego jest średnia masa pojedynczej rośliny. Z przeprowadzonych badań wynika, że potas, niezależnie od lat, zwiększał masę pojedynczego korzenia (tab. 4). Natomiast wpływ warunków wodnych był różny w latach badań. Generalnie korzenie na obiektach z symulowaną suszą w sierpniu, były mniejsze, niż na poletkach kontrolnych. Istotnie mniejszą masę w stosunku do kontroli, uzyskano na obu obiektach z symulowaną suszą. Największe korzenie wyprodukowały rośliny nawadniane. Przyczyn należy prawdopodobnie upatrywać w intensywnym przyroście liści, jaki obserwowano do początku miesiąca sierpnia na poletkach nawadnianych, co pozwoliło roślinom na stworzenie

i utrzymanie sprawnego, lecz nie nadmiernego aparatu asymilacyjnego. Z prowadzonych obserwacji wynika, że dopiero w połowie sierpnia ujawnił się wyraźny negatywny wpływ suszy i po raz pierwszy korzenie na tych obiektach były wyraźnie mniejsze niż na kontroli i poletkach nawadnianych. Ponieważ jest to okres intensywnego przyrostu masy, niedobory wody szczególnie niekorzystnie wpływają na wzrost korzenia (Gutmański, 1991).

Tabela 4

Końcowa, świeża masa korzenia rośliny buraka cukrowego, g-roślinę⁻¹
Final fresh biomass of taproot of sugar beet plant, g per plant

Obiekty ¹ Treatments	Lata Years			Średnia Mean
	1998	1999	2000	
K+	1036,95	590,48	638,40	755,28
K-	925,30	541,99	625,53	697,61
NIR _{0,05}	—	—	—	49,867
LSD _{0,05}	—	—	—	—
I	1011,77	817,01	734,14	854,31
D ₁	930,11	459,34	555,96	648,47
D ₂	885,88	415,99	579,69	627,19
C	1096,74	572,59	658,07	775,80
NIR _{0,05}	152,327	33,111	47,791	—
LSD _{0,05}	—	—	—	—

¹I — Obiekt nawadniany; Irrigated treatment; D₁ — Symulowana susza w lipcu; Drought imposed in July;

D₂ — Symulowana susza w sierpniu; Drought imposed in August; C — Naturalne warunki wodne; Natural water conditions;

K + K - — Obiekty nawożone (+) potasem/ obiekty nienawożone (-) potasem; Main plots fertilized (+) or not fertilized (-) with potassium

Oba czynniki doświadczalne istotnie kształtowały plony korzeni, lecz nie wykazały współdziałania. Jednocześnie nie tylko, że nie stwierdzono istotnych różnic w plonach korzeni pomiędzy poszczególnymi latami, ale też uzyskany trend wskazuje, że kolejność lat pod względem rosnących plonów (średnich) korzeni tworzy szereg 2000 > 1998 > 1999. Potwierdza to tezę, że obsada nie była jedynym czynnikiem kształtującym plon korzeni. Nawożenie potasem zwiększało końcowy plon korzeni, średnio o 24% w porównaniu do roślin nienawożonych tym składnikiem (tab. 5). Średnia zasobność gleb w przyswajalny potas na obiekcie bez nawożenia potasem od 1991 wyniosła w warstwie ornej (0–30 cm) 159 mg K₂O·kg⁻¹ gleby, a w stanowisku nawożonym potasem 300 mg K₂O·kg⁻¹ gleby. W warstwie podornej wartości te wynosiły odpowiednio 253 i 160 mg K₂O·kg⁻¹ gleby. Orlovius (1993) uzyskał istotny przyrost plonu korzeni spowodowany nawożeniem nawet na stanowiskach zasobnych w potas. Natomiast Kapura (1995) wykazał, że reakcja plonu buraka na nawożenie potasem w warunkach niedoborów wody jest obserwowana jedynie przy zasobności gleby nieprzekraczającej poziomu średniego. W doświadczeniu własnym poziom zawartości potasu, na obiekcie kontrolnym, czyli nienawożonym tym składnikiem mieścił się w klasie wysokiej.

Tabela 5

Plon korzeni buraków cukrowych, t·ha⁻¹
Sugar beets yields of taproots, t·ha⁻¹

Obiekty ¹ Treatments	Lata Years			Średnia Mean
	1998	1999	2000	
K+	57,86	45,10	59,03	54,00
K-	46,54	37,32	46,76	43,54
NIR _{0,05}	—	—	—	3,719
LSD _{0,05}	—	—	—	—
I	53,80	59,48	63,35	58,87
D ₁	49,37	33,47	42,12	41,65
D ₂	47,30	30,28	50,11	42,56
C	58,32	41,61	56,01	51,98
NIR _{0,05}	—	—	—	4,150
LSD _{0,05}	—	—	—	—

¹I — Obiekt nawadniany; Irrigated treatment; D₁ — Symulowana susza w lipcu; Drought imposed in July;

D₂ — Symulowana susza w sierpniu; Drought imposed in August; C — Naturalne warunki wodne; Natural water conditions;

K + K - — Obiekty nawożone (+) potasem/ Obiekty nienawożone (-) potasem; Main plots fertilized (+) or not fertilized (-) with potassium

W przeprowadzonym doświadczeniu w porównaniu do kontroli nawadnianie zwiększało średni plon korzeni o 13% (od +8% w 1998 do +42% w „suchym” 1999 roku). Symulowane susze, niezależnie od terminu ich przeprowadzenia, powodowały spadek średnio o 20% (najsilniejszy w 1999 roku -28% spowodowała susza w sierpniu). Jak wykazały dane monitoringu opadów, łączna średnia wieloletnia suma opadów lipca i sierpnia dla tego obszaru nie przekraczała 150 mm. Przy tak dużym deficycie opadów w okresie intensywnego wzrostu roślin, plony korzeni nie mogą być, zarówno wysokie, jak i stabilne, a więc zależą, jak wykazał Rudnicki i wsp. (1997) dla Kujaw (Polska), a Freckleton i wsp. (1999) dla Wielkiej Brytanii, od rozkładu opadów w sezonie wegetacyjnym. Złożona reakcja buraków na warunki pogodowe (rozkład opadów) wynika z biologii gatunku. Burak jest niezwykle wymagający w stosunku do składników pokarmowych, rozważanych ilościowo, jakościowo, jak i w aspekcie czasowym — dynamiki pobierania (Draycott, 1996; Grzebisz, 2002). Z drugiej strony jednak, toleruje niekorzystne warunki pogodowe, zwłaszcza w odniesieniu do wody, co może wynikać z szybkiego wzrostu systemu korzeniowego wiosną (Sturm, 1994; Windt, 1995). Można, więc postawić tezę, że burak cukrowy okazał się rośliną bardzo wrażliwą na nawożenie potasem. Zatem w zmianowaniu z burakiem cukrowym nie można „oszczędzać” na nawożeniu tym składnikiem.

W literaturze bogato omówione jest zagadnienie nawadniania buraków cukrowych i większość autorów wskazuje na znaczący wzrost plonu korzeni uzależniony od przebiegu pogody w danym roku. Borówczak (2002) podaje, że w latach suchych uzyskano wzrost plonu korzeni o 55%, podczas gdy w latach o przeciętnym przebiegu pogody wartości te wynosiły odpowiednio 24% i 15%. Kalinowska-Zdun (1986) pisze o wzroście plonu korzeni rzędu 14%–17%, a Dzieżyc (1993) uzyskał wzrost plonu o 10–15 ton korzeni. W doświadczeniu własnym jak nadmieniono wcześniej, uzyskano średnio 13% wzrost

plonu korzeni pod wpływem nawadniania oraz nie stwierdzono wpływu warunków wodnych na końcowy plon liści. Niektórzy autorzy uzależniają efektywność nawadniania buraków cukrowych od sumy opadów w danym roku, w miesiącach od kwietnia do września i podają, że istotny wzrost plonu (10–15 ton korzeni) następuje przy sumie opadów poniżej 300–320 mm, a przy sumach ponad 400 mm nawadnianie nie daje efektów (Dzieżyc, 1992, 1993). W doświadczeniu własnym (1998) przy sumie opadu dla analogicznego okresu wynoszącej ponad 400 mm zanotowano spadek plonu pod wpływem nawadniania, a w kolejnych latach przy niższej sumie opadów (na poziomie 320 mm) zwyżka plonu wynosiła odpowiednio 13% i 42% w porównaniu do kontroli. Tak duża rozpiętość wyników uzyskana na tej samej glebie wskazuje, że suma opadów nie jest dokładnym miernikiem i nie uwzględnia (przykładowo) rozkładu opadów w czasie, co może prowadzić do nieprecyzyjnych wniosków.

WNIOSKI

1. Brak bieżącego nawożenia potasem, nawet w warunkach wysokiej zasobności gleby w przyswajalny potas, wpływa ujemnie na strukturę plonu (końcową obsadę roślin oraz końcową masę korzenia).
2. Wysokie plony buraków cukrowych zapewnia optymalny rozkład opadów w okresie letniej wegetacji. Niedobór wody w okresie letnim stanowi czynnik ograniczający plon korzeni buraków cukrowych niezależnie od tego czy wystąpi w lipcu czy sierpniu.

LITERATURA

- Beringer H. 1987. Hoehe und Wirkung der K-Duengung bei heutigem Ertragsniveau. Kali Briefe 18 Buentehof: 585 — 594.
- Borówczak F. 2002. Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania plonowania buraków cukrowych. Nowoczesna uprawa buraków cukrowych. Wydawnictwa AR Poznań.
- Draycott A. P. 1996. Aspects of fertiliser use in modern, high-yield sugar beet culture. IPI-Bulletin No. 15, Bazylea.
- Dzieżyc J. 1993. Czynniki plonotwórcze, plonowanie roślin. Praca zbiorowa. PWN, Warszawa: 419 — 422.
- Fotyma M., Scheppard M. 2000. Soil fertility evaluation in Czech Republic, Latvia, Poland, Slovak Republic and United Kingdom. Nawozy i nawożenie 2. IUNG Puławy.
- Grzebisz W. 1996. Efektywność i optymalizacja nawożenia. W: Nawożenie mineralne roślin uprawnych. Czuba R. (red.). Zakłady Chemiczne „Police” S.A.: 201 — 246.
- 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., Musolf R., Barłóg P., Potarzycki J. 2001. Water shortages during vegetation, potassium fertilization and yields variability of sugar beet. *Biul. IHAR* 222: 19 — 29.
- Gutmański I. (red.). 1991. Produkcja buraka cukrowego. PWR i L, Poznań.
- Sturm H., Buchner A., Zerulla W. 1994. Gezielter düngen. DLG Verlag, Frankfurt, Main.
- Trętowski J., Wójcik A. R. 1988. Metodyka doświadczeń rolniczych. WSRP Siedlce: 124 — 136.

RADOSŁAW MUSOLF
WITOLD GRZEBISZ
WITOLD SZCZEPANIAK

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu

Wpływ nawożenia potasem na tle zróżnicowanych warunków wodnych na plon i jakość korzeni buraka cukrowego (*Beta vulgaris* L.) Część II. Jakość technologiczna korzeni i plony cukru

Effect of potassium fertilization under diversified water conditions on yield and quality of sugar beets (*Beta vulgaris* L.) Part II. Quality of taproots and yield of sugar

Wysoka jakość korzeni powinna być zasadniczym celem uprawy buraka cukrowego. W drugiej części badań przeprowadzono ocenę wpływu czynników doświadczalnych na jakość technologiczną korzeni i plon cukru białego. Otrzymane średnie wyniki z trzech lat badań jednoznacznie wykazały, że zawartość potasu w korzeniach zależała od nawożenia potasem i warunków wodnych. W odniesieniu do cech przerobowych korzeni, nawożenie potasem zwiększyło alkaliczność soku i straty cukru, lecz nie miało wpływu na wydatek cukru. Nawożenie potasem zwiększyło plon cukru o 21%. W porównaniu do naturalnych warunków wodnych (kontrola wodna) rośliny nawadniane produkowały o 13,4% więcej cukru. Symulowane susze w lipcu i sierpniu wywołały natomiast depresję plonu, odpowiednio o 17,4% i 19,2%.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, jakość technologiczna, plon cukru

High quality of taproots is a major good in sugar beet production. Effect of some experimental factors on technological quality of roots and recoverable sugar yield was assessed. The three years results clearly showed that potassium content in roots was influenced by potassium fertilization and water supply conditions. With respect to quality parameters, the potassium fertilization increased row juice alkalinity and slightly raised sugar losses, but at the same time did not affect recoverable sugar content. Recoverable sugar yield significantly depended on the both experimental factors. Potassium fertilization increased yield of sugar by 21%. In comparison to natural water conditions (water control) irrigated plants produced by 13.4% more sugar. Simulated droughts imposed in July and August depressed yield of sugar yield by 17.4% and 19.2%, respectively.

Key words: sugar beet, sugar yield, technological quality

WSTĘP

Podstawowym parametrem oceny plantacji buraka cukrowego jest pozyskany plon cukru, który jest wypadkową trzech grup czynników/procesów, a mianowicie plonu korzeni, jakości korzeni oraz stopnia ekstrakcji cukru. Pierwsze dwa czynniki zależą od warunków pogodowych, wartości siedliska i agrotechniki, a trzeci od technologii przetwórstwa (Gutmański, 1991; Malec, 2002).

Celem tej części pracy było określenie stopnia reakcji cech jakościowych, a w konsekwencji plonu cukru na nawożenie potasem i zróżnicowane warunki wodne.

MATERIAŁY I METODY

Szczegółowy opis warunków prowadzenia eksperymentu polowego przedstawiono w I części niniejszego opracowania (Musolf i in., 2005). W zebranych korzeniach oznaczono polaryzację, zawartość związków melasotwórczych, a także wyliczono współczynnik alkaliczności oraz straty przerobowe, wydatek cukru i plon cukru białego. Oznaczeń: polaryzacji, zawartości azotu α -aminowego, potasu, sodu, dokonano w laboratorium surowcowym Cukrowni Środa S.A. na analizatorach jakościowych firmy Venema.

Parametry jakościowe:

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

$$SP = 0,117 (K+Na) + 0,24 N \alpha\text{-aminowy} + 1,08$$

— Plon technologiczny cukru (PT), t·ha⁻¹ (Gutmański, 1991)

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

— Współczynnik alkaliczności (WA), (Wieninger i Kubadinow za Gutmańskim (1991))

$$WA = \frac{(K + Na)}{N \alpha\text{-aminowy}}$$

— Wydajność cukru (WC), %, (Gutmański 1991)

$$WC = \frac{(ZC - SP)}{ZC} \times 100$$

gdzie:

K — zawartość potasu, w mmol·100g⁻¹ buraków,

N — zawartość azotu α -aminowego, w mmol·100g⁻¹ buraków,

Na — zawartość sodu, w mmol·100g⁻¹ buraków,

P — plon korzeni, t·ha⁻¹,

ZC — zawartość cukru, %.

Ocenę statystyczną uzyskanych wyników przeprowadzono z wykorzystaniem analizy wariancji. W niniejszej publikacji zastosowano także metodę analizy ścieżkowej (Konys i Wiśniewski, 1991). W obliczeniach użyto programy komputerowe: STATPAKU® autorstwa dr. P. Toboły (AR Poznań) oraz Arkusz Kalkulacyjny Excel® ver. 97 firmy Microsoft.

WYNIKI

Spośród analizowanych cech jakościowych korzeni buraka cukrowego, polaryzacja oraz zawartość N α -aminowego i sodu nie były różnicowane, w istotny sposób, działaniem czynników doświadczenia (tab. 1).

Tabela 1

Wpływ czynników doświadczalnych na polaryzację i zawartość melasotworów
Effect of the experimental factors on polarization and content of melassogenic substances

Obiekty ¹ Treatments	Polaryzacja Polarization	Związki melasotwórcze melassogenic substances		
		K	N α -amin	Na
	%	mmol 1000 g ⁻¹ fresh matter		
K+	16,86	49,13	13,40	4,58
K-	16,79	44,15	13,99	4,35
NIR _{0,05}	—	1,449	—	—
LSD _{0,05}	—	—	—	—
I	16,86	46,64	13,45	4,69
D ₁	16,79	46,79	13,71	4,22
D ₂	16,78	44,97	13,75	4,41
C	16,89	48,17	13,87	4,52
NIR _{0,05}	—	2,014	—	—
LSD _{0,05}	—	—	—	—

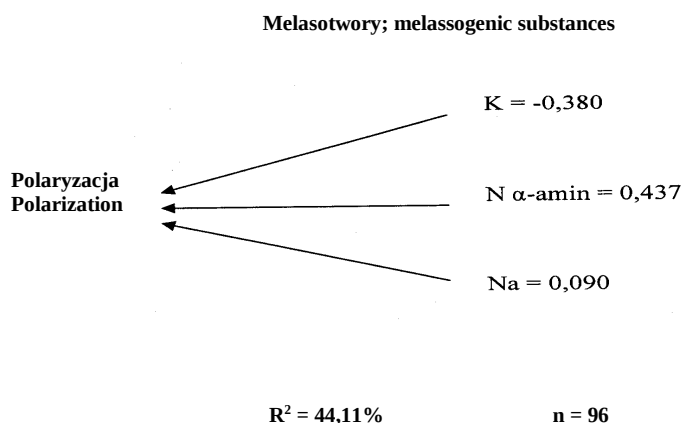
I — Obiekt nawadniany; Irrigated treatment; D₁ — Symulowana susza w lipcu; Drought imposed in July;

D₂ — Symulowana susza w sierpniu; Drought imposed in August; C — Naturalne warunki wodne; Natural water conditions

K + , K - — Obiekty nawożone (+) potasem / Obiekty nienawożone (-) potasem; Main plots fertilized (+) or not fertilized (-) with potassium

Uzyskane zawartości sodu mieszczą się w zakresie średnim, natomiast zawartość azotu należy uznać za bardzo niską, zdecydowanie poniżej średniej, co może pośrednio świadczyć o niedostatecznym odżywieniu buraków cukrowych azotem (Rother, 1998). Zawartość potasu jako jedyne z melasotworów, była istotnie różnicowana przez czynniki doświadczenia. Nawożenie potasem, niezależnie od lat, w porównaniu do korzeni z obiektów nienawożonych tym składnikiem, zwiększało jego zawartość w korzeniach. Z kolei w porównaniu do kontroli istotne obniżenie się zawartości K zaobserwowano w korzeniach pochodzących z obiektów z suszą symulowaną w sierpniu. Należy jednak zaznaczyć, że zawartość składnika nie przekroczyła wartości średnich (Anonim, 1995).

Na rysunku 1 zamieszczono diagram ścieżkowy dla zależności między polaryzacją, a zawartością melasotworów. Z analizy diagramu wynika ujemny wpływ potasu, natomiast dodatni azotu. Nietypowa relacja między azotem α -aminowym, a polaryzacją wynika prawdopodobnie z generalnie bardzo niskiej zawartości tego składnika w korzeniach.



Rys. 1. Diagram ścieżki: zależność polaryzacji od zawartości melasotworów w korzeniach buraków cukrowych

Fig. 1. Path diagram: polarization dependence on melassogenic substances content in roots of sugar beet

Spośród czynników doświadczenia jedynie nawożenie potasem istotnie wpływało na wartość współczynnika alkaliczności soku oraz straty przerobowe (tab. 2). Sok z korzeni buraków nawożonych potasem wykazywał wyższą alkaliczność w porównaniu do ekstraktu z korzeni roślin nienawożonych. Jednocześnie nawożenie potasem powodowało zwiększenie strat przerobowych cukru, lecz nie miało wpływu na wydatek cukru. Nie stwierdzono też zróżnicowania w/w parametrów pod wpływem warunków wodnych lub interakcji czynników doświadczenia. Według klasyfikacji jakościowej (Anonim, 1995) wartość strat przerobowych poniżej 2,0% to wynik bardzo dobry, od 2,01% do 2,40% dobry, a 2,41% do 2,90% dostateczny. Dopiero poniżej tego ostatniego przedziału można mówić o nadmiernych stratach przerobowych. Opierając się na podanych wartościach można stwierdzić, że uzyskany w doświadczeniu surowiec był bardzo dobrej jakości. Wielkość plonów cukru białego zależała od nawożenia potasem oraz warunków wodnych (tab. 2). Nie zaobserwowano jednak istotnego wpływu interakcji tych czynników. Nawożenie potasem pozwalało uzyskać znaczący, bo aż o 21% większy plon cukru. Z kolei w porównaniu do kontroli, obiektu z naturalnymi warunkami wodnymi, symulowane susze, zmniejszały plon cukru, natomiast nawadnianie powodowało jego istotny wzrost. Należy jednocześnie zaznaczyć, że wartość plonu cukru ulegała znacznym wahaniom w poszczególnych latach, co sugeruje duży wpływ warunków pogodowych. Według Hillsa i wsp. (1990) buraki cukrowe reagują spadkiem plonów cukru dopiero przy deficycie wodnym przekraczającym 60% zasobów wody dostępnej w strefie ukorzenienia (0–90 cm). Jak wynika z analizy szeregu opracowań dotyczących optymalnej dawki wody do nawadniania buraków, roślina reaguje na dawki wody ilościowo zbliżone do wartości ewapotranspiracji. Tylko w takich warunkach zaopatrzenia roślin w wodę można uzyskać maksymalne plony cukru (Winter, 1988). W badaniach własnych sezonem wegetacyjnym

najbardziej zbliżonym do tych warunków okazał się rok 2000, w którym średni plon cukru wyniósł około $8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a maksymalny osiągnął $11 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

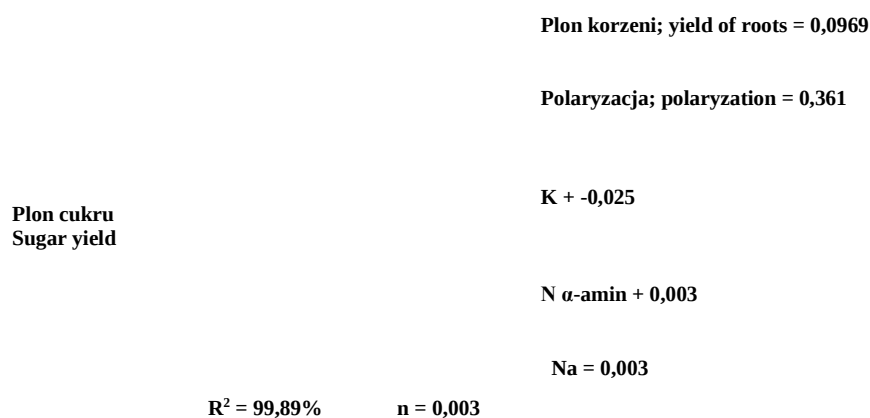
Tabela 2

Parametry jakościowe korzeni buraków cukrowych
Quality parameters of sugar beets

Obiekty ¹ Treatments	Współczynnik alkaliczności Alcalinity coefficient	Straty przerobowe Sugar losses	Wydatek Recoverable sugar	Plon cukru Sugar yield
		%	%	$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$
K+	4,24	2,03	14,83	7,99
K-	3,64	1,98	14,81	6,60
NIR _{0,05}	0,357	0,0356	—	0,429
LSD _{0,05}				
I	4,05	2,00	14,86	8,78
D ₁	3,89	2,00	14,78	6,40
D ₂	3,78	1,98	14,79	6,26
C	4,03	2,03	14,86	7,74
NIR _{0,05}	—	—	—	0,428
LSD _{0,05}				

¹I — obiekt nawadniany; irrigated treatment; D₁ — symulowana susza w lipcu; drought imposed in July; D₂ — symulowana susza w sierpniu, drought imposed in August; C — naturalne warunki wodne, natural water conditions; K +, K - — obiekty nawożone (+) potasem / obiekty nienawożone (-) potasem ; main plots fertilized (+) or not fertilized (-) with potassium

Na rysunku 2 przedstawiono zależność plonu cukru od wybranych parametrów. Z analizy wynika, że o plonie cukru decydował głównie plon korzeni, a w dalszej dopiero kolejności polaryzacja. Melasotwory odgrywały wyraźnie mniejszą rolę.



Rys. 2. Diagram ścieżki: zależność plonu cukru od plonu korzeni i cech jakościowych buraków cukrowych

Fig. 2. Path diagram: dependence of sugar yield on yield of roots and qualitative properties of sugar beets

DYSKUSJA

W przeprowadzonym doświadczeniu jakość uzyskanych korzeni była bardzo dobra a zastosowane nawożenie potasowe, pomimo podwyższenia zawartości K, nie spowodowało pogorszenia wartości surowca. Wzrost zawartości potasu w soku nie zawsze oznacza spadek polaryzacji i wydatku cukru. Rośliny dobrze zaopatrzone w potas zwiększają z reguły plon korzeni, polaryzację, a jednocześnie zmniejszają zawartość azotu α -aminowego (Bürcky, 1978; Anonim, 1983; Beiß, 1982; Prado, 1993). Orlovius (1993) w doświadczeniach prowadzonych z dawkami potasu wzrastającymi do 360 kg K₂O/ha przy klasie zasobności gleby w potas wysokiej i bardzo wysokiej, uzyskał wzrost wydatku cukru od 0,5 do 1,0%. Według wielu autorów to nie potas, lecz nadmiar azotu stanowi główny czynnik pogarszający wydatek cukru (Gutmański, 1991; Prado, 1993; Sturm 1994). Odnotowana w doświadczeniu własnym dodatnia korelacja pomiędzy polaryzacją, a zawartością azotu α -aminowego (przy niskich zawartościach azotu w korzeniach) świadczy o braku przenawożenia buraków azotem. Przeprowadzona analiza ścieżki wykazała, że o plonie cukru decydował głównie plon korzeni, a dopiero w dalszej kolejności polaryzacja. Melasotwory odgrywały, więc mniejszą rolę. Prowadzi to do wniosku, że o różnicach w plonie cukru przede wszystkim decydowały różnice w plonach korzeni. Nawożenie potasem zwiększało końcowy plon korzeni, średnio o 24% w porównaniu do roślin nienawożonych tym składnikiem. Orlovius (1993) uzyskał istotny przyrost plonu korzeni spowodowany nawożeniem nawet na stanowiskach zasobnych w potas. Natomiast Kapura (1995) wykazał, że reakcja plonu buraka na nawożenie potasem w warunkach niedoborów wody jest obserwowana jedynie przy zasobności gleby nieprzekraczającej poziomu średniego.

WNIOSKI

1. Można postawić tezę, że burak cukrowy okazał się rośliną bardzo wrażliwą na nawożenie potasem i reagował wzrostem plonu cukru nawet na stanowiskach zasobnych w ten składnik, bez pogorszenia parametrów jakościowych surowca.
2. Symulowana susza, niezależnie od terminu, w jakim wystąpiła powodowała zmniejszenie plonu cukru. Wyeliminowanie stresu wodnego, jako czynnika ograniczającego plon cukru buraków cukrowych wymaga jednak połączenia z optymalizacją nawożenia.

LITERATURA

- Anonim. 1995. Ein starkes Stueck: Qualitaet von KWS. KWS, Einbeck.
- Beiß U. 1982. Kalium — Hauptnährstoff und qualitätsbestimmender Inhaltsstoff der Rübe. Die Zuckerrübe, 31, 2: 79 — 83.
- Bürcky K., Beiß U., Winner L., Drath L., Schiweck H. 1978. Versuche zur Bedeutung des Nährstoffsangebotes für die Qualität der Zuckerrübe. II. Stickstoff und Kalium. Zuckerind. 103, 3: 190 — 199.
- Gutmański I. (red.). 1991. Produkcja buraka cukrowego. PWR i L, Poznań.
- Hills F. J., Winter S. R., Henderson D. W. 1990. Sugarbeet. In: Irrigation of Agricultural Crops — Agronomy Monograph no. 30: 795 — 810.

- Kapur M. L. 1995. Response of sugar beet grown in subtropical India to potassium fertilization. Potash Review IPI Basel.
- Konys L., Wiśniewski P. 1991. Analiza ścieżkowa w układach przyczynowo-skutkowych. Roczniki AR w Poznaniu CLIII: 37 — 45.
- Malec J. 2002. Stan obecny i perspektywy uprawy buraków cukrowych w Polsce w perspektywie przystąpienia do Unii Europejskiej. Nowoczesna uprawa buraków cukrowych Wydawnictwa AR Poznań: 9 — 13.
- Musolf R., Grzebisz W., Szczepaniak W. 2005. Wpływ nawożenia potasem na tle zróżnicowanych warunków wodnych na plon i jakość korzeni buraka cukrowego (*Beta vulgaris* L.). Część I. Reakcja plonotwórcza. Biul. IHAR 234: 107 — 114.
- Orlovius K. 1993. Einfluss unterschiedlicher K-Düngung und K-Bodenversorgung auf die Qualität von Zuckerrüben. Kongressband 1993, VDLUFA-Schriftenreihe 37: 107 — 110.
- Prado M. T., Guadalix M. C. 1993. Effect of nitrogen and potassium fertilization on the yield, sucrose percentage and juice purity of sugar beet. Potash Review IPI Basel.
- Rother B. 1998. Die technische Qualität der Zuckerrüben unter dem Einfluß verschiedener Anbaufaktoren, 1. Auf.-Göttingen: Cuvillier Verlag: 15 — 45.
- Sturm H., Buchner A., Zerulla W. 1994. Gezielter düngen. DLG Verlag, Frankfurt (Main).
- Winter S. R. 1988. Influence of seasonal irrigation amount on sugar beet yield and quality. J. Sugar Beet Res., 25: 1 — 10.

RADOSŁAW MUSOLF
WITOLD GRZEBISZ
WITOLD SZCZEPANIAK
MAGDALENA CHOJNACKA

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu

Wpływ nawożenia potasem na tle zróżnicowanych warunków wodnych na plon i jakość korzeni buraka cukrowego (*Beta vulgaris* L.) Część III. Odżywienie roślin potasem i azotem

**Effect of potassium fertilization under diversified water conditions on yield
and quality of sugar beets (*Beta vulgaris* L.)
Part III. Plant nutrition with potassium and nitrogen**

Jednym z podstawowych warunków produkcji buraków cukrowych jest optymalizacja odżywienia. Ocenę odżywienia plantacji powinno się prowadzić we wczesnych fazach rozwoju roślin. Uzyskane wyniki wykazały, że w okresie od fazy 4–6 liścia do początku lipca, rośliny buraka nienawożone potasem produkowały mniejszą masę, zarówno liści, jak i korzeni. Główną przyczyną tego stanu była mniejsza zawartość i pobranie azotu oraz potasu. Dane te mogłyby mieć potencjalną wartość diagnostyczną celem prognozowania plonu korzeni, pod warunkiem, że w okresie letniej wegetacji wystąpią optymalne warunki wodne. W omawianym doświadczeniu warunki takie panowały na obiekcie nawadnianym.

Słowa kluczowe: azot, burak cukrowy, potas, prognoza plonu korzeni, wczesne fazy wzrostu

Optimization of plant nutrition is one of main requirements in sugar beet production. The evaluation of nutritional status should be conducted at early stages of plant growth. The obtained results showed that in the period from the 4–6 leaves stage to the beginning of July, sugar beet plants non-fertilized with potassium produced lower biomass of both leaves and taproots. The main cause of this state was low content and uptake of both potassium and nitrogen. The data could be of diagnostic importance for yield prognosis of sugar beet taproots, provided that water conditions during summer vegetation were optimal. In the described experiment, such conditions occurred on the irrigated plots.

Key words: early phases of growth, nitrogen, potassium, sugar beet, taproots yield prognosis

WSTĘP

Jak dotąd w doradztwie rolniczym w ocenie stanu odżywienia buraka cukrowego korzysta się zakresów granicznych opracowanych przez Bergmanna (1992). Przydatność diagnostyczna tych tabel jest nieco problematyczna, gdyż termin pomiaru przypada na przełom lipca i sierpnia, czyli na okres pełnej wegetacji buraka cukrowego (Szczepaniak i Potarzycki, 2003; Wojciechowski i in., 2002). Jest to okres, w którym ocena ma charakter *ex post*, bez możliwości przeprowadzenia jakiegokolwiek korekty stanu odżywienia. Z drugiej strony znaczny postęp hodowlany doprowadził do pojawienia się odmian o dużej dynamice wzrostu początkowego, ukierunkowanych na jakość, a nie tylko plon korzeni (Buchholz i in., 1995).

Celem przeprowadzonych badań była prognoza plonu korzeni i liści w oparciu o analizę zawartości azotu i potasu, oraz ich wzajemnych relacji w roślinach buraka cukrowego w fazie 6- liścia oraz na początku lipca.

MATERIAŁY I METODY

Schemat i czynniki doświadczalne przedstawiono w pierwszej części opracowania (Musolf i in., 2005). Ocenie stanu odżywienia roślin buraka cukrowego potasem i azotem poddano materiał zebrany w dwóch fazach rozwojowych rośliny: (i) na początku tworzenia rozety liściowej (ii) na początku lipca. W liściach i korzeniach oznaczano zawartość: N ogólnego — metodą Kjeldahla; potasu po uprzedniej mineralizacji na sucho i rozcieńczeniu w roztworze wody królewskiej, metodą foto-płomieniową.

Ocenę statystyczną zawartości pierwiastków w ogonkach liściowych przeprowadzono metodą analizy wariancji. Do obliczeń użyto programu komputerowego STATPAKU® autorstwa dr P. Toboły (AR Poznań) oraz Arkusz Kalkulacyjny Excel® ver. 97 firmy Microsoft. Analizę korelacyjną zależności plonu korzeni i liści od zawartości pierwiastków wykonano za pomocą analizy regresji prostoliniowej.

WYNIKI I DYSKUSJA

Fazę rozwoju roślin buraka cukrowego od wschodów po wykształcenie rozety liściowej uznaje się za krytyczną dla końcowego plonu korzeni (Boiffin i in., 1992). W fazie 4–6 liści buraka cukrowego, zawartość azotu w liściach wahała się w dość wąskim przedziale, wynosząc średnio 4,15% dla roślin nawożonych potasem i 3,62% dla nienawożonych. Zawartość potasu wykazała większe zróżnicowanie między obiektami, wynosząc średnio, odpowiednio 6,09% i 4,69%. Wartość indeksu N/K mieściła się w przedziale 0,68–0,77 (tab. 1). Analiza zależności korelacyjnych plonu korzeni od zawartości obu pierwiastków w liściach wykazała, spośród 4 wariantów wodnych, udowodnione prawidłowości tylko dla wariantu nawadnianego. Zawartość azotu wykazała nieco większą przydatność diagnostyczną, niż potasu, czy też stosunek obu składników. Jak wynika z otrzymanych równań regresji, prognozowane plony korzeni wzrastały aż do zawartości azotu wynoszącej 4,4%, a potasu — 6,8%. Wartości te potwierdziła relacja plonu korzeni

względem stosunku N/K. Dla relacji obu składników węższej, jak 0,65: 1,0 odnotowano spadek plonu korzeni.

$$PK = -24,985N^2 + 219,25N - 410,76$$

$$R^2 = 0,83$$

$$n = 6$$

$$PK = -3,0296K^2 + 41,277K - 70,7$$

$$R^2 = 0,77$$

$$n = 6$$

$$PK = -64,102N/K + 106,19$$

$$R^2 = 0,53$$

$$n = 6$$

gdzie:

PK — plon korzeni, t·ha⁻¹

N, K — zawartość azotu, potas w liściach, %

N/K — iloraz zawartości azotu i potasu w liściach.

Tabela 1

Biomasa i zawartość azotu i potasu w liściach buraka cukrowego, faza 6- liścia
Biomass and content of nitrogen and potassium in sugar beet leaves, the 6th leaf growth stage

Lata badań Years of study	Wariant K K treatments ¹	Biomasa biomass g·m ⁻²	N %	K %	N/K %
1998	K+	13,4	3,72	4,45	0,83
	K-	8,6	3,45	4,32	0,79
1999	K+	23,7	4,82	7,99	0,60
	K-	13,1	3,56	4,63	0,76
2000	K+	32,4	3,91	5,82	0,67
	K-	16,0	3,84	5,11	0,75
Średnia Mean	K+	23,2	4,15	6,09	0,68
	K-	12,6	3,62	4,69	0,77

¹ K +, K - — Obiekty nawożone (+) potasem / Obiekty nienawożone (-) potasem; Main plots fertilized (+) or not fertilized (-) with potassium

Otrzymane powyżej zależności, aczkolwiek oparte na niewielkiej liczbie danych, potwierdzają hipotezę Marschnera i wsp. (1996), według której tylko rośliny odpowiednio odżywione potasem pobierają dostateczną ilość azotu, którą następnie przetwarzają w biomasę. Diagnostyczna przydatność wyników dotyczących zawartości N i K wymaga jednak spełnienia podstawowego warunku, jakim są optymalne warunki wodne w okresie letniej wegetacji roślin buraka cukrowego.

W drugim terminie pobierania próbek roślinnych, na początku lipca, nawożenie potasem, niezależnie od lat, istotnie różnicowało plon suchej masy, zarówno korzeni, jak i liści buraka cukrowego. Rośliny nawożone potasem, w porównaniu do obiektu nienawożonego (kontroli potasowej), w tej fazie wyprodukowały większą masę korzeni, ponad 2,4-krotnie, a liści ponad 2-krotnie. Jednocześnie stosunek masy liści do masy korzeni, pomimo że zmienny w latach, był znacznie węższy na obiekcie z potasem (tab. 2).

W tym terminie obserwacji, zawartość azotu i potasu w liściach kształtowała się na poziomie średnio 2-krotnie wyższym, niż w korzeniach. Zarówno w liściach, jak i korzeniach odnotowano wyższe zawartości obu pierwiastków w roślinach z obiektu nawożonego potasem. Zawartość potasu w liściach roślin wynosiła 6,80% na obiekcie nawożonym potasem i 5,20% na obiekcie nienawożonym. Zawartość azotu, średnio wynosiła, odpowiednio 4,03% i 3,10%.

Tabela 2

Biomasa roślin buraka cukrowego na początku lipca, g·m⁻² s.m.
Biomass dry matter of sugar beet plants at the beginning of July, g·m⁻²

Obiekty ¹ Treatments	1998	1999	2000	Średnia Mean
	korzenie taproots			
K+	42,48	49,81	84,32	58,87
K-	23,02	19,32	33,28	25,21
NIR _{0,05}	—	—	—	11,594
LSD _{0,05}				
	liście leaves			
K+	210,44	158,86	122,05	163,78
K-	118,31	67,49	59,26	81,69
NIR _{0,05}	—	—	—	28,347
LSD _{0,05}				

¹ K +, K - — Obiekty nawożone (+) potasem / Obiekty nienawożone (-) potasem; Main plots fertilized (+) or not fertilized (-) with potassium

W korzeniach zawartości te przedstawiały się odpowiednio, jak 3,09% i 2,00% dla potasu oraz 1,97% i 1,50% dla azotu. Stosunek N/K średnio mieścił się w przedziale 0,64–0,76 dla korzeni i 0,59–0,60 dla liści (tab. 3 i 4).

Analiza korelacyjna zależności plonu korzeni od zawartości azotu i potasu w liściach, wykazała udowodnioną relację tylko dla azotu oraz dodatni trend dla potasu:

$$PK = 21,348N + 21,77 \quad R^2 = 0,52 \quad n = 6, \quad P \leq 0,05$$

$$PK = 8,61K + 36,98 \quad R^2 = 0,49 \quad n = 6, \quad P \leq 0,10$$

gdzie:

PK — plon korzeni, t·ha⁻¹

N, K — zawartość azotu, potas w liściach, %.

Tabela 3

Zawartość azotu i potasu w korzeniach
Content of potassium and nitrogen in taproots

Rok badań Study year	Wariant K K treatment	N %	K %	N/K
1998	K+	1,99	3,11	0,64
	K-	1,53	2,21	0,69
1999	K+	2,03	3,17	0,64
	K-	1,54	1,98	0,78
2000	K+	1,88	2,99	0,63
	K-	1,46	1,80	0,81
Średnia Mean	K+	1,97	3,09	0,64
	K-	1,51	2,00	0,76

¹ K +, K - — obiekty nawożony (+) potasem/nienawożone (-) potasem ; main plots fertilized (+) or not fertilized (-) with potassium

Według Bergmanna (1992) na przełomie czerwca i lipca zawartość azotu i potasu w pełni rozwiniętych liściach buraka cukrowego powinna kształtować się w przedziale 4,0%–6,0% dla N i 3,8%–7,0% dla K. W konsekwencji wartości stosunku N/K powinny przyjmować wartości poniżej 1,0. Z zamieszczonych w tabelach danych wynika, że

uzyskane w badaniach własnych wartości mieszczą się w przedziałach podanych przez Bergmanna (1992), z wyjątkiem wartości dla azotu w liściach na obiekcie nie nawożonym potasem, dla którego zanotowano wartości niższe (wartości uzyskane na poletkach nawożonych przekraczają tę granicę tylko nieznacznie, co może świadczyć o niedożywieniu tym składnikiem.

Tabela 4

Zawartość azotu i potasu w liściach
Contents of nitrogen and potassium in leaves

Rok badań Study year	Wariant K K treatment	N %	K %	N/K
1998	K+	3,98	6,22	0,64
	K-	3,09	5,36	0,58
1999	K+	4,21	7,52	0,56
	K-	2,99	4,11	0,73
2000	K+	3,91	6,65	0,59
	K-	3,21	6,12	0,52
Średnia	K+	4,03	6,80	0,59
Mean	K-	3,10	5,20	0,60

¹K +, K - — Obiekty nawożone (+) potasem / Obiekty nienawożone (-) potasem; Main plots fertilized (+) or not fertilized (-) with potassium

Jednakże, według wartości standardowych opracowanych przez IHAR (1978–1982, za Gutmańskim, 1991), średnie dla tej fazy wynoszą 1,63% N w korzeniach i 3,63% N w liściach, a dla potasu odpowiednio 3,03% i 7,64%. Wyniki własne w porównaniu do podanych w opracowaniu Gutmańskiego (1991) są zbliżone na obiektach nawożonych potasem, lecz niższe w przypadku potasu na obiektach nienawożonych tym składnikiem.

WNIOSKI

1. Spadek biomasy roślin buraka cukrowego w początkowych fazach wzrostu był następstwem niedożywienia roślin azotem i potasem.
2. Stan niedożywienia roślin obserwowany w fazie 6- liścia trwał, aż do pełni rozwoju roślin buraka cukrowego.
3. Niedożywienie roślin buraka cukrowego potasem i azotem w początkowych fazach wzrostu prowadzi do zmniejszenia się plonu korzeni.
4. Zawartość azotu i potasu w liściach roślin buraka cukrowego w fazie 6- liścia może być użytecznym w praktyce wskaźnikiem oceny końcowego plonu korzeni, lecz tylko w warunkach optymalnego zaopatrzenia roślin w wodę, w okresie letniej wegetacji.

LITERATURA

- Bergmann W. 1992. Nutritional disorders of plants. Gustav. Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, New York: 117 — 131.
- Boiffin J., Durr C., Fleury A., Marin-Lafleche A., Maillet I. 1992. Analysis of the variability of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) growth during the early stages. I. Influence of various conditions on crop establishment. *Agronomie* 12: 515 — 525.

- Buchholz K., Märländer B., Puke, H., Glatkowski H., Thielecke K. 1995. Neubewertung des technischen Wertes von Zuckerrüben. Zuckernd. 120, 2: 113 — 121.
- Gutmański I. 1991. Produkcja buraka cukrowego. PWR i L Poznań.
- 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.
- Musolf R., Grzebisz W., Szczepaniak W. 2005. Wpływ nawożenia potasem na tle zróżnicowanych warunków wodnych na plon i jakość korzeni buraka cukrowego (*Beta vulgaris* L.). Część I. Reakcja plonotwórcza. Biul. IHAR 234: 107 — 114.
- Szczepaniak W., Potarzycki J. 2003. Sugar beet response to nitrogenous fertilizers against the background of potassium-sodium-magnesium fertilization. Part I. An assessment of plants nutritional status. In: Chemistry for Agriculture (ed. Górecki H., Dobrzański Z., Kafarski P.), vol. 4, 321 — 328.
- Wojciechowski A., Szczepaniak W., Grzebisz W. 2002. Wpływ nawożenia potasem na plony i jakość technologiczna buraka cukrowego. Część II. Ocena stanu odżywienia. Biul. IHAR, 222: 65 — 77.

WITOLD GRZEBISZ ¹
RADOSŁAW MUSOLF ¹
WITOLD SZCZEPANIAK ¹
JACEK DROŹDŹ ²

¹Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu

²Katedra Ekonomiki Gospodarki Żywnościowej, Akademia Rolnicza w Poznaniu

Wpływ nawożenia potasem na tle zróżnicowanych warunków wodnych na plon i jakość korzeni buraka cukrowego (*Beta vulgaris* L.) Część IV. Ocena efektywności agronomicznej i ekonomicznej

**Effect of potassium fertilization under diversified water conditions on yield
and quality of sugar beets (*Beta vulgaris* L.)
Part IV. An assessment of agronomic and economic efficiency**

Czynniki naturalne jak opady, odgrywają podstawową rolę w produkcji buraków cukrowych. Celem tej części badań była ocena efektywności agronomicznej i ekonomicznej głównego czynnika doświadczalnego, dawki potasu oraz symulacji warunków wodnych. Doświadczalnie ustalone sumy wody docierające do powierzchni plantacji buraków cukrowych oraz ich rozkład w okresie wegetacji rośliny, wywarły istotny wpływ na plony buraków cukrowych. Wieloletnia średnia suma opadów w okresie wegetacji oraz produktywność 1 mm wody, w roku 1999, wyjaśniają aż w 97% zmienność uzyskanych plonów korzeni. Warunki wodne definiowały też wielkość dochodu brutto i nadwyżki bezpośredniej. Nawożenie potasem wykazało zmienność sezonową. Większy efekt agronomiczny i ekonomiczny uzyskano w latach o optymalnym rozkładzie opadów, niż w roku suchym.

Słowa kluczowe: buraki cukrowe, nadwyżka bezpośrednia, produktywność potasu, produktywność wody

Precipitation is a basic natural factor in sugar beet production. The objective of the study was to assess agronomic and economic efficiency of applied potassium under diversified (simulated) water conditions. Experimentally established total sums of water reaching surface of plant's canopy and their distribution during vegetation, exerted a significant effect on yield of beet plants. The average, over years, total sum of water, and productivity of 1 mm of the supplied water in 1999, explained in 97% the variability of sugar beet yields. As a result, the obtained values of gross revenue and net return were

determined by the water conditions. Effect of potassium application on all the studied agronomic and economic parameters showed year to year variability. Effects of potassium application were higher in the years with optimal water condition, than in the dry year.

Key words: net return, sugar beet, potassium specific productivity, water specific productivity

WSTĘP

Większość opracowań dotyczących reakcji buraka cukrowego na czynniki agrotechniczne rozpoczyna się od omówienia układu warunków pogodowych, jako głównego czynnika plonotwórczego. Dotyczy to zarówno regionów o dużych sumach opadów, jak i obszarów o mniej korzystnym rozkładzie opadów, przykładowo, Wielka Brytania (Freclتون i in., 1999), Irlandia (Herlichy, 1992), czy też Polska (Rudnicki i in., 1997).

Pojawia się, więc pytanie o środki, konieczne do sezonowej stabilizacji plonów, które należy zainwestować, aby produkcja buraków była bezpieczna ekonomicznie, zarówno dla producenta korzeni, jak i przetwórcy, czyli cukrowni. Zakres zadań, koniecznych do rozwiązania, jest bardzo szeroki i obejmuje:

- nawadnianie,
- optymalizację warunków wzrostu roślin, głównie drogą zrównoważonego nawożenia (Borówczak, 2002; Grzebisz i in., 2002).

Celem tej części badań była ocena efektywności agronomicznej i ekonomicznej nawożenia potasem na tle zróżnicowanych warunków wodnych.

MATERIAŁ I METODY

Schemat i warunki prowadzenia doświadczenia przedstawiono w części I niniejszego opracowania (Musolf i in., 2005). Do oceny produktywności agronomicznej potasu zastosowano następujący algorytm:

$$EA_{\text{brutto}} = \text{plon użytkowy (korzenie)} / \text{dawka } K_2O \text{ w nawozie}$$

Efektywność agronomiczna brutto określa tylko ogólny kierunek działania testowanych systemów nawożenia, lecz nie pozwala wyciągnąć wniosków o rzeczywistej produktywności jednostki zastosowanego składnika. Takiej informacji dostarcza parametr zwany efektywnością agronomiczną netto, który wyliczono z algorytmu:

$$EA_{\text{netto}} = (\text{plon } P_i - \text{plon } P_k) / \text{dawka składnika}$$

gdzie:

- i — testowany wariant nawozowy;
- k — obiekt kontrolny.

Do oceny ekonomicznej działania testowanych czynników zastosowano metodę nadwyżki bezpośredniej, która umożliwia porównanie systemów nawożenia (Kucińska i in., 2002). Analiza ekonomiczna objęła wszystkie warianty doświadczeń wraz z powtórzeniami. Dane dotyczące kosztów pracy maszyn, cen środków ochrony roślin oraz materiału siewnego pozyskano z Cukrowni Kościan S.A, a także z okolicznych punktów wykonujących usługi rolnicze. Ceny nawozów stanowią średnią cenę z trzech punktów sprzedaży na terenie Wielkopolski.

Ocenę statystyczną uzyskanych wyników przeprowadzono metodą analizy wariancji i regresji prostej. Do obliczeń użyto programu komputerowego STATPAKU[®] autorstwa dr. P. Toboły (AR Poznań) oraz Arkusz Kalkulacyjny Excel[®] ver. 97 firmy Microsoft.

WYNIKI I DYSKUSJA

Testowane czynniki doświadczalne, a więc nawożenie potasem i warunki wodne, istotnie kształtowały plony buraków cukrowych (tab. 1). Nie stwierdzono zależności od lat, pomimo że w każdym roku badań zachodziły znaczne różnice w ilości wody docierającej do powierzchni plantacji (tab. 2).

Tabela 1

Plon korzeni buraków cukrowych jako wynik nawożenia potasem na tle zróżnicowanych warunków wodnych, t·ha⁻¹
Yield of taproots of sugar beets as a result of potassium fertilization under diversified water conditions, t·ha⁻¹

Obiekty ¹ Treatments	Lata badań Years of study			Średnia Mean
	1998	1999	2000	
K+	57,86	45,10	59,03	54,00
K-	46,54	37,32	46,76	43,54
NIR _{0,05}	—	—	—	3,719
LSD _{0,05}	—	—	—	—
I	53,80	59,48	63,35	58,87
D ₁	49,37	33,47	42,12	41,65
D ₂	47,30	30,28	50,11	42,56
C	58,32	41,61	56,01	51,98
NIR _{0,05}	—	—	—	4,150
LSD _{0,05}	—	—	—	—

I — Obiekt nawadniany; Irrigated treatment; D₁ — Symulowana susza w lipcu; Drought imposed in July;

D₂ — Symulowana susza w sierpniu, Drought imposed in August; C — Naturalne warunki wodne; Natural water conditions; K +, K - — Obiekty nawożony (+) potasem / Obiekty nienawożone (-) potasem; Main plots fertilized (+) or not (-) Fertilized with potassium

Tabela 2

Łączna ilość wody docierająca do powierzchni plantacji buraka cukrowego, mm
Total amount of water reaching surface of the sugar beet canopy, mm

Obiekty ¹ Treatments	Lata badań years of study			Średnia Mean
	1998	1999	2000	
I	506,3	405,6	403,2	438,4
D ₁	363,1	303,7	229,0	298,6
D ₂	325,2	293,6	251,6	290,1
Suma od IV do IX na poletkach C Sum from IV to IX on C plots	426,3	325,6	323,2	358,4

¹ I — obiekt nawadniany; irrigated treatment; D₁ — symulowana susza w lipcu; drought imposed in July;

D₂ — symulowana susza w sierpniu, drought imposed in August; C — naturalne warunki wodne, natural water conditions;

W ten sposób otrzymano założony efekt doświadczalny działania zmiennych warunków wodnych na plony korzeni buraka cukrowego. Wyniki są interesujące, gdyż w pierwszym

i trzecim roku badań, przy zróżnicowanej sumie opadów, uzyskano plony porównywalne, a w drugim roku badań, z suchym latem, znacznie mniejsze. Według Panek (1993) buraki w Polsce w okresie letniej wegetacji (lipiec, sierpień) wykazują zapotrzebowanie na wodę w ilości 30 mm na dekadę. Oznacza to, że w okresie 6 dekad (lipiec, sierpień) sumaryczny opad powinien wynosić 180 mm. W kolejnych latach badań, to znaczy 1998, 1999, 2000, suma opadów naturalnych wynosiła odpowiednio 92%, 30% i 93% powyższej wartości.

Analiza jednostkowej produktywności wody wykazała duże zróżnicowanie, zarówno w latach, jak i w następstwie działania czynnika wodnego (tab. 3). W kolejnych latach, rozważanych pod względem wzrastającej wielkości plonów, uzyskano następujące szeregi:

1998: $I < C = D_1 < D_2$;

1999: $D_2 < D_1 < C < I$;

2000: $I < C < D_1 < D_2$.

Tabela 3

Jednostkowa produktywność czynników doświadczalnych
Specific productivity of experimental treatments

Obiekty doświadczalne ¹ Experimental treatments	Lata badań Years of study			Średnia Mean
	1998	1999	2000	
produktywność wody — water productivity (mm ⁻¹)				
korzenie — roots				
I	106,3	146,6	157,1	134,3
D ₁	136,0	110,2	183,9	156,2
D ₂	145,4	103,1	199,2	146,7
Produktywność Productivity	136,8	127,8	173,3	145,0
produktywność potasu — potassium productivity (kg·K ₂ O ⁻¹)				
korzenie — roots				
K +				
EA _{brutto}	385,7	300,7	393,5	360,0
EA _{netto}	75,5	51,9	81,8	69,7

¹ I — Obiekt nawadniany; Irrigated treatment; D₁ — Symulowana susza w lipcu; Drought imposed in July; D₂ — Symulowana susza w sierpniu; Drought imposed in August; C — Naturalne warunki wodne; Natural water conditions; K +, K - — Obiekty nawożone (+) potasem / Obiekty nienawożone (-) potasem; Main plots fertilized (+) or not (-) Fertilized with potassium

Największa, jednostkowa produktywność wody w roku 1999, o najmniejszych plonach, dorównała produktywności wody w wariancie D₂ w roku 1998, będąc jednocześnie niższa od najmniejszej wartości w roku 2000 (wariant nawadniany). Uzyskane zależności wykazały większą produktywność wody na obiektach z symulowaną suszą w latach z letnimi opadami, a depresję w roku z letnią suszą. Jak wynika z przeprowadzonej analizy wariancji i regresji prostej, ilość wody dopływająca do powierzchni roślin buraka w sezonie wegetacyjnym, określiła aż w 97% zmienność uzyskanych plonów korzeni. Taki sam efekt diagnostyczny otrzymano dla efektywności jednostkowej wody w roku 1999. Oznacza to, że dla średnich w omawianym okresie, decydująca okazała się jednostkowa produktywność wody w roku suchym, a nie średnia dla tego okresu. Otrzymane prawidłowości przedstawiają poniższe równania:

$$PK = 0,118 Op + 7,935 \quad R^2 = 0,969 \quad n = 4$$

$$PK = -0,821 EA_{ws} + 168,3 \quad R^2 = 0,81 \quad n = 4$$

$$PK = 0,413 EA_{w1999} - 1,548 \quad R^2 = 0,956 \quad n = 4$$

gdzie:

PK — plon korzeni, t·ha⁻¹

Op — suma opadów, mm

EA_{ws}, 1999 — kg korzeni·l mm⁻¹, odpowiednio dla średniej z lat i roku 1999

Agronomiczna efektywność potasu nawozowego, w każdym roku badań, potwierdziła stymulujący wpływ tego pierwiastka na plony korzeni. Porównywalne efekty plonotwórcze otrzymano w latach 1998 i 2000, a zdecydowanie mniejsze w roku 1999.

Koszty, ponoszone w omawianym doświadczeniu, wykazały różnicę tylko w jednym punkcie, kosztach nawozu potasowego. Zatem, podstawowe pytanie sprowadza się do oceny opłacalności nawożenia plantacji buraków cukrowych potasem. Analiza dochodu brutto wykazała niezależne od lat działanie czynnika wodnego i zależne czynnika nawozowego (tab. 4 i 5).

Tabela 4

Dochód brutto uprawy buraka cukrowego jako wynik nawożenia potasem na tle zróżnicowanych warunków wodnych, PLN·ha⁻¹
Gross revenue of sugar beets as the result of potassium application under diversified water conditions, PLN·ha⁻¹

Potas ¹ Potassium	Warianty wodne Water treatments				Średnia Mean
	I	D ₁	D ₂	C	
K +	6605,6	4742,1	4899,0	5857,4	5526,1
K -	5469,4	4168,3	3763,1	4885,1	4751,5
NIR _{0,05}	—				322,87 ²
LSD _{0,05}					
Średnia Mean	6037,5	4455,2	4331,1	5371,2	
NIR _{0,05}	310,53				
LSD _{0,05}					

¹K +, K - — Obiekty nawożone (+) potasem / Obiekty nienawożone (-) potasem; Main plots fertilized (+) or not (-) Fertilized with potassium

Tabela 5

Dochód brutto uprawy buraka cukrowego jako wynik nawożenia potasem, PLN·ha⁻¹
Gross revenue of sugar beets as the result of potassium application, PLN·ha⁻¹

Warianty ¹ Treatments	Lata Years		
	1998	1999	2000
K +	5487,3	4448,7	6642,1
K -	4480,2	3653,2	5581,0
NIR _{0,05}	348,52		
LSD _{0,05}			

¹K +, K - — Obiekty nawożone (+) potasem / Obiekty nienawożone (-) potasem; Main plots fertilized (+) or not (-) Fertilized with potassium

W stosunku do kontroli, czyli obiektu z naturalnymi opadami atmosferycznymi, przyjętymi za 100%, rośliny nawadniane przysporzyły dochód brutto wartości 112,4%, natomiast roślinny poddane symulowanej suszy w lipcu 82,9%, a w sierpniu 80,6%. Nawożenie potasem wykazało działanie zależne od lat, a różnica w działaniu potasu na dochód brutto wyniosła w roku 1998 +1000,7 PLN; 1999 +834,5 PLN, a w roku 2000 +1061,1 PLN. Otrzymane zależności przedstawiają poniższe równania:

$$DB = 102,77 PK + 62,95 \quad R^2 = 0,9869 \quad n = 4$$

$$DB = 113,37 PK - 480,1 \quad R^2 = 0,7775 \quad n = 6$$

Działanie obu czynników doświadczalnych wykazało identyczny wpływ na nadwyżkę bezpośrednią. Jak wynika z poniższych równań, plony korzeni na obiektach z potasem, także zależne od lat, w większym stopniu tłumaczą wartość nadwyżki bezpośredniej na obiektach nawożonych, niż na obiekcie kontrolnym.

$$NB = 106,21 PK - 3107,6 \quad R^2 = 0,7362 \quad n = 6$$

$$NB_K^+ = 125,76 PK - 4318,2 \quad R^2 = 0,787 \quad n = 3$$

$$NB_K^- = 149,66 PK - 4844,5 \quad R^2 = 0,695 \quad n = 3$$

Nawożenie potasem, w stosunku do badania kontrolnego pozwoliło osiągnąć w roku 1998 nadwyżkę bezpośrednią wartości +852,1 PLN; w roku 1999 +640,5 PLN a w roku 2000 +906 PLN. Oznacza to, że w każdym roku, niezależnie od warunków pogodowych zastosowany nawóz potasowy, przynosił dochód, pokrywający koszty zakupu i zastosowania nawozu.

Tabela 6

Nadwyżka bezpośrednia w uprawie buraka cukrowego jako wynik nawożenia potasem na tle zróżnicowania warunków wodnych, PLN·ha⁻¹
Net return of sugar beet cultivation as the result of potassium application under diversified water treatments, PLN·ha⁻¹

Potas Potassium	Warianty wodne Water treatments				Średnia Mean
	I	D ₁	D ₂	C	
K +	3550,6	1687,1	1844,0	2802,4	2471,0
K -	2569,4	1268,3	863,1	1985,0	1671,5
NIR _{0,05}	—				
LSD _{0,05}					
Średnia Mean	3060,0	1477,7	1353,6	2393,7	322,87 ²
NIR _{0,05}	310,53				
LSD _{0,05}					

¹K +, K - — Obiekty nawożone (+) potasem / Obiekty nienawożone (-) potasem; Main plots fertilized (+) or not (-) Fertilized with potassium

Przeprowadzone badania wykazały, a jednocześnie potwierdziły, decydujący wpływ warunków wodnych w okresie wegetacji buraków cukrowych na końcowe plony korzeni. Zatem logicznym rozwiązaniem problemu zaopatrzenia buraków w wodę jest nawadnianie, co potwierdza wiele zagranicznych i polskich opracowań (Hill i in., 1990; Borówczak, 2002). Nawadnianie jest jednakże bardzo kosztochłonnym zabiegiem

agrotechnicznym, dlatego poszukuje się innych, tańszych rozwiązań, przykładowo optymalizując nawożenie (Grzebisz i Barłóg, 2002).

Tabela 7

Nadwyżka bezpośrednia uprawy buraka cukrowego jako wynik nawożenia potasem, PLN·ha⁻¹
Net return of sugar beet cultivation as the result of potassium application, PLN·ha⁻¹

Warianty ¹ Treatments	Lata Years		
	1998	1999	2000
K +	2432,3	1393,7	3587,1
K -	1580,2	753,2	2681,0
NIR _{0,05}	348,52		
LSD _{0,05}			

¹K +, K - — Obiekty nawożone (+) potasem / Obiekty nienawożone (-) potasem; Main plots fertilized (+) or not (-) Fertilized with potassium

Plonotwórcza rola potasu, wynikająca z funkcji, jaką pełni ten pierwiastek w procesach odpowiedzialnych za gospodarkę wodną rośliny i jej metabolizm mineralny, jest nie do przecenienia (Marschner i in., 1996; Grzebisz, 2004). Dodatnią rolę potwierdzają najnowsze wyniki badawcze. Bałróg i wsp. (2001) wykazali, że spośród podstawowych kationów potas w największym stopniu kształtuje plony korzeni. Braunschweig i wsp. (2002) wykazali, w warunkach niemieckich, dodatnią reakcję plonotwórczą buraków na dawkę 300 kg K₂O·ha⁻¹. Autorzy tłumaczą dodatni wpływ nawożenia potasem zarówno postępem biologicznym (nowe, bardziej intensywne odmiany), jak i większą produktywnością gleby nawożonej systematycznie dużymi dawkami potasu. Według Wojciechowskiego i wsp. (2002) optymalizacja nawożenia winna uwzględniać także typ reakcji gleby na nawożenie. W stanowiskach nie reagujących na nawożenie potasem, nadmierne dawki składnika prowadzą do spadku plonów korzeni.

WNIOSKI

1. Doświadczalnie ustalone sumy wody docierającej do powierzchni plantacji buraków cukrowych oraz ich rozkład w okresie wegetacji, istotnie kształtowały plony buraków cukrowych.
2. Zależność czynnika nawozowego od lat potwierdza hierarchiczną dominację czynnika wodnego.
3. Potas, niezależnie od lat, pozwalał uzyskać wartość nadwyżki bezpośredniej, wielokrotnie przekraczającej koszt zastosowanego nawozu.

LITERATURA

- Barłóg P., Lehrke R., Górski D., Paradowski A. 2001. Pobranie potasu, magnezu i sodu przez odmiany buraka cukrowego w zależności od nawozu potasowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 480: 167 — 176.
- Braunschweig L. Ch. 2002. Effect of different K-supply on sugar beet production and soil fertility in a long-term fertilizer experiment. Biul. IHAR 222: 31 — 38.
- Borówczak F. 2002. Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania plonowania buraków cukrowych. W: W. Grzebisz (red.). Nowoczesna uprawa buraków cukrowych. Wyd. AR Poznań: 20 — 28.

- Freckleton R. P., Watkinson A. R., Webb D. J. 1999. Yield in sugar beet in relation to weather and nutrients. *Agric. For. Meteorol.* 93 (1): 39 — 51.
- Grzebisz W., Barłóg P. 2002. Zasady nawożenia. W: W. Grzebisz (ed.) *Nowoczesna uprawa buraków cukrowych*. Wyd. AR Poznań: 62 — 85.
- Grzebisz W. 2004. Potas w produkcji roślinnej. IPI, Bazylea: 88.
- Herlihy M. 1992. Effects of N, P and K on yield and quality of sugar beet. *Irish J. Agric. and Food Res.*, 31: 35 — 49.
- Hills F. J., Winter S. R., Henderson D. W. 1990. Sugarbeet. In: *Irrigation of Agricultural Crops. Agronomy Monograph* 30: 795 — 810.
- Kucińska K., Artyszak A., Ostrowska D. 2002. Wykorzystanie nadwyżki bezpośredniej w ocenie efektywności ekonomicznej uprawy buraka cukrowego. *Biul. IHAR* 222: 49 — 55.
- 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.
- Musolf R., Grzebisz W., Szczepaniak W. 2005. Wpływ nawożenia potasem na tle zróżnicowanych warunków wodnych na plon i jakość korzeni buraka cukrowego (*Beta vulgaris* L.). Część I. Reakcja plonotwórcza. *Biul. IHAR* 234: 107 — 114.
- Rudnicki F., Wasilewski P., Urbanowski St. 1997. Zależność plonu buraka cukrowego od warunków opadowo-termicznych w okresie wegetacji. *Biul. IHAR* 202: 97 — 103.
- Tassell L. W., Yang B., Blalock B. 1996. An economic analysis of alternative nitrogen fertilization methods for sugar beets. *J. Prod. Agric.* 9/3: 390 — 394.
- Wojciechowski A., Szczepaniak W., Grzebisz W. 2002. Wpływ nawożenia potasem na plony i jakość technologiczną buraka cukrowego. Część IV. Ilość potasu przyswajalnego a plony cukru. *Biul. IHAR*, 222: 77 — 82.

ZDZISŁAW CIEĆKO¹**KONRAD GRZEGORZEWSKI**²**ANDRZEJ ŻOŁNOWSKI**¹**TOMASZ NAJMOWICZ**¹¹ Katedra Chemii Środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie² Gospodarstwo Rolne Agrofarm w Jurkowicach k. Malborka

Oddziaływanie nawożenia mineralnego na plonowanie i zawartość cukru w korzeniach oraz zawartość chlorofilu w liściach buraka cukrowego

The influence of mineral fertilization on yielding, sugar content in roots and chlorophyll content in leaves of sugar beet

Przedmiotem badań było określenie wpływu nawożenia mineralnego NPK, Mg i mikroelementami na plonowanie i zawartość sacharozy w korzeniach buraka cukrowego odmiany Khazar. Jednocześnie określono zawartość chlorofilu w liściach buraka. W doświadczeniu uwzględniono trzy poziomy nawożenia NPK. Dodatkowo na tle najwyższej dawki NPK zastosowano magnez oraz mikroelementy (B, Cu, Zn, Mn). Testowana odmiana dodatnio reagowała na zastosowane nawożenie istotnym wzrostem koncentracji chlorofilu B oraz sumy chlorofilu A+B w liściach. W odniesieniu do plonu pozytywną reakcję stwierdzono pod wpływem zastosowanych nawozów NPK. Wnoszone na tle wysokiego nawożenia NPK mikroelementy nie miały większego wpływu na plon korzeni, jak i na zawartość sacharozy.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, chlorofil, mikroelementy, Mg, NPK, plon, sacharoza

The aim of the investigation was evaluation of the influence of mineral NPK, Mg and micronutrients fertilization on chlorophyll concentration in leaves, root yield and saccharose content in the sugar beet variety Khazar. Three levels of NPK were compared in a field trial. Additionally, Mg and micronutrients (B, Cu, Zn, Mn) were applied together with the highest NPK dose. The elevated doses of fertilization increased root yield and content of chlorophyll B as well as the summed concentration of chlorophylls A and B in leaves. The use of micronutrients exerted no significant effect either on root yield or on saccharose content.

Key words: chlorophyll, Mg, micronutrients, NPK, saccharose, sugar beet, yield

WSTĘP

Burak cukrowy (*Beta vulgaris* L.) jest rośliną o bardzo dużych wymaganiach pokarmowych i stosunkowo wysokim potencjale produkcyjnym. Jego wysokie plonowanie wiąże się ze stosowaniem zarówno nawozów mineralnych, jak i organicznych. Obornik jest tym nawozem, który w zasadniczej części pokrywa potrzeby roślin w odniesieniu do mikroelementów. Dostępność tych składników z gleby może być jednak ograniczona nawet w warunkach optymalnej jej zasobności np. w wyniku niewłaściwego odczynu, antagonizmu jonów, czy też niesprzyjającej pogody (Czuba, 1993). W takim układzie, celem uzyskania optymalnych efektów produkcyjnych, uzasadnionym wydaje się stosowanie uzupełniających dawek mikroskładników. Wśród mikroskładników wymienianych jako najważniejsze w uprawie buraka cukrowego są: bor, cynk, miedź i mangan. Bor jest składnikiem wpływającym na procesy podziału i formowania się ścian komórkowych intensywnie rosnących części roślin. Jego niedobór ogranicza pobieranie wapnia, co w konsekwencji przyczynia się do zamierania liści sercowych (Kabata-Pendias i Pendias, 1993). Cynk odpowiedzialny jest za metabolizm węglowodanów, białek i związków fosforowych. Wpływa w ten sposób na przepuszczalność błon komórkowych, proporcje składników na poziomie komórki a także zwiększa odporność roślin na suszę. Miedź pełni bardzo wiele istotnych funkcji w roślinie: bierze udział w procesach fotosyntezy, oddychania, transporcie, reguluje procesy powstawania DNA i RNA. Mangan jest składnikiem odpowiedzialnym za transport elektronów w procesach metabolicznych, bierze udział w przemianach ATP, co jest niezbędne w procesie asymilacji CO₂. Jest składnikiem odpowiedzialnym za budowę wewnętrzną błon chloroplastów (Weiland i in., 1975) Niedobór manganu powoduje znaczne obniżenie ilości chlorofilu i karotenoidów w liściach, co jest silnie dodatnio skorelowane z obniżeniem aktywności fotosyntezy (Henriques, 2003).

Z powyższego wynika, że właściwie dobrane nawożenie mineralne zarówno makro- jak i mikropierwiastkami zapewnia odpowiednie warunki do syntezy chlorofilu i zwiększenia produktywności roślin (Mazur i Rogalski, 1977).

W latach 2002–2003 podjęto badania, które miały na celu ustalenie zależności pomiędzy nawożeniem NPK i Mg w połączeniu z wybranymi mikroelementami, a zawartością chlorofilu w liściach buraka cukrowego oraz wielkością plonu korzeni i zawartością w nich sacharozy.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe, ściśle przeprowadzono w latach 2002 i 2003 na polu Gospodarstwa Rolnego Agrofarm w Jurkowicach koło Malborka. Gleba odpowiadała klasie IIIB. Zawartość form przyswajalnych podstawowych składników pokarmowych wynosiła 0,39g P₂O₅ i 0,49g K₂O·kg⁻¹ gleby. Zawartość magnezu przyswajalnego wynosiła 0,121g Mg·kg⁻¹ gleby. Odczyn gleby (pH) mierzony w H₂O wynosił 6,13, a w KCl 5,33. Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków w czterech powtórzeniach.

Analizowanym czynnikiem doświadczenia było nawożenie mineralne, które obejmowało następujące obiekty:

- bez nawożenia,
- 1NPK ($N_{40}P_{32}K_{48}$ kg·ha⁻¹),
- 2NPK,
- 3NPK,
- 3NPK+Mg,
- 3NPK+Mg+B,
- 3NPK+Mg+B+Cu,
- 3NPK+Mg+B+Cu+Zn,
- 3NPK+Mg+B+Cu+Zn+Mn.

Zastosowany w doświadczeniu magnez wniesiono do gleby w formie siarczanu magnezowego w dawce 32 kg MgO·ha⁻¹, a mikroelementy w następujących dawkach: bor w formie boraksu — 2 kg B·ha⁻¹; Cu — w postaci siarczanu miedzi w ilości 12,5 kg Cu·ha⁻¹; Zn — w siarczanie cynku w ilości odpowiadającej 1,0 kg Zn·ha⁻¹ oraz Mn w formie siarczanu manganu w dawce 10,0 kg Mn·ha⁻¹.

Buraki uprawiano po pszenicy ozimej na oborniku, który stosowano jesienią w dawce 25 t·ha⁻¹. W uprawie przyjęto rozstaw rzędów 45 cm × 17 cm. Teoretyczna obsada roślin wynosiła 130 tys. sztuk·ha⁻¹. Wiosną przed siewem buraka zastosowano nawozy mineralne: superfosfat potrójny 46%, sól potasową 40% oraz ½ dawki azotu w formie mocznika 46%. Pozostałą część azotu stosowano w formie saletry amonowej 34% pogłównie, zgodnie ze schematem doświadczenia. Powierzchnia poletka brutto wynosiła 28 m², a do zbioru 21,6 m². Podczas wegetacji w połowie lipca (na początku formowania się korzenia spichrzowego), pobrano średnie próby liści w celu określenia zawartości chlorofilu, którą oznaczono kolorymetrycznie po ekstrakcji chlorofilu z tkanki liści 80% roztworem acetonu (Kaspenbaur i Hiatt, 1966).

Podczas zbioru buraków określono plon korzeni i liści z każdego poletka i jednocześnie pobrano średnie próby obu tych organów celem przeanalizowania ich składu chemicznego. W niniejszej pracy podano jedynie zawartość sacharozy, którą oznaczono polarymetrycznie wobec chemicznie czystej sacharozy jako wzorca.

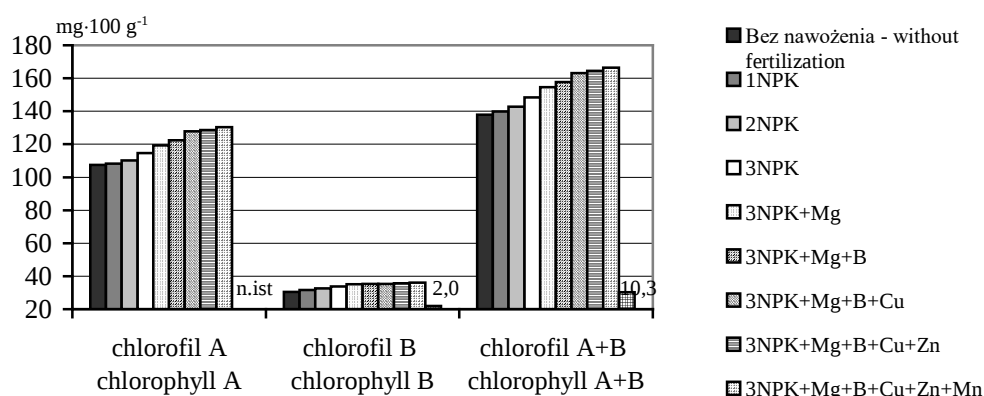
Uzyskane wyniki badań opracowano statystycznie z użyciem testu istotności T-Duncana.

WYNIKI I DYSKUSJA

Czynnikiem, w dużej mierze warunkującym wielkość plonu jest zawartość chlorofilu w liściach — substancji, dzięki której roślina przy współudziale energii słonecznej może produkować asymilaty (Mazur i Rogalski, 1977). Spośród składników nawozowych azot i magnez są w głównej mierze odpowiedzialne za zwiększanie zawartości chlorofilu w częściach asymilacyjnych uprawianych roślin (Karczmarczyk i in., 1993). Zawartość chlorofilu zwiększa się już po 36 godzinach od zastosowania azotu, szczególnie u roślin młodych, szybko rosnących (Potyra, 1972; Panak i Wojnowska, 1977). Z tego względu coraz częstszą metodą określania stopnia zaopatrzenia roślin w azot, jak i częściowo

w potas jest oznaczanie zieloności liści tzw. greenness index. W tym celu wykorzystuje się niewielkie urządzenia — chlorofilometry, które mierzą intensywność zielonego zabarwienia liści wyrażaną zazwyczaj w niemianowanych jednostkach np. SPAD-units. Zielona barwa jest ściśle dodatnio skorelowana z zawartością azotu w glebie i tym samym może świadczyć o stopniu zaopatrzenia roślin w ten składnik. Dla celów diagnostycznych często oznacza się sumę chlorofilu A i B, która może być wykorzystywana w określaniu dawek nawozów. Dodatni wpływ nawozów mineralnych (NPK, Ca i Mg) na zwiększoną syntezę chlorofilu w swoich badaniach wykazali Mazur i Rogalski (1977), Seidler i Mamzer (1994), a także Ma i Dwyer (1999).

W prezentowanym doświadczeniu zastosowane nawożenie mineralne wywierało wyraźny wpływ na zawartość chlorofilu w liściach uprawianej odmiany buraka cukrowego (rys. 1). Średnia zawartość chlorofilu A wynosiła 118,8 a chlorofilu B 34,0 $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ blaszki liściowej. Na tle wzrastających dawek NPK zaznaczyła się tendencja do wzrostu zawartości chlorofilu A. Średnia jego zawartość w obiekcie kontrolnym wynosiła 107,5 mg stwierdzono liniowy, lecz nieudowodniony statystycznie, wzrost ilości chlorofilu A, średnio ze 107,5 mg , a przy najwyższej dawce NPK 114,7 $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ liści. W odniesieniu do chlorofilu B stwierdzono istotny statystycznie wzrost, odpowiednio z 30,5 do 33,7 $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ blaszki liściowej. Zastosowane wzrastające nawożenie NPK również w istotny sposób modyfikowało sumę chlorofilu A i B powodując jej wzrost ze 138,0 $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ w obiekcie nienawożonym do 148,4 mg w obiekcie $\text{N}_{120}\text{P}_{96}\text{K}_{144}$.



Rys. 1. Wpływ nawożenia NPK, Mg i mikroelementami na zawartość chlorofilu w liściach buraka cukrowego

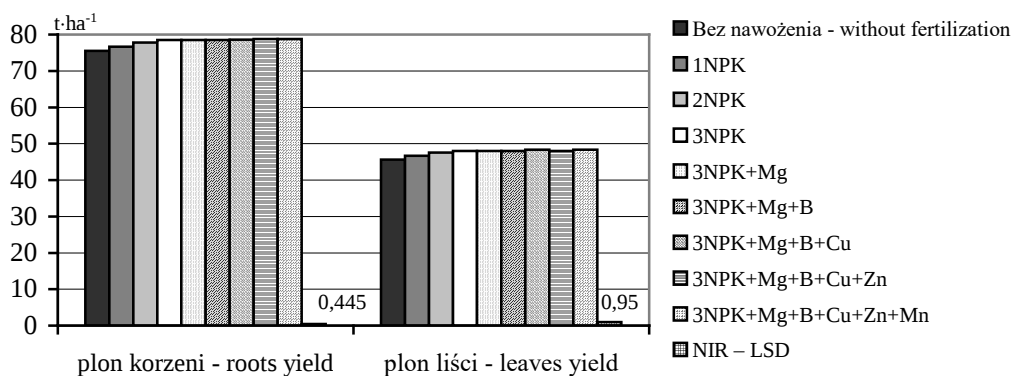
Fig. 1. Influence of NPK, Mg and micronutrients fertilization on the chlorophyll content in leaves of sugar beet

Drugim ze składników mineralnych zwiększającym ilość chlorofilu w liściach jest magnez. Intensyfikuje on procesy fotosyntezy pełniąc w nich kluczową rolę ze względu na centralne miejsce, jakie zajmuje w układzie porfirynowym (Seidler i Mamzer, 1994). Wzrost zawartości chlorofilu w liściach pod wpływem magnezu w swoich badaniach stwierdzili Ciećko i wsp. (2000) stosując ten składnik w uprawie ziemniaka w formie

dolistnej w dawce $20 \text{ kg MgO} \cdot \text{ha}^{-1}$. Jednak po zastosowaniu dawki doglebowej $40 \text{ kg MgO} \cdot \text{ha}^{-1}$ w badaniach autorów nastąpiło obniżenie koncentracji tego barwnika.

W prezentowanych badaniach magnez zastosowany w formie doglebowej na tle wysokiego nawożenia NPK ($\text{N}_{120}\text{P}_{96}\text{K}_{144}$) spowodował wzrost koncentracji obu form chlorofilu — o $4,6 \text{ mg chlorofilu A}$ i $1,5 \text{ mg chlorofilu B} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Pod wpływem mikroprzysadników zastosowanych z makroelementami NPK i Mg zaznaczyła się tendencja do wzrostu ilości chlorofilu w liściach badanej odmiany buraka. Łączne działanie tych przysadników zastosowanych szczególnie w ostatniej kombinacji ($\text{N}_{120}\text{P}_{96}\text{K}_{144} + \text{Mg} + \text{B} + \text{Cu} + \text{Zn} + \text{Mn}$) spowodowało istotny wzrost sumy chlorofilu A+B, który wyniósł $11,9 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ blaszki liściowej.

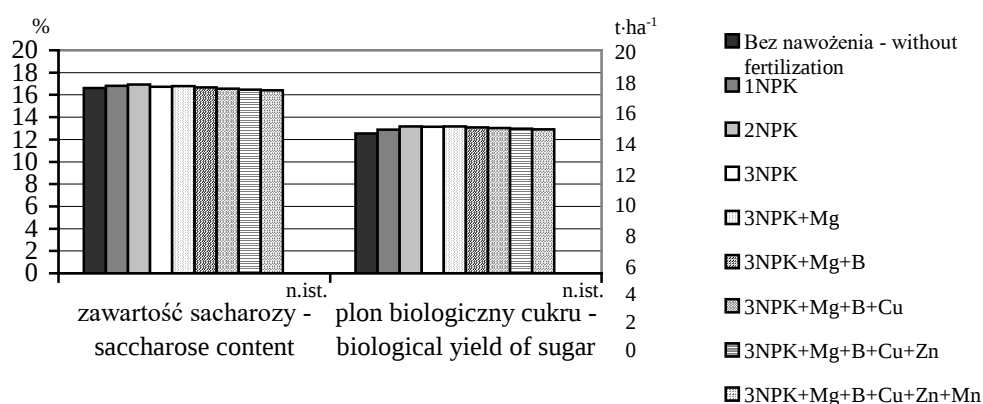
Azot jest podstawowym składnikiem decydującym o rozwoju i plonowaniu roślin. Ma on bezpośredni wpływ na nagromadzenie plonu, przy czym może w niekorzystny sposób oddziaływać na jego jakość. W przypadku buraka cukrowego jest to nadmierne gromadzenie związków melasotwórczych i obniżenie ilości sacharozy w korzeniach (Adamiak i Adamiak, 1996). Zastosowane w doświadczeniu nawożenie mineralne w istotny sposób modyfikowało plon korzeni uprawianej odmiany buraka (rys. 2).



Rys. 2. Wpływ nawożenia NPK, Mg i mikroelementami na plon korzeni i liści buraka cukrowego
Fig. 2. Influence of NPK, Mg and micronutrients fertilization on the roots and leaves yield of sugar beet

Zwyżkę plonu w stosunku do obiektu kontrolnego — bez nawożenia mineralnego stwierdzono w odniesieniu do każdej z zastosowanych dawek NPK, przy czym największy jego przyrost odnotowano po zastosowaniu dawek: $\text{N}_{40}\text{P}_{32}\text{K}_{48}$ i $\text{N}_{80}\text{P}_{64}\text{K}_{96}$ — $1,15 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Efektywność ostatniej dawki — $\text{N}_{120}\text{P}_{96}\text{K}_{144}$ była nieco niższa co skutkowało niższym przyrostem plonu — $0,72 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. W podobnych badaniach Ostrowska i Kucińska (1998) odnotowały wzrost plonu do dawki $94 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, natomiast wyższe dawki azotu powodowały obniżenie zarówno plonu korzeni jak i zawartości w nich sacharozy. Zastosowany w doświadczeniu magnez oraz mikroelementy nie zmieniły w zasadniczy sposób wielkości uzyskanego plonu korzeni, aczkolwiek w literaturze spotyka się doniesienia, na temat istotnej współzależności pomiędzy plonem technologicznym cukru a poziomem zawartości mikroelementów w korzeniach (Prośba-Białczyk i in., 2000). W odniesieniu do plonu liści zastosowane dawki NPK także powodowały jego liniowy

wzrost (rys. 2). Najwyższy przyrost masy nadziemnej uzyskano po zastosowaniu najwyższej dawki NPK, był on o $2,44 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ wyższy niż na obiekcie kontrolnym gdzie kształtował się na poziomie $45,60 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Zastosowane nawożenie magnezem i mikroelementami na tle wysokich dawek NPK nie wpłynęło istotnie na kształtowanie się plonu liści buraka cukrowego. Odmienne wyniki badań uzyskali Chwil i Szewczuk (2003), którzy stosując w uprawie buraka wzrastające nawożenie preparatami zawierającymi mikroelementy, na tle stałego, dogłębowego nawożenia NPK uzyskali wzrost plonu korzeni i liści odpowiednio o 18% i 29% w stosunku do obiektów nienawożonych pogłównie. Wzrastające nawożenie azotem do poziomu $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ według Rozbickiego i Kalinowskiej-Zdun (1993) zapewnia optymalną jakość technologiczną korzeni, a wyższe dawki negatywnie odbijają się na zawartości cukru. W prezentowanym doświadczeniu wzrastające nawożenie NPK i Mg oraz mikroelementami nie modyfikowało w istotny sposób zawartości sacharozy w korzeniach buraka cukrowego oraz biologicznego plonu cukru (rys. 3).



Rys. 3. Wpływ nawożenia NPK, Mg i mikroelementami na zawartość sacharozy i plon biologiczny cukru z korzeni buraka cukrowego

Fig. 3. Influence of NPK, Mg and micronutrients fertilization on the saccharose content and biological yield of sugar from sugar beet roots

Stwierdzono jednak tendencję do wzrostu ilości cukru w korzeniach na poletkach nawożonych dawkami $\text{N}_{40}\text{P}_{32}\text{K}_{48}$ i $\text{N}_{80}\text{P}_{64}\text{K}_{96}$, kiedy to uzyskano zwyżkę plonu cukru w stosunku do kontroli średnio o $0,35$ i $0,64 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Wyższa dawka NPK przyczyniała się zarówno do spadku zawartości jak i plonu cukru. Zastosowane w doświadczeniu mikroelementy w niewielkim stopniu obniżyły zarówno zawartość, jak i plon cukru w korzeniach uprawianej odmiany buraka.

WNIOSKI

1. Zastosowane nawożenie mineralne NPK oraz Mg istotnie zwiększało koncentrację chlorofilu B oraz sumy chlorofilu A+B w liściach buraka cukrowego. Reakcji tej nie stwierdzono w odniesieniu do chlorofilu A.

2. Zastosowane mikroelementy wprowadzane pojedynczo do gleby nie zmieniały w zasadniczy sposób koncentracji chlorofilu, jednak ich sumaryczne działanie istotnie podwyższało ilość tego barwnika w liściach w stosunku do obiektu nawożonego wyłącznie wysoką dawką (3NPK).
3. Zastosowane w doświadczeniu dawki NPK istotnie zwiększyły zarówno plon korzeni jak i liści buraka, przy czym najwyższą efektywność w odniesieniu do plonu korzeni uzyskano po zastosowaniu dawek: $N_{40}P_{32}K_{48}$ i $N_{80}P_{64}K_{96}$.
4. Pod wpływem nawożenia magnezem i mikroelementami stosowanymi na tle wysokiego nawożenia NPK zaznaczyła się tendencja do spadku zawartości sacharozy w korzeniach buraka i tym samym do obniżenia biologicznego plonu cukru.

LITERATURA

- Adamiak J., Adamiak E. 1996. Wpływ różnych form nawożenia organicznego na wysokość i jakość plonu buraka cukrowego. Zesz. Nauk. AR Szczecin. Rol. 62: 3 — 8.
- Chwil S., Szewczuk C. 2003. Wpływ dolistnego dokarmiania buraka cukrowego na jego plon i niektóre cechy jakościowe. Acta Agrophysica 85: 117 — 124.
- Ciećko Z., Wyszowski M., Żołnowski A., Zabielska J. 2000. Wpływ nawożenia NPK, Mg i K na zawartość chlorofilu w liściach ziemniaka. Biul. IHAR 213: 131 — 136.
- Czuba R. 1993. Regeneracyjne nawożenie gleby silnie wyczerpanej ze składników pokarmowych. Roczn. Gleb., XLIV, 1: 57 — 64.
- Henriques F. S. 2003. Gas exchange, chlorophyll *a* fluorescence kinetics and lipid peroxidation of pecan leaves with varying manganese concentrations. Plant Science 165: 239 — 244.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. 1993. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN Warszawa pp. 364.
- Karczmarczyk S., Koszański Z., Podsiadło C. 1993. Przebieg niektórych procesów fizjologicznych oraz plonowanie pszenicy ozimej i pszenżyta pod wpływem deszczowania i nawożenia azotem. Cz. 1. Zawartość chlorofilu i karotenoidów w niektórych organach pszenicy ozimej i pszenżyta. Acta Agrobot. 46: 15 — 30.
- Kaspenbaur M. J., Hiatt A. J. 1966. Photoreversible control of leaf shape and chlorophyll content in *Nicotiana Tabaccum*. Tob. Sci. 10: 29 — 32.
- Ma B. L., Dwyer L. M. 1999. Within plot variability in available soil mineral nitrogen in relation to leave greenness and yield. Communications in Soil Sciences and Plant Analysis. 30, 13–14: 1919 — 1928.
- Mazur T., Rogalski L. 1977. Wpływ nawożenia mineralnego na cechy morfologiczne łodyg i zawartość barwników w liściach ziemniaków. Acta Agrobot. XXX, 1: 71 — 83.
- Ostrowska D., Kucińska K. 1998. Wpływ wzrastającego nawożenia azotem oraz różnych form nawozów organicznych na plon i jakość buraka cukrowego. Roczniki AR Poznań. 52, 1: 274 — 278.
- Panak H., Wojnowska T. 1977. Wpływ intensywnego nawożenia mineralnego pastwiska na zawartość barwników oraz magnezu i wapnia w kupkówce pospolitej. Zesz. Nauk. ART Olszt., Rol. 22: 41 — 51.
- Potyra K. 1972. Próby oceny wpływu nawożenia na zawartość karotenu i chlorofilu w trawach. Roczn. Nauk Rol. B, 94: 123.
- Prośba-Białczyk U., Spiak Z., Mydlarski M. 2000. Wpływ nawożenia na zawartość mikroelementów w buraku cukrowym. Części I–III, Zesz. Nauk. Post. Nauk Rol. 471: 441 — 461.
- 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. Ser. A, t. 110 z. 1–2: 69 — 76.
- Seidler M., Mamzer M. 1994. Wpływ zróżnicowanego nawożenia magnezem na zawartość chlorofilu w liściach, natężenie fotosyntezy oraz wielkość i strukturę plonu kukurydzy. Biul. Magnez. 5: 32 — 35.
- Weiland T., Noble R., Crang R. 1975. Photosynthetic and chloroplast ultrastructural consequences of manganese deficiency in soybean. Am. J. Bot. 62: 501 — 508.

RENATA GAJ¹**DARIUSZ GÓRSKI**²¹ Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu² Instytut Ochrony Roślin w Poznaniu, Terenowa Stacja Doświadczalna w Toruniu

Wpływ kompostu z odpadów miejskich oraz nawożenia azotem na plon i jakość technologiczną buraka cukrowego

Część I. Plon korzeni i jakość technologiczna

Influence of compost produced from municipal solid wastes and of nitrogen fertilization on yields and technological quality of sugar beet

Part I. Yields of roots and technological quality of sugar beet

W latach 2001–2002 przebadano wpływ różnych dawek kompostu oraz zróżnicowanego nawożenia azotem na plon i jakość technologiczną korzeni buraka cukrowego. Przeprowadzono cztery ścisłe doświadczenia polowe w układzie split-plot w trzech powtórzeniach. Ocenie poddano następujące czynniki doświadczalne: (I) dawka kompostu: 0, 10, 20 i 40 t·ha⁻¹, (II) dawka azotu: 0 (kontrola), 90 i 150 kgN·ha⁻¹. Badania prowadzono na glebach należących do klasy bonitacyjnej IIIB i IVb. Uzyskane plony korzeni były wysokie i wahały się w przedziale od 68,7 t·ha⁻¹ do 91,7 t·ha⁻¹. Wpływ czynników doświadczalnych na wielkość plonu był zróżnicowany w zależności od stanowiska oraz roku badań. Zarówno dawki kompostu, jak i dawki azotu nie miały istotnego wpływu na plon korzeni w roku 2001 na glebie lekkiej oraz w roku 2002 na glebie ciężkiej. Zawartość cukru w korzeniach zależała od poziomu nawożenia azotem, natomiast dawki kompostu nie miały większego wpływu ani na wartość tego parametru, ani na zawartość melasotworów w korzeniach. Ponadto syntetyczna analiza wyników z dwóch lat nie wykazała istotnego wpływu czynników doświadczalnych na plon cukru technologicznego.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, kompost z odpadów miejskich, plon

The objective of the study was to assess the effect of different rates of compost and nitrogen on yield and technological quality of sugar beet roots. Four field experiments were carried out in split-plot design in three replications in 2001–2002. The following experimental factors were evaluated: (I) compost rate: 0, 10, 20, 40 t·ha⁻¹, (II) nitrogen rate: 0, 90, 150 kg/ha. Yields of sugar beet roots were high and ranged from 68.7 t·ha⁻¹ to 91.7 t·ha⁻¹. The effect of the experimental factors on yield was dependent on agricultural environment. Compost and nitrogen fertilization did not have significant influence on sugar beet roots in 2001, when experiments were carried out on light textured soil as well as in 2002, when sugar beet was cultivated on heavy textured soil. No significant effects of compost and nitrogen fertilization on technological yield of sugar were found. Sugar content of roots depended

on the level of nitrogen fertilization, whereas compost rates did not influence either this parameter or content of molasses in roots.

Key words: MSW composts, sugar beet, yield

WSTĘP

Nawożenie mineralne i organiczne są głównymi czynnikami determinującymi plonowanie i jakość technologiczną buraka cukrowego. Poza tym burak cukrowy jest rośliną, która w wyniku dużej wydajności pobiera z gleby znaczne ilości składników pokarmowych przyczyniając się w ten sposób do zubożenia stanowiska z substancji organicznej. Dlatego stabilizacja plonów wymaga systematycznego wprowadzania do gleby materii organicznej. Z tej też przyczyny w wielu krajach, w tym w Polsce prowadzi się intensywne badania alternatywnymi źródłami materii organicznej w stosunku do obornika (Burgdorf, 2000; Welte i Szabolcs, 1987; Kordas, 1997; Mazur i Ciećko, 2000). Jednym z rozwiązań jest wykorzystanie kompostu produkowanego z organicznych odpadów miejskich, który jest źródłem substancji organicznej o dużej plonotwórczej i próchnicotwórczej wartości (Mazur i in., 1993). Dodatkowo korzystną stroną stosowania tego rodzaju nawozów jest dodatni wpływ na fizykochemiczne właściwości gleby. Wśród przyczyn niskiego wykorzystania kompostów w rolnictwie, do najważniejszych należą ich niska jakość spowodowana głównie niebezpieczeństwem zawartości znacznych ilości metali ciężkich oraz negatywne nastawienie społeczne odnośnie wykorzystania odpadów do nawożenia roślin (Johanson, Sunnas, 1995).

Ważnym zagadnieniem w warunkach równoczesnego stosowania nawozów organicznych i azotu mineralnego pozostaje kwestia ustalenia optymalnej dawki azotu, która pozwoli uzyskać wysoki plon i jednocześnie nie pogorszy jakości surowca (Ławiński, Grzebisz, 2000; Kopczyński, 1994).

Celem badań było określenie wpływu różnych dawek kompostu produkowanego z organicznych odpadów miejskich na plon i jakość technologiczną korzeni buraka cukrowego na tle zróżnicowanego poziomu nawożenia azotem.

MATERIAŁY I METODY

W latach 2001–2002 przeprowadzono cztery ściśle doświadczenia polowe zlokalizowane w Rolniczym Gospodarstwie Akademii Rolniczej w Brodach. Dwuczynnikowe doświadczenie, założono w układzie zależnym (split-plot) w trzech powtórzeniach. Ocenie poddano następujące czynniki doświadczałne: (1) dawka kompostu: 0, 10, 20 i 40 t/ha, (2) dawka azotu: 0 (kontrola), 90 i 150 kg N/ha. Badania prowadzono na dwóch glebach: (1) gleba brunatna wytworzona z gliny zwałowej należąca do klasy bonitacyjnej IIb (gleba ciężka); (2) gleba wytworzona z piasku słabo gliniastego klasy bonitacyjnej IVb (gleba lekka). Gleby charakteryzowały się odczynem zbliżonym do obojętnego oraz wysokim poziomem zasobności w fosfor i potas. W badaniach wykorzystano kompost produkowany przez Zakład Utylizacji i Odpadów w Gorzowie Wlkp., którego charakterystykę przedstawia (tab. 1).

Tabela 1

Skład chemiczny kompostu stosowanego w doświadczeniu
Chemical composition of compost used in the experiment

Zawartość C i składników (% s.m.) Content of C and nutritive elements (% d.m.)						pH (H ₂ O)
sucha masa — dry matter	N _{ogól.}	C	K	P	Mg	
84,6	0,789	25	0,8	0,3	0,29	7,4

Zbiór korzeni dokonano z powierzchni 10,5m². W korzeniach na auto-analizatorze Venema oznaczono zawartość cukru (polaryzację), azotu α-aminowego, potasu i sodu.

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

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

gdzie:

S — straty (%)

N α-amin., K, Na (mmol·100g⁻¹ miazgi).

W pracy oznaczono także plon cukru technologicznego, który wyliczono według równania:

$$P_{tech.} = \frac{P_k \times (P - S)}{100},$$

$P_{tech.}$ — plon cukru technologicznego t·ha⁻¹

P_k — plon korzeni t·ha⁻¹

P — polaryzacja (%)

S — straty (%).

Warunki pogodowe w obu latach prowadzenia doświadczenia były zbliżone i można je uznać za bardzo dobre. W analizowanych okresach wegetacyjnych stwierdzono korzystny rozkład zarówno opadów jak i temperatury, co wykluczyło powstanie stresu wodnego (suszy).

Otrzymane wyniki badań opracowano statystycznie. Istotność działania czynników oceniono wykorzystując analizę wariancji dla dwuczynnikowego układu split-plot. W celu sprawdzenia istotności interakcji czynników doświadczalnych z latami zastosowano model mieszany analizy wariancji, który zakładał efekt stały dla czynników doświadczalnych oraz efekt losowy dla interakcji czynników z latami (Trętowski, Wójcik, 1988). Istotność różnic między średnimi sprawdzano testem Tukeya na poziomie istotności $p < 0,05$. Dla oszacowania związków przyczynowo-skutkowych między analizowanymi parametrami zastosowano analizę korelacji prostej, analizę regresji wielokrotnej oraz analizę współczynników ścieżek (Konys i Wiśniewski, 1991). Analizę regresji prowadzono do momentu aż wszystkie zmienne w równaniu były istotne dla $p < 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Plon korzeni

Uzyskane w przeprowadzonym doświadczeniu, plony korzeni były wysokie i wahały się w przedziale od 68,3 t·ha⁻¹ do 91,0 t·ha⁻¹. Na kontroli absolutnej, rośliny nienawożone wyprodukowały na glebie lekkiej 77 t·ha⁻¹, natomiast na glebie ciężkiej 86 t·ha⁻¹ (tab. 2).

Tabela 2

		Plon korzeni (t ha⁻¹) Yield of roots (t ha⁻¹)					
Czynnik doświadczalny Experimental factor	Obiekty Treatments	Gleba lekka Light soil			Gleba ciężka Heavy soil		
		2001	2002	średnia mean	2001	2002	średnia mean
Dawka kompostu Compost doses t·ha ⁻¹	0	82,0	86,9	84,5	87,1	85,7	86,4
	10	68,7	85,1	76,9	83,1	88,5	85,8
	20	82,0	81,7	81,8	87,5	85,5	86,5
	40	82,9	72,9	77,9	89,7	76,9	83,3
	NIR _{0,05}	r.n.*	8,78	xx**	r.n.	r.n.	r.n.
	LSD _{0,05}	n.s.			n.s.	n.s.	n.s.
Dawka azotu Nitrogen doses kg·ha ⁻¹	0	80,5	73,3	76,9	82,9	88,6	85,7
	90	75,8	83,4	79,6	91,0	81,1	86,0
	150	80,4	88,3	84,3	86,7	82,8	84,7
	NIR _{0,05}	r.n.			r.n.	r.n.	r.n.
	LSD _{0,05}	n.s.	9,67	xx**	4,35	n.s.	xx**

* r.n. — Różnica nieistotna; n.s. — Not significant difference

** xx — Czynnik doświadczalny zależny od lat; Experimental factor dependent on years

Dla porównania średnie plony w Polsce w 2001 roku wyniosły 42,4 t·ha⁻¹ (Rynek cukru, 2002). Tak wysoki poziom plonów oraz relatywnie niewielki stopień reakcji na zastosowane czynniki doświadczalne wskazuje na optymalne warunki żywieniowe roślin w całym okresie wegetacji. Otrzymane plony świadczą także o wysokiej, naturalnej żyzności gleby. Wpływ czynników doświadczalnych na wielkość plonu był zróżnicowany w latach, wskazuje na to istotność interakcji czynników doświadczalnych z latami. Szczegółowa ocena działania czynników doświadczalnych wykazała brak istotnego ich wpływu na plon korzeni w roku 2001 na glebie lekkiej oraz w 2002 na glebie ciężkiej.

Zarówno dawki kompostu, jak i poziom nawożenia azotem istotnie i niezależnie od siebie kształtowały wielkość plonu buraków na glebie lekkiej w roku 2002. W sezonie tym wzrastające dawki kompostu systematycznie zmniejszały plon korzeni z 86,9 t·ha⁻¹ do 72,9 t·ha⁻¹, przy czym statystyczną różnicę w stosunku do kontroli odnotowano w wariancie z maksymalną dawką kompostu. Zanotowany spadek plonów może być efektem przejściowej immobilizacji azotu w glebie (Sanchez i in., 1997) lub efektem toksycznego działania metali ciężkich na rośliny i mikroorganizmy glebowe w warunkach bardzo wysokich dawek kompostu (Lekan, Kacperk, 1990). Oddziaływanie kompostu na plony roślin przez zdecydowaną większość badaczy oceniane jest jako korzystne (Wallace, 1990; Ehrig, 1987).

W przeciwieństwie do kompostu w sezonie 2002, wzrastające dawki azotu do 150 kg N/ha liniowo zwiększały plon korzeni na glebie lekkiej. Na glebie ciężkiej w roku 2001 istotną różnicę stwierdzono tylko między obiektem nawożonym 90 kg N/ha a kontrolą. Wzrost dawki z 90 kg N do 150 N·ha⁻¹ prowadził do regresu plonu korzeni. Według Gutmańskiego (1996) w systemie uprawy buraków bez obornika optymalna dawka azotu kształtuje się w szerokim zakresie od 120 do 180 kg N·ha⁻¹.

Plon cukru technologicznego

Plon cukru białego jest wypadkową plonu biologicznego i wielkości strat, będących następstwem akumulacji w korzeniach buraka związków melasotwórczych. Uwzględniając średnie plony z lat nie stwierdzono istotnego wpływu czynników doświadczalnych na plon cukru technologicznego (tab. 3). Szczegółowa analiza wyników w latach wykazała natomiast dodatni wpływ wzrastających dawek azotu na ilość uzyskanego cukru w 2002 roku na glebie lekkiej i w 2001 roku dla gleby ciężkiej. W roku 2002 w stanowisku z glebą lekką stwierdzono ujemną korelację między dawką kompostu a plonem cukru ($r = -0,98$; $n = 4$; $p < 0,05$). Wzrost dawki kompostu z 0 do 40 t/ha spowodował spadek cukru technologicznego średnio o 2,23 t·ha⁻¹.

Tabela 3

Plon cukru technologicznego (t·ha⁻¹)
Yield of recoverable sugar (t·ha⁻¹)

Czynnik Doświadczalny Experimental factor	Obiekty Treatments	Gleba lekka Light soil			Gleba ciężka Heavy soil		
		2001	2002	średnia mean	2001	2002	średnia mean
Dawka kompostu Compost doses t·ha ⁻¹	0	11,62	12,71	12,16	12,79	11,52	12,16
	10	10,08	12,33	11,21	12,14	11,59	11,86
	20	11,83	12,02	11,93	12,71	11,65	12,18
	40	12,14	10,48	11,31	13,00	10,16	11,58
	NIR _{0,05}	r.n.*	r.n.		r.n.	r.n.	r.n.
	LSD _{0,05}	n.s.	n.s.	xx**	n.s.	n.s.	n.s.
Dawka azotu Nitrogen doses kg·ha ⁻¹	0	11,48	10,88	11,18	12,22	12,00	12,11
	90	11,06	12,38	11,72	13,22	10,80	12,01
	150	11,71	12,40	12,06	12,54	10,88	11,71
	NIR _{0,05}	r.n.		r.n.		r.n.	
	LSD _{0,05}	n.s.	1,35	n.s.	0,63	n.s.	xx**

* r.n. — Różnica nieistotna; n.s. — Not significant difference

** xx — Czynnik doświadczalny zależny od lat; Experimental factor dependent on years

Wyniki analizy ścieżki przeprowadzone dla plonu cukru technologicznego dla obydwu gleb nie wykazały istotnych wpływów bezpośrednich żadnego z ocenianych melasotworów na wielkość cukru technologicznego ($p > 0,05$ dla wszystkich współczynników ścieżki). Ponadto w stanowisku z glebą lekką nie stwierdzono znaczących efektów pośrednich. W stanowisku z glebą ciężką silne działanie pośrednie na wartości współczynników ścieżki określonych dla zawartości potasu i sodu w miążdze korzeni wywarła koncentracja azotu α -aminowego (rys. 1).

Analiza regresji wielokrotnej natomiast wykazała istotny i dodatni wpływ sodu na plon cukru technologicznego w stanowisku z glebą lekką (równanie 1), natomiast w stanowisku

z glebą ciężką istotny i ujemny wpływ azotu α -aminowego (równanie 2). Zawartość sodu determinowała plonu cukru technologicznego w 18%, natomiast zawartość azotu α -aminowego w 42%.

- (1) Plon cukru techn. ($t \cdot ha^{-1}$) = $0,495 \times Na + 8,77$ $R^2 = 0,18$; $n = 24$; $p < 0,05$
 (2) Plon cukru techn. ($t \cdot ha^{-1}$) = $-0,105 \times N \alpha\text{-amin.} + 14,38$ $R^2 = 0,42$; $n = 24$; $p < 0,001$



Rys. 1. Diagram ścieżkowy. Plon cukru technologicznego jako funkcja zawartości melasotworów w korzeniach buraka (gleba ciężka)

Fig. 1. Path diagram. Yield of recoverable sugar as a function of molasses content in sugar beet (heavy soil)

Jakość

Wartość technologiczną korzeni buraka cukrowego definiuje zawartość cukru oraz grupa związków, które w procesie produkcji utrudniają ekstrakcję cukru białego. Azot α -aminowy, K, Na określone są mianem melasotworów, których obecność w miazdze korzeniowej utrudnia odzyskanie cukru (Herlihy, 1992). Z punktu widzenia technologii produkcji cukru buraki są tym lepsze, im więcej zawierają cukru, a mniej melasotworów.

Rozpatrując cechy i parametry jakościowe korzeni buraka cukrowego w przeprowadzonych badaniach stwierdzono brak jednoznacznych zależności. Generalnie czynniki doświadczalne nie miały istotnego wpływu na analizowane parametry jakościowe takie jak: zawartość cukru oraz obecność melasotworów.

Niezależnie od wariantu doświadczalnego, w każdym roku, zawartość cukru kształtowała się na poziomie wartości standardowej 16% (tab. 4), co pośrednio wskazuje na efektywne wykorzystanie azotu przez rośliny. W celu określenia bezpośredniego i pośredniego wpływu zawartości melasotworów na polaryzację wykorzystano analizę ścieżki. W przeprowadzonych badaniach największy bezpośredni i zarazem ujemny wpływ na wartość polaryzacji w stanowisku z glebą lekką miała zawartość potasu w korzeniach, a następnie zawartość azotu α -aminowego (rys. 2).



Rys. 2. Diagram ścieżkowy. Zawartość cukru jako funkcja zawartości melasotworów w korzeniach buraka (gleba lekka) współczynnik ścieżki istotny dla $*p < 0,01$

Fig. 2. Path diagram. Sugar content as a function of molasses content in sugar beet (light soil) path coefficient significant at $*p < 0.01$

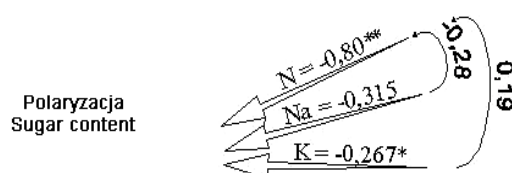
Wartym podkreślenia jest fakt ograniczania ujemnego wpływu wysokiej zawartości azotu α -aminowego w korzeniach na polaryzację poprzez pośredni wpływ potasu. Powyższa prawidłowość uwidoczniła się tylko w stanowisku z glebą lekką.

Natomiast rośliny uprawiane na glebie ciężkiej w największym stopniu reagowały spadkiem zawartości cukru z powodu wzrostu zawartości azotu α -aminowego (rys. 3). W stanowisku z glebą ciężką zdecydowanie słabiej ujawniło się negatywne działanie potasu.

Z wyprowadzonych równań regresji wynika, że polaryzację w stanowisku z glebą lekką określały zawartość azotu α -aminowego i potasu w korzeniach (równanie 3). Razem parametry te determinowały zmienności całkowitej polaryzacji w 33%. Natomiast w stanowisku z glebą ciężką sama tylko zawartość azotu α -aminowego w 77% warunkowała zawartość cukru w korzeniach równanie (4).

$$(3) \quad \text{Polaryzacja (\%)} = -0,04729 \times N \alpha\text{-amin.} - 0,03487 \times K + 19,44 \quad R^2 = 0,33; n = 24; p < 0,01$$

$$(4) \quad \text{Polaryzacja (\%)} = -0,06225 \times N \alpha\text{-amin.} + 17,74 \quad R^2 = 0,77; n = 24; p < 0,001.$$



Rys. 3. Diagram ścieżkowy. Zawartość cukru jako funkcja zawartości melasotworów w korzeniach buraka (gleba ciężka) współczynnik ścieżki istotny dla ** $p < 0,001$; * $p < 0,05$

Fig. 3. Path diagram. Sugar content as a function of molasses content in sugar beet (heavy soil) path coefficient significant at ** $p < 0.001$; * $p < 0.05$

Według Kovaca (1998) zawartość cukru najsilniej skorelowana jest z obecnością w korzeniach N α -aminowego oraz w mniejszym stopniu z zawartością sodu.

Badania wykazały wzrost zawartości azotu α -aminowego w korzeniach w zależności od dawek azotu oraz stanowiska (tab. 4). Przekroczenie normy (22,5 mmol/1000 g) dotyczyło jedynie roślin uprawianych w stanowisku z glebą ciężką. Istotne różnice odnotowano tylko w korzeniach uprawianych na glebie lekkiej. Rother (1998) wykazała znaczną różnicę w zawartości azotu α -aminowego w korzeniach (dochodzącą do 3,8 mmol/100 g korzeni) w zależności od stanowiska, odmiany oraz nawożenia azotem. Bell i wsp. (1996) i Engels (1993) twierdzą, że zawartość azotu α -aminowego w korzeniach zależy od ilości azotu pobranego przez rośliny buraka, co w konsekwencji odzwierciedla ilość azotu mineralnego w glebie.

Wpływ czynników doświadczalnych na zawartość sodu w korzeniach był nieznaczny (tab. 4). Istotny wpływ dawek kompostu na zawartość tego melasotworu udowodniono tylko w roku 2001 w stanowisku z glebą lekką.

Tabela 4

Wpływ kompostu i nawożenia azotem na parametry jakościowe korzeni buraka cukrowego
Effect of compost and nitrogen fertilization on the root quality parameters

Parametry Parameters	Czynnik Factor	Obiekty Treatments	Gleba lekka Light soil			Gleba ciężka Heavy soil		
			2001	2002	Średnia Mean	2001	2002	Średnia Mean
Polaryzacja Content of Sugar	dawka kompostu compost doses t·ha ⁻¹	0	16,36	16,86	16,61	16,79	15,87	16,33
		10	16,87	16,78	16,83	16,73	15,67	16,20
		20	16,66	16,96	16,81	16,70	16,11	16,41
		40	16,82	16,70	16,76	16,68	15,85	16,26
		NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.
	dawka azotu nitrogen doses kg·ha ⁻¹	0	16,52	17,01	16,76	16,85	16,08	16,46
		90	16,79	17,04	16,91	16,69	15,84	16,26
		150	16,73	16,44	16,58	16,63	15,71	16,17
		NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	r.n.*; n.s.	0,32	xx**	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.
Azot α-aminowy α-amino- nitrogen content mmol·100 g ⁻¹	dawka kompostu compost doses t·ha ⁻¹	0	15,87	23,76	19,81	15,50	27,28	21,39
		10	15,10	25,79	20,44	17,03	31,44	24,24
		20	16,97	24,99	20,98	17,20	26,11	21,66
		40	13,60	24,11	18,86	19,00	32,07	25,53
		NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	3,25
	dawka azotu nitrogen doses kg·ha ⁻¹	0	16,95	22,09	19,52	16,33	27,29	21,81
		90	16,10	22,88	19,49	17,03	28,61	22,82
		150	13,10	29,01	21,05	18,20	31,78	24,99
		NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	2,05	3,57	xx**	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.
K mmol·100 g ⁻¹	dawka kompostu compost doses t·ha ⁻¹	0	55,83	41,74	48,79	47,87	50,22	49,04
		10	60,17	42,89	51,53	48,40	52,14	50,27
		20	56,50	41,83	49,17	51,00	53,13	52,07
		40	57,13	42,64	49,89	49,60	54,86	52,23
		NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	2,81	r.n.*; n.s.	1,54	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.
	dawka azotu nitrogen doses kg·ha ⁻¹	0	58,13	42,44	50,28	47,85	53,16	50,50
		90	56,60	41,87	49,23	51,28	51,82	51,55
		150	57,50	42,53	50,01	48,53	52,79	50,66
		NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	0,7	r.n.*; n.s.	xx**
Na mmol·100g ⁻¹	dawka kompostu compost doses t·ha ⁻¹	0	5,90	5,09	5,49	4,40	8,36	6,38
		10	4,07	6,07	5,07	3,83	10,46	7,14
		20	6,57	6,07	6,32	5,23	10,66	7,94
		40	6,43	6,33	6,38	4,97	9,94	7,46
		NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	0,81	r.n.*; n.s.	xx**	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.
	dawka azotu nitrogen doses kg·ha ⁻¹	0	6,00	5,47	5,73	4,38	9,86	7,12
		90	5,48	6,19	5,83	4,58	9,73	7,15
		150	5,75	6,01	5,88	4,88	9,98	7,43
		NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.
Straty cukru Losses (%)	dawka kompostu compost doses t·ha ⁻¹	0	2,20	2,21	2,21	2,08	2,44	2,26
		10	2,21	2,29	2,25	2,12	2,59	2,35
		20	2,24	2,25	2,25	2,17	2,47	2,32
		40	2,17	2,25	2,21	2,19	2,63	2,41
		NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.
	dawka azotu nitrogen doses kg·ha ⁻¹	0	2,26	2,19	2,22	2,10	2,49	2,29
		90	2,21	2,21	2,21	2,16	2,51	2,33
		150	2,15	2,36	2,26	2,16	2,60	2,38
		NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	r.n.*; n.s.	0,11	xx**	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.

* r.n. — Różnica nieistotna, n.s. — Not significant difference; ** xx — Czynnik doświadczalny zależny od lat;
 Experimental factor dependent on years

Dodatni związek zawartości sodu w korzeniach z wielkością plonu korzeni i cukru technologicznego w stanowisku z glebą lekką potwierdza bardzo ważną rolę tego składnika w nawożeniu buraków. Hansen (1994) stwierdził na podstawie doświadczeń przeprowadzonych w Dani i Szwecji, pozytywny wpływ nawożenia sodem na plon buraków oraz zawartość cukru przy niskim poziomie nawożenia azotem.

Ilość zastosowanego kompostu istotnie i niezależnie od lat wywarła wpływ na zawartość potasu w korzeniach tylko w stanowisku z glebą lekką (tab. 4). Wpływ poziomu nawożenia azotem na zawartość potasu w stanowisku z glebą lekką był nieistotny, natomiast w stanowisku z glebą ciężką istotną różnicę stwierdzono tylko w roku 2001.

Poziom nawożenia kompostem nie miał większego wpływu na wielkość strat cukru wywołaną zawartością melasotworów w korzeniach (tab. 4). W roku 2001 wzrost dawek azotu prowadził do nieznacznego, ale systematycznego zmniejszenia wielkości strat, natomiast w następnym sezonie powodował ich istotny wzrost przy nawożeniu dawką azotu powyżej 90 kg/ha.

Analiza związków korelacyjnych wykazała wysoce istotny i dodatni związek w obu stanowiskach między wielkością strat cukru a zawartością azotu α -aminowego w korzeniach (tab. 5). Ponadto w stanowisku z glebą ciężką zawartość pozostałych melasotworów, tj. sodu i potasu była dodatnio skorelowana ze stratami cukru oraz ujemnie z polaryzacją.

Tabela 5

Związki korelacyjne między zawartością melasotworów a wybranymi parametrami plonu
Correlation coefficient between molasses content and parameters for sugar yield

Parametry plonu Parameters for sugar yield	Gleba lekka Light soil			Gleba ciężka Heavy soil		
	N- α	Na	K	N- α	Na	K
Plon korzeni Yield of roots	0,30	0,47*	-0,15	-0,21	-0,18	-0,07
Plon cukru technologicznego Yield of recoverable sugar	0,23	0,42*	-0,20	-0,64**	-0,60*	-0,37
Polaryzacja Sugar content	-0,19	-0,28	-0,25	-0,89**	-0,84**	-0,51*
Straty Losses	0,71**	0,26	-0,08	0,99**	0,91**	0,79**

n = 24; *p<0,05; **p<0,001

WNIOSKI

1. Wprowadzenie kompostu nawet w dawce powyżej określonego poziomu normatywnego nie powodowało istotnego ujemnego wpływu na plon i jakość korzeni buraka cukrowego.
2. Czynniki doświadczalne nie miały istotnego wpływu na plon cukru technologicznego, zawartość melasotworów oraz straty cukru.

3. Spośród melasotworów tylko zawartość azotu alfa-aminowego w korzeniach istotnie i ujemnie wpływała na ilość uzyskanego cukru technologicznego w stanowisku z glebą ciężką.
4. Wpływ zawartości melasotworów w korzeniach na polaryzację był zróżnicowany w zależności od stanowiska. Na glebie lekkiej w największym stopniu negatywnie na polaryzację wpływała wysoka zawartość potasu w korzeniach, a w stanowisku z glebą ciężką zawartość azotu α -aminowego.

LITERATURA

- Anonim. 1995. Die Qualität der Zuckerrüben. KWS Verlag, Einbeck: 10 — 23.
- Bell Ch., Milford G. F. J., Allen L. R. 1996. Sugar beet, photo-assimilate distribution in plants and crops. Eds. E. Zaruski A. A. Schaffer, New York, Marcel Decker Inc.: 691 — 703.
- Burgdorf W. 2000. Humusgehalt und Humusbilanz auf Zuckerrübenstandorten, Zuckerrübe 49. Jg. (5): 262 — 263.
- Ehrig C. Bode-Meyer A., Stahr K. 1987. Heavy metal uptake by plants from waste compost. Mitteilungen der Deutschen Bodenkulturen Gesellschaft 55: 589 — 594.
- Engels T. 1993. Nitratauswaschung aus Getreide — und Zuckerrübenflächen bei unterschiedlichem N — Angebot, Dissertation dem Fachbereich Gartenbau der Universität Hannover zur Erlangung des Akademischen Grades Eines: 95 — 148.
- Gutmański I. 1996. Niskonakładowa technologia produkcji buraka cukrowego, IHAR, Bydgoszcz: 15 — 50.
- Hansen P. 1994. Natrium und Stickstoff. Zuckerrüben. 43. Jg. (2): 123 — 124.
- Herlihy M. 1992. Effects of N, P and K on yield and quality of sugar beet. Irish J. Agric. Food Res. 31: 35 — 49.
- Johanson E. Sunnas C. 1995. Management of household waste in the Great Mazurian Lakes Region, Poland. Master of Science Thesis. Thesis Report Series 1995. Royal Institute of Technology 143.
- Konys L., Wiśniewski P. 1991. Analiza ścieżkowa w układach przyczynowo-skutkowych, Roczniki AR w Poznaniu CLIII: 37 — 45.
- Kopczyński J. 1994. Kierunki zmian niektórych cech jakościowych korzeni buraka cukrowego pod wpływem współdziałania nawożenia organicznego i azotowego. Zesz. Nauk. AR Szczec. 172: 249 — 255.
- Kordas L., Zimny L. 1997. Wpływ wybranych poplonów ścierniskowych na plonowanie buraka cukrowego uprawianego technologią siewu bezpośredniego, Biul. IHAR 202: 207 — 211.
- Kovac K. 1998. The effect of different soil cultivation and fertilization on yield, quality and uptake of nutrients in sugar beet. Rastl. Vyroba 44 2: 59 — 64.
- 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.
- Mazur K., Ciećko Z. 2000. Nawożenie organiczne w zintegrowanym rolnictwie, Folia Univ. Agric. Stetin. 211 Agricultura (84): 285 — 288.
- Mazur T., Mineew M. V., Debreczeni B. 1993. Nawożenie w rolnictwie biologicznym. Wydaw. ART. Olsztyn: 26 — 35.
- Rocznik Statystyczny. 2001; 2002. Wydaw. Statystyczne GUS, Warszawa.
- Rother B. 1998. Die technische Qualität der Zuckerrüben unter dem Einfluss verschiedener Anbaufaktoren, 1. Auf. Göttingen: Cuvillier Verlag: 15 — 45.
- Trętowski J., Wójcik A. R. 1988. Metodyka doświadczeń rolniczych. WSRP, Siedlce.
- Wallace A., Wallace G. A. 1990. Interactions between polymer soil conditioners and organic amendments in the improvement of physical properties of soil. Journal of Plant Nutrition 13: 437 — 450.
- Welte E., Szabolcs I. 1987. Organic fertilizers for improvement and maintenance of soil fertility. Reprints from 4th International Symposium Agricultural Waste Management and Environmental Protection, 11–14 May, Braunschweig, Fed. Rep. of Germany: 129 — 140.
- Rynek cukru. 2002. Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej, Warszawa.

RENATA GAJ¹**DARIUSZ GÓRSKI**²¹ Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu² Instytut Ochrony Roślin w Poznaniu, Terenowa Stacja Doświadczalna w Toruniu

Wpływ kompostu z odpadów miejskich oraz nawożenia azotem na plon i jakość technologiczną buraka cukrowego Część II. Zawartość i pobranie mikrośladników

Influence of compost produced from municipal solid wastes and of nitrogen fertilization on yields and technological quality of sugar beet Part II. Content and uptake of micronutrients

Ścisłe doświadczenia polowe przeprowadzono w latach 2001–2002 w Rolniczym Gospodarstwie Doświadczalnym w Brodach. Celem pracy było określenie wpływu różnych dawek kompostu oraz zróżnicowanego nawożenia azotem na zawartość i pobranie miedzi, cynku, manganu i żelaza, a także określenie wpływu pobranych mikroelementów na plon i jakość buraków cukrowych. Zawartość mikrośladników w liściach i korzeniach buraka cukrowego była zróżnicowana w zależności od czynników doświadczalnych, stanowiska, analizowanego pierwiastka oraz roku badań. W przypadku cynku istotny wzrost zawartości tego pierwiastka zarówno w liściach jak i korzeniach stwierdzono tylko w stanowisku z glebą ciężką, w wariantach gdzie zastosowano 40 t·ha⁻¹. Zawartość miedzi w liściach i korzeniach buraka była stosunkowo niewielka i istotną różnicę, w stosunku do kontroli, odnotowano tylko w korzeniach dla obiektu z 40 t·ha⁻¹ kompostu. Zaobserwowano większy wzrost zawartości cynku w korzeniach niż w liściach, natomiast pozostałe pierwiastki tzn. miedź, mangan i żelazo zakumulowane były w większości w liściach. Porównanie zawartości cynku, miedzi, żelaza i manganu w liściach i korzeniach z liczbami granicznymi limitującymi paszowe wykorzystanie wskazuje, że nawet przy najwyższej dawce kompostu (40 t·ha⁻¹) wartości graniczne nie zostały przekroczone dla tych pierwiastków. Stwierdzono istotną dodatnią zależność pomiędzy całkowitym pobraniem mikroelementów, a plonem korzeni buraka tylko dla cynku w stanowisku z glebą lekką oraz dla manganu i żelaza w stanowisku z glebą ciężką.

Słowa kluczowe: azot, burak cukrowy, kompost, mikrośladniki, korelacja

The field experiments were carried out at the Experimental Station Brody in 2001–2002. The objective of the study was to investigate the effect of different rates of compost and nitrogen on content and uptake of Cu, Zn, Mn, Fe, and to show the influence of these microelements on yield and technological quality of sugar beet roots. Microelement content of sugar beet leaves and roots depended on experimental factors, stands, element analyzed and year of investigations. Significant increase in Zn

content of leaves and roots was only found when 40 t·ha⁻¹ of compost on heavy textured soil was applied. The Cu content of sugar beet leaves and roots was relatively small. Significant increase in content of this element in roots, compared to the control was only recorded in the plot with 40 t·ha⁻¹ of compost. The increase of Zn content was more pronounced in roots than in leaves, while Cu, Mn and Fe were essentially accumulated in leaves. Even the highest compost dose (40 t·ha⁻¹) did not cause the Zn, Cu, Fe, Mn contents of leaves and roots to exceed the limit value. Significant correlation between the yield of sugar beet and the increase in Zn total uptake on light textured soil, and in Mn and Fe total uptake on heavy textured soil, was stated.

Key words: correlation, micronutrients, nitrogen, sugar beet

WSTĘP

Postępujący w rolnictwie proces specjalizacji produkcji wymusił potrzebę poszukiwania alternatywnych w stosunku do obornika, źródeł nawożenia organicznego. Wprowadzone do gleby nawozy organiczne wywołują szereg zmian w siedlisku uprawy rośliny, które dotyczą także zaopatrzenia w składniki pokarmowe (Błaziak i in., 1996; Tiwana, Narang, 1997). Komposty, w tym również produkowane z odpadów miejskich mogą być bardzo dobrymi nawozami do użyźniania gleb lekkich (Siuta, 1996), a także stanowić cenne źródło składników pokarmowych dla roślin uprawnych. Stan zaopatrzenia roślin uprawnych w mikroelementy takie jak: cynk, miedź, mangan i żelazo wpływa na przebieg wielu procesów biochemicznych i fizjologicznych decydujących o ich wzroście i rozwoju (Ruszkowska i in., 1996).

Burak cukrowy jest gatunkiem o specyficznych wymaganiach żywieniowych, gdyż 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. Poziom plonowania roślin jest bezpośrednio związany z ilością nagromadzonych w nich mikroelementów (Bergmann, 1992; Czuba, 2000). Prawidłowa zawartość mikroskładników w roślinach uprawnych jest podstawowym zagadnieniem agrotechnicznym, a także ważną cechą jakościową w kryteriach konsumpcyjnych i paszowych.

Celem badań było określenie wpływu kompostu oraz zróżnicowanego nawożenia azotem na zawartość i pobranie cynku, miedzi, manganu i żelaza oraz określenie ich wpływu na plon i jakość buraka cukrowego.

MATERIAŁ I METODY

Szczegółową metodykę przeprowadzonych badań przedstawiono w pierwszej części pracy.

Zawartość cynku, żelaza, manganu i miedzi oznaczano metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA), po uprzedniej mineralizacji wysuszonego materiału w temperaturze 550°C i rozpuszczeniu popiołu w wodzie królewskiej.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość i pobranie mikrośladników

Zawartość składników pokarmowych w roślinach związana jest szeregiem czynników takich jak: organ rośliny, faza rozwojowa ilość wytworzonej suchej masy (Rębowska, Kusio, 1986; Gorlach, Gambus, 1992).

W warunkach przeprowadzonego doświadczenia zawartość cynku, miedzi, manganu i żelaza była zróżnicowana w zależności od dawki kompostu, poziomu nawożenia azotem, analizowanego organu oraz stanowiska (tab. 1).

Tabela 1

Zawartość mikroelementów w burkach cukrowych (mg·kg⁻¹ s.m.)**Content of micronutrients in sugar beet (mg·kg⁻¹ d.m.)**

Składnik Nutrient	Czynnik Factors	Obiekty Treatments	Gleba lekka — Light soil		Gleba ciężka — Heavy soil	
			korzenie — roots	liście — leaves	korzenie — roots	liście — leaves
Zn	dawka kompostu compost doses t·ha ⁻¹	0	16,07	13,64	16,11	13,64
		10	17,28	16,55	13,65	16,55
		20	19,41	13,90	15,31	13,90
		40	18,87	19,48	19,69	19,48
		NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	xx**	4,21	5,91	4,21
	dawka azotu nitrogen doses kg·ha ⁻¹	0	16,72	17,44	14,63	17,44
		90	16,67	13,80	17,55	13,80
		150	20,34	16,44	16,38	16,44
		NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	2,76	r.n.*; n.s.	1,91	r.n.*; n.s.
Cu	dawka kompostu compost doses t·ha ⁻¹	0	2,68	5,97	3,10	4,77
		10	2,94	6,31	2,86	4,12
		20	2,99	5,58	3,49	5,23
		40	4,26	5,68	3,61	4,75
		NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	0,38	r.n.; n.s.	0,47	xx**
	dawka azotu nitrogen doses kg·ha ⁻¹	0	3,66	6,33	3,22	4,45
		90	2,65	4,91	3,48	4,96
		150	3,34	6,42	3,10	4,74
		NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	xx**	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.
Mn	dawka kompostu compost doses t·ha ⁻¹	0	19,46	45,69	19,16	71,50
		10	21,34	69,00	19,63	67,41
		20	18,71	103,45	22,30	70,49
		40	25,66	44,19	16,72	66,35
		NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	3,91	2,74	3,87	r.n.*; n.s.
	dawka azotu nitrogen doses kg·ha ⁻¹	0	23,36	78,31	18,16	69,61
		90	20,69	53,31	21,54	65,49
		150	19,82	65,13	18,32	71,71
		NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	2,36	11,61	2,11	r.n.*; n.s.
Fe	dawka kompostu compost doses t·ha ⁻¹	0	174,46	119,97	105,03	146,92
		10	112,98	111,64	99,46	144,10
		20	98,52	176,23	117,25	185,69
		40	141,18	147,62	149,23	172,32
		NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	xx**	r.n.*; n.s.	xx**	xx**
	dawka azotu nitrogen doses kg·ha ⁻¹	0	113,77	139,35	111,34	145,80
		90	169,37	91,89	136,93	144,74
		150	112,22	185,36	104,96	196,24
		NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	xx**	45,00	17,03	31,24

* r.n. — Różnica nieistotna; n.s. — Not significant difference

** xx — Czynnik doświadczalny zależny od lat; Experimental factor dependent on years

Według danych literaturowych (Marschner, 1986; Ruszkowska i in., 1996; Rabikowska, 2000) jednym z wielu czynników różnicujących zawartość i nagromadzenie mikroskładników w roślinach jest nawożenie mineralne i organiczne. W badaniach własnych istotny wzrost zawartości pierwiastków pod wpływem nawożenia kompostem w stosunku do obiektu kontrolnego odnotowano dla cynku, miedzi i manganu. W przypadku cynku istotny wzrost zawartości tego pierwiastka zarówno w liściach, jak i korzeniach stwierdzono tylko w stanowisku z glebą ciężką, w wariancie gdzie zastosowano $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Zawartość miedzi w liściach i korzeniach buraka była stosunkowo niewielka i istotną różnicę, w stosunku do kontroli, odnotowano tylko w korzeniach dla obiektu z $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ kompostu. Ponadto zaobserwowano większy wzrost zawartości cynku w korzeniach niż liściach, natomiast pozostałe pierwiastki tzn. miedź, mangan i żelazo zakumulowane były w większości w liściach. Porównanie zawartości cynku, miedzi, żelaza i manganu w liściach i korzeniach z liczbami granicznymi limitującymi paszowe wykorzystanie wskazuje, że nawet przy najwyższej dawce kompostu ($40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) wartości graniczne nie zostały przekroczone dla tych pierwiastków. Karczewska i wsp. (2000) także nie stwierdziła zanieczyszczenia pszenżyta uprawianego w warunkach nawożenia kompostem nawet w dawkach 60 i $120 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

W badaniach Warmana i Havarda (1998) nawożenie organiczne, w porównaniu do mineralnego wpłynęło dodatnio na zawartość żelaza, a ujemnie na zawartość manganu i miedzi w bulwach ziemniaka. Czynniki doświadczalne istotnie różnicowały zawartość manganu w analizowanych organach. Dla większości roślin optymalna zawartość Mn wynosi około $150\text{--}300 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Bergmann, 1992). W badaniach własnych, zawartości tego pierwiastka zarówno w liściach, jak i korzeniach były znacznie mniejsze i wahały się w przedziale od 18 do $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Wpływ nawożenia azotem na zawartość mikroelementów zależał od pierwiastka oraz analizowanego organu. Generalnie, badany czynnik wywierał największy wpływ na zawartość cynku, manganu i żelaza, natomiast nie stwierdzono jego oddziaływania na zawartość miedzi. Brak wpływu wielkości dawki azotu na zawartość miedzi w burakach został także potwierdzony w badaniach Ławińskiego i wsp. (2002). Doniesienia literaturowe dotyczące wpływu nawożenia mineralnego na zawartość mikroelementów w roślinach nie są jednoznaczne.

Poziom nawożenia azotem niezależnie od stanowiska istotnie zwiększał zawartość cynku w korzeniach. Dla gleby lekkiej istotny wzrost koncentracji Zn w korzeniach w stosunku do kontroli stwierdzono w wariancie nawożonym $150 \text{ N kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, a na glebie ciężkiej w wariancie z $90 \text{ N kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Badania Westermanna i Sojki (1996) również wykazały, wzrost zawartości cynku w bulwach ziemniaków nawożonych azotem. W odróżnieniu od cynku, zawartość manganu zarówno w liściach jak i w korzeniach zmniejszała się pod wpływem zastosowanego azotu, ale tylko w stanowisku z glebą lekką.

Ocenie poddano także pobranie cynku, miedzi, manganu i żelaza wyrażające się ilością składników wyniesionych z gleby z plonem liści i korzeni (tab. 2). Ilości mikroelementów odprowadzane wraz z plonami roślin są bezpośrednio powiązane z wielkością uzyskiwanych plonów oraz z zawartością w nich składników

Tabela 2

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

Składnik Nutrient	Czynnik Factors	Obiekty Treatments	Gleba lekka Light soil			Gleba ciężka Heavy soil		
			korzenie roots	liście leaves	razem total	korzenie roots	liście leaves	razem total
Zn	dawka	0	290,3	82,2	372,6	285,3	148,1	433,4
	kompostu	10	281,8	83,2	365,0	239,9	135,8	375,7
	compost	20	332,9	81,2	414,1	269,2	196,0	465,2
	doses	40	319,7	124,8	444,5	337,3	178,5	515,9
	t·ha ⁻¹	NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	xx**	xx**	xx**	xx**	20,0	xx**
	dawka azotu	0	273,8	100,1	373,9	257,1	157,6	414,6
	nitrogen	90	279,3	79,3	358,6	308,2	160,0	468,3
	doses	150	365,4	99,2	464,7	283,5	176,3	459,7
	kg·ha ⁻¹	NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	52,64	r.n.*; n.s.	59,99	xx**	r.n.*; n.s.	xx**
	t·ha ⁻¹	NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	xx**	r.n.*; n.s.	xx**	r.n.*; n.s.	xx**	xx**
Cu	dawka	0	47,35	35,68	83,03	55,24	34,81	90,04
	kompostu	10	49,74	32,29	82,03	51,46	30,40	81,87
	compost	20	51,49	32,63	84,12	61,67	39,49	101,16
	doses	40	66,97	36,11	103,07	61,08	36,36	97,44
	t·ha ⁻¹	NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	xx**	r.n.*; n.s.	xx**	r.n.*; n.s.	xx**	xx**
	dawka azotu	0	56,66	34,83	91,49	58,16	31,69	89,85
	nitrogen	90	45,21	29,10	74,30	60,37	37,37	97,75
	doses	150	59,79	38,60	98,40	53,55	36,73	90,29
	kg·ha ⁻¹	NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	7,99	r.n.*; n.s.	16,87	xxx	4,76	Xxx
	t·ha ⁻¹	NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.
Mn	dawka	0	350,44	272,30	622,74	340,41	520,08	860,49
	kompostu	10	343,71	340,51	684,22	342,49	487,74	830,23
	compost	20	319,12	592,27	911,39	393,50	526,32	919,82
	doses	40	408,80	267,52	676,32	276,16	488,67	764,82
	t·ha ⁻¹	NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	r.n.*; n.s.	93,10	122,98	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.
	dawka azotu	0	369,09	408,34	777,43	317,57	486,53	804,10
	nitrogen	90	348,93	307,98	656,91	378,11	490,00	868,11
	doses	150	348,53	388,13	736,66	318,74	540,57	859,32
	kg·ha ⁻¹	NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.	38,65	r.n.*; n.s.	r.n.*; n.s.
	t·ha ⁻¹	NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	xx**	r.n.*; n.s.	xx**	xx**	274,01	xx**
Fe	dawka	0	3094,07	701,39	3795,46	1851,77	1030,61	2882,38
	kompostu	10	1876,74	585,10	2461,84	1761,36	1045,63	2806,98
	compost	20	1669,11	1086,30	2755,41	2089,06	1416,16	3505,22
	doses	40	2314,14	958,62	3272,76	2586,95	1335,25	3922,20
	t·ha ⁻¹	NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	xx**	r.n.*; n.s.	xx**	xx**	274,01	xx**
	dawka azotu	0	1836,07	783,04	2619,11	1983,01	1031,72	3014,72
	nitrogen	90	2896,97	540,54	3437,50	2426,93	1094,72	3521,65
	doses	150	1982,51	1174,98	3157,48	1806,91	1494,30	3301,21
	kg·ha ⁻¹	NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	xx**	333,42	515,12	xx**	xx**	xx**
	t·ha ⁻¹	NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	xx**	333,42	515,12	xx**	xx**	xx**

* r.n. — Różnica nieistotna; n.s. — Not significant difference

** xx — Czynnik doświadczalny zależny od lat; Experimental factor dependent on years

Wpływ czynników doświadczalnych na pobranie mikroelementów był zróżnicowanych w zależności od pierwiastka, organu, stanowiska oraz roku badań. Działanie kompostu nie było jednoznaczne i generalnie wzrastający poziom nawożenia kompostem zwiększył całkowite pobranie cynku i żelaza, natomiast pobranie miedzi było zróżnicowane w latach badań. Zdaniem Velthofa i wsp. (1996) wprowadzenie substancji organicznej do gleby może mieć duży wpływ na pobranie miedzi, cynku i innych mikroelementów przez rośliny. Według tych autorów pobranie miedzi i cynku przez rośliny jest największe po

zastosowaniu gnojowicy i kompostu. W przypadku manganu istotny wpływ kompostu na całkowite pobranie tego pierwiastka stwierdzono tylko w stanowisku z glebą lekką.

Dawki azotu istotnie wpływały na pobranie cynku, miedzi i żelaza tylko w stanowisku z glebą lekką.

Niezależnie od stanowiska znacznie większą akumulację cynku stwierdzono w korzeniach niż liściach, natomiast pozostałe pierwiastki w większym stopniu były akumulowane w liściach.

Wpływ całkowitego pobrania mikroelementów na plon i jakość korzeni

Plon korzeni buraka cukrowego, a tym samym cukru zależy od ilości pobieranych składników pokarmowych (Milford, 2000). W przeprowadzonych badaniach stwierdzono istotną dodatnią zależność pomiędzy całkowitym pobraniem mikroelementów a plonem korzeni buraków tylko dla cynku w stanowisku z glebą lekką oraz dla manganu i żelaza w stanowisku z glebą ciężką (tab. 3).

Tabela 3

Współczynniki korelacji pomiędzy całkowitym pobraniem mikroelementów przez buraki cukrowe a plonem i jakością korzeni

Correlation coefficients between total micronutrients uptake and yield of roots and its quality

Parametry plonu Parameters for sugar yield	Gleba lekka Light soil				Gleba ciężka Heavy soil			
	Zn	Cu	Mn	Fe	Zn	Cu	Mn	Fe
Plon korzeni Yield of roots	0,49*	—	—	—	—	—	0,48*	0,58*
Plon tech. cukru Yield of recoverable sugar	0,49*	—	—	—	0,51*	—	0,65**	0,61*
Polaryzacja, Sugar content	—	—	—	—	—	—	0,59*	—
Azot α -aminowy α -amino-nitrogen	—	—	—	—	—	0,42*	-0,53*	—
Na	—	0,41*	—	—	—	0,57*	-0,57*	—
K	—	—	0,42*	—	—	0,49*	—	—
Straty cukru, Losses	—	—	—	—	—	0,48*	-0,51*	—

* $p < 0,05$; $n = 24$ (czynniki: 2×4 -poziom czynnika I $\times$ 3 – poziom czynnika II = 24 dla średnich z obiektów);

Współczynnik korelacji nieistotny

* $p < 0,05$; $n = 24$ Correlation coefficient not significant

Niezależnie od stanowiska wzrost pobrania cynku dodatnio wpływał na wielkość plonu cukru technologicznego. Ponadto dodatni związek wykazano także pomiędzy całkowitym pobraniem manganu i żelaza, a plonem cukru technologicznego w stanowisku z glebą ciężką.

W żadnym przypadku nie stwierdzono istotnego wpływu pobrania cynku i żelaza na polaryzację, zawartość melasotworów oraz straty cukru.

W wariancie z glebą lekką większość analizowanych związków między całkowitym pobraniem Zn, Cu, Fe i Mn, a wielkością plonu korzeni i wskaźnikami jego jakości była nieistotna. Istotne współzależności stwierdzono tylko między zawartością sodu i potasu

w korzeniach a całkowitym pobraniem miedzi i manganu. Wzrost pobrania tych pierwiastków prowadził do wzrostu koncentracji wymienionych melasotworów.

Opisane powyżej zależności korelacyjne potwierdziły analiza ścieżki i regresji wielokrotnej. W stanowisku z glebą lekką pobranie żadnego z analizowanych mikroelementów nie wpłynęło istotnie na plon korzeni, polaryzację oraz straty cukru. Świadczy o tym brak istotności współczynników ścieżki oraz równań regresji. Tylko w przypadku plonu korzeni analiza regresji była pozytywna. Pobranie cynku było jedyną zmienną istotnie wpływającą na plon korzeni (równanie 1)

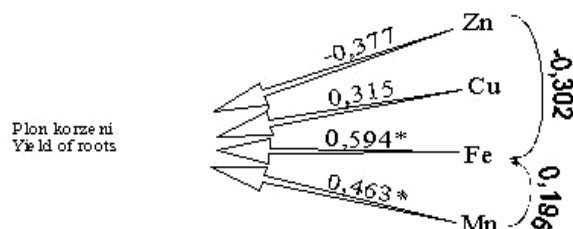
$$y = 0,0326x + 67,49 \quad R^2 = 24,2\%, n = 24, p < 0,05 \quad (1)$$

gdzie:

x — całkowite pobranie cynku $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$

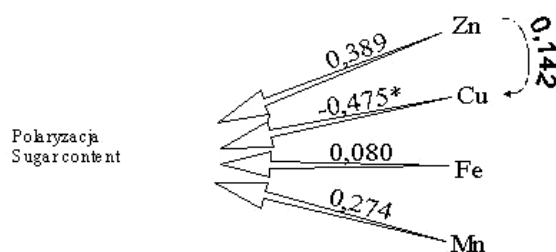
y — plon korzeni $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$

W stanowisku z glebą ciężką pobranie żelaza i manganu w największym stopniu wpływało na plon korzeni (rys. 1). Korzystne oddziaływanie ilości pobranego żelaza na plon korzeni maskowane było poprzez pośredni i ujemny wpływ ilości pobranego cynku.



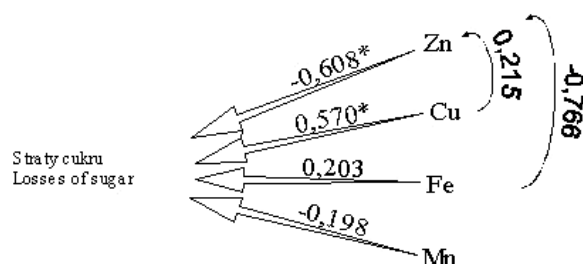
Rys. 1. Diagram ścieżkowy. Plon korzeni buraków jako funkcja ogólnego pobrania mikroskładników przez buraki cukrowe (gleba ciężka)

Fig. 1. Path diagram. Yield of roots as a function of total micronutrients uptake by sugar beet (heavy soil)



Rys. 2. Diagram ścieżkowy. Zawartość cukru jako funkcja ogólnego pobrania mikroskładników przez buraki cukrowe (gleba ciężka)

Fig. 2. Path diagram. Yield of roots as a function of total micronutrients uptake by sugar beet (heavy soil)



Rys. 3. Diagram ścieżkowy. Straty cukru jako funkcja ogólnego pobrania mikroskładników przez buraki cukrowe (gleba ciężka)

Fig. 3. Path diagram. Losses of sugar as a function of total micronutrients uptake by sugar beet (heavy soil)

Wpływ pobrania pierwiastków na pozostałe parametry przedstawiał się następująco: miedź istotnie kształtowała wartość polaryzacji, natomiast cynk i miedź wielkość strat cukru (rys. 2, 3). Ponadto cynk wpływał korzystnie na wartość polaryzacji poprzez pośrednie niwelowanie ujemnego wpływu miedzi na ten parametr, a także w największym stopniu ograniczał wielkość strat cukru.

WNIOSKI

1. Wpływ nawożenia kompostem na zawartość mikroskładników zależał zarówno od dawki kompostu jak i analizowanego organu. Istotny wzrost zawartości pierwiastków w stosunku do obiektu kontrolnego stwierdzono w przypadku cynku, miedzi i manganu.
2. Poziom nawożenie azotem zwiększył istotnie zawartość cynku, manganu i żelaza, natomiast nie miał wpływu na zawartość miedzi.
3. Spośród badanych mikroskładników tylko dla cynku w stanowisku z glebą lekką udowodniono dodatni związek pomiędzy pobraniem tego pierwiastka a plonem korzeni. Pobranie cynku, manganu, żelaza oraz miedzi w tym stanowisku nie miało większego wpływu na polaryzację, zawartość azotu α -aminowego i straty cukru.
4. W stanowisku z glebą ciężką cynk istotnie ograniczał wielkość strat cukru i dodatnio wpływał na polaryzację, natomiast pobranie żelaza w największym stopniu determinowało plon korzeni.

LITERATURA

- Bergmann W. 1992. Nutritional disorders of plants, development, visual and analytical diagnosis. Gustav Fisher Verlag, Jena, Stuttgart, New York.
- Błaziak J., Dechnik I., Wiater J. 1996. Wpływ nawożenia słomą i obornikiem na zawartość mikroelementów w pszenicy i jęczmieniu. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 269 — 273.
- Czuba R. 1986. Zmiany zawartości składników w roślinach uprawnych na terenie kraju w zależności od nawożenia. Wpływ nawożenia na jakość plonów. Materiały z sympozjum, Olsztyn 24–25.06: 32 — 42.
- Czuba R. 2000. Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471: 161 — 170.

- Gorlach E., Gambuś F. 1992. Mikroelementy w nawożeniu roślin; potrzeby i stosowanie. Mat. VII Symp. „Mikroelementy w rolnictwie” AR Wrocław, 16–17 IX: 13 — 19.
- Karczewska A., Weber J., Jamroz E., Drozd J. 2000. Zawartość metali ciężkich w pszenżycie uprawianym na glebie lekkiej nawożonej różnymi dawkami kompostowanych odpadów miejskich. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471: 989 — 996.
- Ławiński H., Potarzycki J., Baer A. 2000. Wpływ systemu uprawy i nawożenia azotem na pobranie mikroelementów przez buraki cukrowe. Biul. IHAR 222: 101 — 109.
- Marschner H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. Inc., London.
- Milford G. F. J., Armstrong M. J., Jarvis P. J., Hughton B. J., Bellett-Travers D. M., Jones J., Leight 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.
- Parylak D., Waławowicz R., Majchrowski P. 2000. Wpływ następczy nawozów organicznych na zawartość mikroelementów w glebie i w pszenicy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471: 427 — 432.
- Rabikowska B. 2000. Zawartość i pobranie miedzi, manganu i cynku przez jęczmień uprawny w warunkach wieloletniego zróżnicowanego nawożenia obornikiem i azotem. Cz. I. Zawartość Cu, Mn i Zn w ziarnie i w słomie. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471: 463 — 471.
- Rębowska Z., Kusio M. 1986. Wpływ nawożenia NPK i wapnowania gleby na pobieranie i zawartość mikroelementów (B, Cu, Mn, Mo) w wybranych roślinach uprawnych. Mat. Sym. pt. Wpływ nawożenia na jakość plonów”, ART. Olsztyn, 24–25VI: 63 — 69.
- Ruszkowska M., Wojcieszka-Wyskupajtis U. 1996. Mikroelementy — fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 1 — 11.
- Siuta J. 1996. Zasoby i przyrodnicze użytkowanie odpadów organicznych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 437: 23 — 30.
- Tiwana U., Narang R. 1997. Micronutrients uptake spectrum in rice (*Oryza sativa* L.) — wheat (*Triticum aestivum* L.) cropping system under heavy fertilization. J. Res. Punjab Agricultural University 34 (4): 363 — 369.
- Warman P. R., Havard K. A. 1998. Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown potatoes and sweet corn. *Agricult., Ecosyst. Environm.* 68: 207 — 216.
- 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.
- Westermann D. T., Sojka N. 1996. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes. Yield and specific gravity. *Am. Potato. J.* 71: 417 — 431.
- Velthof G. L., Van Erp P. J., Moolenaar S. W. 1996. Optimising fertilizer plants for arable farming systems. Cz. II. Effects of fertilizer choice on input of heavy metals. *Meststoffen*: 74 — 80.

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

Zakład Szczegółowej Uprawy Roślin, Katedra Agronomii

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

Efektywność nawożenia buraka cukrowego (*Beta vulgaris altissima* Döll) różnymi nawozami organicznymi przy wzrastających dawkach azotu mineralnego

Effectiveness of sugar beet (*Beta vulgaris altissima* Doll) fertilization with different kinds of organic manure and various doses of mineral nitrogen

Trudna sytuacja ekonomiczna producentów buraka cukrowego stwarza konieczność minimalizowania nakładów w uprawie tego gatunku. Przedstawione wyniki badań oparto na statycznym doświadczeniu płodozmianowym trójpłowym, w którym zastosowano dwie formy nawozów organicznych (obornik, słoma + międzyplon facelia oraz obiekt bez nawozów organicznych) i nawożenie azotem mineralnym w ilościach 0, 60, 90, 120, 180 kg N·ha⁻¹. W ocenie efektywności nawożenia zastosowano kategorię ekonomiczną nadwyżki bezpośredniej powszechnie stosowaną w kalkulacjach niepełnych. Wyniki umożliwiają ocenę opłacalności porównywanych wariantów. W badaniach trzyletnich 2000–2002 prowadzonych w Zakładzie Doświadczalnym Katedry Agronomii SGGW w Chylicach k. Warszawy najlepszą efektywność w produkcji buraka cukrowego uzyskano przy zastosowaniu obornika (30 t·ha⁻¹) i azotu mineralnego w dawce 120 kg N·ha⁻¹.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, nawożenie, nadwyżka bezpośrednia, plon korzeni

The difficult economic situation of sugar beet production in Poland creates a necessity of inputs minimalization to improve effectiveness of the crop cultivation. The presented results come from a statical three crop experiment carried out in the Warsaw Agricultural Academy (SGGW) Research Institute in Chylce in the years 2000–2002. Two kinds of organic manure (cow dung, straw + phacelia intercrop, control without manure) and five doses of mineral nitrogen (0, 60, 90, 120, 180 kg ha⁻¹) were applied. The direct surplus economic category was used in effectiveness estimation of the investigated fertilization variants. The analysis revealed the best effectiveness at the use of cow dung (30 t·ha⁻¹) and mineral nitrogen in the dose of 120 kg·ha⁻¹.

Key words: direct surplus, fertilization, sugar beet, root yield

WSTĘP

W ostatnich latach udział cukru buraczanego w stosunku do trzcinowego w skali światowej systematycznie maleje i w 2002 roku stanowił tylko 16%. Sytuacja ta spowodowana jest problemami związanymi z transformacją przemysłu cukrowniczego w Europie Środkowej i Wschodniej, a także otwarciem się rynku europejskiego na import z krajów słabo rozwiniętych (Wyszyński, 2004). W ostatnim czasie nastąpiły również znaczące zmiany w produkcji buraka w Polsce. W latach 1998–2002 zmniejszył się areal plantacji z 383 do 295 tys. ha. Spadła również liczba plantatorów z 166 tys. do 95 tys. (Malec, 2004). Obecnie z uprawy buraka rezygnują głównie mniejsze gospodarstwa z uwagi na stale rosnące nakłady finansowe. Coraz częściej producentami surowca buraczanego są duże gospodarstwa bezinwentarzowe, specjalizujące się w produkcji roślinnej w płodozmianie uproszczonym. Nasuwa się zatem pytanie, w jakim stopniu inne formy nawozów organicznych mogą zastąpić tradycyjny obornik. Wyniki licznych badań (Ceglarek i in., 1997; Ostrowska, Kucińska, 1998) wskazują, że obornik można zastąpić mniej energochłonną, tańszą biomasą, jak np.: słoma z dodatkiem nawozu azotowego lub nawóz zielony z przyoranych międzyplonów, co pozwala na obniżenie nakładów pracy ludzkiej i maszyn a także na zmniejszenie zużycia nawozów sztucznych.

Celem pracy było określenie rolniczej i ekonomicznej efektywności produkcji buraka cukrowego przy zastosowaniu dwóch form nawozów organicznych i wzrastających dawek azotu zastosowanego w nawozie mineralnym.

MATERIAŁ I METODY

Badania oparto na statycznym doświadczeniu polowym prowadzonym w latach 2000–2002, w Zakładzie Doświadczalnym Chylce (ok. 40 km od Warszawy), założonym w 1985 roku. Burak uprawiano w płodozmianie trójpolowym — burak cukrowy — pszenica ozima — jęczmień ozimy + międzyplon.

Doświadczenie zlokalizowano na czarnej ziemi zdegradowanej, kompleksu żyniego bardzo dobrego, klasy bonitacyjnej IIb, zasobnej w fosfor i potas, o odczynie pH_{KCl} 6,3. Doświadczenie dwuczynnikowe założono w układzie split — blok, w czterech powtórzeniach.

— Czynniki I rzędu — A — nawożenie organiczne:

— A₀ — bez nawożenia organicznego (kontrola); A₁ — obornik w dawce 30 t·ha⁻¹ raz na 3 lata;

— A₂ — pod burak cukrowy — słoma jęczmienna + nawóz azotowy (mocznik w dawce 100 kg·ha⁻¹) + międzyplon facelia

— Czynniki II rzędu — B — dawki azotu mineralnego:

— B₀ — 0; B₁ — 60; B₂ — 90; B₃ — 120; B₄ — 180 kg N·ha⁻¹.

Dawki 60, 90, 120 kg N·ha⁻¹ dzielono i zastosowano w 2 terminach. Przed siewem 30 kg N·ha⁻¹ i następnie w stadium trzeciej pary liści rozwiniętych odpowiednio 30, 60 i 90 kg N·ha⁻¹. Natomiast dawkę 180 kg N·ha⁻¹ zastosowano w 3 terminach, w pierwszych dwóch zastosowano odpowiednio 30 i 90 kg N·ha⁻¹ oraz w stadium czterech i więcej par liści

rozwiniętych (KD 19) pozostałe 60 kg N·ha⁻¹. Dawka nawozów fosforowych i potasowych była stała we wszystkich wariantach i wynosiła 48 kg P·ha⁻¹ oraz 166 kg K·ha⁻¹.

Wyniki opracowano statystycznie posługując się analizą zmienności ANOVA SGGW.

W ocenie ekonomicznej efektywności nawożenia wykorzystano metodę porównania nadwyżki bezpośredniej uzyskanej w poszczególnych kombinacjach nawozowych. Stąd też uwzględniono jedynie te koszty zmienne, które różnicowały dane kombinacje (tab. 1).

Tabela 1

Koszty zmienne uwzględnione w kalkulacji ekonomicznej (wg danych publikowanych przez IERiGŻ i IBMER)

Variable costs taken into economic calculation (by data from IERiGŻ and IBMER)

Wyszczególnienie Description	Jednostka Unit	2000	2001	2002	Średni koszt Average cost
Eksploatacja: Exploitation of:					
ładowacz obornika „Cyklop” cow dung loader	PLN·ha ⁻¹	12,70	13,76	13,91	13,46
rozrzućnika do obornika cow dung spreader		358,00	377,40	407,40	389,93
rozdrabniacz słomy straw fragmentizer		98,35	104,60	99,81	100,92
siewnika do wysiewu facelii sowing machine to phacelia		47,80	51,98	52,85	50,88
rozsiwacz nawozów spreader for fertilizers		24,50	25,85	26,63	25,66
Cena: Price for:					
nasion facelii phacelia seeds	PLN·kg ⁻¹	14,00	14,00	14,00	14,00
saletry amonowej (nawożenie buraka) ammonium salpeter		473,40	563,40	537,60	524,8
mocznika urea (for straw)		531,80	691,20	668,00	630,33

Jako kryteria oceny efektywności ekonomicznej produkcji w poszczególnych wariantach nawozowych przyjęto: wielkość plonu korzeni buraka cukrowego, wartość produkcji brutto (przyjmując ceny korzeni zgodnie z danymi IERiGŻ: 2000 — 102,00; 2001 — 111,22; 2002 — 115,50 PLN·t⁻¹), koszty zmienne różnicujące badane warianty nawożenia (Muzalewski, 2000/1, 2001/1, 2002/1) oraz nadwyżkę bezpośrednią wynikającą z różnicy wartości produkcji korzeni i uwzględnionych kosztów zmiennych (Zimny, 1997; Grontkowska, 1998). W przeprowadzonej ocenie założono, że nawozy organiczne takie jak: obornik i słoma stosuje się, wówczas gdy są one produktami ubocznymi w danym gospodarstwie. Dlatego też w kalkulacji kosztów nie uwzględniono ich wartości.

WYNIKI

W latach 2000–2002 średni plon korzeni buraka cukrowego wyniósł 52,64 t·ha⁻¹. W zależności od kombinacji nawozowej wahał się od 28,32 do 64,90 t·ha⁻¹ (tab. 2).

Tabela 2

Plon korzeni buraka cukrowego ($t \cdot ha^{-1}$) uzyskany w latach 2000–2002. ZD Chylice, SGGW
Root yield in 2000–2002. Chylice Experimental Station, Warsaw Agricultural University

Nawożenie Fertilization		Plon korzeni ($t \cdot ha^{-1}$) Root yield ($t \cdot ha^{-1}$)			Średnio Average 2000–2002	Średnio w stosunku do kontroli = 100 Average in relation to control (%)
organiczne organic	azotem — nitrogen ($kg N \cdot ha^{-1}$)	2000	2001	2002		
Bez nawożenia organicznego	B ₀ — 0	39,20	11,37	34,40	28,32	100
Without organic fertilization	B ₁ — 60	57,00	22,41	41,17	40,19	100
Kontrola	B ₂ — 90	62,60	35,23	44,88	47,57	100
Control	B ₃ — 120	63,00	43,75	47,69	51,48	100
A ₀	B ₄ — 180	67,70	43,72	49,29	53,57	100
A ₀ — średnio A ₀ — average		57,90	31,30	43,49	44,23	100
Obornik	B ₀ — 0	48,40	39,05	43,33	43,59	153,92
Cow manure	B ₁ — 60	66,30	54,01	51,76	57,36	142,72
30 $t \cdot ha^{-1}$	B ₂ — 90	68,00	52,23	57,76	59,33	124,72
	B ₃ — 120	75,50	52,76	69,00	65,75	127,72
A ₁	B ₄ — 180	77,20	51,56	64,97	64,58	120,55
A ₁ — średnio A ₁ — average		67,1	49,92	57,36	58,12	131,40
	B ₀ — 0	43,90	30,56	41,14	38,53	136,05
Słoma + facelia	B ₁ — 60	65,90	52,87	46,52	55,10	137,09
Straw + phacelia	B ₂ — 90	69,40	53,10	51,10	57,87	121,65
	B ₃ — 120	74,40	53,18	56,65	61,41	119,29
A ₂	B ₄ — 180	73,30	57,53	63,86	64,90	121,15
A ₂ — średnio A ₂ — average		65,40	49,45	51,85	55,56	125,62
Nawożenie N	B ₀ — 0	43,83	26,99	39,62	36,82	100
N-fertilization	B ₁ — 60	63,07	43,07	46,48	50,88	138,18
	B ₂ — 90	66,67	46,85	51,25	54,92	149,16
B — średnio	B ₃ — 120	70,97	49,90	57,78	59,55	161,73
B — average	B ₄ — 180	72,73	50,94	59,37	61,01	165,70
Średnia z doświadczenia		63,46	43,55	50,90	52,64	
Total average						

NIR LSD: A = 9,52; B = 6,09; A/B = n.i.; B/A = n.i.

Zarówno nawozy organiczne (obornik w dawce $30 t \cdot ha^{-1}$ jak i słomą + facelia) wpłynęły istotnie na zwiększenie plonu korzeni. Niezależnie od zastosowanej dawki azotu, zwyżka plonu korzeni pod wpływem stosowania obornika w dawce $30 t \cdot ha^{-1}$ wynosiła $13,89 t \cdot ha^{-1}$ (31,40%) natomiast pod wpływem słomy + facelia $11,33 t \cdot ha^{-1}$ (25,62%) w stosunku do kontroli (bez nawożenia organicznego). Różnica między działaniem obornika a słomą + facelia wynosiła średnio $2,56 t \cdot ha^{-1}$ i była nieistotna statystycznie. Podobne zależności stwierdzono w poszczególnych latach badań.

Nawożenie azotem mineralnym w większym stopniu aniżeli organiczne różnicowało wielkość plonu korzeni, który był większy o 38,18%–65,70% przy zastosowaniu dawek 60–180 $kg N \cdot ha^{-1}$ w stosunku do kontroli (N = 0). Ponadto plony korzeni uzyskane pod

wpływem dawek 120 i 180 kg N·ha⁻¹ były istotnie większe w porównaniu odpowiednio do dawki 60 kg N·ha⁻¹ i 90 kg N·ha⁻¹.

Wielkość zysku brutto zależna od wielkości plonu korzeni w badanym okresie wynosiła średnio 5731,85 PLN·ha⁻¹ i wahała się od 3078,72 do 7179,49 PLN·ha⁻¹ (tab. 3). Koszty zmienne wynikające ze zróżnicowanych obiektów nawozowych wahały się od 0 (bez nawozów organicznych i N) do 703,86 PLN·ha⁻¹ przy nawożeniu słomą + facelia i 180 kg N·ha⁻¹.

Tabela 3

Nadwyżka bezpośrednia wyliczona metodą kalkulacji różnicowej, produkcji korzeni buraka cukrowego z lat 2000–2002
Direct surplus resulting from differentiated calculation of sugar beet root production average for 2000–2002

Nawożenie Fertilization		Przychód brutto Gross income PLN·ha ⁻¹	Koszty zmienne Variable costs PLN·ha ⁻¹	Nadwyżka bezpośrednia Direct surplus PLN·ha ⁻¹	Nadwyżka bezpośrednia w stosunku do kontroli Direct surplus in relation to control
organiczne organic	azotem nitrogen (kg N·ha ⁻¹)				%
Bez nawożenia organicznego Control A ₀	B ₀ — 0	3078,72	0	3078,72	100
	B ₁ — 60	4353,85	135,15	4218,70	100
	B ₂ — 90	5162,36	190,35	4972,01	100
	B ₃ — 120	5600,02	238,16	5361,87	100
	B ₄ — 180	5820,31	354,67	5465,64	100
A ₀ — średnio Average		4803,05	183,66	4619,39	100
Obornik Cow manure 30 t·ha ⁻¹ A ₁	B ₀ — 0	4761,51	134,56	4626,95	150,28
	B ₁ — 60	6249,29	269,71	5979,58	141,74
	B ₂ — 90	6472,10	324,91	6147,19	123,64
	B ₃ — 120	7179,49	372,72	6806,77	126,95
	B ₄ — 180	7037,63	489,26	6548,38	119,81
A ₁ — średnio Average		6340,01	318,23	6021,78	132,84
Słoma + facelia straw + phacelia A ₂	B ₀ — 0	4209,43	349,16	3860,26	125,38
	B ₁ — 60	5991,69	484,31	5507,38	130,55
	B ₂ — 90	6295,53	539,51	5756,01	115,77
	B ₃ — 120	6682,19	587,32	6094,87	113,67
	B ₄ — 180	7083,63	703,86	6379,77	116,72
A ₂ — średnio A ₂ — average		6052,49	532,83	5519,66	120,42
Nawożenie N N- fertilization B — średnio B — average	B ₀ — 0	4016,55	161,24	3 855,31	100
	B ₁ — 60	5531,61	296,39	5 235,22	135,79
	B ₂ — 90	5976,66	351,59	5 625,07	156,76
	B ₃ — 120	6487,23	399,40	6 087,84	169,66
	B ₄ — 180	6647,19	515,93	6131,26	170,87
Średnia z doświadczenia Total average		5731,85	344,91	5386,94	

Nadwyżka bezpośrednia. Direct surplus - NIR LSD A = 1182,08.; B = 651,92; A/B = n.i.; B/A = n.i.

Z porównywanych form nawozów organicznych, nawożenie obornikiem okazało się tańsze od nawożenia słomą + facelia. Natomiast koszty nawożenia azotem były proporcjonalne do wielkości dawek N.

Nadwyżka bezpośrednia wyliczona z różnicy zysku brutto i kosztów zmiennych wynosiła średnio 5386,94 PLN·ha⁻¹ i wahała się od 3078,72 do 6806,77 PLN·ha⁻¹. Nawożenie organiczne powodowało zwiększenie nadwyżki o 1402,39 PLN·ha⁻¹ w przypadku stosowania obornika i 900,27 PLN·ha⁻¹ pod wpływem słomy + facelia w stosunku do kontroli, przy czym statystycznie istotne okazało się jedynie stosowanie obornika.

Niezależnie od nawożenia organicznego, nawożenie azotem w zakresie dawek 60–180 kg N·ha⁻¹ także miało istotny wpływ na zwiększenie opłacalności produkcji buraka w stosunku do kontroli (bez nawożenia mineralnego). Ponadto nadwyżki uzyskane przy stosowanych dawkach 120 i 180 kg N·ha⁻¹ były również istotnie większe w porównaniu do dawki 60 kg N·ha⁻¹.

WNIOSKI

1. Efektywność ekonomiczna produkcji surowca buraczanego w większym stopniu zależy od wielkości plonu korzeni niż od poniesionych kosztów nawożenia.
2. Nawożenie obornikiem jest efektywniejsze niż nawożenie nawozem pochodzenia roślinnego takim jak słoma + facelia.
3. Nawożenie buraka cukrowego azotem jest uzasadnione ekonomicznie do dawki 120 kg N·ha⁻¹.

LITERATURA

- 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". Wydaw. SGGW, Warszawa: 126 — 127.
- Grontkowska A. 1998. Kalkulacje niepełne, Wieś Jutra. Nr sygnały: 31.
- Muzalewski A. 2000, 2001, 2002. Koszty eksploatacji maszyn., IBMER, Warszawa.
- Malec J. 2004. Przemysł cukrowniczy w Polsce, kwoty cukrowe, kontraktacje. Wieś Jutra 2 (67): 4.
- Ostrowska D., Kucińska K. 1998. Reakcje cukrowe repy na różne formy organicznych hnojiv a stupnovane davku dusiku. Sbornik z konference „Reparstvi 1998”. AF CZU v Praze.
- Wyszyński Z. 2004. Cukier buraczany a cukier trzcinowy. Wieś Jutra 2 (67): 2.
- Zimny L. 1997. Koszty produkcji buraka cukrowego w warunkach zróżnicowanych technologii uprawy., Mat. Konf. "Postęp w uprawie buraka cukrowego i w jakości korzeni". Wydaw. SGGW: 96 — 97.

DANUTA BURACZYŃSKA**FELIKS CEGLAREK**Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Akademia Podlaska w Siedlcach

Znaczenie nawozów zielonych z międzyplonów wsiewek i słomy w uprawie buraka cukrowego Część I. Zachwaszczenie plantacji buraka cukrowego

**The role of green manures, in form of undersown cover crops, and straw in sugar
beet cultivation**

Part I. Sugar beet plantations infestation with weeds

Celem badań była ocena wpływu biomasy międzyplonu wsiewki (obiekt kontrolny bez masy organicznej, obornik, międzyplon wsiewka: lucerna chmielowa, życica westerwoldzka, lucerna chmielowa + życica westerwoldzka) i słomy jęczmiennej (obiekt bez słomy, obiekt ze słomą) na zachwaszczenie plantacji buraka cukrowego. Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 1997–2000 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Zawadach, na glebie kompleksu zbożowo-pastewnego mocnego, metodą split-block w trzech powtórzeniach. W eksperymencie badano: skład gatunkowy, liczbę i powietrznie suchą masę chwastów w łanie buraka cukrowego po jego wschodach i w terminie zbioru. Zachwaszczenie buraka cukrowego w kombinacjach nawożonych organicznie było istotnie mniejsze w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Działanie biomasy mieszanki lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką na ograniczenie zachwaszczenia buraka cukrowego po wschodach było zbliżone do wpływu obornika, a w terminie zbioru korzystniejsze od obornika. Dominującymi gatunkami chwastów w zasiewach buraka cukrowego po wschodach były: *Agropyron repens*, *Chenopodium album*, *Echinochloa crus-galli*, *Galium aparine*, *Viola arvensis*. W terminie zbioru buraka cukrowego na większości badanych obiektów występował: *Agropyron repens*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Solanum nigrum*, *Stellaria media*.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, chwasty, międzyplon wsiewka, obornik, słoma

The research aimed at evaluation of the effect of biomass of undersown cover crop (the control treatment without organic mass, farmyard manure, undersown cover crop: black medic, Westerwold ryegrass, black medic + Westerwold ryegrass) and barley straw (the treatment without straw and the treatment with straw application) on weed infestation of sugar beet field. The field experiment was carried out in the split-block design with three replications, at the Experimental Farm in Zawady, on a cereal-fodder strong soil, in the years 1997–2000. Species composition, number of weeds and their air dry weight were studied after sugar beet germination and at the harvest date. Sugar beet weed infestation

was significantly lower in the combinations including organic fertilization, when compared with the control treatment. The effect of biomass of the mixture of black medic and Westerwold ryegrass, which limited the weed infestation of sugar beet after its germination, was similar to the effect of farmyard manure and even more favourable at the harvest time. After sugar beet germination, the dominating weed species were: *Agropyron repens*, *Chenopodium album*, *Echinochloa crus-galli*, *Galium aparine*, *Viola arvensis*. At the sugar beet harvest date, *Agropyron repens*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Solanum nigrum*, *Stellaria media*, were found on most of the experimental plots.

Key words: farmyard manure, sugar beet, straw, undersown cover crop, weeds

WSTĘP

Zmniejszająca się liczba uprawianych gatunków roślin w specjalistycznym rolnictwie prowadzi do uproszczeń w tradycyjnej gospodarce płodozmianowej (Bockmann i Knoth, 1971; Banaszak i in., 1998 a). Uproszczenia te stwarzają niebezpieczeństwo powstawania i nagromadzenia się w agrocenozie czynników ograniczających plonowanie roślin uprawnych, do których należy m.in. zachwaszczenie, występowanie chorób i szkodników oraz jednostronne wyczerpanie gleby ze składników pokarmowych i zachwianie jej równowagi biologicznej (Gonet i Gonet, 1981; Zawislak i Adamiak, 1987; Pawłowski i Deryło, 1991; Banaszak i in. 1998 b). Wśród wielu zabiegów przeciwdziałających "zmęczeniu" gleby w płodozmianach z dużym udziałem buraka cukrowego jak i zbóż, największe znaczenie w przywróceniu równowagi w agrocenozie przypisuje się roślinom regenerującym, tzw. przerywaczom i nawożeniu organicznemu (Niewiadomski, 1980; Pawłowski i Deryło, 1991; Banaszak i in., 1998 a, b). Przy znacznych niedoborach obornika oraz problemach ze zbilansowaniem substancji organicznej w glebie dużego znaczenia nabrało w praktyce rolniczej stosowanie nawozów zielonych z międzyplonów i słomy (Pawłowski i Deryło, 1991; Gutmański i Pikulik, 1992; Zimny, 1994; Banaszak i in., 1998a; Gutmański i in., 1999; Kordas, 2000; Wesołowski i Bętkowski, 2000).

Celem badań było określenie wpływu biomasy międzyplonu wsiewki i słomy na stan zachwaszczenia plantacji buraka cukrowego po jego wschodach i w terminie zbioru. Porównano także oddziaływanie nawozów zielonych z działaniem obornika na zachwaszczenie łanu buraka cukrowego.

MATERIAŁ I METODY

Podstawę badań stanowiły ściśle doświadczenia polowe przeprowadzone w latach 1997–2000 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Zawadach, na glebie kompleksu zbożowo-pastewnego mocnego, klasy bonitacyjnej IIIb, o odczynie obojętnym, średniej zasobności w fosfor, potas i magnez przyswajalny. Doświadczenie dwuczynnikowe założono metodą split-block, w trzech powtórzeniach. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 24,3 m². Czynnikiem I rzędu było nawożenie biomasą międzyplonu wsiewki: obiekt kontrolny (bez masy organicznej), obornik, międzyplon wsiewka: lucerna chmielowa, życica westerwoldzka, lucerna chmielowa + życica westerwoldzka). Czynnikiem II rzędu było nawożenie słomą jęczmienną: obiekt bez słomy, obiekt ze słomą.

Rośliną ochronną dla międzyplonów wsiewek był jęczmień jary uprawiany na ziarno. Przedprzedplonem dla jęczmienia była pszenica ozima, a przedplonem mieszanka zbożowo-strączkowa. Burak cukrowy uprawiany był na tym samym polu co sześć lat. Podczas zbioru jęczmienia jarego w trzeciej dekadzie lipca określono plon słomy, który wynosił średnio $5,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na obiektach bez słomy, słomę zebrano i wywieziono z pola, a w kombinacjach ze słomą rozdrobnioną słomę pozostawiono na polu. Na poletkach ze słomą, z wyjątkiem kombinacji z lucerną chmielową, zastosowano wyrównawczą dawkę azotu w ilości $0,7 \text{ kg}$ na 1 dt słomy. W trzeciej dekadzie października, przed pocięciem międzyplonów, określono plon ich świeżej masy kośnej. Średnia masa lucerny chmielowej wynosiła $14,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (w roku: 1997 — $12,9$; 1998 — $14,3$; 1999 — $14,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), życicy westerwoldzkiej — $20,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (w roku: 1997 — $18,5$; 1998 — $21,1$; 1999 — $21,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) i mieszanki lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką — $18,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (w roku: 1997 — $16,7$; 1998 — $18,6$; 1999 — $18,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Na wyznaczony obiekt zastosowano obornik bydlęcy w dawce $30,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ i przyorano go w tym samym terminie co słomę jęczmienną i biomasę międzyplonu wsiewki, tj. w trzeciej dekadzie października.

W pierwszym roku po zastosowaniu nawozów organicznych uprawiano buraki cukrowe odmiany Janina. W czasie wiosennego przygotowywania pola rozsiano nawozy fosforowo-potasowe i 2/3 azotowych w ilości: $90 \text{ kg P}_2\text{O}_5\cdot\text{ha}^{-1}$, $170 \text{ kg K}_2\text{O}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Pozostałą część azotu ($40 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) stosowano po korekcie obsady. Nasiona buraka cukrowego wysiano w trzeciej dekadzie kwietnia. Chwasty zwalczano mechanicznie i środkami chemicznymi: Pyramin Turbo 520 SC (przedsiewnie), Betanal Progress AM 180 EC i Fusilade Super 125 EC (po wschodach).

Zachwaszczenie ładu buraka cukrowego oceniono w dwóch terminach metodą ilościowo-jakościową, po przedsiewnym zastosowaniu herbicydów, bezpośrednio przed rozpoczęciem zabiegów pielęgnowania mechanicznego oraz w terminie zbioru buraka cukrowego. Metoda polegała na oznaczeniu w dwóch losowo wybranych miejscach (o powierzchni $0,5 \text{ m}^2$) na każdym obiekcie liczby i powietrznie suchej masy chwastów oraz składu gatunkowego.

Uzyskane dane poddano analizie statystycznej, a istotność różnic między średnimi weryfikowano testem Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Specyfika uprawy roślin okopowych charakteryzuje się występowaniem zachwaszczenia pierwotnego we wczesnych stadiach rozwojowych, a następnie wtórnego w drugiej połowie wegetacji (Łęgowski i Wyszczepański, 1997).

W badaniach autorów udowodniono istotny wpływ lat na zachwaszczenie ładu buraka cukrowego. Liczba siewek chwastów po wschodach buraka cukrowego wynosiła (w szt. $\cdot\text{m}^{-2}$): $92,4$ w 1998 roku, $121,6$ w 1999 roku, $85,2$ w 2000 roku, a ich sucha masa odpowiednio ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$): $44,0$; $54,5$; $40,2$. W terminie zbioru buraka cukrowego stwierdzono następującą liczbę chwastów (w szt. $\cdot\text{m}^{-2}$): $19,3$ w 1998 roku, $26,1$ w 1999 roku, $17,3$ w 2000 roku. Powietrznie sucha masa chwastów w kolejnych latach badań wynosiła ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$): $68,2$; $80,4$; $62,9$.

Zachwaszczenie plantacji buraka cukrowego po jego wschodach i w terminie zbioru było istotnie największe w roku 1999. Liczba i sucha masa chwastów w łanie buraka cukrowego w roku 1998 i 2000 były zbliżone. Nie wystąpiło współdziałanie czynników doświadczenia z latami.

Stosowane pod burak cukrowy nawozy organiczne spowodowały istotne zróżnicowanie zachwaszczenia (tab. 1).

Tabela 1

Stan zachwaszczenia plantacji buraka cukrowego (średnie z lat 1998–2000)
Weed infestation of sugar beet plantations (means from 1998–2000)

Nawożenie biomasą międzyplonu wsiewki Fertilization with undersown cover crop biomass	Zachwaszczenie po wschodach buraka cukrowego Weeds after sugar beet germination						Zachwaszczenie w terminie zbioru buraka cukrowego Weeds at the sugar beet harvest date					
	liczba chwastów (szt.·m ⁻²) number of weeds (no.·m ⁻²)			powietrznie sucha masa chwastów air dry weight of weeds (g·m ⁻²)			liczba chwastów (szt.·m ⁻²) number of weeds (no.·m ⁻²)			powietrznie sucha masa chwastów air dry weight of weeds (g·m ⁻²)		
	nawożenie słomą* straw fertilization*											
	1	2	x	1	2	x	1	2	x	1	2	x
Obiekt kontrolny Control treatment	156,4	124,3	140,4	72,6	58,0	65,3	34,5	27,7	31,1	118,2	97,3	107,8
Obornik Farmyard manure	83,1	69,7	76,4	36,8	30,4	33,6	20,3	16,8	18,6	70,1	59,2	64,7
Międzyzplon wsiewka; Undersown cover crop:												
Lucerna chmielowa Black medic	119,7	92,8	106,3	58,9	45,1	52,0	21,6	17,3	19,5	64,8	57,6	61,2
Życica westerwoldzka Westerwolds ryegrass	101,6	90,9	96,3	46,1	42,6	44,4	23,8	18,6	21,2	69,7	61,3	65,5
Lucerna chmielowa + życica Black medic + Westerwolds ryegrass	89,8	68,7	79,3	39,1	32,9	36,0	15,1	13,1	14,1	55,3	51,7	53,5
Średnie Means	110,1	89,3	-	50,7	41,8	-	23,1	18,7	-	75,6	65,4	—
NIR _{0,05} LSD _{0,05}												
Nawożenie biomasą międzyplonu wsiewki Fertilization with undersown cover crop biomass			7,0			4,2			2,8			4,7
Nawożenie słomą Straw fertilization			6,4			3,7			1,9			4,1
Nawożenie biomasą międzyplonu wsiewki × nawożenie słomą Fertilization with undersown cover crop biomass × straw fertilization			7,8			4,5			3,2			5,1

*1 — Obiekt bez słomy; The treatment without straw application

2 — Obiekt ze słomą; The treatment with straw application

Niezależnie od nawożenia słomą, przyoranie pod burak cukrowy obornika i biomasy międzyplonu wsiewki zmniejszyło liczbę i powietrznie suchą masę chwastów na plantacji buraka cukrowego po jego wschodach i w terminie zbioru, w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Po wschodach buraka cukrowego stwierdzono mniej siewek chwastów od

34,1 do 64,0 szt. $\cdot$ m⁻² i mniejszą ich masę od 13,3 do 31,7 g $\cdot$ m⁻². Najmniej zachwaszczone były kombinacje nawożone obornikiem i biomasą mieszanki lucerny chmielowej z życią westerwoldzką, a najbardziej, poza kombinacją kontrolną, obiekty z lucerną chmielową. Różnica w zachwaszczeniu, wyrażonym liczbą i masą wschodzących chwastów, między obiektem nawożonym obornikiem a lucerną chmielową wynosiła 29,9 szt. $\cdot$ m⁻² i 18,4 g $\cdot$ m⁻². W terminie zbioru buraka cukrowego na obiektach nawożonych organicznie liczba chwastów była mniejsza od 9,9 do 17,0 szt. $\cdot$ m⁻², a masa od 42,3 do 54,3 g $\cdot$ m⁻² w porównaniu z kombinacją kontrolną. Istotnie najmniejszą liczbę i masę chwastów w łanie buraka cukrowego przed zbiorem odnotowano na obiekcie z mieszanką lucerny chmielowej z życią westerwoldzką. Zachwaszczenie w kombinacjach nawożonych obornikiem, lucerną chmielową i życią westerwoldzką było zbliżone. Korzystne oddziaływanie międzyplonów na ograniczenie zachwaszczenia plantacji buraka cukrowego stwierdziło wielu autorów (Garbe i Heitefuß, 1986; Pawłowski i Deryło, 1991; Gutmański i Pikulik, 1992; Banaszak i in., 1998 b; Gutmański i in., 1999; Kordas, 2000; Szymczak-Nowak i in., 2002). Natomiast Zimny (1994) nie wykazał odchwaszczającego działania międzyplonów ścierniskowych w uprawie buraka cukrowego. Masa roślinna, a zwłaszcza substancje powstające w czasie jej rozkładu, mogą w zależności od panujących warunków różnie oddziaływać na środowisko glebowe. Z jednej strony jest ona źródłem substancji organicznej, z drugiej jednak strony może zachodzić immobilizacja azotu, rozwój szkodliwych drobnoustrojów lub chemiczna modyfikacja środowiska, prowadząca do zahamowania wzrostu i rozwoju roślin (Wójcik-Wojtkowiak, 1987; Kubiak, 1995). Poglądy na temat wpływu nawożenia obornikiem na zachwaszczenie buraka cukrowego nie są jednoznaczne. Kordas (2000) udowodnił negatywne oddziaływanie nawożenia obornikiem na poziom zachwaszczenia w terminie zbioru buraka cukrowego. Z kolei w eksperymencie Krężla (1991) jesienne sposoby przyorywania obornika nie różnicowały masy chwastów przed zbiorem buraka cukrowego w porównaniu z obiektem bez obornika. Istotnie najmniejsze zachwaszczenie plantacji buraka cukrowego wyżej wymieniony autor stwierdził na poletkach, na których obornik przyorywano na wiosnę.

W badaniach własnych nawożenie buraka cukrowego słomą przyczyniło się do istotnie mniejszego zachwaszczenia mierzonego liczbą i powietrznie suchą masą chwastów zarówno po wschodach (średnio o 20,8 szt. $\cdot$ m⁻² i 8,9 g $\cdot$ m⁻²) jak i w terminie zbioru (średnio o 4,4 szt. $\cdot$ m⁻² i 10,2 g $\cdot$ m⁻²) w porównaniu z kombinacją bez słomy. Słoma ogranicza rozwój chwastów, w związku z wydzielaniem podczas jej rozkładu w glebie substancji o charakterze inhibitorów (Kolb i Stumpe, 1975; Dziadowiec, 1987).

Z interakcji czynników doświadczenia wynika, że zarówno na obiektach bez słomy, jak i ze słomą, zastąpienie obornika biomasą lucerny chmielowej i życicy westerwoldzkiej zwiększyło istotnie liczbę i masę siewek chwastów po wschodach buraka cukrowego. Natomiast działanie biomasy mieszanki lucerny chmielowej z życią westerwoldzką na stan zachwaszczenia plantacji buraka cukrowego po wschodach było zbliżone do wpływu obornika. Wystąpiło także współdziałanie badanych czynników nawozowych w odniesieniu do liczby i masy chwastów na plantacji buraka cukrowego w terminie jego

zbioru. Liczba i masa chwastów w łanie buraka cukrowego nawożonego mieszaną lucerną chmielowej z życicą westerwoldzką w odniesieniu do obornika była istotnie mniejsza, zarówno w kombinacjach bez słomy, jak i ze słomą. Na obiekcie nawożonym biomasą życicy westerwoldzkiej stwierdzono większą liczebność chwastów, a w kombinacji nawożonej lucerną chmielową mniejszą masę chwastów w porównaniu z obornikiem. Pozostałe kombinacje nawozowe z międzyplonami wsiewek nie różnicowały istotnie zachwaszczenia w odniesieniu do obornika. Wy tłumaczenia opisanych faktów można dopatrywać się w zróżnicowanej zdolności konkurencyjnej buraka cukrowego na badanych kombinacjach nawozowych, uzależnionej m.in. od szybkości mineralizacji przyorywanej masy organicznej (Buraczyńska, 2004). Racjonalne nawożenie mineralne i organiczne stwarzając korzystne warunki troficzne roślinom uprawnym częściowo ogranicza występowanie chwastów (Wesołowski, 1994; Kordas i Perylak, 1998). Wesołowski i Bętkowski (2000) nie wykazali istotnych różnic w działaniu obornika i nawozów zielonych z międzyplonów ścierniskowych na stan zachwaszczenia łanu buraka cukrowego. Należy jednak zaznaczyć, że w badaniach wyżej wymienionych autorów rodzaj stosowanego nawozu organicznego nie zmieniał także plonu korzeni buraka cukrowego.

Na plantacji buraka cukrowego w terminie jego zbioru liczba chwastów była mniejsza od 57,8 do 109,3 szt. $\cdot$ m⁻², a masa chwastów większa od 9,2 do 42,5 g $\cdot$ m⁻² w porównaniu z wskaźnikami zachwaszczenia po wschodach. Największe różnice w liczbie i masie chwastów stwierdzono w kombinacji kontrolnej. Powyższa zależność wynika z konkurencji wewnątrz zbiorowiska chwastów oraz między burakiem cukrowym a chwastami (Pawłowski, 1991, Reszel i in., 1994; Łęgowski i Wismulek, 1997). Zmniejszona liczebność chwastów w zachwaszczeniu wtórnym jest kompensowana przez nadmierne rozrastanie się poszczególnych gatunków chwastów (Łęgowski i Wismulek, 1997).

Dominujące gatunki chwastów występujące na badanych obiektach nawozowych po wschodach i w terminie zbioru buraka cukrowego podano w tabeli 2 i 3. Po wschodach buraka cukrowego w zbiorowisku chwastów we wszystkich kombinacjach dominowały takie gatunki jak: *Agropyron repens*, *Chenopodium album*, *Echinochloa crus-galli*, *Galium aparine*, *Viola arvensis*. W terminie zbioru buraka cukrowego na każdym obiekcie występował *Agropyron repens*. *Chenopodium album* nie stwierdzono tylko w kombinacji nawożonej obornikiem. Było to związane w pewnym stopniu z dużą i korzystną końcową obsadą buraka cukrowego oraz wysokim plonem korzeni i liści buraka w kombinacji z obornikiem (Buraczyńska, 2004), a także z wrażliwością *Chenopodium album* na stosowane herbicydy (Rola, 1994). Również w badaniach Kordasa (2000) po wprowadzeniu obornika do gleby liczba *Chenopodium album* w łanie buraka cukrowego na ogół malała. W warunkach omawianego doświadczenia w terminie zbioru buraka cukrowego na większości badanych obiektów występowała także *Stellaria media*, *Solanum nigrum* i *Amaranthus retroflexus*. Skład gatunkowy chwastów na plantacji buraka cukrowego w terminie jego zbioru uległ zmianie w porównaniu ze składem zbiorowiska chwastów po wschodach buraka. W terminie zbioru buraka cukrowego z łanu wypadła *Echinochloa crus-galli* i *Polygonum convolvulus*, a pojawiły się takie gatunki jak:

Amaranthus retroflexus, *Capsella bursa-patoris*, *Galinsoga parviflora*, *Lamium purpureum*, *Tripleurospermum inodorum*, *Solanum nigrum*. Całkowite wyeliminowanie z plantacji buraka cukrowego *Echinochloa crus-galli* i *Capsella bursa-patoris* wynikało m.in. ze skutecznego działania stosowanych w doświadczeniu herbicydów (Rola, 1994). Dynamika populacji chwastów i pojawianie się różnych ich gatunków w czasie sezonu wegetacyjnego, wiąże się bowiem z obecnością w glebie diaspór chwastów, które reagują odmiennie na zmieniające się czynniki siedliska (m.in. wilgotność, temperatura, nawożenie).

Tabela 2

Dominujące gatunki chwastów na plantacji po wschodach buraka cukrowego (średnie z lat 1998–2000)
Dominating weed species at the plantation after sugar beet germination (means from 1998–2000)

Nawożenie biomasa międzyplonu wsiewki Fertilization with undersown cover crop biomass	Nawożenie słomą Straw fertilization	
	obiekt bez słomy the treatment without straw application	obiekt ze słomą the treatment with straw application
Obiekt kontrolny Control treatment	<i>Agropyron repens</i>	<i>Agropyron repens</i>
	<i>Chenopodium album</i>	<i>Chenopodium album</i>
	<i>Echinochloa crus-galli</i>	<i>Echinochloa crus-galli</i>
	<i>Galium aparine</i>	<i>Galium aparine</i>
	<i>Polygonum convolvulus</i>	<i>Polygonum convolvulus</i>
	<i>Stellaria media</i>	<i>Stellaria media</i>
	<i>Viola arvensis</i>	<i>Viola arvensis</i>
Obornik Farmyard manure	<i>Agropyron repens</i>	<i>Agropyron repens</i>
	<i>Chenopodium album</i>	<i>Chenopodium album</i>
	<i>Echinochloa crus-galli</i>	<i>Echinochloa crus-galli</i>
	<i>Galium aparine</i>	<i>Galium aparine</i>
	<i>Polygonum convolvulus</i>	<i>Viola arvensis</i>
	<i>Stellaria media</i>	
	<i>Viola arvensis</i>	
międzyplon wsiewka: undersown cover crop:		
Lucerna chmielowa Black medic	<i>Agropyron repens</i>	<i>Agropyron repens</i>
	<i>Chenopodium album</i>	<i>Chenopodium album</i>
	<i>Echinochloa crus-galli</i>	<i>Echinochloa crus-galli</i>
	<i>Galium aparine</i>	<i>Galium aparine</i>
	<i>Polygonum convolvulus</i>	<i>Polygonum convolvulus</i>
	<i>Stellaria media</i>	<i>Stellaria media</i>
	<i>Viola arvensis</i>	<i>Viola arvensis</i>
Życica westerwoldzka Westerwolds ryegrass	<i>Agropyron repens</i>	<i>Agropyron repens</i>
	<i>Chenopodium album</i>	<i>Chenopodium album</i>
	<i>Echinochloa crus-galli</i>	<i>Echinochloa crus-galli</i>
	<i>Galium aparine</i>	<i>Galium aparine</i>
	<i>Viola arvensis</i>	<i>Viola arvensis</i>
Lucerna chmielowa + życica westerwoldzka Black medic + Westerwolds ryegrass	<i>Agropyron repens</i>	<i>Agropyron repens</i>
	<i>Chenopodium album</i>	<i>Chenopodium album</i>
	<i>Echinochloa crus-galli</i>	<i>Echinochloa crus-galli</i>
	<i>Galium aparine</i>	<i>Galium aparine</i>
	<i>Polygonum convolvulus</i>	<i>Viola arvensis</i>
	<i>Stellaria media</i>	
	<i>Viola arvensis</i>	

Tabela 3

Dominujące gatunki chwastów na plantacji w terminie zbioru buraka cukrowego (średnie z lat 1998–2000)**Dominating weed species at the plantation at the sugar beet harvest date (means from 1998–2000)**

Nawożenie biomasa międzyplonu wsiewki Fertilization with undersown cover crop biomass	Nawożenie słomą Straw fertilization	
	obiekt bez słomy the treatment without straw application	obiekt ze słomą the treatment with straw application
Obiekt kontrolny Control treatment	<i>Agropyron repens</i> <i>Capsella bursa-patoris</i> <i>Chenopodium album</i>	<i>Agropyron repens</i> <i>Amaranthus retroflexus</i> <i>Chenopodium album</i> <i>Galinsoga parviflora</i> <i>Galium aparine</i> <i>Solanum nigrum</i> <i>Stellaria media</i> <i>Viola arvensis</i>
Obornik Farmyard manure	<i>Agropyron repens</i> <i>Amaranthus retroflexus</i> <i>Solanum nigrum</i> <i>Stellaria media</i> <i>Tripleurospermum inodorum</i>	<i>Agropyron repens</i> <i>Amaranthus retroflexus</i> <i>Chenopodium album</i> <i>Solanum nigrum</i> <i>Stellaria media</i>
międzyplon wsiewka: undersown cover crop:		
Lucerna chmielowa Black medic	<i>Agropyron repens</i> <i>Chenopodium album</i> <i>Galinsoga parviflora</i> <i>Galium aparine</i> <i>Stellaria media</i>	<i>Agropyron repens</i> <i>Chenopodium album</i> <i>Galium aparine</i> <i>Solanum nigrum</i> <i>Stellaria media</i> <i>Viola arvensis</i>
Życica westerwoldzka Westerwolds ryegrass	<i>Agropyron repens</i> <i>Amaranthus retroflexus</i> <i>Chenopodium album</i> <i>Lamium purpureum</i> <i>Stellaria media</i>	<i>Agropyron repens</i> <i>Amaranthus retroflexus</i> <i>Chenopodium album</i> <i>Galinsoga parviflora</i> <i>Solanum nigrum</i> <i>Viola arvensis</i>
Lucerna chmielowa + życica westerwoldzka Black medic + Westerwolds ryegrass	<i>Agropyron repens</i> <i>Amaranthus retroflexus</i> <i>Chenopodium album</i> <i>Solanum nigrum</i>	<i>Agropyron repens</i> <i>Amaranthus retroflexus</i> <i>Chenopodium album</i> <i>Solanum nigrum</i> <i>Stellaria media</i>

Zależy także od warunków wzrostu i wydawania nasion przez chwasty (Zawiślak i Adamiak, 1987; Pawłowski, 1991; Reszek i in., 1994; Wesołowski, 1994; Łęgowski i Wysmułek, 1997). Wyniki badań własnych wskazują na brak wyraźnego różnicowania składu gatunkowego chwastów na plantacji buraka cukrowego w zależności od stosowanego nawożenia organicznego. Również Gutmański i wsp. (1999) oraz Szymczak-Nowak i wsp. (2002) badając obiekty doświadczalne z zastosowaniem nawozów zielonych z kilku gatunków roślin międzyplonowych nie wykazali zmian w składzie gatunkowym dominujących chwastów w łanie buraka cukrowego. Skład gatunkowy chwastów zależy w dużej mierze od gatunku rośliny uprawnej (Pałys i in., 1999) i zasobów gleby (banku nasion) (Zawiślak i Adamiak, 1987; Wesołowski, 1994).

WNIOSKI

1. Zastosowanie pod burak cukrowy obornika i biomasy międzyplonów wsiewek istotnie zmniejsza zachwaszczenie, mierzone liczbą i powietrznie suchą masą chwastów, zarówno po wschodach jak i terminie zbioru, w odniesieniu do obiektu kontrolnego.
2. Nawożenie słomą ogranicza zachwaszczenie łanu buraka cukrowego po jego wschodach i w terminie zbioru.
3. Działanie biomasy mieszanki lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką na ograniczenie zachwaszczenia plantacji buraka cukrowego po wschodach dorównuje obornikowi, a w terminie zbioru jest korzystniejsze. Natomiast zachwaszczenie buraka cukrowego po wschodach w kombinacjach z lucerną chmielową i życicą westerwoldzką jest istotnie większe, a w terminie zbioru zbliżone do obornika.
4. Po wschodach buraka cukrowego najmniej zachwaszczone są kombinacje z obornikiem i biomasą mieszanki lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką. W terminie zbioru buraka cukrowego najmniej zachwaszczony jest obiekt nawożony mieszanką lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką.
5. Dominującymi gatunkami chwastów w zasiewach buraka cukrowego po wschodach są: *Agropyron repens*, *Chenopodium album*, *Echinochloa crus-galli*, *Galium aparine*, *Viola arvensis*. W terminie zbioru buraka cukrowego w większości badanych kombinacji występują takie chwasty jak: *Agropyron repens*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Solanum nigrum*, *Stellaria media*.

LITERATURA

- Banaszak H., Gutmański I., Kostka-Gościński D., Nowakowski M., Szymczak-Nowak J. 1998 a. Wpływ udziału buraka cukrowego w płodozmianie, stosowania słomy i międzyplonu na plonowanie i zdrowotność roślin. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricultura* 66: 239 — 246.
- Banaszak H., Nowakowski M., Szymczak-Nowak J., Ojczyk K. 1998 b. Limiting of *Heterodera schachtii* Schm., diseases and weeds of sugar beet by tillage system based on mustard or radish intercrops and mulches. *Jurnal of Plant Protection Research* 38 (1): 70 — 80.
- Bockmann H., Knoth K. E. 1971. Der verstärkte Getreidebau aus pflanzenpathologischer und pflanzenhygienischer Sicht. *Z. Pfl-Krankheit*. 1 (78): 1 — 33.
- Buraczyńska D. 2004. Znaczenie nawozów zielonych z międzyplonów wsiewek i słomy w uprawie buraka cukrowego. Cz. II. Plon i cechy biometryczne korzeni buraka cukrowego. *Biul. IHAR* 234: 181 — 190.
- Dziadowiec H. 1987. Przemiany w glebie słomy zbóż stosowanej jako nawóz organiczny i jej agroekologiczne działanie. *Post. Nauk Rol.* 4: 39 — 58.
- Garbe V., Heitefuß R. 1986. Mulchsaat von Zuckerrüben. *Zuckerrübe* 35 (3): 170 — 173.
- Gonet Z., Gonet Z. 1981. Reakcja niektórych roślin na uprawę w okresowej monokulturze w różnych warunkach siedliskowych. Cz. I. Burak cukrowy. *Pam. Puł.* 74: 47 — 57.
- Gutmański I., Kostka-Gościński D., Szymczak-Nowak J., Nowakowski M., Kłos W., Sitarski A. 1999. Stan zachwaszczenia plantacji buraka cukrowego uprawianego z siewu w mulcz. *Fol. Univ. Agric. Stetin* 195, *Agricultura* 74: 105 — 114.
- 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.
- Kolbe G., Stumpe H. 1975. Nawożenie słomą. PWRiL Warszawa.
- Kordas L. 2000. Studia nad optymalizacją uprawy buraka cukrowego na glebie średniej. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* 386, *Rozprawy CLXXI*.

- Kordas L., Perylak D. 1998. Wpływ następczy zróżnicowanej agrotechniki buraka cukrowego na zachwaszczenie pszenicy ozimej uprawianej techniką siewu bezpośredniego. *Progress in Plant Protection* 38 (2): 684 — 687.
- Krężel R. 1991. Wpływ sposobów i terminów przyorywania obornika na plonowanie buraków cukrowych. *Biul. IHAR* 178: 41 — 45.
- Kubiak R. 1995. Wpływ przyoranej masy organicznej pozostającej na polu po zbiorze kukurydzy uprawianej na ziarno i na kiszonkę na właściwości gleby i plonowanie roślin następczych. Cz. II. Właściwości chemiczne, fizyczne i biologiczne gleby. *Rocz. AR Poznań CCLXIX*, Rol. 45: 65 — 73.
- Łęgowiak Z., Wysmulek A. 1997. Zachwaszczenie wtórne roślin ze szczególnym uwzględnieniem buraka cukrowego. *Mat. z XXI Krajowej Konf. Nauk. „Rejonizacja chwastów segetalnych w Polsce. Zachwaszczenie wtórne roślin okopowych i ściernisk”*. IUNG Puławy: 53 — 59.
- Niewiadomski W. 1980. Główne problemy teoretyczne specjalistycznych zmianowań. *Zesz. Nauk. ART Olsztyn* 3: 9 — 19.
- Pałys E., Podstawka-Chmielewska E., Kwiatkowska J. 1999. Zachwaszczenie ładu roślin w trójpolowym zmianowaniu na rędzinie w zależności od sposobu uprawy roli. *Annales UMCS, Sec. E, Vol. LIV*, 1: 1 — 12.
- Pawłowski F. 1991. Niektóre czynniki zachwaszczenia buraka cukrowego. *Biul. IHAR* 178: 55 — 58.
- Pawłowski F., Deryło S. 1991. Wpływ poplonów ścierniskowych na plonowanie buraka cukrowego w zmianowaniach o różnym udziale zbóż. *Biul. IHAR* 178: 113 — 120.
- Reszel R. S., Klikocka H., Komisarczuk K. 1994. Wpływ użyźniania gleby ziemią z osadów cukrowni na wtórne zachwaszczenie buraka cukrowego. *Fragm. Agron.* 2 (42): 66 — 71.
- Rola J. 1994. Systemy chemicznego odchwaszczania plantacji buraków cukrowych. Instrukcja upowszechnieniowa 43/94. IUNG Puławy.
- Szymczak-Nowak J., Kostka-Gościński D., Nowakowski M., Gutmański I. 2002. Systemy uprawy buraka cukrowego na różnych glebach. Cz. V. Stan zachwaszczenia plantacji. *Biul. IHAR* 222: 341 — 348.
- Wesołowski M. 1994. Wpływ sposobu regeneracji stanowiska na zachwaszczenie pszenicy ozimej i jęczmienia jarego uprawianych w monokulturze. *Annales UMCS, Sec. E, Vol. XLIX*, 1: 5 — 9.
- Wesołowski M., Bętkowski M. 2000. Wpływ sposobu regeneracji stanowiska na plonowanie i zachwaszczenie buraka cukrowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 470: 173 — 180.
- Wójcik-Wojtkowiak D. 1987. Rola allelopatii w rolniczych ekosystemach. *Post. Nauk Rol.* 1/2: 37 — 55.
- Zawiślak K., Adamiak E. 1987. Zbiorowiska chwastów buraka cukrowego uprawianego w płodozmianie i wieloletniej monokulturze. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricultura* 44: 179 — 190.
- Zimny L. 1994. Badania nad warunkami wzrostu i plonowania buraka cukrowego przy zastosowaniu zróżnicowanych technologii uprawy. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* 241, Rozprawy CXXVI.

DANUTA BURACZYŃSKAKatedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Akademia Podlaska w Siedlcach

Znaczenie nawozów zielonych z międzyplonów wsiewek i słomy w uprawie buraka cukrowego Część II. Plon i cechy biometryczne korzeni buraka cukrowego

**The role of green manures, in form of undersown cover crops, and straw in sugar
beet cultivation**

Part II. Yield and biometric characteristics of sugar beet roots

W latach 1997–2000 przeprowadzono badania, których celem było określenie oddziaływania biomasy międzyplonu wsiewki na tle obornika (obiekt kontrolny bez masy organicznej, obornik, międzyplon wsiewka: lucerna chmielowa, życica westerwoldzka, lucerna chmielowa + życica westerwoldzka) i słomy jęczmiennej (obiekt bez słomy, obiekt ze słomą) na plon oraz cechy jakościowe korzeni buraka cukrowego. Doświadczenie polowe założono w układzie split-block w trzech powtórzeniach. Nawożenie buraka cukrowego obornikiem i biomasą międzyplonu wsiewki, w odniesieniu od kombinacji bez nawożenia organicznego w większości przypadków zwiększyło plon korzeni i liści buraka, masę, długość i średnicę korzenia oraz wystawanie korzeni nad powierzchnię gleby. Stosowanie słomy istotnie zwiększyło jedynie plon liści i wystawanie korzeni z gleby. Działanie biomasy lucerny chmielowej i mieszanki lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką na plon korzeni i liści buraka cukrowego oraz masę, długość i wystawanie korzeni było zbliżone do wpływu obornika. Zawartość cukru i sodu w korzeniach buraka cukrowego nie zależała od stosowanego nawożenia. Zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach buraka cukrowego z kombinacji nawożonych obornikiem i biomasą międzyplonów wsiewek była istotnie większa, w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Nawożenie biomasą lucerny chmielowej i życicy westerwoldzkiej, w porównaniu z obiektem kontrolnym istotnie zwiększyło zawartości potasu w korzeniach buraka cukrowego.

Słowa kluczowe: biometria korzeni, burak cukrowy, cukier, międzyplon wsiewka, plon, słoma, składniki melasotwórcze

In the years 1997–2000, the studies were carried out on the effect of biomass of undersown cover crop compared with farmyard manure (the control treatment without organic mass, farmyard manure, undersown cover crop: black medic, Westerwolds ryegrass, black medic + Westerwolds ryegrass) and barley straw (the treatment without straw and the treatment with straw application) on yield and quality characteristics of sugar beet roots. The field experiment was set up in the split-block design with three replications. In most cases, sugar beet fertilization with farmyard manure and biomass of undersown

cover crop, in comparison with the combinations without organic fertilization, increased the sugar root and leaf yield, root weight, length and diameter as well as the protrusion of roots. The straw application significantly increased leaf yield and protrusion of roots. The impact of the biomass of black medic and the mixture of black medic and Westerwold ryegrass on the yield of sugar beet roots and leaves as well as on the weight, length and protrusion of roots was similar to the effect of farmyard manure. The sugar and sodium content in the sugar beet roots did not depend on the applied fertilization. The alpha-amino nitrogen in the sugar beet roots obtained from the combinations fertilized with farmyard manure and the biomass of undersown cover crop was significantly higher compared with the control treatment. The fertilization with the biomass of black medic and Westerwold ryegrass significantly increased potassium content in the sugar beet roots compared with the control treatment.

Key words: molasses producing components, root biometric characteristics, straw, sugar, sugar beet, undersown cover crop, yield

WSTĘP

Współczesna ocena jakości korzeni buraka cukrowego jest wielo cechowa, obejmuje zarówno cechy o charakterze fizyczno-morfologiczno-anatomicznym, jak i cechy chemiczne zależne od metabolizmu rośliny. Większość cech jest najbardziej związanych z odmianą, niektóre z układem czynników środowiskowych (Kalinowska-Zdun i Wyżyński, 1999). Kształt korzenia buraka cukrowego, jego długość i średnica, stopień rozwidlenia i wystawanie nad powierzchnię roli, wywierają określony wpływ na technikę zbioru, na wielkość strat plonu oraz na jakość przetworczą surowca (Kopczyński, 1986; Gutmański, 1988; Szymczak-Nowak i in., 2002 a). W dotychczasowej literaturze odnoszącej się do buraka cukrowego jest niewiele danych charakteryzujących zmienność ważniejszych cech fizycznych buraka cukrowego w zależności od stosowanych czynników agrotechnicznych. W ostatnich latach zastępowanie obornika słomą i nawozami zielonymi zyskuje coraz więcej zwolenników, zwłaszcza w gospodarstwach bezinwentarzowych (Nowakowski i in., 1996; Banaszak i in. 1998; Gutmański i in., 1998; Ostrowska i in. 1998; Wesołowski i Bętkowski, 2001; Szymczak-Nowak i in., 2002 b). Dlatego też poznanie zmienności plonowania, jak i cech fizycznych korzeni buraka cukrowego pod wpływem zróżnicowanego nawożenia organicznego jest ważnym i interesującym zagadnieniem. Na tej podstawie można określić postępowanie z surowcem zarówno w okresie jego wytwarzania, jak i po zbiorze.

Celem pracy było zbadanie plonowania i niektórych cech jakościowych korzeni buraka cukrowego w zależności od stosowanego nawożenia biomasą międzyplonu wsiewki i słomą. W opracowaniu porównano również wpływ nawozów zielonych z międzyplonów wsiewek z oddziaływaniem obornika na wielkość jakości plonu korzeni buraka cukrowego.

MATERIAŁ I METODY

Szczegółową metodykę badań przedstawiono w pierwszej części pracy Buraczyńskiej i Ceglarka (2004).

Zbioru buraka cukrowego dokonywano w drugiej dekadzie października. W każdej kombinacji określono obsadę roślin, plon korzeni i liści. Ponadto w pobranych losowo z każdego obiektu próbach korzeni buraka określono średnią masę korzenia, długość

korzenia do miejsca, w którym średnica wynosi 1 cm, maksymalną średnicę korzenia spichrzowego oraz zawartość cukru i składników melasotwórczych: azotu alfa-aminowego ($N-\alpha-NH_2$), potasu (K), sodu (Na). Analizę jakości przetwórczej korzeni (zawartość cukru, $N-\alpha-NH_2$, K, Na) wykonano na aparaturze Venema. Przed zbiorem buraka cukrowego na 20 roślinach ze środkowego rzędu każdego poletka zmierzono wystawanie korzeni nad powierzchnię gleby.

Dane eksperymentalne opracowano statystycznie metodą analizy wariancji, oceniając istotność różnicy średnich testem Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

W warunkach przeprowadzonego eksperymentu końcowa obsada roślin buraka cukrowego w kombinacji z obornikiem i biomasą mieszanki lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką była istotnie większa, w odniesieniu do kombinacji kontrolnej (tab. 1).

Tabela 1

Końcowa obsada roślin buraka cukrowego ($tys. \cdot ha^{-1}$) (średnie z lat 1998–2000)
Final plant stand ($th. \cdot ha^{-1}$) of sugar beet (means from 1998–2000)

Nawożenie biomasą międzyplonu wsiewki Fertilization with undersown cover crop biomass	Nawożenie słomą* — Straw fertilization*		
	1	2	średnie — means
Obiekt kontrolny Control treatment	80,6	82,9	81,8
Obornik Farmyard manure	85,4	86,5	86,0
Międzyplon wsiewki: Undersown cover crop:			
Lucerna chmielowa Black medic	81,6	83,7	82,7
Życica westerwoldzka Westerwolds ryegrass	83,5	85,3	84,4
Lucerna chmielowa + życica westerwoldzka Black medic + Westerwolds ryegrass	84,3	88,0	86,2
Średnie Means	83,1	85,3	-
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			
Nawożenie biomasą międzyplonu wsiewki Fertilization with undersown cover crop biomass			4,0
Nawożenie słomą Straw fertilization			n.i.
Nawożenie biomasą międzyplonu wsiewki x nawożenie słomą Fertilization with undersown cover crop biomass x straw fertilization			n.s.
			4,5

*1 — Obiekt bez słomy; the treatment without straw application

2 — Obiekt ze słomą; the treatment with straw application

Nawożenie buraka cukrowego słomą nie różnicowało istotnie końcowa obsada roślin. Wprowadzona do gleby masa organiczna poprawia właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby (Miczyński i Siwicki, 1960; Siwicki, 1971; Kuduk, 1975; Kopczyński, 1986). Działanie następcze substancji organicznej zależy m.in. od jej ilości, zawartości w niej składników pokarmowych, warunków glebowych i klimatycznych (Miczyński i Siwicki, 1960;

Batalina, 1962; Siwicki, 1971; Kuduk, 1975; Kopczyński, 1986; Harasimowicz-Hermann, 1998). W badaniach autora, podobnie jak w doświadczeniu Ceglarka i wsp. (1995) oraz Słowińskiego i wsp. (1995), różnice w końcowej obsadzie roślin w kombinacji nawożonej obornikiem i nawozami zielonymi mieściły się w granicach błędu statystycznego. Udowodniono interakcję między biomasa międzyplonu wsiewki a słomą w odniesieniu do końcowej obsady buraka cukrowego.

Racjonalne nawożenie organiczne stanowi ważny czynnik wzrostu plonu buraka cukrowego (Miczyński i Siwicki, 1960; Kopczyński, 1986; Nowakowski i in., 1996; Ostrowska i in., 1998; Gandecki i in., 1999; Wesołowski i Bętkowski, 2001; Szymczak-Nowak i in., 2002 b). W badaniach własnych plon korzeni i liści buraka cukrowego w kombinacjach nawożonych obornikiem, biomasa lucerny chmielowej i mieszanki lucerny chmielowej z życią westerwoldzką był istotnie większy, a na obiekcie nawożonym życią westerwoldzką nie różnił się istotnie, od plonu z kombinacji kontrolnej (tab. 2).

Tabela 2

Plon korzeni i liści buraka cukrowego ($t \cdot ha^{-1}$) (średnie z lat 1998–2000)
Yield of roots and leaves of sugar beet ($t \cdot ha^{-1}$) (means from 1998–2000)

Nawożenie biomasa międzyplonu wsiewki Fertilization with undersown cover crop biomass	Plon korzeni Yield of roots			Plon liści Yield of leaves		
	nawożenie słomą* — straw fertilization*					
	1	2	$\bar{X}$ x	1	2	$\bar{X}$
Obiekt kontrolny Control treatment	58,5	61,2	59,9	37,8	43,3	40,6
Obornik Farmyard manure	64,6	67,9	66,3	45,3	48,3	46,8
Międzyplon wsiewka: Undersown cover crop:						
Lucerna chmielowa Black medic	62,2	66,0	64,1	41,5	47,6	44,6
Życica westerwoldzka Westerwolds ryegrass	61,1	62,5	61,8	39,1	39,6	39,4
Lucerna chmielowa + życica westerwoldzka Black medic + Westerwolds ryegrass	67,1	68,8	68,0	44,9	46,0	45,5
Średnie Means	62,7	65,3	—	41,7	45,0	—
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}						
Nawożenie biomasa międzyplonu wsiewki Fertilization with undersown cover crop biomass			3,8			3,5
Nawożenie słomą Straw fertilization			n.i. n.s.			2,9
Nawożenie biomasa międzyplonu wsiewki x nawożenie słomą Fertilization with undersown cover crop biomass x straw fertilization			4,5			3,9

*1 — Obiekt bez słomy; the treatment without straw application

2 — Obiekt ze słomą; the treatment with straw application

Z nawozami organicznymi wprowadza się do gleby wszystkie niezbędne dla roślin składniki i materię organiczną, która ma podstawowe znaczenie plonotwórcze (Mazur i Sądaj, 1999). Wartość zielonych nawozów z roślin niemotylikowatych jest mniejsza niż z roślin motylikowatych (Batalin, 1962; Siwicki, 1971). Biomasa roślin motylikowatych

charakteryzuje się węższym stosunkiem C: N niż roślin niemotylkowatych, dlatego też rozkłada się szybciej i jest bogatszym źródłem składników pokarmowych dla roślin następczych (Harasimowicz-Hermann, 1998). Znaczenie zielonego nawozu z roślin niemotylkowatych w kompleksie nawozowym zależne jest od poziomu nawożenia mineralnego (Batalin, 1962; Kopczyński, 1986, 1996). W przeprowadzonych badaniach zastosowanie pod burak cukrowy słomy, w odniesieniu do obiektu bez słomy, nie różnicowało istotnie plonu korzeni buraka, a spowodowało istotny przyrost plonu liści (średnio o 7,9%) (tab. 2). Nawożenie buraka cukrowego słomą wydłużyło okres wegetacji i opóźniło dojrzałość fizjologiczną. Większy wzrost plonu liści niż korzeni buraka cukrowego pod wpływem nawożenia słomą udowodnili także Szymczak-Nowak i wsp. (2002 b). Wpływ przyoranej słomy na plon roślin i właściwości gleby uzależniony jest od jej dawki, czynników glebowych, klimatycznych i agrotechnicznych (Kuduk, 1975; Asmus i Völker, 1984). Z interakcji czynników doświadczenia wynika, że w kombinacji bez słomy działanie międzyplonów wsiewek na plon korzeni buraka cukrowego było zbliżone do wpływu obornika. Na obiektach nawożonych słomą, biomasa lucerny chmielowej i mieszanki lucerny chmielowej z życią westerwoldzką nie zmieniała istotnie plonu korzeni buraka cukrowego, a biomasa życicy westerwoldzkiej istotnie zmniejszyła plon korzeni buraka cukrowego, w porównaniu z obornikiem. Zróżnicowane działanie nawozowe słomy z biomasą międzyplonów ścierniskowych, w odniesieniu do obornika, na plon korzeni buraka cukrowego udowodnili także inni autorzy (Nowakowski i in., 1996; Banaszak i in., 1998; Gutmański i in., 1998; Gandecki i in., 1999). Plon korzeni buraka cukrowego w kombinacji nawożonej obornikiem ze słomą oraz lucerną chmielową i mieszanką lucerny chmielowej z życią westerwoldzką łącznie ze słomą był istotnie większy od plonu na obiekcie ze słomą. Zdaniem Gutmańskiego i wsp. (1998) nawozy zielone z międzyplonów poprawiają działanie nawozowe słomy, wpływając dodatnio na plon korzeni buraka cukrowego. Zarówno na obiekcie bez słomy, jak i ze słomą zastąpienie obornika biomasą życicy westerwoldzkiej istotnie zmniejszyło plon liści buraka cukrowego. Natomiast wpływ biomasy lucerny chmielowej i mieszanki lucerny chmielowej z życią westerwoldzką na plon liści nie różnił się istotnie do działania obornika. Plon liści na obiekcie nawożonym obornikiem i lucerną chmielową łącznie ze słomą był istotnie większy, a w kombinacji nawożonej życią westerwoldzką oraz mieszanką roślin łącznie ze słomą nie różnił się istotnie, w odniesieniu do plonu na słomie. W badaniach wielu autorów (Nowakowski i in., 1996; Banaszak i in. 1998; Gutmański i in., 1998) działanie nawozowe międzyplonów ścierniskowych ze słomą na plon liści buraka cukrowego było zbliżone do wpływu słomy.

Zmiany zachodzące w środowisku glebowym pod wpływem nawożenia organicznego oddziałują mniej lub bardziej korzystnie na cechy morfologiczne i biometryczne korzeni buraka cukrowego (Micznyński i Siwicki, 1960; Kopczyński, 1986, 1996). Cechy te mają istotne znaczenie przy mechanicznym zbiorze oraz przerobie w cukrowni (Gutmański, 1988; Szymczak-Nowak i in., 2002 a). W badaniach własnych niezależnie od stosowania słomy, masa, średnica i wystawanie korzeni buraka cukrowego nawożonego obornikiem, biomasą lucerny chmielowej i mieszanki

lucerny chmielowej z życią westerwoldzką były istotnie większe niż w kombinacji kontrolnej (tab. 3).

Tabela 3

Cechy biometryczne korzeni buraka cukrowego (średnie z lat 1998–2000)
Biometric characteristics of sugar beet roots (means from 1998–2000)

Nawożenie biomasą międzyplonu wsiewki Fertilization with undersown cover crop biomass	Masa korzenia Weight of root (g)			Długość korzenia Length of root (cm)			Średnica korzenia Diameter of root (cm)			Wystawianie korzeni Protrusion of roots (mm)		
	nawożenie słomą* straw fertilization*											
	1	2	$\bar{X}$	1	2	$\bar{X}$	1	2	$\bar{X}$	1	2	$\bar{X}$
Obiekt kontrolny Control treatment	726	738	732	18,0	17,9	18,0	9,2	9,4	9,3	31,5	36,5	34,0
Obornik Farmyard manure	756	785	771	19,5	19,7	19,6	9,8	10,2	10,0	38,8	41,2	40,0
Międzyplon wsiewka: Undersown cover crop:												
Lucerna chmielowa Black medic	762	789	776	18,7	19,3	19,0	10,1	10,4	10,3	39,9	41,5	40,7
Życica westerwoldzka Westerwolds ryegrass	732	733	733	18,7	18,4	18,6	9,3	9,5	9,4	35,1	35,5	35,3
Lucerna chmielowa + życica westerwoldzka Black medic + Westerwolds ryegrass	796	782	789	19,0	19,4	19,2	10,6	10,4	10,5	43,4	42,6	43,0
Średnie Means	754	765	—	18,8	18,9	—	9,8	10,0	—	37,7	39,5	—
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}												
Nawożenie biomasą międzyplonu wsiewki Fertilization with undersown cover crop biomass			31			1,1			0,4			3,3
Nawożenie słomą Straw fertilization			n.i. n.s.			n.i. n.s.			n.i. n.s.			1,6
Nawożenie biomasą międzyplonu wsiewki × nawożenie słomą Fertilization with undersown cover crop biomass × straw fertilization			38			1,4			0,5			3,8

*1 — Obiekt bez słomy; the treatment without straw application

2 — Obiekt ze słomą; the treatment with straw application

Nawożenie buraka cukrowego obornikiem i biomasą mieszanki lucerny chmielowej z życią westerwoldzką wpłynęło na istotny wzrost długości korzenia buraka w porównaniu z obiektem kontrolnym. Uwzględniając nawożenie słomą wykazano, że różnice w masie, długości i średnicy buraka cukrowego z obiektu bez słomy i ze słomą mieściły się w granicach błędu doświadczalnego. Wystawanie korzeni buraka cukrowego nad powierzchnię gleby było natomiast istotnie większe w kombinacjach ze słomą. Na obiektach bez słomy, jak i ze słomą biomasę międzyplonu wsiewki w porównaniu z obornikiem nie zmieniała istotnie długości korzenia buraka cukrowego. Ze współdziałania czynników doświadczenia wynika, że zastąpienie obornika biomasą mieszanki lucerny chmielowej z życią westerwoldzką zwiększyło masę, średnicę i wystawanie korzeni buraka cukrowego. Działanie życicy westerwoldzkiej ze słomą

na masę, średnicę i wystawanie korzeni buraka cukrowego było istotnie mniejsze niż obornika łącznie ze słomą.

Wyniki badań autora wskazują, że niezależnie od nawożenia słomą, plon korzeni i liści buraka cukrowego oraz masa, średnica i wystawanie korzeni w kombinacji nawożonej obornikiem, biomasą lucerny chmielowej i mieszanki lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką, w porównaniu z obiektem kontrolnym były istotnie większe. Natomiast biomasa życicy westerwoldzkiej, w odniesieniu do obiektu kontrolnego nie zmieniała istotnie plonu korzeni i liści buraka cukrowego oraz cech biometrycznych korzeni. Przyorując życicę westerwoldzką wprowadza się do gleby dużą ilość masy organicznej (Buraczyńska i Ceglarek, 2004), która w odróżnieniu od biomasy roślin motylkowatych i ich mieszanek z trawami jest uboga w azot i inne składniki pokarmowe (Batalin, 1962). Ponadto biomasa traw, ze względu na szeroki stosunek C: N rozkłada się wolniej (Harasimowicz-Hermann, 1998).

W warunkach przeprowadzonego doświadczenia nawozy organiczne nie zmieniały istotnie zawartości cukru w korzeniach buraka cukrowego (tab. 4). Podobne zależności stwierdzili także inni autorzy (Ostrowska i Kucińska, 1998; Gutmański i Mikita, 2000; Wesołowski i Bętkowski, 2001).

Zawartość azotu alfa-aminowego w korzeniach buraka z kombinacji nawożonej obornikiem i biomasą międzyplonów wsiewek była istotnie większa (od 0,22 do 0,36 mval·100g⁻¹ korzeni), w porównaniu z obiektem kontrolnym (tab. 4). Zastosowanie pod burak cukrowy biomasy lucerny chmielowej i życicy westerwoldzkiej spowodowało istotny wzrost zawartości potasu w soku korzeni buraka cukrowego, w stosunku do kombinacji kontrolnej (tab. 4). Natomiast nawożenie obornikiem i biomasą mieszanki lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką nie różnicowało istotnie zawartości potasu, w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Zawartość azotu alfa-aminowego i potasu w korzeniach z kombinacji nawożonych biomasą międzyplonów wsiewek była zbliżona do zawartości tych składników w korzeniach z obiektu z obornikiem. Nie udowodniono istotnego wpływu biomasy międzyplonu wsiewki na zawartość sodu, a także oddziaływania słomy na zawartość składników melasotwórczych w soku korzeni buraka cukrowego (tab. 4). W badaniach Ostrowskiej i Kucińskiej (1998) obornik i słoma z międzyplonem ścierniskowy istotnie wpłynęły na wzrost zawartości składników melasotwórczych w korzeniach buraka cukrowego, w porównaniu z obiektem bez nawożenia organicznego. Z kolei w doświadczeniu Gutmańskiego i Mikity (2000) obornik, w odniesieniu do obiektu bez obornika, zwiększał zawartość azotu alfa-aminowego, a nie zmieniał zawartości potasu i sodu w korzeniach buraka cukrowego. Analiza wariancji wykazała interakcję nawożenia biomasą międzyplonu wsiewki z nawożeniem słomą w stosunku do zawartości azotu alfa-aminowego i potasu w soku korzeni buraka cukrowego.

Tabela 4

Zawartość cukru i składników melasotwórczych w korzeniach buraka cukrowego (średnie z lat 1998–2000)**Content of sugar and molasses producing components in sugar beet roots (means from 1998–2000)**

Nawożenie biomasa międzyplonu wsiewki Fertilization with undersown cover crop biomass	Cukier (%) Sugar (%)			Składniki melasotwórcze (mval·100g ⁻¹ korzeni) Molasses producing components (mval·100g ⁻¹ roots)								
				N-α-NH ₂			K			Na		
	nawożenie słomą* straw fertilization*											
	1	2	$\bar{X}$	1	2	$\bar{X}$	1	2	$\bar{X}$	1	2	$\bar{X}$
Obiekt kontrolny Control treatment	18,46	18,62	18,54	2,13	2,05	2,09	4,53	4,63	4,58	0,38	0,36	0,37
Obornik Farmyard manure	18,38	18,28	18,33	2,44	2,30	2,37	4,68	4,80	4,74	0,39	0,39	0,39
Międzyplon wsiewka: Undersown cover crop:												
Lucerna chmielowa Black medic	18,25	18,37	18,31	2,51	2,27	2,39	4,90	4,70	4,80	0,40	0,38	0,39
Życica westerwoldzka Westerwolds ryegrass	18,41	18,37	18,39	2,40	2,50	2,45	4,76	4,92	4,84	0,38	0,37	0,38
Lucerna chmielowa + życica westerwoldzka Black medic + Westerwolds ryegrass	18,32	18,59	18,46	2,45	2,17	2,31	4,67	4,86	4,77	0,39	0,36	0,38
Średnie Means	18,36	18,45	—	2,39	2,26	—	4,71	4,78	—	0,39	0,37	—
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}												
Nawożenie biomasa międzyplonu wsiewki			n.i.									n.i.
Fertilization with undersown cover crop biomass			n.s.			0,18			0,20			n.s.
Nawożenie słomą			n.i.			n.i.			n.i.			n.i.
Straw fertilization			n.s.			n.s.			n.s.			n.s.
Nawożenie biomasa międzyplonu wsiewki x nawożenie słomą			n.i.									n.i.
Fertilization with undersown cover crop biomass x straw fertilization			n.s.			0,24			0,27			n.s.

*1 — Obiekt bez słomy; the treatment without straw application

2 — Obiekt ze słomą; the treatment with straw application

WNIOSKI

1. Plon korzeni i liści buraka cukrowego oraz masa, średnica i wystawanie korzeni w kombinacji nawożonej obornikiem, biomasa lucerny chmielowej i mieszanki lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką są istotnie większe, w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Natomiast biomasa życicy westerwoldzkiej nie zmienia istotnie plonu korzeni i liści buraka cukrowego oraz cech biometrycznych korzeni.
2. Działanie biomasy lucerny chmielowej i mieszanki lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką na plon korzeni i liści buraka cukrowego oraz masę i wystawanie korzeni jest zbliżone do działania obornika. Zastąpienie obornika życicą westerwoldzką istotnie zmniejsza plon korzeni i liści buraka cukrowego, a także masę,

- średnicę i wystawanie korzeni. Nawozy zielone w porównaniu z obornikiem nie różnicują istotnie długości korzenia buraka cukrowego.
3. Nawożenie słomą istotnie zwiększa plon liści i wystawanie korzeni buraka cukrowego, w odniesieniu do kombinacji bez słomy.
 4. Zawartość cukru i sodu w korzeniach buraka cukrowego nie zależy od stosowanego nawożenia. Przyoranie pod burak cukrowy obornika i biomasy międzyplonów wsiewek istotnie zwiększa zawartość azotu alfa-aminowego, w porównaniu z kombinacją bez nawożenia organicznego. Zawartość potasu w korzeniach buraka cukrowego z kombinacji nawożonej biomasą lucerny chmielowej i życicy westerwoldzkiej jest istotnie większa, w stosunku do obiektu kontrolnego.

LITERATURA

- Asmus F., Völker U. 1984. Einfluss von Strohdüngung auf Ertrag und Bodeneigenschaften in Fruchtfolgen mit unterschiedlichem Getreideanteil. Arch. f. Acker u. Pflbau. 28 (7): 411 — 417.
- Banaszak H., Gutmański I., Kostka-Gościński D., Nowakowski M., Szymczak-Nowak J. 1998. Wpływ udziału buraka cukrowego w płodozmianie, stosowania słomy i międzyplonu na plonowanie i zdrowotność roślin. Acta Acad. Agric. Tech. Olst., Agricultura 66: 239 — 246.
- Batalin M. 1962. Studia nad resztkami poźniowymi roślin uprawnych w łanie. Roczn. Nauk Rol., Ser. D: 5 — 154.
- Buraczyńska D., Ceglarek F. 2004. Znaczenie nawozów zielonych z międzyplonów wsiewek i słomy w uprawie buraka cukrowego. Cz. I. Zachwaszczenie plantacji buraka cukrowego. Biul. IHAR 234: 171 — 180.
- 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., Żimny L. 1999. Plonowanie buraka cukrowego przy zróżnicowanym nawożeniu organicznym i wzrastających dawkach azotu mineralnego. Zesz. Nauk. AR Wrocław 361, Konferencje XXII: 189 — 195.
- Gutmański I. 1988. Obsada roślin a produktywność buraków cukrowych i pastewnych. Mat. Konf. Nauk. „Obsada a produktywność roślin uprawnych”, IUNG Puławy: 59 — 74.
- Gutmański I., Mikita J. 2000. Wpływ obornika i dawek azotu mineralnego na wydajność i jakość przetworczą korzeni buraka cukrowego oraz na zawartość azotanów w profilu glebowym w okresie wegetacyjnym. Folia Univ. Agric. Stetin 211, Agricultura 84: 121 — 126.
- Gutmański I., Szymczak-Nowak D., Kostka-Gościński D., Nowakowski M., Banaszak H. 1998. Wpływ obornika, słomy i międzyplonów ścierniskowych na plonowanie buraka cukrowego przy zróżnicowanej koncentracji jego uprawy w płodozmianie. Roczn. AR Poznań CCCVII, Rol. 52, z. 1: 263 — 271.
- Harasimowicz-Hermann G. 1998. Wartość następca łubinów, ich miejsce w zmianowaniu oraz w siedliskach pozarolniczych. Mat. Sem. Nauk. „Łubin w rolnictwie ekologicznym. Łubin — Białko — Ekologia”, ODR Przysiek: 31 — 40.
- Kalinowska-Zdun M., Wyszyński Z. 1999. Kryteria jakości korzeni buraka cukrowego i ich zmienność. Mat. Konf. Nauk. KSUR „Środowiskowe i agrotechniczne uwarunkowania jakości produktów rolnych”, Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa: 151 — 161.
- 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.
- Kopczyński J. 1996. Kierunki zmian niektórych cech jakości korzeni buraka cukrowego pod wpływem współdziałania nawożenia organicznego i azotowego. Zesz. Nauk. AR Szczecin 172, Rol. 62: 249 — 257.
- Kuduk C. 1975. Wpływ nawożenia słomą gleb lekkich na zawartość w niej podstawowych składników pokarmowych. Roczn. Nauk Rol., Ser. A, 101, 1: 73 — 82.

- Mazur T., Sądaj W. 1999. Działanie wieloletniego nawożenia obornikiem, gnojowicą i nawozami mineralnymi na plon roślin i białka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 465: 181 — 194.
- 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.
- 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.
- Wesołowski M., Bętkowski M. 2001. Reakcja buraka cukrowego na warunki gospodarki bezobornikowej. *Fragm. Agron.* 4 (72): 78 — 86.
- 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 rozwój roślin i narastanie plonu buraka cukrowego. Zesz. Nauk. AR Wrocław 262, Rol. LXIII: 21 — 29.
- Szymczak-Nowak J., Kostka-Gościński D., Nowakowski M., Gutmański I. 2002 a. Systemy uprawy buraka cukrowego na różnych glebach. Cz. VI. Wybrane pomiary biometryczne. *Biul. IHAR* 222: 349 — 354.
- Szymczak-Nowak J., Nowakowska H., Sitarski A., Tyburski J. 2002 b. Wpływ nawozów organicznych na plonowanie i zdrowotność buraka cukrowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 484: 683 — 690.

KAMILA KUŹDOWICZ

Zakład Genetyki i Hodowli Roślin Korzeniowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Bydgoszczy

Długotrwałe przechowywanie nasion jako metoda zachowania odmian i materiałów hodowlanych buraka cukrowego

Long-term seed storage as a method of preservation for sugar beet cultivars and breeding materials

Długotrwałe przechowywanie nasion odmian i materiałów hodowlanych buraka cukrowego rozpoczęto w 1981 roku. Próby nasion o znanej zdolności kiełkowania, po dosuszeniu do ok. 7% zawartości wody zamykano próżniowo w pojemnikach szklanych i umieszczano w komorze do długotrwałego przechowywania o temperaturze -15°C w Banku Genów w Radzikowie. W 1989, 2001 i 2002 roku przeprowadzono kontrolne badania zdolności kiełkowania nasion zgodnie z metodyką opracowaną przez ISTA. Określono średnią zdolność kiełkowania nasion, współczynnik zmienności V oraz indeks zachowania zdolności kiełkowania. Największy jego wzrost po 20 latach przechowywania stwierdzono w materiale hodowlanym M-105-2x (172,0) oraz u odmiany Dieckmann 7920 (130,6) po 19 latach. Analiza uzyskanych wyników, w odniesieniu do większości badanych prób wykazała dużą skuteczność stosowanej obecnie metody długotrwałego przechowywania cennych zasobów genowych buraka w postaci materiału siewnego.

Słowa kluczowe: bank genów, burak cukrowy, długotrwałe przechowywanie nasion, zdolność kiełkowania

The long-term storage of sugar beet seeds was started in 1981. Seed samples with moisture content about 7% were vacuum packed in glass containers and placed in a chamber at -15°C in Gene Bank in Radzików. Seed viability of accessions was determined by germination test before the long-term storage and in the years 1989, 2001 and 2002, according to the ISTA rules. Some of the oldest beet accessions (from 1981–1992) were evaluated for seed germination capacity. Mean germination percentage, variability coefficient (V) and germination index were evaluated. The highest germination indices after 20 years of long-term storage were found for the breeding material M-105 2x (172.0) and for the Dieckmann 7920 cultivar (130.6) after 19 years. The analysis of the results confirmed efficiency of the applied method of long-term storage. All the tested materials revealed good germination though differences in seed germination capacity were observed between the accessions.

Key words: gene bank, long-term seed storage, sugar beet, seed germination capacity

WSTĘP

Współczesne kierunki i metody hodowli mieszańców buraka cukrowego oparte na liniach cytoplazmatyczno męskosterylnych spowodowały szybkie wycofywanie z uprawy wielokielkowych odmian populacyjnych o szerokim zakresie zmienności genetycznej i cennych cechach użytkowych. Aby nie zaprzepaścić dotychczasowego dorobku hodowli należało te wartościowe materiały zgromadzić i zabezpieczyć. Stanowią one bowiem źródło zmienności cech niezbędne dla postępu hodowli w przyszłości (Dalke i in., 1990). W tym celu w 1981 w Oddziale Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Bydgoszczy utworzono kolekcję rodzaju *Beta*, której zadaniem jest gromadzenie i ocena form uprawnych i gatunków dzikich buraka.

Najpowszechniej stosowaną metodą ochrony oryginalnych zasobów genowych buraka cukrowego jest długotrwałe przechowywanie prób nasion w specjalnej komorze o temperaturze -15°C. Jak wykazały wieloletnie badania, długowieczność nasion buraka zależy w dużym stopniu od warunków przechowywania: wilgotności i temperatury oraz od jego właściwości genetycznych, a także od przebiegu warunków pogodowych w roku zbioru nasion (Chudoba, 1972; Lityński i Ugarynko, 1972; Specht i in., 1998). Długość życia przechowywanych nasion zależy także od wyjściowych wskaźników zdolności kiełkowania (Wiłkojć, 1978).

Nasiona buraka cukrowego przechowywane w magazynie o naturalnie zmiennej wilgotności i temperaturze powietrza dosyć długo zachowują żywotność. Dorph-Petersen (1924) stwierdził, że zdolność kiełkowania nasion buraka cukrowego nie ulega zmianie w ciągu pierwszych 5 lat przechowywania, a dopiero po 10 latach zauważa się jej gwałtowny spadek. Wpływ wieku nasion na ich zdolność kiełkowania badali także Filutowicz i Bejnar (1954) oraz Jassem i Burduk (1988). Stwierdzili oni, że nasiona buraka cukrowego w wieku do 4 lat istotnie nie różnią się między sobą pod względem zdolności kiełkowania. Natomiast w warunkach silnie obniżonej temperatury i wilgotności względnej możliwe jest zachowanie żywotności nasion buraka w ciągu kilkunastu lat i więcej (Pack i Owen, 1950; Robertson i in., 1964).

Starzenie się nasion przejawia się w szybkim zmniejszaniu się ich zdolności kiełkowania i niesie ze sobą duże prawdopodobieństwo niekorzystnych mutacji. (Grzesiuk i Kulka, 1981). Postęp, jaki dokonał się w zakresie metod przechowywania nasion sprawił, że możliwe jest utrzymanie wysokiej zdolności kiełkowania materiału siewnego przy minimalnym ryzyku zmian genetycznych nawet w ciągu kilkudziesięciu lat (Puchalski, 1998).

Celem pracy była ocena zachowania zdolności kiełkowania odmian i materiałów hodowlanych buraka cukrowego po różnym okresie długotrwałego przechowywania.

MATERIAŁ I METODY

Ocenie poddano 102 próby nasion odmian i materiałów hodowlanych buraka cukrowego pochodzące z polskich i zagranicznych ośrodków hodowli, wprowadzone do Banku Genów w latach 1981–1992.

Nasion przed umieszczeniem ich w przechowalni Banku Genów w Radzikowie, dosuszano w strumieniu odwodnionego powietrza o temperaturze 30°C do poziomu około 7% zawartości wody. Następnie zamykano je w słoikach typu „Twist” za pomocą pompy próżniowej i umieszczano w komorze o temperaturze -15°C do długotrwałego przechowywania. Do przechowalni wprowadzano próby nasion o znanej zdolności kiełkowania.

Oceny żywotności nasion dokonano w 1989, 2001 i 2002 roku, w Oddziale Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Bydgoszczy. Badanie zdolności kiełkowania przeprowadzono według metodyki opracowanej dla buraka (Belloti i in., 1978; Polska Norma PN-79/R-65950 1979) zgodnej z ustaleniami Międzynarodowej Organizacji Oceny Nasion (International Seed Testing Association-ISTA, 1985).

Zmienność zdolności kiełkowania oceniono za pomocą analizy wariancji (Brewbaker, 1970) oraz na podstawie indeksu zachowania zdolności kiełkowania (I_r) (Górski, 2001) liczonego według wzoru:

$$I_r = \frac{c}{a} \times 100$$

a — wyjściowa zdolność kiełkowania

c — końcowa zdolność kiełkowania.

WYNIKI I DYSKUSJA

Początkowa zdolność kiełkowania nasion odmian i materiałów buraka cukrowego w 1981 r. wahała się od 50% w materiale hodowlanym M-105-2x do 96% u odmiany AJ-1, przy średniej 75,1% i współczynniku zmienności $V = 19\%$. W 1989 r. po 8 latach przechowywania zakres zdolności kiełkowania wahał się od 55% w materiale Tetra-Bi i Bi 39/49/71 do 92% w materiale hodowlanym M-106-2x przy średniej 76,2,0% i współczynniku zmienności $V = 14\%$. W przypadku próby materiału M-106-2x stwierdzono także najwyższy indeks zachowania zdolności kiełkowania (173,6) po 8 latach przechowywania, a u innych 6 obiektów indeks był >100 (tab. 1).

W 2001 roku po 20 latach przechowywania zakres zdolności kiełkowania wahał się od 39% w materiale Bi 39/49/71 do 90% w materiale hodowlanym M-101-2x przy średniej 76,5% i współczynniku zmienności $V = 16\%$. Po 20 latach przechowywania najwyższy indeks 172,0 stwierdzono w materiale hodowlanym M-105-2x, u 5 innych obiektów współczynnik był >100 (tab. 1).

Początkowa zdolność kiełkowania w 1982 r. wahała się od 65% w materiale CK 2x MM do 96% u odmiany Ramonskij Poligibrid 23 przy średniej 83,9% i współczynniku zmienności $V = 10\%$. W 1989 r. po 7 latach przechowywania zakres zdolności kiełkowania wahał się od 57% w materiale CK 2x MM do 98% u odmiany Monohill przy średniej 84,0% i współczynniku zmienności $V = 12\%$ (tab. 2). W 2001 roku po 19 latach przechowywania zakres zdolności kiełkowania wahał się od 66% w materiale MLR do 98% u odmiany Unyx przy średniej 87,1% i współczynniku zmienności $V=10\%$ (tab. 2).

Tabela 1

**Zdolność kiełkowania (%) nasion odmian i materiałów hodowlanych buraka cukrowego w latach
1981–2001**

Seed germination capacity (%) of sugar beet cultivars and breeding materials in the years 1981–2001

Nazwa odmiany / materiału Name of cultivar / material	Lata Years			$\bar{x}$	V	Indeks Index	
	1981	1989	2001			1981–1989	1981–2001
AJ-Poly Cama	79	77	74	76,7	3	97,5	93,7
AJ-Poly 1	78	71	73	74,0	5	91,0	93,6
AJ-3	88	86	87	86,8	1	97,7	98,3
AJ-4	77	77	83	78,8	4	100,0	107,1
AJ-1	96	83	84	87,5	8	86,5	87,0
M-101-2x	95	91	90	91,8	3	95,8	94,2
M-105-2x	50	80	86	72,0	27	160,0	172,0
M-106-2x	53	92	86	77,0	27	173,6	162,3
M-107-2x	63	66	80	69,7	13	104,8	127,0
M-109-2x	65	75	89	76,3	16	115,4	136,9
M-208-4x	84	67	68	73,0	13	79,8	81,0
M-209-2x	80	72	67	73,0	9	90,0	83,8
M-65A-4x	74	86	75	78,3	8	116,2	101,4
C-17 x 342	80	78	77	78,3	2	97,5	96,3
342 x C-17	88	85	80	84,3	5	96,6	90,9
Bi 39/49/71	51	55	39	48,3	17	107,8	76,5
Tetra-Bi	76	55	64	65,0	16	72,4	84,2
Srednia Mean	75,1	76,2	76,5	75,9		96,9	102,7
Współczynnik zmienności Variability coefficient (V)	19	14	16	13		27	27

Tabela 2

**Zdolność kiełkowania (%) nasion odmian i materiałów hodowlanych buraka cukrowego w latach
1982–2001**

Seed germination capacity (%) of sugar beet cultivars and breeding materials in the years 1982–2001

Nazwa odmiany / materiału Name of cultivar / material	Lata Years			$\bar{x}$	V	Indeks Index	
	1982	1989	2001			1982–1989	1982–2001
1	2	3	4	5	6	7	8
Ticza	86	94	97	92,3	6	109,3	112,8
Hybrid Poly E-1	68	65	75	69,2	7	95,6	109,6
Jubilejnyj	90	88	91	89,5	1	97,8	100,6
Wiesielopodolskaja odn. 29	86	80	87	84,2	4	93,0	100,6
Bielocerkowskaja odn. 34	75	73	91	79,5	12	97,3	120,7
Družba	82	77	80	79,5	3	93,9	97,0
Mieżotnienskij Gibrud	87	82	92	87,0	6	94,3	105,7
Ramonskij Poligibrid 23	96	97	95	96,0	1	101,0	99,0
Ramonskaja odn. 32	85	82	86	84,3	2	96,5	101,2
Jałtuszkowskaja odn 30	86	86	88	86,5	1	100,0	101,7
Kawerenta	87	94	95	91,8	5	108,0	108,6
Schreiber 7918	95	93	98	95,2	2	97,9	102,6
Primo 81	89	91	96	91,8	4	102,2	107,3
KWS PL 036	85	95	90	89,8	6	111,8	105,3
KWS PL 037	90	82	93	88,3	6	91,1	103,3
Sigma	87	94	95	92,0	5	108,0	109,2
Kawepura	89	92	93	91,3	2	103,4	104,5

c.d. Tabela 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Dieckmann 7920	67	79	88	77,8	13	117,9	130,6
Depomo-Pn-Mono	93	83	94	89,8	7	89,2	100,5
Unifort	79	85	77	80,3	5	107,6	97,5
Vademo	72	75	80	75,5	5	104,2	110,4
H-6652	69	72	76	72,2	5	104,3	109,4
Arigomono	94	96	98	95,8	2	102,1	103,7
Solohill	96	96	98	96,5	1	100,0	101,6
Regina	92	93	94	93,0	1	101,1	102,2
Monoricca	92	93	97	93,8	3	101,1	104,9
Monohill	96	98	97	96,8	1	102,1	100,5
Aximen	88	91	92	90,2	2	103,4	104,0
Desprez Mono N	80	91	96	88,8	9	113,8	119,4
Mavigo	85	81	85	83,7	3	95,3	100,0
Unyx	89	93	98	93,3	5	104,5	110,1
Bush-Mono 6	81	89	92	87,2	6	109,9	113,0
Al Trimona	96	91	90	92,3	3	94,8	93,8
Imono	90	83	89	87,2	4	92,2	98,3
PS- Mono 2	74	77	73	74,7	3	104,1	98,6
PS- Mono 3	82	82	89	84,3	5	100,0	108,5
PS- Mono 4	80	85	87	83,8	4	106,3	108,1
PN- Mono 1	84	85	74	81,0	8	101,2	88,1
K 81148	84	85	77	82,0	5	101,2	91,7
K 81174	92	85	88	88,2	4	92,4	95,1
Beta Monopoli 1	71	67	83	73,7	11	94,4	116,9
K 811 90	66	57	68	63,5	9	86,4	102,3
K 812 30	93	91	91	91,7	1	97,8	97,8
MLR	80	63	66	69,5	13	78,8	81,9
CLR	78	80	82	79,8	2	102,6	104,5
CK- 2x MM	65	57	69	63,5	9	87,7	105,4
C pl 2x MM	77	76	75	75,8	2	98,7	96,8
K 81175	81	90	92	87,7	6,7	111,1	113,6
Średnia Mean	83,9	84,0	87,1	85,0		100,1	104,1
Współczynnik zmienności; Variability coefficient (V)	10	12	10	10		8	8

Po 7 latach przechowywania najwyższy indeks zachowania zdolności kiełkowania 117,9 stwierdzono u odmiany Dieckmann 7920, a u innych 25 obiektów indeks był >100. Zdolność kiełkowania na tym samym poziomie stwierdzono u 3 obiektów (tab. 2). Po 19 latach przechowywania najwyższy indeks zachowania zdolności kiełkowania 130,6 stwierdzono również u odmiany Dieckmann 7920, zdolność kiełkowania na tym samym poziomie stwierdzono w przypadku 5 obiektów, a u innych 30 obiektów indeks był >100 (tab. 2).

U genotypów buraka wprowadzonych do Banku Genów w 1990 roku indeks zachowania zdolności kiełkowania nasion wahał się od 81,3 w trisomicznym materiale hodowlanym TR 7 do 129,2 u LO 11rr. Tylko u 5 spośród 30 wprowadzonych obiektów był on <100. Natomiast 2 odmiany: Depola i Jamona zachowały zdolność kiełkowania na tym samym poziomie (tab. 3).

Tabela 3

**Zdolność kiełkowania (%) nasion odmian i materiałów hodowlanych buraka cukrowego w latach
1990–2002**

Seed germination capacity (%) of sugar beet cultivars and breeding materials in the years 1990–2002

Nazwa odmiany / materiału Name of cultivar / material	Lata Years		$\bar{X}$	V	Indeks Index
	1990	2002			1990–2002
CMS 9 rr	83	93	87,8	8	111,4
CMS 11 rr	86	91	88,3	4	105,2
LO 11 rr	60	78	68,8	18	129,2
CMS 7 Rr	80	92	86,0	10	115,0
LO 7 Rr	86	89	87,3	2	102,9
CMS 9 Rr	80	88	83,8	6	109,4
LO 9 Rr	81	91	86,0	8	112,3
CMS 10 Rr	85	93	89,0	6	109,4
LO 10 Rr	80	83	81,5	3	103,8
CMS 10 rr	82	94	87,8	9	114,0
TR 1	80	86	83,0	5	107,5
TR 2	82	75	78,5	6	91,5
TR 3	86	90	88,0	3	104,7
TR 4	70	73	71,5	3	104,3
TR 5	67	77	72,0	10	114,9
TR 6	86	83	84,5	3	96,5
TR 7	75	61	68,0	15	81,3
TR 8	83	89	86,0	5	107,2
TR 9	79	83	81,0	3	105,1
KOH T 89 /Koral	84	94	89,0	8	111,9
Polko	75	86	80,5	10	114,7
KOH 489 /Triko/	77	91	84,0	12	118,2
Depola	88	88	88,0	0	100,0
Danpol	80	88	84,0	7	110,0
Jamona	88	88	88,0	0	100,0
Jastra	94	98	96,0	3	104,3
Rejana	78	91	84,5	11	116,7
Kawejana	88	98	93,0	8	111,4
Jamira	94	92	92,8	2	97,3
Maria	91	90	90,5	1	98,9
Srednia Mean	81,6	87,0	84,3		107,0
Współczynnik zmienności; Variability coefficient (V)	9	9	8		8

W przypadku 7 odmian buraka cukrowego wprowadzonych do Banku Genów w 1992 roku stwierdzono wzrost zdolności kiełkowania nasion wraz z czasem przechowywania (tab. 4).

Na tak zróżnicowane wyniki miały wpływ czynniki zewnętrzne i wewnętrzne. Do czynników zewnętrznych należy zaliczyć różny przebieg warunków atmosferycznych i środowiskowych w kolejnych latach i miejscach reprodukcji nasion (nasiona różnego pochodzenia różnią się znacznie właściwościami fizjologicznymi). Czynniki wewnętrzne były — różny stopień ploidalności badanych obiektów (diploidy, triploidy, tetraploidy) oraz różny skład genetyczny nasion (różna struktura kwasów nukleinowych i związanych z nimi białek, gromadzenie się różnorodnych stymulatorów i inhibitorów). Ponadto ważny jest stopień skażenia nasion patogenami (Osińska, 1978).

Tabela 4

Zdolność kiełkowania (%) nasion odmian i materiałów hodowlanych buraka cukrowego w latach 1992–2002

Seed germination capacity (%) of sugar beet cultivars and breeding materials in the years 1992–2002

Nazwa odmiany / materiału Name of cultivar / material	Lata Years		$\bar{X}$	V	Indeks Index 1992–2002
	1992	2002			
Oryx	96	98	97,0	1	102,1
Fenyx	95	96	95,5	1	101,1
Adonis	94	99	96,3	3	104,8
Colibri	95	98	96,5	2	103,2
Diadem	96	99	97,5	2	103,1
Zenith	93	99	96,0	4	106,5
Beta 1996	95	97	95,8	1	101,6
Średnia Mean	94,9	97,9	96,4		103,2
Współczynnik zmienności Variability coefficient (V)	1	2	1		3

W przypadku niektórych odmian i materiałów buraka cukrowego notowano wzrost zdolności kiełkowania nasion (tab. 1, 2, 3, 4) wraz z długością okresu ich przechowywania. Trzebiński (1976) tłumaczy to zjawisko różnicami w ilości zgromadzonych w nasionach specyficznych inhibitorów kiełkowania, co jest cechą uwarunkowaną genetycznie oraz zmiennym czasem ich rozkładu. Specht i wsp. (1998), badając zdolność kiełkowania nasion buraków w ciągu 15 lat długotrwałego przechowywania stwierdzili także wzrost zdolności kiełkowania nasion, szczególnie tych, które były reprodukowane w latach gorących i suchych.

WNIOSKI

1. Ocena zdolności kiełkowania nasion odmian i materiałów hodowlanych buraka cukrowego zgromadzonych w Banku Genów w Radzikowie w latach 1981–2002 wykazała dużą skuteczność stosowanej obecnie metody długotrwałego przechowywania zasobów genowych buraka. Dzięki tej metodzie możliwe stało się wydłużenie żywotności nasion buraka do kilkunastu a nawet kilkudziesięciu lat.
2. Przeprowadzone badania nad zdolnością kiełkowania nasion odmian i materiałów hodowlanych buraka po 10, 12, 19, 20 latach przechowywania pozwalają stwierdzić, że materiały te nie wymagają trudnej i kosztownej reprodukcji.

LITERATURA

- Belloti J., Jassem M., Stefanowska J. 1988. Laboratoryjna ocena materiału siewnego buraków (*Beta* sp.). Wyd. IHAR (III) 1/78/5: 44 ss.
- Brewbaker J. L. 1970. Genetyka rolnicza. PWRiL, Warszawa: 19 — 32.
- Chudoba Z. 1972. Wpływ warunków przechowywania na zachowanie zdolności kiełkowania nasion buraka. Biul. IHAR 1/2: 89 — 91.
- Dalke L., Majtkowska G., Kitowska U. 1990. Gromadzenie i opracowywanie pod względem genetycznym i botanicznym form uprawnych i gatunków dzikich rodzaju *Beta*. Wyd. IHAR, Radzików: 50.

- Dorph-Petersen K. 1924. Wie lange bleiben die Samen der verschiedenen Pflanzen keimfähig. *Revue Intern. d'Agriculture* 2.
- Filutowicz A., Bejnar W. 1954. Wpływ wieku nasion buraka cukrowego na ich wartość siewną. *Rocz. Nauk. Rol., Ser. A* 69 (3): 323 — 340.
- Górski M. 2001. Zdolność kiełkowania ziarniaków kostrzewy łąkowej (*Festuca pratensis* Huds.) po 5-letnim przechowywaniu. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 474: 301 — 306.
- Grzebiuk S., Kulka K. 1981. Fizjologia i biochemia nasion. PWRiL, Warszawa: 604 ss.
- ISTA 1985. International Rules for Seed Testing. *Seed Sci. Technol.* 132: 299 — 355.
- Jassem M., Burduk T. 1988. Wpływ wieku nasion buraka cukrowego na ich wartość siewną. *Biul. IHAR* 167: 109 — 115.
- Lityński M., Ugarynko A. 1972. Dwunastoletnie obserwacje nad przechowywaniem nasion 12 gatunków roślin warzywnych w warunkach magazynowych. *Biul. IHAR* 1/2: 63 — 71.
- Osińska B. 1978. Zdrowotność nasion buraków cukrowych i jej wpływ na kiełkowanie i połowę zdolność wschodów. *Biul. IHAR* 134: 35 — 42.
- Pack D. A., Owen F. V. 1950. Viability of sugar beet seed held in cold storage for 22 years. *Proc. ASSBT, Fort Collins, USA* 8:127 — 129.
- Polska Norma 1979. Materiał Siewny. Metody badania nasion. PN-79/R-65950. Wydawnictwa Normalizacyjne. Warszawa: 61 ss.
- Puchalski J. 1998. Długotrwałe przechowywanie plazmy zarodkowej roślin użytkowych — metody i problemy. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 463: 211 — 233.
- Robertson D. W., Thornton M. L. 1964. Longevity of sugar beet seed. *Proc. ASSBT, Fort Collins, USA* 13: 177 — 184.
- Specht C. E., Freytag U., Hammer K., Börner A. 1998. Survey of seed germinability after long-term storage in Gatersleben genebank. *IPGRI. Plant Genet. Resour. Newsl. Rome* 115: 39 — 43.
- Trzebiński J. 1976. Analiza chemicznych przyczyn niskiej zdolności kiełkowania buraków jednonasiennych. *Hod. Rośl. Aklim.* 20, 3: 305 — 314.
- Wiłkojć A. 1978. Uwagi na temat opracowywania prognozy okresu przechowywania nasion. *Biul. IHAR* 133: 229 — 237.

DANUTA MAĆKOWIAK**ADAM SITARSKI**

Kutnowska Hodowla Buraka Cukrowego w Kutnie, SHR Straszaków

Rizomania — diagnostyka i szkodliwość choroby

Rhizomania — diagnostics and harmfulness of the disease

Przebadano 5 odmian buraka cukrowego odpornych i jedną podatną na rizomanię pod kątem zawartości wirusa BNYVV w korzeniach. Rośliny uprawiano na zakażonym polu. Badano również wartość technologiczną korzeni. Obecność wirusa BNYVV stwierdzono przy pomocy testu ELISA u wszystkich odmian, lecz jego zawartość była różna. Najwyższą wartość ekstynkcji zanotowano u odmiany podatnej. Odmiana podatna wykazała najgorsze parametry technologiczne. Spadek zawartości cukru u tej odmiany wynosił około 2%.

Słowa kluczowe: BNYVV, burak cukrowy, choroby, rizomania, wirusy

Five resistant varieties of sugar beet and one susceptible one, grown on an infected field, were examined in respect of virus content in roots and technological value of roots. The virus BNYVV was detected in all varieties, but the level of its content was differentiated. The highest value of extinction was noted for the susceptible variety. The susceptible variety showed also the worst technological parameters — sugar content was about 2% decreased.

Key words: BNYVV, diseases, rhizomania, sugar beet, viruses

WSTĘP

Rizomania jest najgroźniejszą chorobą wirusową buraka cukrowego. Powodowana jest ona przez wirus nekrotycznego żółknięcia wiązek przewodzących buraka cukrowego (Beet Necrotic Yellow Vein Virus), którego wektorem jest *Polymyxa betae*. Choroba ta została po raz pierwszy opisana we Włoszech (Canova, 1959). Następne doniesienia potwierdzają występowanie rizomanii na terenie Europy oraz Japonii, Chin i USA (Tamada, 1975; Duffus i in., 1984; Miyanishi i in., 1998). W Polsce rizomania została wykryta w latach 80. (Osińska i in., 1989). Późniejsze badania dowiodły także jej obecności na terenie kraju, jednak były to sporadyczne ogniska niestanowiące zagrożenia dla uprawy buraków cukrowych (Jeżewska i in., 1991). Objawami rizomanii są żółknięcia i nekrozy nerwów liści, broda korzeniowa oraz ciemnienie wiązek przewodzących korzenia. W naszych warunkach rizomania często nie daje jednoznacznych symptomów. Objawy powodowane

przez inne czynniki (mątwik burakowy, warunki glebowo-nawozowe) mogą być podobne do objawów powodowanych przez rizomanię (Müller, 1982). Jednoznaczne określenie występowania rizomanii możliwe jest dopiero po przeprowadzeniu testu immunologicznego, bazującego na metodzie ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) opracowanej przez Clarka i Adamsa (1977).

Szkodliwość rizomanii polega na obniżce plonu korzeni oraz zawartości cukru w korzeniach. Przy silnej infekcji spadek plonu i zawartości cukru powoduje nieopłacalność uprawy buraków. Alternatywą dla plantatorów są odmiany odporne bądź tolerancyjne.

Do inokulacji wystarczy bardzo niewielkie ilości gleby zasiedlonej przez *Polymyxa betae* z wirusem. Należy pamiętać, że podstawową formą ochrony przed rizomanią jest zapobieganie jej rozprzestrzenianiu się. Chodzi tu zwłaszcza o nie przenoszenie gleby z pól zakażonych na obszary wolne od rizomanii.

Celem pracy było porównanie pod względem poziomu porażenia przez rizomanię oraz wskaźników technologicznych korzeni buraka cukrowego odmian odpornych i podatnych uprawianych na polu zainfekowanym przez wirus BNYVV.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w 2003 roku na próbach korzeni pięciu odmian odpornych i jednej podatnej na rizomanię. Odmiany te rosły w południowo-wschodniej Polsce na polu zasiedlonym przez pierwotniak *Polymyxa betae*, który zawierał wirus BNYVV. Korzenie zostały poddane ocenie wizualnej oraz przeprowadzono analizę na obecność wirusa metodą DAS-ELISA. Podczas oceny wizualnej zwracano uwagę na wielkość korzenia, brodę korzeniową oraz ciemnienie wiązek przewodzących. Próby do badań pobierano z korzeni głównych, oraz jeśli było to możliwe, z korzonków bocznych. Analizy wykonano w dwu powtórzeniach przy użyciu odczynników firmy Sanofi. Przeprowadzono także analizę jakości technologicznej buraka poszczególnych odmian na linii VENEMA, określając zawartość cukru, potasu, sodu i azotu-alfa-aminowego. Analizę statystyczną przeprowadzono za pomocą programu komputerowego MAK-BET.

WYNIKI

Wyniki przeprowadzonego testu ELISA we wszystkich próbach z korzeni odmiany podatnej wykazały obecność wirusa BNYVV (tab. 1). Średnia ekstynkcja dla prób pobranych z korzonków bocznych była wyższa od ekstynkcji dla prób z korzenia głównego i wynosiła — odpowiednio 0,81 i 0,47. Największe wartości ekstynkcji zanotowano dla odmiany podatnej — korzenie główne — 0,98, a korzonki boczne — 1,31. Należy zaznaczyć, że wszystkie korzenie tej odmiany zawierały wirus powodujący rizomanię. Pomiary ekstynkcji u odmian odpornych wykazały znacznie niższą koncentrację wirusa (wartości ekstynkcji dla prób pobranych z korzeni głównych wynosiły od 0,24 do 0,52, a z korzonków bocznych — 0,53 do 0,99). W tej grupie odmian w kilku próbach korzeni nie wykryto wirusa BNYVV (1–9 sztuk).

Tabela 1

Wyniki testu ELISA na obecność wirusa BNYVV w korzeniach buraka cukrowego
Results of the ELISA test — presence of BNYVV virus in sugar beet roots

Odmiana Variety	Liczba badanych roślin Number of tested plants	Liczba roślin bez wirusa Number of plants without virus	Wartość ekstynkcji Extinction value	
			korzenie główne main roots	korzonki boczne rootlets
O 1*	19	9	0,24	0,53
O 2*	17	1	0,30	0,72
O 3*	16	1	0,52	0,99
O 4	18	6	0,30	0,70
O 5*	21	8	0,49	0,80
P 1**	19	0	0,98	1,31
Kontrola pozytywna Positive control	—	—	2,164	
Kontrola negatywna Negative control	—	—	0,022	
Średnia Average	—	—	0,47	0,81

* Odmiany odporne; Resistant varieties

** Odmiana podatna; Susceptible variety

Biologiczna zawartość cukru w korzeniach badanych odmian odpornych wahała się od 18,23 do 19,66%, dla odmiany podatnej wynosiła 16,64% (tab. 2). Średni spadek zawartości cukru u tej odmiany w stosunku do odmian odpornych wyniósł 2,11%. Różnica ta jest udowodniona statystycznie.

Średnia zawartość potasu w korzeniach badanych odmian wynosiła 44,7 mval/1000 gram miazgi. Statystyczną różnicę zanotowano w przypadku odmiany odpornej numer 03 i 04, które miały zawartość potasu statystycznie niższą od odmiany podatnej.

Średnia zawartość sodu wynosiła 4,24 mval/1000 gram miazgi. U odmiany podatnej na rizomanię stwierdzono istotnie wyższą zawartość sodu w korzeniach w porównaniu do odmian odpornych 01 i 03.

Zawartość azotu alfa-aminowego wahała się od 7,13 mval do 12,23 mval/1000 gram miazgi. Wartość najwyższą zanotowano dla odmiany podatnej, a najniższą dla odmiany odpornej 03. Analiza statystyczna nie wykazała różnic pomiędzy odmianami.

Technologiczna zawartość cukru dla odmiany podatnej wynosiła 14,47% i była statystycznie niższa od wyników dla odmian odpornych. Należy przy tym zaznaczyć, że odmiana odporna 01 wykazała udowodnioną statystycznie wyższą zawartość cukru technologicznego w stosunku do odmian 04, 05 i P1 (tab. 2).

Badane odmiany buraka cukrowego nie różnicowały się wielkością współczynnika alkalizacji. Średnia jego wartość wynosiła 6,02, najniższą zanotowano u odmiany podatnej (5,04) (tab. 2).

Najniższą zawartość cukru technologicznego stwierdzono u odmiany podatnej — 14,47%. Była ona niższa od średniej dla wszystkich odmian o 1,88%, i 2,25% w porównaniu do średniej dla odmian odpornych.

Tabela 2

Zawartość cukru, K, Na i N α NH₂ w korzeniach buraka cukrowego oraz współczynnik alkaliczności i współczynnik K-Na/ N α NH₂
Content of sugar, K, Na and N α NH₂ in sugar beet roots together with alkalinity coefficient and K-Na/ N α NH₂ coefficient

Odmiana Variety	Biologiczna zawartość cukru Biological content of sugar (%)	Zawartość K K content (mlval/1000 g miazgi)	Zawartość Na Na content (mlval/1000 g miazgi)	Zawartość N α NH ₂ N α NH ₂ content (mlval/1000 g miazgi)	Technologiczna zawartość cukru Technological content of sugar (%)	Współczynnik alkaliczności Alkalinity coefficient	K-Na/N- α -NH ₂
	średnia average	średnia average	średnia average	średnia average	średnia average	średnia average	
O 1*	19,66	45,03	3,43	7,63	17,64	6,47	5,58
O 2*	18,91	47,53	3,83	7,73	16,78	6,83	5,81
O 3*	18,60	40,17	3,23	7,13	16,75	6,12	5,22
O 4*	18,36	42,50	4,27	8,93	16,38	5,38	4,44
O 5*	18,23	47,70	4,73	8,50	16,06	6,30	5,19
P 1**	16,64	45,73	5,93	12,23	14,47	5,04	3,95
NIR $p = 0,05$	1,05	4,86	2,12	5,25	1,17	2,70	—
LSD $p = 0,05$							
Średnia Average	18,40	44,78	4,24	8,69	16,35	6,02	5,03

* Odmiany odporne; Resistant varieties

** Odmiana podatna; Susceptible variety

Wartości współczynnika K-Na/N- α -NH₂ wahały się od 3,95 do 5,81. Należy zaznaczyć, iż na danej plantacji buraka cukrowego u odmiany podatnej wartość ta była najniższą.

DYSKUSJA

Wyniki badań immunoenzymatycznych testem ELISA wykazywały niższą zawartość wirusa BNYVV w korzeniach buraków odmian odpornych; potwierdza je niższa wartość ekstynkcji. Nie wykrycie w kilkunastu korzeniach odmian odpornych wirusa może świadczyć o ich odporności, lecz na tej podstawie nie można wnioskować o braku wirusa w glebie.

Analiza chemiczna wykazała niższą zawartość cukru biologicznego oraz technologicznego w odmianie podatnej w stosunku do średniej dla odmian odpornych o odpowiednio 2,11% i 2,25%. Literatura podaje znacznie większe straty w zawartości cukru przy uprawie buraka cukrowego na plantacjach zakażonych rizomanią (Asher, Peck, 1990). Dotyczy to zwłaszcza zawartości cukru technologicznego. Wyliczony współczynnik K-Na/N- α -NH₂ nie dał jednoznacznych wyników. Przy założeniu, że wartość współczynnika większa niż 4 oznacza obecność wirusa w glebie, należałoby uznać, że odmiana odporna 04 oraz odmiana podatna nie rosły na plantacji zakażonej.

WNIOSKI

1. Rizomania, może być przyczyną znacznego spadku zawartości cukru w korzeniach u odmian podatnych w porównaniu z odmianami odpornymi.

2. Stosowanie wskaźnika K-Na/N- α -NH₂ przy określaniu zakażonych pól może być zawodne.
3. Uprawa odmian odpornych może ograniczyć straty związane z uprawą buraków cukrowych na polach rizomanijnych. Należy jednak zaznaczyć, iż podstawową formą ochrony przed rizomanią jest nie przenoszenie zakażonej gleby na pole wolne od wirusa.

LITERATURA

- Asher M., Peck B. 1990. Rhizomania — recent research and its implications. *Sugar Beet Rev.* 58: 30 — 32.
- Canova A. 1959. Appunti di patologia della barbatietola. *Inf. Fitopatologica* 9: 390 — 396.
- Clark M. F., Adams A. N. 1976. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *J. Gen. Virol.* 34: 475 — 483.
- Duffus J. E., Whitney E. D., Larsen R. C., Liu H. Y., Lewellen R. T. 1984. First report in Western hemisphere of rhizomania of sugar beet caused by Beet Necrotic Yellow Vein Virus. *Plant Disease* 68: 251.
- Jeżewska M., Maćkowiak D., Wójtowicz A. 1991. Problem rizomanii w świetle badań nad występowaniem wirusa — sprawcy tej choroby (BNYVV) na plantacjach buraka cukrowego w niektórych rejonach Polski. *Hod. Rośl. Nasien.* 2: 19 — 22.
- Miyanishi M., Kusume T., Saito M., Tamada T. 1998. Beet necrotic yellow vein virus RNA5 geographical distribution and sequence variation. 7th Congress of Plant Pathology, Edinburgh, 9–16 August, No. 1.11.80.
- Müller H. J. 1982. Rizomania in Österreich in Anbaujahr 1981. *Zuckerind.* 10 (11): 1037 — 1041.
- Osińska B., Szymczak-Nowak J., Nowakowska H., Paczuski R. 1989. Rizomania i jej występowanie w Polsce. *Ochrona Roślin* 8: 3 — 4.
- Tamada T. 1975. Beet Necrotic Yellow Vein Virus CMI/AAB. *Descriptions of Plant Viruses* 144: 1 — 4.

DOROTA KALEMBASA¹**ELŻBIETA MALINOWSKA**¹**DAWID JAREMKO**¹**STANISŁAW JEŻOWSKI**²¹ Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Akademia Podlaska w Siedlcach² Instytut Genetyki Roślin, Polska Akademia Nauk w Poznaniu

Wpływ nawożenia NPK na strukturę plonu traw *Miscanthus* ssp.

The influence of NPK fertilization on yield structure of the *Miscanthus* ssp. grasses

W badaniach określono plon suchej masy łodyg, liści, rizomów i korzeni traw z rodzaju *Miscanthus*. Doświadczenie obejmowało pięć klonów miskanta, w tym dwa diploidalne nr 1 i nr 19 oraz trzy triploidalne 53, 63 i POL. Doświadczenie obejmowało dwa obiekty nawozowe, tj. 1) obiekt kontrolny (bez nawożenia) i 2) z nawożeniem $N_{60}P_{50}K_{100}$ na 1 hektar rocznie. Rośliny zbierano po zakończeniu drugiego okresu wegetacji. Najwyższy plon suchej masy części nadziemnych i podziemnych miskanta stwierdzono dla klonu nr 19, a najniższy dla klonu POL. Działanie nawożenia NPK obniżyło plon suchej masy części podziemnych wszystkich badanych klonów. Średnia wartość energetyczna 1 kg suchej masy części nadziemnych wszystkich analizowanych roślin wynosiła $17,25 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Słowa kluczowe: miskant, nawożenie, struktura plonu, wartość energetyczna

The yield structure (stems, leaves, roots and rhizomes) of the *Miscanthus* grass was determined in a field experiment, after two years of cultivation. Five clones (two diploids: No 1 and No 19, and three triploids: No 53, No 63 and POL) were tested at two levels of fertilization: 1) control and 2) $N_{60}P_{50}K_{100}$ per year. After harvest, dry matter of the analyzed parts was determined. The highest yields of the aboveground and underground parts were recorded for the clone No 19, the lowest ones for the clone POL. The NPK fertilization decreased yield of the underground parts of all the investigated clones. The mean energetic value of the aboveground parts dry mass reached $17.25 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ for all the investigated clones.

Key words: mineral fertilization, *Miscanthus*, yield structure, energetic value

WSTĘP

Uprawa roślin na cele nieżywnościowe, a zwłaszcza energetyczne jest przedmiotem badań w wielu krajach europejskich. *Miscanthus* jako jedyna z obiecujących roślin energetycznych jest uprawiana w Europie na obszarze ok. 350 ha (1997), głównie w postaci plantacji doświadczalnych (Szeptycki, 2000). Rodzaj *Miscanthus* obejmuje

ponad 20 różnych, wykazujących dużą zmienność morfologiczną gatunków pochodzących przede wszystkim z Japonii, Filipin oraz dawnych Indochin (Watson i Dallwitz, 1992). Jako roślina o mechanizmie fotosyntezy typu C-4 miskant chiński wykazuje duży wzrost plonu przy wzroście temperatury i natężenia napromieniowania. Mimo, że optymalna temperatura do jego wzrostu wynosi 28°–32°C, to jednak suma temperatur dobowych dla Europy Środkowej w zupełności wystarcza do uzyskania wysokich plonów suchej masy (Tayot i in., 1994). Pomimo małego zużycia wody na wyprodukowanie jednostki suchej masy (ok. 250 dm³ na kg suchej masy) trzcina chińska potrzebuje w trakcie sezonu wegetacji około 700 mm opadu (Jonkowski, 1994), co w wielu rejonach Polski przekracza przeciętny opad roczny. (Jeżowski, 2000) stwierdził, że miskant jest rośliną niewymagającą wysokiego poziomu nawożenia mineralnego.

Celem pracy było określenie wpływu nawożenia NPK kilku klonów trawy z rodzaju *Miscanthus* na plon suchej masy ich łodyg, liści, rizomów i korzeni w drugim roku uprawy.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w warunkach polowych na glebie o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego o wartości $pH_{KCl} = 6,73$. Zawartość węgla w związkach organicznych wynosiła 37,4 g·kg⁻¹, całkowita zawartość makroelementów była następująca: 1,15 g K; 1,20 g Mg; 10,69 g Ca; 1,0 g P; 0,49 g S na kg gleby. Całkowita zawartość mikroelementów w mg·kg⁻¹ badanej gleby wynosiła: 170,85 mg Mn; 7606,52 mg Fe; 2,18 mg Mo; 14,56 mg Cu; 22,93 mg B; 96,83 mg Zn.

Węgiel oznaczono metodą oksydacyjno-miareczkową, a całkowitą zawartość makro- i mikroelementów metodą ICP-AES, po mineralizacji próbki gleby „na sucho”.

Zawartość przyswajalnych form wg metody Egnera-Riehma wynosiła w mg·kg⁻¹ gleby: K — 151, P — 120 i Mg — 63,0.

Jesienią 2000 roku założono plantację traw, sadzonki uzyskano z rozmnażania kłaczowego (rozłogowego). Nasadzeń dokonano na powierzchni 1,5 m² w trzech powtórzeniach, a zbiór prowadzono po zakończeniu sezonu wegetacyjnego 2002 roku w miesiącu październiku z powierzchni 1 m².

Doświadczenie obejmowało dwa obiekty 1) bez nawożenia (obiekt kontrolny) i 2) z nawożeniem mineralnym w ilości: N — 60, P — 50, K — 100 kg·ha⁻¹ przed ruszeniem wegetacji (N — saletra amonowa, P — superfosfat potrójny, K — siarczan potasu). Do badań wykorzystano 5 genotypów traw z rodzaju *Miscanthus*, tj. 2 genotypy diploidalne (2×) reprezentujące gatunek *Miscanthus sinensis*, w tym jedna z grupy traw *Hybriden* — klon nr 1 oraz jedna niemiecka forma o nazwie Goliath — klon nr 19. Pozostałe 3 genotypy należały do triploidalnego (3×) mieszańca *Miscanthus sinensis* × *giganteus* i różniły się pochodzeniem: klon nr 53 z Niemiec, klon nr 63 z Danii a klon POL z Polski.

Z uzyskanego materiału roślinnego pobrano średnie reprezentatywne próbki łodyg, liści, rizomów i korzeni, których plon suchej masy oznaczono metodą suszarkowo-wagową w temperaturze 105°C.

Uzyskane z trzech powtórzeń wyniki poddano analizie wariancji, a istotność różnic oceniono testem Tukeya.

WYNIKI

W rejonie środkowo-wschodniej Polski najlepiej plonowały klony diploidalne nr 1 i nr 19 *Miscanthus* (tab. 1). Plon wszystkich analizowanych części roślin *Miscanthus* z poszczególnych obiektów przeliczono na suchą masę. Plon suchej masy części nadziemnych (łodyg i liści) klonu 19 był istotnie najwyższy i wynosił $9,36 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ (średnio z obiektów kontrolnych i z NPK); klonu 1 był nieco niższy ($6,35 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$), a najniższy triploidalnego klonu POL ($3,11 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$). Rośliny diploidalne reagowały istotnym wzrostem plonu łodyg ($+3,17 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) i liści ($+3,00 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) pod wpływem nawożenia mineralnego w przeciwieństwie do roślin triploidalnych, dla których stwierdzono spadek plonu części nadziemnych (odpowiednio $-0,44$ i $-0,49 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$).

Tabela 1

Plon suchej masy ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) części nadziemnych *Miscanthus*
The yield ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) of dry matter of aboveground parts of the investigated clones

Klony Clones	Sucha masa Dry matter								
	łodygi stems			liście leaves			suma części nadziemnych summ of aboveground parts		
	O	NPK	średnia mean	O	NPK	średnia mean	O	NPK	średnia mean
	diploidalne — diploids								
1	3,57	5,81	4,69	0,74	2,58	1,66	4,31	8,39	6,35
19	3,66	7,76	5,71	1,57	5,73	3,65	5,23	13,49	9,36
Średnia — Mean	3,62	6,79	5,20	1,16	4,16	2,66	4,77	10,94	7,86
Wzrost plonu Increases of yields	+3,17			+3,00			+6,17		
triploidalne — triploids									
53	3,63	2,16	2,89	1,72	0,98	1,35	5,35	3,14	4,25
63	3,55	3,30	3,43	1,79	1,25	1,52	5,34	4,55	4,95
POL	2,08	2,50	2,29	0,92	0,74	0,83	3,00	3,22	3,11
Średnia — Mean	3,09	2,65	2,87	1,78	0,99	1,23	4,56	3,64	4,10
Średnie — Means	3,35	4,72	4,03	1,47	2,57	1,95	4,66	7,29	5,98
Spadek plonu Decreases of yield	-0,44			-0,49			-0,92		
NIR _{0,05} dla: klonów di- i triploidalnych	0,52			0,27			1,13		
LSD _{0,05} for: di- and triploid clones	0,27			0,30			1,02		
NPK	0,27			0,30			1,02		
Współdziałania klonów i NPK	n.i.–n.s.			0,30			n.i.–n.s.		
Interaction of clones and NPK	n.i.–n.s.			0,30			n.i.–n.s.		

O — Obiekty kontrolne (bez nawożenia); Control object without fertilization

NPK — Obiekty nawożone nawozami mineralnymi NPK; Objects fertilized with mineral fertilizers NPK

n.i.–n.s. — Różnica nieistotna; Non significant difference

Plon suchej masy części podziemnych (rizomów i korzeni) miskanta (tab. 2) był istotnie wyższy (średnio) triploidów ($36,31 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$), a nieco niższy diploidów ($34,65 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$).

Najwyższy plon rizomów uzyskano dla klonu triploidalnego nr 63 (średnio 48,32 kg·m⁻²), a najniższy dla klonu diploidalnego nr 1 (średnio 27,75 kg·m⁻²).

Średni plon suchej masy korzeni *Miscanthus* był istotnie wyższy dla klonów diploidalnych i wynosił 22,29 kg·m⁻², a dla klonów triploidalnych wynosił 11,35 kg·m⁻². Najwyższe plony suchej masy korzeni stwierdzono w przypadku klonu nr 19 (średnio 23,68 kg·m⁻²), nieco niższe klonu nr 1 (20,89 kg·m⁻²), a najniższe klonu POL (10,68 kg·m⁻²) i nr 53 (10,05 kg·m⁻²).

Tabela 2

Plon suchej masy (kg·m⁻²) części podziemnych *Miscanthus*
The yield (kg·m⁻²) of dry matter of underground parts of the investigated clones

Klony Clones	Sucha masa Dry matter								
	rizomy rhizoms			korzenie roots			suma części podziemnych summ of underground parts		
	O	NPK	średnia mean	O	NPK	średnia mean	O	NPK	średnia mean
	diploidalne — diploids								
1	32,86	22,63	27,75	16,64	25,15	20,89	49,50	47,78	48,64
19	41,71	41,36	41,54	28,02	19,33	23,68	69,73	60,69	65,21
Średnia — Mean	37,29	31,00	34,65	22,33	22,24	22,29	59,62	54,24	56,93
Spadek plonu Decreases of yields	-5,26			-0,09			-5,38		
triploidalne — triploids									
53	41,26	16,68	28,97	12,38	7,72	10,05	53,64	24,40	39,02
63	62,11	34,53	48,32	14,80	11,82	13,32	76,91	46,35	61,63
POL	31,05	32,24	31,65	9,50	11,86	10,68	40,55	44,10	42,33
Średnia — Mean	44,81	27,82	36,31	12,23	10,47	11,35	57,03	38,28	47,66
Średnie — Means	41,05	29,41	35,48	17,28	16,35	16,82	58,33	46,26	52,30
Spadek plonu Decreases of yield		-16,99			-1,76			-18,75	
NIR _{0,05} dla: klonów di- i triploidalnych		n.i.—n.s.			0,35			8,36	
LSD _{0,05} for: di- and triploid clones									
NPK		5,28			n.i.—n.s.			8,47	
Współdziałania klonów i NPK									
Interaction of clones and NPK		6,21			n.i.—n.s.			9,21	

O — Obiekty kontrolne (bez nawożenia); Control object without fertilization

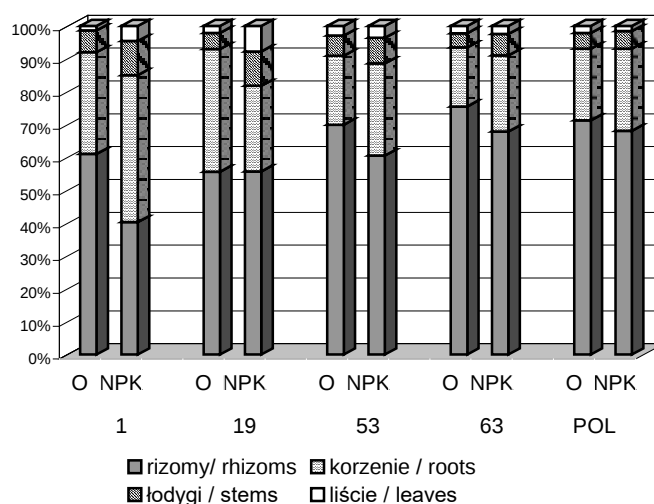
NPK — Obiekty nawożone nawozami mineralnymi NPK; Objects fertilized with mineral fertilizers NPK

n.i.-n.s. — Różnica nieistotna; Non significant difference

W przypadku rizomów i korzeni obu genotypów roślin stwierdzono istotne obniżenie suchej masy plonu pod wpływem nawożenia NPK, przy czym spadek ten był niższy dla diploidów (odpowiednio -5,29 i -0,09 kg·m⁻²) niż dla triploidów (-16,99 i -1,76 kg·m⁻²), a dla sumy części podziemnych spadek ten wynosił odpowiednio -5,38 i 18,75 kg·m⁻².

Procentowy udział analizowanych części *Miscanthus* w plonie całkowitym, przyjętym za 100%, był największy dla rizomów i wahał się od 38% dla klonu nr 1 nawożonego NPK do 72% dla klonu nr 63 bez nawożenia mineralnego rys. 1). Następną pozycję w ogólnej

masie stanowiły korzenie, których masa była największa dla klonu nr 1 nawożonego NPK, a najniższa dla klonu nr 63 bez nawożenia mineralnego. Udział części nadziemnych był niewielki i wynosił od 20% dla klonu nr 19 nawożonego NPK do 7%–8% dla klonu nr 63 bez nawożenia mineralnego. Otrzymane dane wskazują, że po 2 latach wzrostu i rozwoju pięciu klonów trawy *Miscanthus* następuje gromadzenie suchej masy głównie w rizomach i korzeniach, stanowiących część podziemną tej rośliny, a niewielki udział w plonie całkowitym stanowią części nadziemne (łodygi i liście).



Rys. 1. Procentowy udział poszczególnych części w całkowitym plonie *Miscanthus*
Fig. 1. Percentage share of the analyzed parts in total yield of *Miscanthus*

Wartość energetyczna 1 kg suchej masy części nadziemnych miskanta wynosiła średnio dla wszystkich badanych klonów $17,25 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tab. 3). Największą wartość energetyczną stwierdzono dla suchej masy klonu nr 53 ($19,18 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$), a najmniejszą dla klonu nr 19 ($16,15 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$).

Tabela 3

Wartość energetyczna (MJ kg^{-1}) w przeliczeniu na 1 kg suchej masy części nadziemnych *Miscanthus*
The energetic value (MJ kg^{-1}) per 1 kg of dry matter of aboveground parts dry mass of *Miscanthus*

Klony — Clones	Wartość energetyczna — The energetic value ($\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)
1	16,91
19	16,15
53	19,18
63	16,73
POL	17,29
Średnia — Mean	17,25

DYSKUSJA

Plony wyrażane suchą masą części nadziemnej traw z rodzaju *Miscanthus* podawane w literaturze różnią się bardzo znacznie. Można przyjąć, że dla plantacji, poczynając od drugiego roku po jej założeniu plony wynoszą 15–26 t s.m.·ha⁻¹ (Pude, 2000; El-Bassam, 1996). Porównując plony innych traw trzcinowatych np. *Arundo donax* czy *Spartina pectinata* (Jeżowski, 2000) stwierdził, że *Miscanthus* przy plonie 26 t·ha⁻¹ zdecydowanie przewyższał porównywane gatunki. W przeprowadzonym doświadczeniu uzyskane plony suchej masy części nadziemnej miskanta różnią się znacznie od danych literaturowych, ponieważ zbiór przeprowadzono w październiku, gdy rośliny posiadały pełne ulistnienie. Zbiór biomasy tej trawy zalecany jest w okresie późnej zimy lub wczesnej wiosny. W okresie tym obniżenie plonu suchej masy jest wynikiem opadania (strat) liści, łamania łodyg podczas silnych wiatrów oraz dużych dobowych różnic temperatur (Roszewski, 1996).

Wysoka wartość opałowu uzyskana w doświadczeniu z biomasy miskanta sugeruje, że roślina ta może być zbierana także w tej fazie wzrostu dając znacznie wyższy plon. El-Bassam (1996) podaje wartość opałowu biomasy *Miscanthusa* na zbliżonym poziomie. Wartość ta jest wyższa niż uzyskana ze spalania trzciny, słomy i torfu suchego, a porównywalna z drewnem topolowym i korą.

WNIOSKI

1. Najwyższy plon suchej masy części nadziemnych wśród pięciu klonów trawy z rodzaju *Miscanthus* uzyskano dla klonu nr 19 (średnio 9,36 kg·m⁻²), a najniższy dla klonu POL (średnio 3,11 kg·m⁻²).
2. Działanie nawożenia mineralnego NPK miało wpływ na zwiększenie plonu suchej masy części nadziemnych *Miscanthusa* tylko w przypadku klonów diploidalnych.
3. Dla genotypu diploidalnego nr 19 stwierdzono największy plon suchej masy części podziemnych (średnio 65,21 kg·m⁻²), a najmniejszy dla klonu nr 53 (średnio 39,02 kg·m⁻²).
4. Działanie nawożenia NPK powodowało niższe plony suchej masy części podziemnych wszystkich badanych klonów miskanta.
5. Wartość energetyczna 1 kg suchej masy części nadziemnych (średnia) dla wszystkich uprawianych klonów *Miscanthusa* była wysoka i wynosiła 17,25 MJ·kg⁻¹.

LITERATURA

- El-Bassam N. 1996. Renewable energy. Potential energy crops for Europe and Mediterranean Region. FAO REU. Technical Series 46.
- Jeżowski S. 2000. *Miscanthus* — roślina alternatywna dla polskiego rolnictwa i możliwości jej introdukcji w warunkach klimatycznych Polski. Polska — Niemiecka Konferencja na temat wykorzystania trzciny chińskiej. Połczyn-Zdrój. Wyd. Szczecin — Expo Biuro Promocji: 22 — 25.
- Jonkowski F. 1994. *Miscanthus* — the future biomass crop for energy and industry. Biomass for energy environment and industry, 8th, E.C., Conference, Vienna: 372 — 379.

- Pude R. 2000. *Miscanthus* — od uprawy do wykorzystania. Sympozjum w dniu 23–24 luty 2000 w Bonn. Streszczenia referatów. Beiträge zu Agrarwissenschaften Bd. 19. Verl. M. Wehle Witterschlick, Bonn.
- Szeptycki A. 2000. Wykorzystanie trzciny chińskiej *Miscanthus* do celów energetycznych. Mat. Konf. — *Miscanthus*. Polsko-niemiecka konferencja na temat wykorzystania trzciny chińskiej. Połczyn-Zdrój. Wyd. Szczecin — Expo Biuro Promocji.
- Tayot X., Chartier M., Varlet-Grancher C., Lemaire G. 1994. Potential above — ground dry matter production of *Miscanthus* in Nord Centre France compared to sweet sorghum. Biomass for energy environment and industry, 8th, E.C., Conference, Vienna: 556 — 564.
- Watson L., Dallwitz M. J. 1992. The grass genera of the World. CAB International: 585 — 587.

ALINA KOWALCZYK-JUŚKO**BOGDAN KOŚCIK**

Akademia Rolnicza w Lublinie

Instytut Nauk Rolniczych w Zamościu

Produkcja biomasy miskanta cukrowego i spartiny preriowej w zróżnicowanych warunkach glebowych oraz możliwości jej konwersji na energię

The *Miscanthus sacchariflorus* and *Spartina pectinata* biomass production in different soil conditions and possibilities of its conversion into energy

Produkcja biomasy na cele energetyczne cieszy się coraz większym zainteresowaniem rolników. Jako rośliny energetyczne mogą być uprawiane zarówno gatunki jednoroczne, jak i wieloletnie. W Europie Zachodniej wprowadzane są do uprawy wieloletnie gatunki szybko rosnących traw o dużym potencjale plonowania. W Instytucie Nauk Rolniczych w Zamościu podjęto badania nad miskantem cukrowym i spartiną preriową. Jak wynika z przeprowadzonych badań, gatunki te dobrze przystosowują się do warunków klimatycznych Polski. Potencjał ich plonowania jest znaczny, nawet przy ekstensywnej uprawie bez nawożenia mineralnego. *Spartina preriowa* okazuje się gatunkiem bardziej tolerancyjnym na skrajne warunki glebowe. Miskant cukrowy wymaga gleb lepszej jakości, żyznych. Biomasa badanych traw może być wykorzystana do produkcji energii w procesie spalania (po sprasowaniu lub przetworzeniu do postaci brykietów i peletów). Wartość opałowa miskanta wynosi ok. 19 MJ/kg, zaś spartiny 17 MJ/kg. Innym sposobem pozyskiwania energii z biomasy traw jest fermentacja metanowa.

Słowa kluczowe: biomasa, energia odnawialna, miskant cukrowy, spartina preriowa

Biomass production for the renewable energy purposes becomes more and more interesting for farmers. Both annual and perennial species may be cultivated as the energy plants. In Western Europe, some fast growing perennial grass species with high yield potential have been put into practice. The *Miscanthus sacchariflorus* and *Spartina pectinata* are among these plants, they are also under investigation in the Institute of Agricultural Sciences in Zamość. As the results show, the both species are very well adapted to the Polish climate conditions. Their yields are considerable even at extensive cultivation without mineral fertilization. The *Spartina* is tolerant to extreme soil conditions, the *Miscanthus* shows higher yield potential on fertile soils. The grass biomass can be used for energy production in the combustion process (after transformation into briquettes or pellets). The *Miscanthus* calorific value amounts to about 19 MJ/kg and the one for *Spartina* is about 17 MJ/kg. Another possible way of energy production from the fast growing grasses is methane fermentation.

Key words: biomass, *Miscanthus sacchariflorus*, renewable energy, *Spartina pectinata*

WSTĘP

Pozyskiwanie energii ze źródeł odnawialnych staje się coraz bardziej aktualnym tematem. Wyniki ekspertyz zawarte w „Strategii rozwoju energetyki odnawialnej” wskazują, że największym potencjalnym źródłem energii w Polsce jest biomasa. Wykorzystanie surowców rolniczych na cele energetyczne niesie ze sobą szereg korzyści: zmniejszenie zużycia surowców kopalnych, ograniczenie emisji związków zanieczyszczających powietrze, możliwość poprawy warunków życia ludności wiejskiej dzięki nowym miejscom pracy i dodatkowym źródłom dochodu, zmniejszenie bezrobocia i inne.

Lista roślin, które mogą znaleźć wykorzystanie w energetyce jest długa. W zależności od postaci paliwa (etanol, biodiesel, sucha masa, biogaz) należy wybrać odpowiedni gatunek (lub gatunki) roślin, charakteryzujące się określonym składem chemicznym i wolumenem plonu (Jeżowski, 2003). Na cele energetyczne szczególnie przydatne mogą być rośliny o cyklu fotosyntezy C_4 , dzięki lepszemu wykorzystaniu energii słonecznej, wody i składników pokarmowych w porównaniu z roślinami typu C_3 . Na świecie dużym zainteresowaniem cieszy się uprawa roślin tego typu, szczególnie z rodzaju *Miscanthus*. Badania nad uprawą roślin obcych naszej strefie klimatycznej prowadzone są w kraju od kilku lat (Majtkowski, 1997, 1998; Nalborczyk, 1996).

Celem doświadczenia polowego była ocena wpływu warunków glebowych na plonowanie i rozwój dwu gatunków traw wieloletnich: spartiny preriowej (*Spartina pectinata* Link, syn. *Spartina michauxiana* Hitchc.) i miskanta cukrowego (*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Benth.). Badania miały też ocenić przydatność tych gatunków do wykorzystania na cele energetyczne.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe zostało założone w 1999 roku w układzie całkowicie losowym w sześciu powtórzeniach. Wyniki będące podstawą niniejszej pracy pochodzą z piątego roku wegetacji roślin. Doświadczenie założono na trzech typach gleby w miejscowościach Krasnobród i Hutki, przy czym w miejscowości Hutki zlokalizowano dwa pola doświadczalne, oznaczone w niniejszej pracy jako Hutki I i Hutki II. Charakterystykę gleb zawiera tabela 1. Na podstawie analizy fizycznej ustalono, iż poszczególne gleby miały charakter utworu: w Krasnobrodzie — ilastego, w Hutkach I — gliniastego, w Hutkach II — piaszczystego. Łączna liczba poletek wyniosła 36, po 6 poletek w danych warunkach glebowych. Powierzchnia pojedynczego poletka wyniosła 10 m² (2x5 m). Na poletkach od dwu lat nie stosowano nawożenia. Podczas wegetacji prowadzono pomiary biometryczne, zaś po jej zakończeniu rośliny zebrano i ustalono plon powietrznie suchej masy. Następnie pobrano próby roślin, które poddano badaniom wartości opałowej. Analizy przeprowadzono w Europejskim Centrum Energii Odnawialnej IBMER w Warszawie zgodnie z metodyką określoną przez PN-93/Z-15008/04 Oznaczanie ciepła spalania i obliczanie wartości opałowej. Uzyskane wyniki pomiarów biometrycznych opracowano

statystycznie wykonując analizę wariancji. Oceny istotności różnic dokonano za pomocą testu Tukeya z 5% ryzykiem błędu.

Tabela 1

Charakterystyka gleb pól doświadczalnych
Characteristic of soil on experimental fields

Wyszczególnienie Specification	Krasnobród	Hutki I	Hutki II
	skład granulometryczny granulometric composition (%)		
Frakcje gleby Soil fraction (mm)			
1–0,1	8	25	86
0,1–0,02	27	27	11
< 0,02	65	48	3
Składnik Ingredient	zawartość (mg/100 g gleby) contents (mg/100 g of soil)		
P ₂ O ₅	5,6	10,4	2,5
K ₂ O	5,2	5,3	0,0
Mg	2,1	2,3	0,4
pH w KCl	6.5	4.2	4.2

Warunki meteorologiczne sezonu wegetacyjnego 2003 roku znacznie odbiegały od średniej wieloletniej. Suma opadów w poszczególnych miesiącach była niższa (z wyjątkiem maja), zaś średnia temperatura — wyższa (tab. 2). Warunki nie były więc sprzyjające rozwojowi traw, szczególnie z rodzaju *Miscanthus*, które do osiągnięcia maksymalnego plonu potrzebują co najmniej 600 mm opadów w sezonie wegetacyjnym (Podleśny, 1995).

Tabela 2

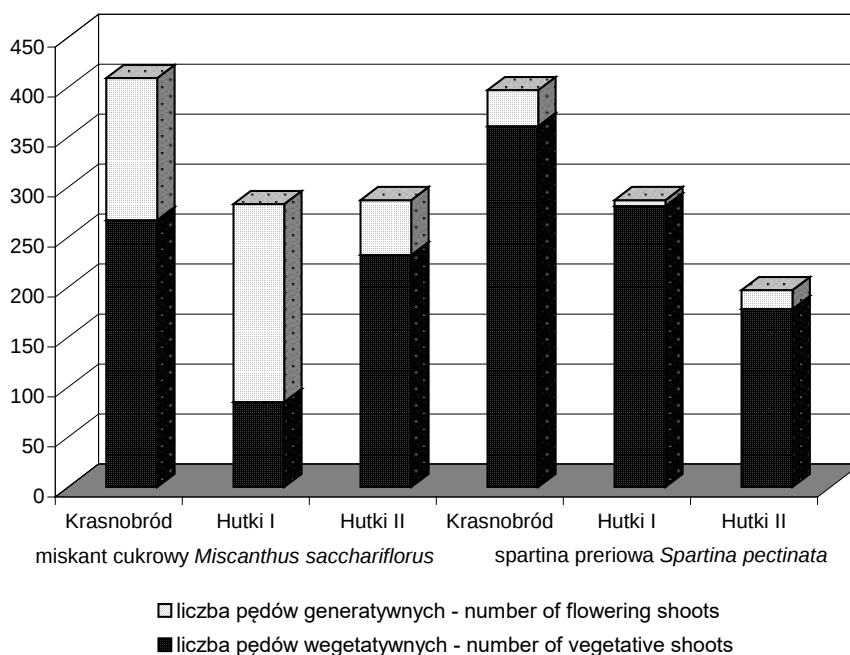
Temperatura powietrza i suma opadów w okresie wegetacji
Temperature of air and precipitation during the vegetation season

Miesiąc Month	Średnia temperatura powietrza Mean air temperature (°C)		Suma opadów Total precipitation (mm)	
	2003	1981–1990	2003	1981–1990
V	18,5	13,0	112,6	47,3
VI	19,0	15,3	51,9	88,0
VII	20,4	16,8	57,9	74,2
VIII	18,9	15,8	50,7	77,4
IX	13,0	11,4	11,6	62,0
V–IX	17,9	14,6	284,7	348,9

WYNIKI I DYSKUSJA

Na poletkach doświadczalnych nie zaobserwowano porażenia miskanta cukrowego i spartiny periowej przez jakiegokolwiek patogeny. Nie stwierdzono również występowania zachwaszczenia na obszarze poletek dzięki silnemu rozkrzewieniu roślin. Liczba pędów miskanta na poszczególnych utworach glebowych wahała się w granicach 283–409 na 1 m², zaś spartina wykształciła 197–397 pędów/m² (rys. 1). Obydwa badane gatunki najsilniej krzewiły się na glebie ilastej. Intensywne krzewienie traw predestynuje je do

nasadzeń na gruntach zagrożonych erozją, a także sprawia, że nie wymagają intensywnej pielęgnacji, co obniża koszty uprawy (Majtkowski, 1998).



Rys. 1. Wpływ gleby na krzewienie badanych traw na 1 m²
Fig. 1. Influence of soil on tillering of grasses per 1 m²

Miskant wytwarzał większą liczbę pędów generatywnych w porównaniu ze spartiną (rys. 1). Wykształcenie kwiatostanów nie ma wpływu na rozmnażanie badanych traw, gdyż w warunkach europejskich ich rozmnażanie odbywa się za pomocą sadzonek kłaczowych. Wykształcenie kwiatostanów w przypadku miskanta ważne jest z punktu widzenia uprawy tego gatunku na cele ozdobne. Walorem dekoracyjnym spartiny są długie, elastyczne liście. W analizowanym doświadczeniu liście spartiny preriowej osiągały długość 69–82 cm, niezależnie od typu gleby. Miskant wykształcił znacznie krótsze liście o średniej długości około 40 cm (tab. 3). Długość liści była w przypadku miskanta jedyną cechą niezależną od środowiska glebowego. Pozostałe cechy biometryczne, a także plon powietrznie suchej masy uzyskanej z 1 m² różniły się w sposób istotny w zależności od lokalizacji poletek doświadczalnych. Wszystkie wymienione cechy osiągnęły najwyższą wartość na glebie gliniastej i były istotnie wyższe w porównaniu z uzyskanymi na piasku. Świadczy to o istotnym spadku plonowania miskanta cukrowego w niekorzystnych warunkach. Wyniki te potwierdzają opinię, że miskant cukrowy na stanowiskach suchych, pozbawionych kompleksu sorpcyjnego rośnie słabo (Nalborczyk, 1996).

Cechy biometryczne i wytworzona biomasa spartiny preriowej nie były ściśle uzależnione od typu gleby (tab. 3). Wprawdzie wszystkie badane parametry osiągały

najwyższą wartość na glebie ilastej, jednakże analiza statystyczna wykazała, iż różnice te nie były istotne. Można więc stwierdzić, iż spartina preriowa wykazuje bardzo dużą tolerancję na skrajnie niekorzystne warunki glebowe. O znacznych możliwościach adaptacyjnych spartiny do skrajnych warunków ekologicznych świadczy występowanie jej w zbiorowiskach roślin hydrofilnych, jak i kserofilnych. Doświadczenia przeprowadzone w Puławach i Bieruniu również potwierdziły, iż spartina preriowa dobrze znosi niekorzystne warunki panujące w sąsiedztwie zakładów azotowych, a także na rekultywowanym zwałowisku powęglowym (Majtkowski, 1997).

Tabela 3

Wpływ gleby na cechy biometryczne i plon badanych traw
Influence of soil on biometric characteristics and yield of grasses

Lokalizacja Location	Wysokość roślin Plants height (cm)	Długość kwiatostanu Inflorescence length (cm)	Długość liścia Leaf length (cm)	Masa roślin Plants weight (kg/m ²)
<i>Miskant cukrowy</i> <i>Miscanthus sacchariflorus</i>				
Krasnobród	124,0	13,7	43,1	1,2
Hutki I	178,4	16,9	38,4	1,8
Hutki II	77,1	13,9	36,3	0,7
Średnio Mean	126,5	14,8	39,3	1,2
NIR _{0,05}	52,1	2,6	n.i.	0,38
LSD _{0,05}				
<i>Spartina preriowa</i> <i>Spartina pectinata</i>				
Krasnobród	138,2	22,1	78,8	1,2
Hutki I	168,8	32,7	82,5	1,6
Hutki II	135,0	16,9	68,9	1,0
Średnio Mean	147,3	23,9	76,7	1,3
NIR _{0,05}	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
LSD _{0,05}				

n.i. — Różnica nieistotna; Not significant difference

Uzyskane wyniki dotyczące poszczególnych parametrów biometrycznych oraz plonu miskanta cukrowego i spartiny preriowej są niższe od podawanych przez Majtkowskiego (1998). Wynika to z dwu powodów: braku nawożenia mineralnego oraz niesprzyjających warunków klimatycznych panujących w sezonie wegetacyjnym, szczególnie pod względem poziomu opadów.

Możliwości pozyskiwania energii z biomasy roślinnej

Najbardziej popularnym sposobem pozyskiwania energii z biomasy roślinnej jest jej spalanie. Badane trawy nadają się do spalania po sprasowaniu (podobnie jak słoma), a także po wstępnym przetworzeniu do postaci brykietów lub peletów. Jak wykazały wyniki badań własnych wartość opałowa robocza biomasy miskanta cukrowego wynosi 19,1 MJ/kg suchej masy, zaś spartiny preriowej 16,8 MJ/kg.

Stosunkowo nowym rozwiązaniem wykorzystania biomasy roślinnej do produkcji energii jest fermentacja metanowa (Szewczyk, 2003). Projekt systemu wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej w skojarzeniu opracowany został w 2001 roku, a prototyp bioelektrowni ma zostać zrealizowany w gminie Łaszczów (woj. lubelskie). W elektrowni

może zostać wykorzystana biomasa odpadowa z produkcji rolniczej i przemysłu rolno-spożywczego, jednak głównym jej źródłem powinny być specjalne plantacje obsadzone roślinami o dużym potencjale plonowania. Mogą to być rośliny jednoroczne (burak cukrowy i pastewny, kukurydza i inne), jednak bardziej wskazane wydają się rośliny wieloletnie ze względu na mniejsze koszty. Stąd też poszukuje się gatunków roślin wieloletnich, które wytwarzają duży plon biomasy. W tym kontekście wykorzystanie miskanta cukrowego i spartiny preriowej wydaje się ze wszech miar wskazane (Kryłowicz i in., 2001).

PODSUMOWANIE

Jak wynika z przeprowadzonych badań, zarówno miskant cukrowy jak i spartina preriowa dobrze aklimatyzują się do warunków południowo-wschodniej Polski. Dzięki silnemu krzewieniu i znacznej wysokości pędów zacieniają glebę i są konkurencyjne dla chwastów. Spartina preriowa jest bardziej tolerancyjna na niekorzystne warunki glebowe w porównaniu z miskantem. Z kolei w bardziej sprzyjających warunkach miskant osiąga wyższe plony. Biomasa obydwu badanych gatunków może być wykorzystana do produkcji energii elektrycznej i cieplnej w procesie spalania lub fermentacji metanowej.

LITERATURA

- Jeżowski S. 2003. Rośliny energetyczne — produktywność oraz aspekt ekonomiczny, środowiskowy i socjalny ich wykorzystania jako ekobiopaliwa. Post. Nauk Roln. 3: 61 — 73.
- Kryłowicz A., Chrzanowski K., Usidus J. 2001. Sposób i układ wytwarzania metanu i energii elektrycznej i cieplnej. Zgłoszenie patentowe. Maszynopis, Zamość.
- Majtkowski W. 1997. Gatunek pionierski dla terenów zdegradowanych — *Spartina michauxiana* Hitchc. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 451: 317 — 323.
- Majtkowski W. 1998. Przydatność wybranych gatunków traw typu C₄ do upraw alternatywnych w Polsce. Hod. Roślin Nasien. 2: 41 — 44.
- Nalborczyk E. (red.). 1996. Nowe rośliny uprawne na cele spożywcze, przemysłowe i jako odnawialne źródła energii. SGGW, Warszawa.
- Podleśny J. 1995. Chińska trawa trzcinowata rośliną XXI wieku? Rolnik, 11: 5.
- Szewczyk K. W. 2003. Technologie fermentacji metanowej. Mat. Konf. „Strategia działań na rzecz poprawy stanu środowiska naturalnego”, WKTiR, Krasnobród: 70 — 78.

WŁODZIMIERZ MAJTKOWSKI¹**GABRIELA MAJTKOWSKA**¹**JAROSŁAW PIŁAT**²**JAN MIKOŁAJCZAK**²¹ Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Ogród Botaniczny w Bydgoszczy² Katedra Żywnienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej, Wydział Zootechniczny, Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy

Przydatność do zakiszania zielonki traw C-4 w różnych fazach wegetacji

The ensilage suitability of green forage of C-4 grasses in different growth phases

Oceniono przydatność do zakiszania różnych gatunków i odmian traw typu C-4 fotosyntezy. Badania składu chemicznego traw obejmowały określenie poziomu suchej masy, substancji organicznej, białka surowego, włókna surowego, związków bezazotowych wyciągowych, węglowodanów strukturalnych — frakcji neutralno detergentowej (NDF) i frakcji kwaśno detergentowej (ADF) według standardowych metod (AOAC 1995), węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie metodą Lane-Eynona z modyfikacjami Nizowkina i Jemialinowej (Ładoński i Gospodarek, 1986), pojemność buforową zielonek (Weissbach, 1992, 1998), współczynnik fermentacji (Weissbach, 1998). W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że trawy typu C-4 charakteryzowały się wyższym poziomem suchej masy niż rodzime gatunki traw C-3. Poziom białka surowego w trawach C-4 był niższy niż u traw C-3. Frakcja węglowodanów strukturalnych (NDF, ADF) była dominującym składnikiem suchej masy traw. Zawartość węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie w trawach C-4 jest niższa niż u gatunków rodzimych (z wyjątkiem gatunku *Miscanthus sacchariflorus*), pomimo tego zielonki należały do surowców łatwo kiszących. Wysoki udział węglowodanów strukturalnych w zielonce wskazuje na konieczność zakiszania zielonek we wczesnych fazach wegetacji i zastosowania chemicznych lub enzymatycznych dodatków do zakiszania.

Słowa kluczowe: faza wegetacji, skład chemiczny, trawy C-4, zakiszanie

The ensilage suitability of different C-4 grass species and varieties was evaluated on the basis of following chemical analyses: dry and organic matter content, crude fibre and crude protein content, nitrogen-free extracts, structural carbohydrates — NDF (neutral detergent fraction) and ADF (acid detergent fraction) according to standardized methodology (AOAC, 1995), sugar acc. to Lane-Eynon with modifications after Nizowkin and Jamialinowa (Ładoński and Gospodarek, 1986), buffering capacity of green forage and fermentation index (Weissbach, 1992, 1998). As a result of the above it was concluded that the C-4 grass species and varieties showed higher dry matter content and lower crude protein content as compared to the native C-3 grasses. The major dry matter components of grass forage were structural carbohydrates fraction (NDF, ADF). Despite of lower water soluble carbohydrates content (excl. *Miscanthus sacchariflorus*) the C-4 grass green forage ensiled quite easily.

Due to high content of structural carbohydrates fraction in C-4 grass green forage it is necessary to ensile early collected forage and use chemical and enzymatic compounds.

Key words: chemical composition, ensilage, C-4 grasses, growth phase

WSTĘP

Warunki klimatyczne panujące na obszarze geograficznym Europy i Polski, w różnych jednostkach czasu w dziejach Ziemi, były zmienne. Aktualnie w warunkach meteorologicznych Europy i Polski obserwuje się wzrost poziomu nasłonecznienia i niedobór wody w glebie. Zmiany te nie są obojętne dla rolnictwa. Kserotroficzne trawy fotosyntezy typu C-4 są lepiej przystosowane do zmieniających się warunków klimatycznych, a efektywność wykorzystania wody, azotu i innych biopierwiastków, niezbędnych do produkcji biomasy, jest wyższa niż rodzimych traw fotosyntezy typu C-3 (Brown, 1985; Nalborczyk, 1996). Trawy fotosyntezy typu C-4 stanowią naturalny, dominujący element roślinności zbiorowisk trawiastych cieplejszych rejonów świata. Wykorzystywane są jako pasza objętościowa w stanie świeżym (Hafley i in., 1993) lub w formie zakonserwowanej (Lintzenich i in., 1995; Simpson i in., 1998; Bodine i in., 2000; Farmer i in., 2001). Zielonka z traw szlaku fotosyntezy C-4, w stanie świeżym lub zakonserwowana, stanowić może cenną paszę dla zwierząt (Aiken i in., 1991; Burns i in., 1997; Bennett i in., 1999; Coffey i in., 2000; Coleman i in., 2001). Plon suchej masy traw fotosyntezy C-4 jest porównywalny z plonem suchej masy traw typu C-3 (Mislevy i in., 1999; Johnson i in., 2001). W warunkach europejskich trawy fotosyntezy szlaku C-4 poddane zostały próbie introdukcji, między innymi w warunkach klimatycznych Wielkiej Brytanii (Christian i in., 1999) oraz Polski (Majtkowski i Majtkowska, 1998). Zainteresowanie tymi trawami wynika z możliwości wykorzystania biomasy do celów energetycznych (Majtkowski, 2001; El Bassam, 2003).

Celem pracy było określenie składu chemicznego i przydatności do zakiszania wybranych gatunków i odmian traw szlaku fotosyntezy C-4, w zależności od fazy rozwojowej.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w 2003 roku. Materiałem doświadczalnym były wieloletnie gatunki traw fotosyntezy C-4:

- palczatka Gerarda (*Andropogon gerardi* Vitman), odmiany: Bison, Pawnee, Bonilla,
- proso różgowe (*Panicum virgatum* L.), odmiany: Dacotah, Forestburg,
- miskant cukrowy (*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack.).

Część agrotechniczną badań przeprowadzono w Ogrodzie Botanicznym Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Bydgoszczy, gdzie dokonano zbioru zielonki z traw w fazach: wegetatywnej (faza I), początku kłoszenia (faza II) oraz początku kwitnienia roślin (faza III). Część analityczną przeprowadzono w Katedrze Żywienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej Wydziału Zootechnicznego Akademii Techniczno Rolniczej w Bydgoszczy. W podsuszonych zielonkach określono zawartość składników według

standardowych metod (AOAC 1995): suchej masy (SM), substancji organicznej (SO), białka surowego (BS), włókna surowego (WŁ), związków bezazotowych wyciągowych (BNW) oraz:

- węglowodanów strukturalnych: frakcji neutralno detergentowej (NDF) i frakcji kwaśno detergentowej (ADF),
- zawartość hemicelulozy (HEM) obliczono z różnicy: NDF–ADF,
- węglowodanów rozpuszczalnych (C) w wodzie metodą Lane-Eynona z modyfikacjami Nizowkina i Jemialinowej (Ładoński i Gospodarek, 1986),
- pojemność buforową zielonek (P) w gramach kwasu mlekowego/100g suchej masy (Weissbach, 1992),
- współczynnik fermentacji (Weissbach, 1998).

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość suchej masy w trawach fotosyntezy C-4 była uzależniona od gatunku, odmiany i fazy wegetacji (tab. 1, 2, 3). Poziom tego składnika kształtował się od 23,95% w fazie wegetatywnej *Andropogon gerardi* odmiany Bison do ponad 39% w stadium początku kwitnienia *Miscanthus sacchariflorus*. W badaniach Podkówek (2001), prowadzonych na trawach fotosyntezy C-3 (*Phleum pratense*, *Lolium perenne*, *Festulolium*), zawartość suchej masy była niższa i w zależności od terminu pokosu wynosiła od 18,11% (I pokos *Festulolium*) do 27,95% (II pokos *Phleum pratense*). Trawy C-4 fotosyntezy w porównaniu do traw C-3 są ubogie w białko surowe. Maksymalną ilość tego składnika (12,82% s.m.) odnotowano w fazie wegetatywnej *Andropogon gerardi* odm. Pawnee, a ilość minimalną (5,4% s.m.) stwierdzono u gatunku *Miscanthus sacchariflorus* w okresie początku kwitnienia. Podkówka (2001) podaje, że w trawach C-3 fotosyntezy, w zależności od gatunku i terminu zbioru, zawartość białka w suchej masie wynosi od 10,11% (II pokos *Phleum pratense*) do 17,28% (III pokos *Phleum pratense*).

Charakterystyczną cechą składu chemicznego traw C-4 jest wyższy poziom NDF i ADF niż w trawach C-3 (Hafley i in., 1993; Johnson i in., 2001). W ocenianych trawach węglowodany strukturalne NDF stanowiły od 66,71% s.m. w fazie wegetatywnej *Andropogon gerardi* odm. Bison do 74,83% s.m. u *Andropogon gerardi* odm. Forestburg na początku kwitnienia. Frakcja ADF stanowiła od 31,93% (*Miscanthus sacchariflorus*, faza wegetatywna) do 42,28% suchej masy u *Andropogon gerardi* odm. Bison. Trawy krajowe zawierają od 50,59% (III pokos *Phleum pratense*) do 61,24% NDF w suchej masie I pokosu *Phleum pratense* (Podkówka, 2001). Frakcja ADF w trawach C-3 fotosyntezy stanowi od 25,70% (III pokos *Phleum pratense*) do 34,13% s.m. w II pokosie *Phleum pratense* (Podkówka 2001). Węglowodany rozpuszczalne w wodzie w trawach C-4 stanowiły jedynie od 3,62% (*Andropogon gerardi* odm. Pawnee w fazie początku kłoszenia) do 8,44% w suchej masie u *Miscanthus sacchariflorus* w fazie wegetatywnej. Janicki i Piłat (1998) podają, że w trawach ilość węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie zawiera się w przedziale od 6,36% do 8,53% s.m., a w koniczynie i lucernie odpowiednio 7,69% i 5,73% s.m. Zielonka z kukurydzy może zawierać od 8,28% do ponad 20% węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie w suchej masie. Podkówka (2001)

podaje, że zawartość tego składnika w trawach C-3 wynosi od 9,35% (I pokos *Phleum pratense*) do 19,79% w suchej masie (I pokos *Lolium perenne*). Współczynnik fermentacji gatunków i odmian traw C-4 fotosyntezy testowanych w różnych fazach wegetacji wynosił ponad 35, stąd trawy C-4 można zaliczyć do zielonek łatwo kiszących (Weissbach, 1998).

Tabela 1

Średni skład chemiczny zielonki z palczatki Gerarda (*Andropogon gerardi* Vitman) w fazach wegetacji
Average chemical composition of big bluestem (*Andropogon gerardi* Vitman) in different stages of vegetation

Odmiana Variety	Faza wegetacji Stage of vegetation	SM %	Zawartość w % suchej masy Content in dry matter (%)								P	C/P
			SO	BS	WŁ	BNW	NDF	ADF	HEM	C		
Bison	I	23,95	93,24 ^a	10,90 ^{AB}	31,31	48,68	66,71 ^a	35,19 ^A	31,52	6,50	2,93	2,26
		2,16	0,71	0,47	1,04	1,35	2,43	1,74	0,76	0,52	0,30	0,44
	II	27,72	94,64	6,12 ^A	36,08	49,23	71,07	38,75 ^A	32,32	7,40	2,54	2,98
		0,85	0,33	0,22	4,36	5,67	1,36	0,44	0,93	0,95	0,36	0,61
	III	28,55	95,08 ^a	6,91 ^B	39,74	46,83	74,65 ^a	42,28 ^A	32,37	5,91	2,96	2,01
		1,34	0,09	0,42	0,84	0,40	2,37	0,87	1,53	1,65	0,08	0,62
Pawnee	I	29,58	93,63	12,82 ^{AB}	31,44 ^A	47,08	68,71	36,91 ^a	31,80	5,25	2,66	2,02
		4,53	0,29	1,53	1,01	2,85	1,89	0,67	2,08	0,54	0,43	0,33
	II	30,50	94,38	5,51 ^A	40,46 ^A	46,92	74,51	42,02 ^a	32,50	3,62	2,55	1,43
		2,23	0,49	0,07	0,82	1,16	1,24	0,84	0,65	0,45	0,10	0,21
	III	33,50	94,65	5,84 ^B	35,84 ^A	51,44	72,70	39,91	32,79	4,28	3,10	1,38
		0,97	0,40	0,40	0,46	1,03	2,43	1,70	1,26	0,24	0,29	0,06
Bonilla	I	29,92 ^A	95,00	9,59 ^A	32,68 ^{AB}	50,43	69,70	33,67 ^a	36,03	6,64 ^a	2,26 ^{AB}	2,95 ^{AB}
		1,00	0,34	0,87	1,25	1,16	1,80	1,40	3,10	0,52	0,06	0,30
	II	25,10 ^A	95,28	8,58 ^B	35,72 ^A	48,98	71,87	37,58	34,30	5,63	3,22 ^A	1,75 ^A
		0,75	0,12	0,53	0,24	0,63	1,27	1,34	0,30	0,69	0,19	0,24
	III	33,61 ^A	95,20	5,63 ^{AB}	38,09 ^B	50,06	73,93	41,51 ^a	32,42	4,56 ^a	3,41 ^B	1,34 ^B
		0,87	0,26	0,31	0,54	0,63	0,68	0,54	0,79	0,52	0,31	0,12

Wartości oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie; Values followed by the same letters differ significantly a,b,c (p < 0,05) A,B,C, (p < 0,01)

I — Faza wegetatywna; vegetative stage, II — Początek kłoszenia; Beginning of earing, III — Początek kwitnienia; Beginning of flowering

SM — Sucha masa; Dry matter

SO — Substancja organiczna; Organic matter

BS — Białko surowe; Crude protein

WŁ — Włókno surowe; Crude fiber

BNW — Bezazotowe związki wyciągowe; N-free extracts

NDF — Frakcja neutralno detergentowa; Neutral detergent fraction

ADF — Frakcja kwaśno detergentowa; Acid detergent fraction

HEM — Hemiceluloza; Hemicellulose

C — Węglowodany rozpuszczalne w wodzie; Sugar

P — Pojemność buforowa (g kwasu mlekowego/100 g s.m.); Buffering capacity (g milk acid/100 g dry matter)

C/P — Iloraz cukru: pojemność buforowa; Sugar: buffering capacity ratio

Tabela 2

Średni skład chemiczny zielonki prosa różgowatego (*Panicum virgatum* L.) w fazach wegetacji
Average chemical composition of switch grass (*Panicum virgatum* L.) in different stages of vegetation

Odmiana Variety	Faza wegetacji Stage of vegetation	SM (%)	Zawartość w % suchej masy Content in dry matter (%)								P	C/P
			SO	BS	WL	BNW	NDF	ADF	HEM	C		
Dacotah	I	24,83 ^{AB}	93,87	12,57 ^{AB}	35,23	43,35	67,43	35,74 ^A	31,69	6,35	3,17	1,96
		1,04	0,30	1,23	0,95	2,35	4,04	0,80	3,28	2,47	0,80	0,32
	II	29,71 ^A	94,53	8,15 ^A	38,80	45,20	72,38	36,75 ^B	35,63	4,72	2,40	2,00
		0,35	0,09	0,29	1,00	0,63	1,12	0,41	0,72	0,16	0,17	0,14
	III	30,11 ^B	94,85	7,98 ^B	39,20	46,91	74,38	40,49 ^{AB}	33,89	5,14	2,67	1,92
		0,83	0,09	0,30	3,66	4,49	0,73	0,72	0,52	1,53	0,28	0,43
Forestburg	I	28,22 ^A	94,30	11,11 ^A	33,54	46,80	68,59 ^{ab}	35,64 ^A	32,95	6,35 ^{ab}	2,32	2,74 ^a
		0,97	0,20	1,29	2,28	2,22	2,05	0,70	1,43	0,35	0,16	0,09
	II	28,66 ^B	94,52	8,64 ^B	37,90	46,06	74,37 ^a	36,69 ^A	34,69	4,81 ^a	2,30	2,10
		0,83	0,41	0,24	1,73	1,15	1,56	0,67	1,22	0,42	0,14	0,27
	III	34,02 ^{AB}	94,92	5,63 ^{AB}	38,99	48,78	74,83 ^b	41,67 ^A	33,16	3,84 ^b	2,45	1,60 ^a
		0,34	0,25	0,31	0,42	0,55	0,54	1,01	1,02	0,34	0,27	0,33

Objaśnienia jak w tabeli 1

Explanations as for Table 1

Tabela 3

Średni skład chemiczny zielonki miskanta cukrowego (*Miscanthus sacchariflorus*) w fazach wegetacji
Average chemical composition of *Miscanthus sacchariflorus* in different stages of vegetation

Gatunek Variety	Faza wegetacji Stage of vegetation	SM (%)	Zawartość w % suchej masy Content in dry matter (%)								P	C/P
			SO	BS	WL	BNW	NDF	ADF	HEM	C		
<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	I	33,58 ^a	92,89 ^{AB}	11,66 ^{ab}	29,22 ^A	49,35 ^a	64,15 ^A	31,93 ^{AB}	32,22	8,44 ^A	4,64 ^{ab}	1,84 ^a
		1,78	0,26	0,41	0,41	0,29	0,32	0,50	0,50	0,35	0,49	0,26
	II	33,87 ^b	95,18 ^A	6,71 ^a	36,17 ^A	50,60 ^b	71,41 ^A	38,18 ^A	33,23	6,69 ^{AB}	3,05 ^a	2,20 ^b
		2,61	0,41	0,43	0,22	0,50	0,05	0,95	0,92	0,26	0,15	0,06
	III	39,10 ^{ab}	95,03 ^B	5,40 ^b	33,44 ^A	54,54 ^{ab}	69,49 ^A	36,99 ^B	32,49	7,71 ^B	2,73 ^b	2,83 ^{ab}
		0,36	0,11	1,50	0,33	1,93	0,38	0,19	0,51	0,18	0,16	0,11

Objaśnienia jak w tabeli 1

Explanations as for Table 1

Janicki i Piłat (1998) podają, że pojemność buforowa traw C-3 wynosi od 6,12 do 6,21. W badaniach Podkówki (2001) wartości te wahały się od 7,23 (II pokos *Phleum pratense*) do 12,56 (III pokos *Festulolium*). Pojemność buforowa badanych traw C-4 była niższa niż zielonek traw C-3 i kształtowała się od ok. 2–3 do 4,64 g kwasu mlekowego/100 g s.m. u *Miscanthus sacchariflorus* w fazie wegetatywnej. Uzyskane wartości są zbliżone do wartości pojemności buforowej zielonki z kukurydzy uzyskanej przez Janickiego i Piłata (1998). Autorzy określili pojemność buforową zielonki na poziomie od 2,54 (przy

zawartości 30% s.m.) do 2,92 (przy zawartości 22% s.m.). Iloraz cukrów rozpuszczalnych w wodzie do pojemności buforowej (C/P) w trawach C-3 wynosił od 1,00 do 1,34 (Janicki i Piłat, 1998), a w badaniach Podkówek (2001) od 0,93 (III pokos *Festulolium*) do 1,84 (I pokos *Festulolium*). W badaniach nad trawami C-4 uzyskano wyższe wartości C/P: od 1,34 (*Andropogon gerardi* Bonilla w fazie początku kwitnienia) do 2,48 (*Andropogon gerardi* Bison w fazie początku kłoszenia).

PODSUMOWANIE

Trawy fotosyntezy C-4 charakteryzowały się wyższym poziomem suchej masy niż rodzime gatunki traw C-3. Poziom białka surowego u badanych traw, niezależnie od gatunku, odmiany oraz fazy wegetacji, był niższy niż u traw C-3. Frakcja węglowodanów strukturalnych (NDF, ADF) była dominującym składnikiem suchej masy traw. Zawartość węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie w testowanych zielonkach z traw była niższa niż u gatunków rodzimych, z wyjątkiem gatunku *Miscanthus sacchariflorus*, pomimo tego zielonki należały do surowców łatwo kiszących. Wysoki udział węglowodanów strukturalnych w zielonce wskazuje na konieczność zakiszania traw we wczesnych fazach wegetacji (oprócz *Miscanthus sacchariflorus*) i zastosowania chemicznych lub enzymatycznych dodatków do zakiszania.

LITERATURA

- Aiken G. E., Pitman W. D., Chambliss C. G., Portier K. M. 1991. Responses of yearling steers to different stocking rates on subtropical grass-legume pasture. *J. Animal Sci.* 69: 3348 — 3356.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 16th edition. Arlington, Virginia (USA).
- Benett L. L., Hammond A. C., Williams M. J., Chase C. C., Kunkle W. E. 1999. Diet selection by steers using microhistological and stable carbon isotope ratio analyses. *J. Animal Sci.* 77: 2252 — 2258.
- Bodine T. N., Purvis I.I. H.T., Ackerman C. J., Goad C. L. 2000. Effects of supplementing prairie hay with corn and soybean meal on intake, digestion and ruminal measurements by beef steers. *J. of Animal Sci.* 78: 3144 — 3154.
- Brown R. H. 1985. Growth of C₃ and C₄ grasses under low N levels. *Crop Sci.* 25, 6: 954 — 957.
- Burns J. C., Pond K. R., Fisher D. S., Luginbuhl J. M. 1997. Changes in forage quality, intestine mastication and digests kinetics resulting from switchgrass maturity. *J. Animal Sci.* 75: 1368 — 1379.
- Christian D. G., Riche A. B., Yates N. E. 1999. Evaluation of some herbaceous grasses as biomass crops in southern England. *Proceedings: "Alternative crops for sustainable agriculture"*, 13 — 15 June 1999, Turkey: 58 — 69.
- Coffey K. P., Nagaraja T. G., Towne E. G., Brazle F. K., Moyer J. L. 2000. Digestibility of prairie hay diets supplemented with different levels of magnesium-mica by beef heifers. *J. Animal Sci.* 78: 718 — 725.
- Coleman S. W., Philips W. A., Volesky J. D., Buchanan D. 2001. Comparison of native tallgrass prairie and plains bluestem forage systems for cow-calf production in the Southern Great Plains. *J. of Animal Sci.* 79: 1697 — 1705.
- El Bassam N. 2003. Integrated renewable energy farms for sustainable development in rural communities. *Materiały OECD Workshop on Biomass and Agriculture, Vienna, Austria, 10–13.06.2003*: 1 — 10.
- Farmer C. G., Cochran R. C., Simms D. D., Klevesahl E. A., Wickersham T. A., Johnson D. E. 2001. The effects of several supplementation frequencies on forage use and the performance of beef cattle consuming dormant tallgrass prairie forage. *J. Animal Sci.* 79: 2276 — 2285.

- Hafley J. L., Anderson B. E., Klopfenstein T. J. 1993. Supplementation of growing cattle grazing warm-season grass with proteins of various ruminal degradabilities. *J. of Animal Sci.* 71: 522 — 529.
- Janicki B., Piłat J. 1998. Wpływ różnych dodatków do zakiszania na wartość pH kiszonek sporządzonych z traw i motylkowych oraz kukurydzy o zróżnicowanej zawartości suchej masy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 462: 403 — 408.
- Johnson C. R., Reiling B. A., Mislevy P., Hall M. B. 2001. Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber and protein fractions of tropical grasses. *J. Animal Sci.* 79: 2439 — 2488.
- Lintzenich B. A., Vanzant E. S., Cochran R. C., Beaty J. L., Brandt R. T., Jean G. S. 1995. Influence of processing alfalfa on intake and digestion of dormant bluestem-range forage by steers. *J. of Animal Sci.* 73: 1187 — 1195.
- Ładoński W., Gospodarek T. 1986. Podstawowe metody analityczne produktów żywnościowych. PWN. Warszawa: 166 — 182.
- Majtkowski W. 2001. Wieloletnie gatunki traw dla upraw energetycznych w Polsce. Materiały z międzynarodowej konferencji “Odnawialne źródła energii u progu XXI wieku”, Warszawa, 10 — 11.12.2001. EC BREC/IBMER: 297 — 304.
- Majtkowski W., Majtkowska G. 1998. Introdukcja pozaeuropejskich gatunków traw na tereny parkowe i zdegradowane. *Biul. Ogr. Bot. Muz. i Zbior.* 7: 117 — 122.
- Mislevy P., Martin F.G., Neilson J.T. 1999. Selectivity of tropical grasses by Spanish × Boer goats. *Soil and Crop Sci. Soc. of Florida. Proceedings* 59: 77 — 81.
- Nalborczyk E. (red.). 1996. Nowe rośliny uprawne na cele spożywcze, przemysłowe i jako odnawialne źródła energii. SGGW Warszawa: 176 ss.
- Podkówka L. 2001. Wartość pokarmowa oraz ocena przydatności do zakiszania zielonek z *Phelum pratense*, *Lolium perenne* i *Festulolium*. Rozprawa doktorska. ATR Bydgoszcz: 89 ss.
- Simpson R. B., Chase C. C., Hammond A. C., Williams M. J., Olson T. A. 1998. Average daily gain, blood metabolites and body composition at first conception in Hereford, senepol and reciprocal crossbred heifers on two levels of winter nutrition and two summer grazing treatments. *J. of Animal Sci.* 76: 396 — 403.
- Weissbach F. 1992. Bestimmung der Pufferkapazität. Institut für Grünland und Futterpflanzenforschung FAL. Braunschweig: 3 ss.
- Weissbach F. 1998. Über der Einfluss von verschiedenen Kräutern in Aufwuchs extensiv genutzter Wiesen auf den Garungsverlauf bei der Bereitung von Grasslagen. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 462: 297 — 313.

JACEK ANTONKIEWICZ

CZESŁAWA JASIEWICZ

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Krakowie

Wpływ różnych mieszanin osadowo-popiołowych i torfowo-popiołowych na wielkość i jakość plonu mieszanki traw z komonicą zwyczajną

The influence of various sludge-and-ash and peat-and-ash mixtures on yield quantity and quality of a mixture of grasses with bird's foot trefoil

Celem badań było poznanie wpływu różnej ilości mieszanin osadowo-popiołowych i torfowo-popiołowych na wielkość plonu i zawartość metali ciężkich w mieszance traw. Badania przeprowadzono w warunkach doświadczenia wazonowego na glebie mineralnej, do której dodawano mieszaniny osadowo-popiołowe i torfowo-popiołowe w ilości 1%–30% w stosunku do ogólnej masy utworu glebowego. W schemacie doświadczenia uwzględniono również obiekty obejmujące jedynie komponenty wchodzące w skład mieszanin. Wielkość plonu mieszanki roślin była zróżnicowana i w zależności od obiektu i pokosu wahała się w zakresie: 4,98–38,89 g s.m./wazon. Najwyższy plon uzyskano z obiektu, w którym zastosowano 30% mieszaniny osadowo-popiołowej, a najniższy z obiektu, w którym zastosowano wyłącznie torf. Zawartość metali ciężkich w mieszance traw była również zróżnicowana i zależała od obiektu. Najwyższe zawartości Cr stwierdzono z obiektów z 30% dodatkiem mieszanin osadowo-popiołowych, Cu i Zn z obiektów, w których zastosowano wyłącznie osad ściekowy, Pb z obiektów, gdzie zastosowano wyłącznie popiół i mieszaniny osadowo-popiołowe, Cd z obiektów z 30% dodatkiem mieszanin osadowo-popiołowych i popiołowo-torfowych, Ni z obiektów z 1% dodatkiem mieszanin popiołowo-torfowych. Stwierdzono, że w miarę wzrostu udziału procentowego mieszanin osadowo-popiołowych i popiołowo-torfowych wzrasta systematycznie zawartość Cd w mieszance roślin, a maleje zawartość Ni, Cu i Zn.

Słowa kluczowe: komonica zwyczajna, *Lotus corniculatus*, metale ciężkie, mieszanka traw, rekultywacja

The research aimed at recognition in effects of various amounts of sludge-and-ash or ash-and-peat mixtures on yield and heavy metals content in a mixture of grasses with bird's foot trefoil (*Lotus corniculatus* L.). The studies were conducted as a pot experiment on a mineral soil with 1–30% additions of sludge-and-ash or ash-and-peat mixtures. The experimental design included also the constituents of the substrat mixtures as the separate objects. Plant mixture yield ranged between 4.98 and 38.89 g of dry matter per pot, depending on a soil composition and time of harvest (three cuts were applied). The highest yield was produced by the object of 30% addition of sludge-and-ash mixture and

the lowest one — by the pure peat substratum. Heavy metals content was variable and dependent on soil composition. The highest Cr concentrations were detected in the object of 30% addition of sludge-and-ash mixture, Cu and Zn were most plentiful in the object of sole sewage sludge and the highest Pb content was in the objects grown on the sole ash or sludge-and-ash mixture. The Cd concentrations were most elevated in the plant objects grown on the soil with 30% sludge-and-ash or ash-and-peat admixtures. The Ni element was most abundant in the object of 1% addition of ash-and-peat mixture. The Cd content in plant mixture yield increased with increasing percentage of sludge-and-ash or sludge-and-peat mixtures in the soil, while the concentrations of Ni, Cu and Zn declined.

Key words: bird foot trefoil, *Lotus corniculatus* L., heavy metals, grass mixture, reclamation

WSTĘP

Od dawna poszukuje się skutecznych sposobów biologicznego zagospodarowania składowisk popiołów paleniskowych. Zwraca się uwagę na trawy, jako rośliny szybko rozwijające się, doskonale zadarniające i odporne na trudne warunki siedliskowe (Kitczak i in., 1999; Rogalski i in., 2001). Popioło-żużel jako uboczny produkt spalania węgla kamiennego pozbawiony jest substancji organicznej a tym samym azotu, ponadto charakteryzuje się alkalicznym odczynem (Matusiewicz, Janowicz, 1983; Smółka-Danielowska, 1999). Wobec powyższego produkt ten należy traktować jako skałę pochodzenia przemysłowego, pozbawioną życia biologicznego (Gos, 1999; Manecki 1999). Działanie tych niekorzystnych czynników można zmniejszyć sposobami agrotechnicznymi, na przykład metodą uszlachetnienia wierzchniej warstwy popiołów między innymi osadem ściekowym (Siuta, 1998), nawożeniem mineralnym (Maciak, 1996). Ponadto możliwość wykorzystania osadów ściekowych w biologicznym zagospodarowaniu składowisk popiołowych pozwala na realizację dwóch ważnych celów gospodarczych: rekultywację składowisk popiołowych i utylizację osadów ściekowych. Celem niniejszych badań było poznanie wpływu różnej ilości mieszanin osadowo-popiołowych i torfowo-popiołowych na wielkość plonu i zawartość metali ciężkich w mieszance traw.

MATERIAŁ I METODY

Badania nad przydatnością mieszanek traw z komonicą zwyczajną do rekultywacji składowisk popiołów paleniskowych są prowadzone w warunkach doświadczenia wazonowego od roku 2003, w hali wegetacyjnej. Do badań użyto gleby o składzie granulometrycznym pyłu ilastego. Zawierała ona 18% piasku, 8% pyłu grubego, 36% pyłu drobnego, 24% iłu pyłowego grubego, 9% iłu pyłowego drobnego i 5% iłu koloidalnego (Systematyka, 1989). Doświadczenie przeprowadzono w czterech powtórzeniach, w wazonach polietylenowych, o pojemności 6 kg, napełnionych mieszaninami osadowo-popiołowymi i torfowo-popiołowymi w ilości 1%–30% w stosunku do ogólnej masy gleby. W schemacie doświadczenia uwzględniono również obiekty obejmujące jedynie komponenty wchodzące w skład mieszanin. Doświadczenie obejmowało następujące obiekty: I. kontrola, gleba; II. osad ściekowy miejski; III. popiół paleniskowy pochodzący ze spalania węgla kamiennego; IV. torf niski; V. mieszanina osadowo-popiołowa wymieszana w stosunku wagowym 1:1 (OP); VI. mieszanina torfowo-popiołowa

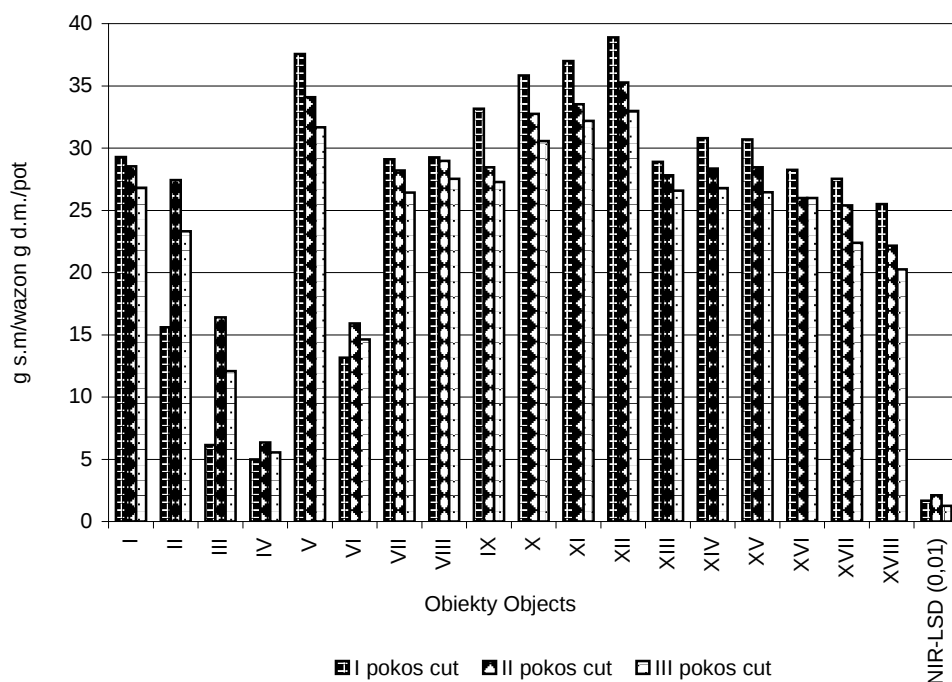
wymieszana w stosunku wagowym 1:1 (TP); Obiekty VII–XVIII obejmowały mieszaniny osadowo-popiołowe i torfowo-popiołowe wymieszane w stosunku wagowym 1:1 i dodane do gleby w ilości od 1% do 30% w stosunku do ogólnej masy gleby, tj. VII. osad-popioł 1%; VIII. osad-popioł 2%; IX. osad-popioł 5%; X. osad-popioł 10%; XI. osad-popioł 20%; XII. osad-popioł 30%; XIII. torf-popioł 1%; XIV. torf-popioł 2%; XV. torf-popioł 5%; XVI. torf-popioł 10%; XVII. torf-popioł 20%; XVIII. torf-popioł 30%. We wszystkich wazonach zastosowano stałe nawożenie NPK w ilości: 0,3 g N, 0,08 g P, 0,2 g K. kg⁻¹ gleby, w formie NH₄NO₃, KH₂PO₄, KCl. Nawozy zastosowano dwa tygodnie przed wysianiem roślin w formie roztworów i dokładnie wymieszano z podłożem. Mieszanę traw z komonicą zwyczajną wysiano 25 kwietnia w ilości 85 nasion/wazon. W skład testowanej mieszanki weszły: kostrzewa czerwona (*Festuca rubra* L.) — 47% udziału, kostrzewa trzcinowa (*Festuca arundinacea* Schreb.) — 17,5% udziału, wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L.) — 23,5% udziału, komonica zwyczajna (*Lotus corniculatus* L.) — 12% udziału w mieszance. W czasie wegetacji rośliny podlewano wodą redestylowaną, utrzymując wilgotność gleby na poziomie 60% maksymalnej pojemności wodnej. Zbiór traw przeprowadzono w trzech terminach: I pokos — 25 lipca, II pokos — 9 września, III pokos 15 października. Rośliny zbierano z każdego wazonu (powtórzenia), następnie po wysuszeniu w suszarce w temp. 75°C określono wielkość plonu suchej masy i wyrażono w g s.m./wazon. Do analizy została pobrana próbka (5 g s.m.) materiału roślinnego z każdego wazonu. W materiale roślinnym po mineralizacji na sucho, z każdego powtórzenia, oznaczono: Cr, Pb, Cu, Zn, Cd, Ni metodą ICP-AES (inductively coupled plasma — atomowa spektrofotometria emisyjna oparta na palniku indukcyjnie wzbudzonej plazmy). Do obliczeń statystycznych zastosowano arkusz kalkulacyjny Microsoft Excel 7.0. Istotność różnic między porównywanymi średnimi plonów mieszanki roślin i zawartości pierwiastków określano metodą Duncana. Analizę wariancji i test Duncana wykonywano na poziomie istotności $\alpha = 0,01$ (Ulińska, 1957). Obliczono współczynniki zmienności wskazujące zmienność zawartości badanych pierwiastków w plonie roślin. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań z pierwszego roku wegetacji, tj. z 2003 roku.

WYNIKI

Plon mieszanki traw w zależności od pokosu był zróżnicowany i wahał się w zakresie: 4,98–38,89 g s.m./wazon (rys. 1). Najwyższy plon uzyskano w pierwszym pokosie, a najniższy w trzecim. Zastosowane wyłącznie mieszaniny osadowo-popiołowe (obiekt V) w stosunku wagowym 1:1 wpłynęły istotnie na podwyższenie plonu. Wzrost w tym obiekcie wynosił w zależności od pokosu od 18-28% w stosunku do obiektu kontrolnego. Najniższy plon mieszanki traw uzyskano w obiekcie, w którym zastosowano wyłącznie torf (obiekt IV) oraz popioł (obiekt III). Również w obiekcie VI, w którym zastosowano wyłącznie mieszaninę torfowo-popiołową zarejestrowano istotne obniżenie plonu w porównaniu do kontroli. Stwierdzono, że w miarę wzrostu procentowego udziału mieszanin osadowo-popiołowych w glebie wzrasta systematycznie wielkość plonu.

Natomiast dodatek do gleby mieszanin torfowo-popiołowych, zwłaszcza od 10 do 30% skutkuje istotnym obniżeniem plonu (rys. 1).

W zależności od terminu zbioru oraz obiektu zawartość metali ciężkich w roślinach wahała się w zakresie: 0,22–2,31 mg Cr; 0,15–0,90 mg Pb; 9,85–80,70 mg Zn; 0,85–13,28 mg Cu; 0,03–1,69 mg Cd; 0,15–6,24 mg Ni/kg s.m. (tab. 1, 2).



Rys. 1. Plon mieszanki traw z komonicą zwyczajną
Fig. 1. Yield of the mixture of grasses with bird's foot trifoil

W przypadku pierwszego pokosu zawartość Cr w mieszance traw uzyskana w obiektach I–VIII była mało zróżnicowana. Dodatek do gleby mieszanin osadowo-popiołowych w ilości od 5 do 30% w stosunku do ogólnej masy utworu glebowego, spowodował wyraźny wzrost zawartości tego pierwiastka. Wzrost zawartości Cr, w zebranych plonie pierwszego pokosu, w obiekcie, w którym zastosowano 30% dodatek mieszaniny osadowo-popiołowej wynosił 64% w stosunku do obiektu kontrolnego. Odwrotną zależność zarejestrowano w przypadku mieszanin torfowo-popiołowych. Najwyższą zawartość Cr w mieszance traw, pierwszego pokosu, zarejestrowano w obiekcie XIII, w którym zastosowano 1% dodatek wyżej wymienionej mieszaniny. W kolejnych obiektach torfowo-popiołowych (XIV–XVIII), zarejestrowano, w przypadku pierwszego pokosu, systematyczne obniżanie się zawartości tego pierwiastka w miarę wzrostu udziału tego komponentu. W przypadku drugiego pokosu zawartość Cr

w mieszance traw była również zróżnicowana. Najwyższą zawartość Cr zarejestrowano w materiale zebranym z obiektu V (2,31 mg/kg s.m.) i była o 107% wyższa w stosunku do obiektu kontrolnego. W miarę wzrastającego procentowego udziału mieszanin osadowo-popiołowych w stosunku do ogólnej masy gleby (obiekty VII–XII) obserwowano systematyczny wzrost zawartości tego pierwiastka w zebranych plonie. Wzrost zawartości Cr w plonie z obiektu XII wynosił 96% w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Zastosowane mieszaniny torfowo-popiołowe nie wpłynęły na zróżnicowanie zawartości Cr w drugim i trzecim pokosie testowanej mieszanki traw. Średnia ważona zawartości Cr w plonie z trzech pokosów wahała się od 0,51 do 1,46 mg/kg s.m. (tab. 1). Dodatek do gleby mieszanin osadowo-popiołowych w ilości od 10 do 30% w stosunku do ogólnej masy gleby wpłynął istotnie na wzrost zawartości Cr w plonie roślin, natomiast mieszanin torfowo-popiołowych na obniżenie zawartości tego pierwiastka. Istotnie wyższą średnią ważoną zawartości Cr w mieszance traw z komoniką stwierdzono z obiektów, w których zastosowano wyłącznie osad, popiół, torf oraz ich komponenty (obiekty II–VI).

Tabela 1

Zawartość Cr, Pb Zn w mieszance traw z komoniką zwyczajną (mg/kg s.m.)
Content of Cr, Pb, and Zn in the mixture of grasses with bird's foot trifoil (mg/kg d.m.)

Obiekty Objects		Cr				Pb				Zn			
numer number	nazwa name	pokos cut				pokos cut				pokos cut			
		I	II	III	średnia*	I	II	III	średnia*	I	II	III	średnia*
I	kontrola control	1,07	1,12	0,29	0,84	0,87	0,50	0,83	0,73	43,10	29,25	44,48	38,86
II	osad sludge	0,99	1,82	0,34	1,10	0,69	0,33	0,84	0,59	46,58	69,40	80,70	68,06
III	popiół ash	0,89	1,91	0,43	1,21	0,28	0,46	0,90	0,58	12,43	15,40	17,38	15,55
IV	torf peat	1,06	1,87	0,22	1,09	0,27	0,15	0,49	0,29	10,65	11,86	16,13	12,93
V	OP	0,97	2,31	0,34	1,23	0,49	0,56	0,63	0,55	54,60	42,93	45,90	48,08
VI	TP	0,99	2,09	0,33	1,17	0,59	0,37	0,74	0,56	21,55	9,85	26,20	18,84
VII	OP 1%	0,96	0,31	0,22	0,51	0,82	0,55	0,81	0,73	49,88	37,40	49,53	45,55
VIII	OP 2%	1,02	0,35	0,26	0,55	0,85	0,57	0,81	0,74	50,50	37,63	50,30	46,10
IX	OP 5%	1,22	0,39	0,26	0,66	0,80	0,52	0,80	0,71	42,53	40,00	47,15	43,13
X	OP 10%	1,44	1,67	0,28	1,16	0,53	0,36	0,62	0,50	36,50	27,70	38,23	34,14
XI	OP 20%	1,66	2,06	0,31	1,37	0,42	0,35	0,58	0,44	29,35	24,65	29,53	27,87
XII	OP 30%	1,76	2,19	0,34	1,46	0,36	0,30	0,46	0,37	26,85	21,53	27,18	25,19
XIII	TP 1%	2,05	0,33	0,30	0,91	0,66	0,48	0,90	0,68	43,85	38,93	43,23	42,02
XIV	TP 2%	1,88	0,30	0,27	0,86	0,61	0,42	0,69	0,57	39,38	33,70	41,06	38,03
XV	TP 5%	1,79	0,27	0,27	0,81	0,57	0,43	0,58	0,52	36,80	29,98	37,20	34,64
XVI	TP 10%	1,48	0,25	0,26	0,69	0,45	0,36	0,51	0,44	34,05	27,20	33,43	31,58
XVII	TP 20%	1,39	0,27	0,26	0,67	0,45	0,32	0,43	0,40	29,43	25,58	30,23	28,35
XVIII	TP 30%	1,30	0,26	0,23	0,64	0,43	0,28	0,42	0,38	27,98	18,20	27,60	24,67
V%**		27,69	77,74	18,25	30,89	33,45	28,17	24,95	25,31	35,44	45,97	39,03	38,78
NRI ($\alpha = 0,01$)		0,17	0,43	0,05	0,19	0,15	0,18	0,13	0,09	6,39	7,20	2,97	3,31
LSD($\alpha = 0,01$)													

* Średnia ważona; Weighted mean

** Współczynnik zmienności; Variability coefficient

Zawartość Pb w zebranych plonie była mało zróżnicowana, o czym świadczy niska wartość współczynnika zmienności, która dla pierwszego pokosu wynosiła 33,45%, drugiego — 28,17, trzeciego — 24,95%. Najwyższą zawartość tego pierwiastka, w przypadku pierwszego pokosu zarejestrowano w obiekcie kontrolnym (tab. 1), a najniższą w obiekcie, w którym zastosowano wyłącznie torf (IV).

Zastosowany wyłącznie osad ściekowy, popiół paleniskowy, torf oraz ich mieszaniny wpłynęły wyraźnie na obniżenie zawartości ołowiu w zebranych plonie pierwszego pokosu. Ponadto mieszaniny osadowo-popiołowe oraz torfowo-popiołowe dodane do gleby od 10% do 30% w stosunku do ogólnej masy utworu glebowego również wpłynęły na obniżenie zawartości tego metalu w mieszance traw z komoniką zwyczajną. Średnia ważona zawartości ołowiu w plonie mieszanki traw z komoniką zwyczajną zebranych z trzech pokosów wahała się w zakresie: 0,29–0,74 mg/kg s.m. (tab. 1). Zastosowane do gleby mieszaniny osadowo-popiołowe w ilości od 10 do 30% w stosunku do ogólnej masy gleby oraz mieszaniny torfowo-popiołowe wpłynęły istotnie na obniżenie zawartości Pb w zebranych plonie. Najniższą zawartość Pb w plonie roślin odnotowano z obiektu, w którym zastosowano wyłącznie torf.

Najwyższą zawartość Zn oznaczono w plonie drugiego i trzeciego pokosu zebranego z obiektu, w którym zastosowano wyłącznie osad ściekowy, natomiast najniższą w obiektach, w których zastosowano wyłącznie popiół paleniskowy i torf oraz ich mieszaniny (tab. 1). Stwierdzono, że źródłem cynku w mieszance traw z komoniką zwyczajną jest osad ściekowy, natomiast podłoże składające się wyłącznie z popiołu, torfu oraz ich mieszanin nie stanowi potencjalnego źródła tego pierwiastka dla badanych roślin. Podobnie jak w przypadku Pb, zawartość Zn malała w miarę wzrostu procentowego udziału mieszanin osadowo-popiołowych i torfowo-popiołowych w stosunku do gleby. Średnia ważona zawartości cynku z trzech pokosów mieszanki roślin, w zależności od obiektu, wahała się od 12,91 do 68,00 mg/kg s.m. (tab. 1). Zastosowane do gleby mieszaniny osadowo-popiołowe i torfowo-popiołowe w ilości od 10% do 30% w stosunku do ogólnej masy gleby spowodowały istotne obniżenie średniej ważonej zawartości Zn w plonie mieszanki traw z komoniką zwyczajną. Najniższą zawartość Zn w plonie roślin stwierdzono z obiektów, w których zastosowano wyłącznie popiół, torf oraz ich mieszaniny (obiekty III, IV, VI). Zastosowany wyłącznie osad i mieszanina osadowo-popiołowa istotnie wpłynęła na podwyższenie średniej ważonej zawartości Zn w testowanej mieszance roślin.

Zawartość miedzi w poszczególnych pokosach mieszanki traw z komoniką zwyczajną była mało zróżnicowana (tab. 2). Najwyższą istotną zawartość Cu stwierdzono z obiektu, w którym zastosowano wyłącznie osad ściekowy. Zastosowany w doświadczeniu wyłącznie torf (obiekt IV) zahamował pobieranie tego pierwiastka przez mieszankę traw z komoniką zwyczajną. Ponadto nie stwierdzono większego zróżnicowania w zawartości Cu pomiędzy poszczególnymi pokosami. Istotnie wyższe zawartości Cu w poszczególnych pokosach mieszanki roślin zarejestrowano także w obiekcie, w którym zastosowano wyłącznie mieszaninę osadowo-popiołową. Dodatek do gleby mieszanin osadowo-popiołowych i torfowo-popiołowych w ilości od 10% do 30% w stosunku do ogólnej masy gleby wpłynął na obniżenie zawartości Cu w I i III pokosie mieszanki traw z komoniką

zwyczajną. Średnia ważona zawartości miedzi w plonie trzech pokosów wahała się w granicach od 0,99 do 10,39 mg/kg s.m. (tab. 2). Źródłem miedzi w zebranych plonie, podobnie jak w przypadku cynku, był zastosowany jako podłoże osad ściekowy, natomiast najniższe zawartości tego pierwiastka stwierdzono w materiale zebranym z obiektu wypełnionego torfem (obiekt IV). Z danych zamieszczonych w tabeli 2 wynika, że średnia ważona zawartości Cu w zebranej mieszance traw z komonicą systematycznie malała w wyniku wzrastającego procentowego udziału mieszanin osadowo-popiołowych, a zwłaszcza torfowo-popiołowych w glebie.

Tabela 2

Zawartość Cu, Zn, Cd w mieszance traw z komonicą zwyczajną (mg/kg s.m.)
Content of Cu, Cd, and Ni in the mixture of grasses with bird's foot trifol (mg/kg d.m.)

Obiekty Objects	numer number	nazwa name	Cu				Cd				Ni			
			pokos cut				pokos cut				pokos cut			
			I	II	III	średnia*	I	II	III	średnia*	I	II	III	średnia*
I		kontrola control	5,79	2,71	5,32	4,61	0,53	0,61	0,86	0,66	3,81	3,28	5,83	4,27
II		osad sludge	8,70	8,90	13,28	10,40	0,14	0,14	0,23	0,17	1,73	1,32	1,42	1,45
III		popiół ash	2,64	6,59	6,08	5,72	0,03	0,05	0,06	0,05	0,82	0,70	0,41	0,62
IV		torf peat	1,06	1,05	0,87	0,99	0,04	0,12	0,09	0,09	0,54	0,56	0,15	0,42
V		OP	9,20	7,11	9,55	8,62	0,17	0,24	0,12	0,17	0,67	1,03	0,53	0,75
VI		TP	6,05	2,44	8,75	5,64	0,08	0,05	0,17	0,09	0,80	0,89	0,49	0,73
VII		OP 1%	6,15	4,56	5,55	5,43	0,44	0,75	0,87	0,68	3,29	3,79	5,29	4,09
VIII		OP 2%	5,52	4,89	5,41	5,27	0,52	0,96	0,95	0,81	3,87	3,07	4,65	3,85
IX		OP 5%	5,65	4,62	5,47	5,26	0,54	1,06	1,08	0,87	2,77	2,36	3,11	2,74
X		OP 10%	5,24	4,51	4,78	4,86	0,58	1,16	1,32	1,00	2,72	1,31	2,83	2,29
XI		OP 20%	4,28	4,46	4,49	4,40	0,65	1,38	1,53	1,16	1,75	0,88	1,33	1,33
XII		OP 30%	4,57	4,10	4,54	4,40	0,74	1,53	1,64	1,28	1,40	0,48	0,76	0,90
XIII		TP 1%	5,66	5,16	5,13	5,32	0,50	0,69	0,90	0,69	3,52	2,55	6,24	4,06
XIV		TP 2%	5,44	4,49	4,19	4,74	0,55	0,81	1,05	0,79	3,69	2,12	5,32	3,68
XV		TP 5%	4,42	3,44	4,03	3,97	0,62	1,01	1,24	0,94	2,86	1,45	2,38	2,24
XVI		TP 10%	4,56	3,40	3,91	3,97	0,95	1,11	1,45	1,16	2,13	1,23	1,53	1,64
XVII		TP 20%	4,46	3,27	3,70	3,84	1,14	1,24	1,56	1,29	1,92	0,89	1,26	1,38
XVIII		TP 30%	4,01	3,19	3,16	3,49	1,69	1,60	1,64	1,64	1,26	0,45	0,87	0,88
V%**			35,79	41,45	50,10	39,09	75,72	63,64	61,28	63,41	52,51	65,63	84,80	66,13
NRI($\alpha = 0,01$)			1,11	1,70	0,68	0,84	0,11	0,23	0,08	0,08	0,42	0,49	0,28	0,24
LSD($\alpha = 0,01$)														

* Średnia ważona; Weighted mean

** Współczynnik zmienności; Variability coefficient

Zawartość kadmu w testowanej mieszance traw w poszczególnych pokosach była bardzo zróżnicowana. Najniższe ilości Cd stwierdzono w obiektach II–VI, w których zastosowano wyłącznie osad, popiół, torf oraz ich mieszaniny (tab. 2). Zawartość tego pierwiastka w materiale roślinnym z obiektu kontrolnego była znacznie wyższa w porównaniu do wyżej wymienionych obiektów. Stwierdzono, że zawartość Cd w testowanych roślinach w poszczególnych pokosach wyraźnie rośnie w miarę wzrostu

procentowego udziału mieszanin osadowo-popiołowych i torfowo-popiołowych w glebie. Średnia ważona zawartości Cd w plonie roślin z trzech pokosów wahała się od 0,05 do 1,64 mg/kg s.m. (tab. 2). Zastosowane do gleby mieszaniny osadowo-popiołowe i torfowo-popiołowe w ilości 5%–30% w stosunku do ogólnej masy gleby wpłynęły istotnie na podwyższenie średniej ważonej zawartości Cd w mieszance traw z komoniką zwyczajną. Stwierdzono, że osad, popiół torf oraz ich mieszaniny wyraźnie hamują pobieranie Cd przez rośliny.

Zawartość niklu w mieszance traw z komoniką w poszczególnych pokosach była również zróżnicowana (tab. 2). Stosunkowo wysokie zawartości Ni stwierdzono w materiale zebrany z obiektu kontrolnego, zwłaszcza z III pokosu, a najniższe z obiektów, w których jako podłoże zastosowano wyłącznie torf, popiół, osad oraz ich mieszaniny. Stwierdzono, że w miarę wzrostu procentowego udziału mieszanin osadowo-popiołowych i torfowo-popiołowych w glebie systematycznie maleje zawartość Ni w plonie. Obniżenie zawartości Ni w materiale zebrany z obiektu, w którym zastosowano 30% dodatek mieszaniny osadowo-popiołowej (obiekt XII) wynosił dla pierwszego pokosu 64%, drugiego 85,5%, trzeciego 86,9% w porównaniu do obiektu kontrolnego. Podobne tendencje odnotowano również w przypadku dodania do gleby mieszanin torfowo-popiołowych. Średnia ważona zawartości Ni w mieszance roślin, z trzech pokosów wahała się w zakresie: 0,42 do 4,27 mg/kg s.m. (tab. 2). Najwyższa średnia ważona zawartości Ni w zebrany plonie została zarejestrowana w obiekcie kontrolnym, w którym zastosowano wyłącznie glebę mineralną. Zastosowane do gleby mieszaniny osadowo-popiołowe i torfowo-popiołowe wpłynęły istotnie na obniżenie średniej ważonej zawartości Ni w plonie testowanej mieszanki. Torf, popiół, osad oraz ich mieszaniny wyraźnie ograniczały pobieranie tego pierwiastka przez mieszankę traw z komoniką zwyczajną.

Dopuszczalna zawartość metali ciężkich w materiale roślinnym przeznaczonym na pasze wynosi: $Cd \leq 0,5$ mg; $Zn \leq 100,0$ mg; $Pb \leq 10$ mg; $Cu \leq 30$ mg; $Ni \leq 50$ mg; $Cr < 20$ mg/kg s.m. (Kabata-Pendias i in., 1993; Gorlach, 1991). Wyceniając mieszankę traw według powyższego kryterium stwierdzono, że spełniała ona wymogi pod względem zawartości Cr, Pb, Zn, Cu, Ni stawiane paszom dobrej jakości, jedynie zawartość Cd w analizowanym materiale wykluczała ją do wykorzystania na cele paszowe, ponieważ zastosowane mieszaniny osadowo-popiołowe i torfowo-popiołowe jako komponenty glebowe wpłynęły na przekroczenie dopuszczalnej zawartości tego pierwiastka w zebrany plonie. Warto podkreślić, że uzyskana mieszanka traw z komoniką zwyczajną z obiektów, w których jako podłoże zastosowano wyłącznie osad, popiół, torf oraz ich mieszaniny (obiekty II–VI) ograniczały pobieranie Cd przez rośliny w porównaniu do obiektu kontrolnego. Zawartość Cd w mieszance traw z komoniką uzyskana z tych obiektów nie przekroczyła wartości progowych (Kabata-Pendias i in., 1993). Wydaje się, że plon mieszanki traw z komoniką zwyczajną uzyskany z terenów rekultywowanych, gdzie jako podłoże występuje osad ściekowy, popiół paleniskowy, torf oraz ich mieszaniny z glebą może być przeznaczony tylko do produkcji kompostu, a także na cele energetyczne i przemysłowe a nie paszowe.

DYSKUSJA

W niniejszych badaniach stwierdzono, że mieszaniny osadowo-popiołowe zastosowane w wazonach jako podłoże, wyraźnie wpłynęły na podwyższenie zawartości Cr w mieszance traw z komonicą zwyczajną, natomiast mieszaniny torfowo-popiołowe obniżały pobieranie tego pierwiastka. Uważa się, że ograniczenie pobierania metali ciężkich (Cr, Pb, Zn, Ni) było efektem zmniejszenia ich przyswajalności w wyniku związania przez materię organiczną oraz obniżenia rozpuszczalności w wyniku zubożenia torfu popiołem (Curyło, Jasiewicz, 1998). Popioły paleniskowe w swoim składzie chemicznym zawierają metale ciężkie, ale są one niedostępne dla roślin (Staisz i in., 2000). We wcześniejszych badaniach Antonkiewicza i Jasiewicza (2004) również stwierdzono, że mieszaniny osadowo-popiołowe wyraźnie wpływają na obniżenie zawartości Cr, Zn, Pb w materiale roślinnym mieszanki trawiasto-motyłkowej. W niniejszych badaniach stwierdzono wyraźny wpływ mieszanin torfowo-popiołowych i osadowo-popiołowych na obniżenie Cu w mieszance traw z komonicą zwyczajną. Badania Sapek (1980) potwierdzają niniejsze wyniki, że miedź jest silnie sorbowana przez gleby torfowe, oraz tworzą się trudno dostępne dla roślin połączenia miedzi z substancjami humusowymi. W niniejszych badaniach stwierdzono, że zawartość Cd w mieszance traw z komonicą zwyczajną wzrastała pod wpływem zwiększającego się procentowego udziału mieszanin osadowo-popiołowych i torfowo-popiołowych zastosowanych do gleby. Uzyskane w pracy rezultaty wskazują, że rośliny wyrosłe na podłożu mieszanin osadowo-popiołowych i torfowo-popiołowych pobierały więcej Cd. Pod wpływem zastosowanych mieszanin być może nastąpiło zwiększenie rozpuszczalności Cd na przykład w wyniku zubożenia kwasowości gleby. Być może większą rolę w pobieraniu Cd przez rośliny odgrywa zmiana odczynu gleby, aniżeli wzrost materii organicznej (Gorlach, Gambus, 1996). Zastosowane w badaniach własnych mieszaniny osadowo-popiołowe i torfowo-popiołowe spowodowały wyraźne ograniczenie pobierania niklu przez mieszankę traw z komonicą zwyczajną w każdym pokosie. Badania Curyły i Jasiewicza (1998) potwierdzają, że pobieranie niklu i cynku w największym stopniu były hamowane w wyniku związania ich przez materię organiczną.

WNIOSKI

1. Plon mieszanki traw z komonicą zwyczajną w zależności od pokosu był zróżnicowany, najwyższy stwierdzono w pierwszym pokosie, a najniższy w trzecim.
2. Stwierdzono istotne obniżenie plonu z obiektów, w których zastosowano wyłącznie popiół, torf oraz ich mieszaniny w stosunku do wariantu kontrolnego.
3. Dodatek do gleby mieszanin osadowo-popiołowych wpłynął na podwyższenie wielkości plonu a mieszaniny torfowo-popiołowych na jego obniżenie.
4. Stwierdzono, że w miarę wzrostu procentowego udziału mieszanin osadowo-popiołowych w glebie wzrastała zawartość Cr, Cd w mieszance traw z komonicą zwyczajną.

5. Wyceniając zawartość Cu, Ni, Cr, Zn, Pb w mieszance traw wg liczb granicznych IUNG stwierdzono, że odpowiadała ona normom stawianym paszy dobrej jakości. Natomiast biorąc pod uwagę zawartość Cd w mieszance traw z komonicą zwyczajną stwierdzono przekroczenia dopuszczalnej zawartości tego pierwiastka.
6. Mieszanka traw z komonicą zwyczajną uzyskana na zastosowanych w badaniach podłożach nie może stanowić paszy, zaleca się przeznaczyć ją na cele przemysłowe, energetyczne lub do produkcji kompostu.

LITERATURA

- Antonkiewicz J., Jasiewicz Cz. 2004. Wykorzystanie osadów ściekowych do biologicznego zagospodarowania składowiska odpadów paleniskowych. *Uniw. Zielonogórski, Zesz. Nauk.* 131, *Inżynieria Środow.* 12: 17 — 25.
- Curyło T., Jasiewicz Cz. 1998. Wpływ różnych nawozów organiczno-mineralnych na pobieranie metali ciężkich przez warzywa. *Rocz. AR Pozn.*, 304, *Ogrod.* 27: 39 — 49.
- Gorlach E. 1991. Zawartość pierwiastków śladowych w roślinach pastewnych jako miernik ich wartości. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 262, *Sesja Nauk. z.* 34: 13 — 22.
- Gorlach E., Gambuś F. 1996. Badania nad możliwością ograniczenia pobierania kadmu przez rośliny z gleb zanieczyszczonych tym metalem. *Roczn. Glebozn.* 47, 3/4: 31 — 39.
- Gos A. 1999. Wzrost i rozwój niektórych gatunków traw i roślin motylkowatych na popiele z dodatkiem biohumusu. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 197, *Agricultura* 75: 75 — 80.
- Kabata-Pendias A., Motowicka-Terelak T., Piotrowska M., Terelak H., Witek T. 1993. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. *Ramowe wytyczne dla rolnictwa. Puławy*, P. (53), IUNG: 20 ss.
- Kitczak T., Gos A., Czyż H., Trzaskoś M. 1999. Roślinność hałd popioło-żużli. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 197, *Agricultura* 75: 179 — 186.
- Maciak F. 1996. *Ochrona i rekultywacja środowiska*. Wyd. SGGW, Warszawa, ss. 348.
- Manecki A. 1999. Aeromineralogia — mineralogia pyłów atmosferycznych (klasyfikacja, metody analityczne, zastosowanie). *Pol. Tow. Mineral., Prace Specjalne*, z. 15: 89 — 94.
- Matusiewicz H., Janowicz K. 1983. Fizykochemiczna charakterystyka popiołów lotnych węgla brunatnych elektrowni "Konin" z III stopnia elektrofiltrów i badania nad ich ługowaniem. *Arch. Ochr. Środ.* 3-4: 59 — 81.
- Rogalski M., Kardyńska S., Wieczorek A., Poleszczuk G., Śmietana P. 2001. Przydatność niektórych traw do rekultywacji składowisk popiołów z elektrowni. *Zesz. Probl. PNR*, z. 477: 255 — 259.
- Sapek B. 1980. Zachowanie się miedzi w zmeliorowanych glebach torfowych z użytków zielonych. *Roczn. Nauk. Roln., ser. F*, t. 80, z. 1: 13 — 39.
- Siuta J. 1998. *Rekultywacja gruntów*. Poradnik. Wyd. IOŚ, Warszawa: 204 ss.
- Smołka-Danielowska D. 1999. Badania chemiczno-mineralogiczne frakcji ziarnowych popiołów lotnych z wybranych elektrociepłowni. *Polskie Towarzystwo Mineralogiczne — Prace Specjalne*, z. 15: 111 — 117.
- Staisz J., Pasoń-Konieczńska A., Konieczński J. 2000. Wstępna ocena emisji pierwiastków śladowych w wyniku spalania węgla kamiennego. *Arch. Ochr. Środ.*, 26, 1: 7 — 20.
- Systematyka gleb Polski. 1989. PTG. *Roczn. Glebozn.*, 40, 3/4: 1 — 150.
- Ulińska M. 1957. *Technika obliczeń przy opracowywaniu wyników doświadczeń rolniczych*. IUNG 59. Wyd. PWRiL, Warszawa: 108 ss.

SPIS TREŚCI — CONTENTS

Jan Malec	Burak cukrowy — historia, aktualne problemy, przyszłość Sugar beet — history, current problems and perspectives	5
Leonarda Dalke	Metody hodowli buraka cukrowego Sugar beet breeding methods	15
Barbara Skibowska	Selekcja samozgodnych genotypów w diploidalnych populacjach wielonasiennych buraka cukrowego Selection of self-compatible genotypes in multigerm diploid populations of sugar beet	21
Maria Goška Teresa Krysińska Krystyna Strycharczuk	Wykorzystanie gynogenezy <i>in vitro</i> dla uzyskania dihaploidów buraka cukrowego The use of <i>in vitro</i> gynogenesis for obtaining sugar beet dihaploids	27
Dorit Bloch Christa Hoffmann	Effect of water deficiency on the development and technical quality of some sugar beet genotypes Wpływ niedoboru wody na rozwój i jakość technologiczną wybranych genotypów buraka cukrowego	35
Jacek Rajewski Mirosław Łakomy	Czy odmiany buraka cukrowego można rejonizować? Can sugar beet cultivars be regionalized?	43
Zdzisław Wyszyński Marianna Kalinowska- Zdun Dariusz Gozdowski Beata Michalska	Plonowanie buraka cukrowego na plantacjach produkcyjnych w rejonie Polski środkowej Sugar beet yielding on farm plantations in the region of Central Poland	49
Piotr Kuc Lesław Zimny	Produktywność buraka cukrowego w warunkach zróżnicowanych systemów uprawy Productivity of sugar beet at different tillage systems	57
Grażyna Wielogórska Józef Starczewski Szymon Czarnocki	Ocena kosztów nawożenia i ochrony w produkcji buraka cukrowego w wybranych gospodarstwach. Komunikat Estimation of the costs of plants fertilization and protection in sugar beet production in chosen farms. Short communication	65
Przemysław Barłóg Witold Grzebisz	Plonotwórcza i diagnostyczna ocena nawożenia buraków cukrowych potasem z udziałem sodu i magnezu Część I. Plon korzeni i liści Sugar beets fertilization with potassium, sodium and magnesium — yielding and diagnostic evaluation Part I. Yield of roots and leaves	73
Przemysław Barłóg Witold Grzebisz	Plonotwórcza i diagnostyczna ocena nawożenia buraków cukrowych potasem z udziałem sodu i magnezu Część II. Jakość korzeni i plon cukru Sugar beets fertilization with potassium, sodium and magnesium — yielding and diagnostic evaluation Part II. Quality of roots and yield of sugar	83

Przemysław Barłóg Witold Grzebisz	Plonotwórcza i diagnostyczna ocena nawożenia buraków cukrowych potasem, z udziałem sodu i magnezu Część III. Prognozowanie plonu i jego jakości Sugar beets fertilization with potassium, sodium and magnesium — yielding and diagnostic evaluation Part III. Prognosis on root yield and its quality	93
Radosław Musolf Witold Grzebisz Witold Szczepaniak	Wpływ nawożenia potasem na tle zróżnicowanych warunków wodnych na plon i jakość korzeni buraka cukrowego (<i>Beta vulgaris</i> L.) Część I. Reakcja plonotwórcza Effect of potassium fertilization under diversified water conditions on yield and quality of sugar beets (<i>Beta vulgaris</i> L.) Part I. Yielding response	107
Radosław Musolf Witold Grzebisz Witold Szczepaniak	Wpływ nawożenia potasem na tle zróżnicowanych warunków wodnych na plon i jakość korzeni buraka cukrowego (<i>Beta vulgaris</i> L.) Część II. Jakość technologiczna korzeni i plony cukru Effect of potassium fertilization under diversified water conditions on yield and quality of sugar beets (<i>Beta vulgaris</i> L.) Part II. Quality of taproots and yield of sugar	115
Radosław Musolf Witold Grzebisz Witold Szczepaniak Magdalena Chojnacka	Wpływ nawożenia potasem na tle zróżnicowanych warunków wodnych na plon i jakość korzeni buraka cukrowego (<i>Beta vulgaris</i> L.) Część III. Odżywienie roślin potasem i azotem Effect of potassium fertilization under diversified water conditions on yield and quality of sugar beets (<i>Beta vulgaris</i> L.) Part III. Plant nutrition with potassium and nitrogen	123
Witold Grzebisz Radosław Musolf Witold Szczepaniak Jacek Drożdż	Wpływ nawożenia potasem na tle zróżnicowanych warunków wodnych na plon i jakość korzeni buraka cukrowego (<i>Beta vulgaris</i> L.) Część IV. Ocena efektywności agronomicznej i ekonomicznej Effect of potassium fertilization under diversified water conditions on yield and quality of sugar beets (<i>Beta vulgaris</i> L.) Part IV. An assessment of agronomic and economic efficiency	129
Zdzisław Ciećko Konrad Grzegorzewski Andrzej Żołnowski Tomasz Najmowicz	Oddziaływanie nawożenia mineralnego na plonowanie i zawartość cukru w korzeniach oraz zawartość chlorofilu w liściach buraka cukrowego The influence of mineral fertilization on yielding, sugar content in roots and chlorophyll content in leaves of sugar beet	137
Renata Gaj Dariusz Górski	Wpływ kompostu z odpadów miejskich oraz nawożenia azotem na plon i jakość technologiczną buraka cukrowego Część I. Plon korzeni i jakość technologiczna Influence of compost produced from municipal solid wastes and of nitrogen fertilization on yields and technological quality of sugar beet Part I. Yields of roots and technological quality of sugar beet	145
Renata Gaj Dariusz Górski	Wpływ kompostu z odpadów miejskich oraz nawożenia azotem na plon i jakość technologiczną buraka cukrowego Część II. Zawartość i pobranie mikroskładników Influence of compost produced from municipal solid wastes and of nitrogen fertilization on yields and technological quality of sugar beet Part II. Content and uptake of micronutrients	155

Katarzyna Kucińska Arkadiusz Artyszak Daniela Ostrowska	Efektywność nawożenia buraka cukrowego (<i>Beta vulgaris altissima</i> Döll) różnymi nawozami organicznymi przy wzrastających dawkach azotu mineralnego Effectiveness of sugar beet (<i>Beta vulgaris altissima</i> Doll) fertilization with different kinds of organic manure and various doses of mineral nitrogen	165
Danuta Buraczyńska Feliks Ceglarek	Znaczenie nawozów zielonych z międzyplonów wsiewek i słomy w uprawie buraka cukrowego Część I. Zachwaszczenie plantacji buraka cukrowego The role of green manures, in form of undersown cover crops, and straw in sugar beet cultivation Part I. Sugar beet plantations infestation with weeds	171
Danuta Buraczyńska	Znaczenie nawozów zielonych z międzyplonów wsiewek i słomy w uprawie buraka cukrowego Część II. Plon i cechy biometryczne korzeni buraka cukrowego The role of green manures, in form of undersown cover crops, and straw in sugar beet cultivation Part II. Yield and biometric characteristics of sugar beet roots	181
Kamilla Kuźdowicz	Długotrwałe przechowywanie nasion jako metoda zachowania odmian i materiałów hodowlanych buraka cukrowego Long-term seed storage as a method of preservation for sugar beet cultivars and breeding materials	191
Danuta Maćkowiak Adam Sitarski	Rizomania — diagnostyka i szkodliwość choroby Rhizomania — diagnostics and harmfulness of the disease	199
Dorota Kalembasa Elżbieta Malinowska Dawid Jaremkowski Stanisław Jeżowski	Wpływ nawożenia NPK na strukturę plonu traw <i>Miscanthus</i> ssp. The influence of NPK fertilization on yield structure of the <i>Miscanthus</i> ssp. grasses	205
Alina Kowalczyk-Juśko Bogdan Kościński	Produkcja biomasy miskanta cukrowego i spartiny preriowej w zróżnicowanych warunkach glebowych oraz możliwości jej konwersji na energię The <i>Miscanthus sacchariflorus</i> and <i>Spartina pectinata</i> biomass production in different soil conditions and possibilities of its conversion into energy	213
Włodzimierz Majtkowski Gabriela Majtkowska Jarosław Piłat Jan Mikołajczak	Przydatność do zakiszania zielonki traw C-4 w różnych fazach wegetacji The ensilage suitability of green forage of C-4 grasses in different growth phases	219
Jacek Antonkiewicz Czesława Jasiewicz	Wpływ różnych mieszanin osadowo-popiołowych i torfowo-popiołowych na wielkość i jakość plonu mieszanki traw z komonicą zwyczajną The influence of various sludge-and-ash and peat-and-ash mixtures on yield quantity and quality of a mixture of grasses with bird's foot trifol	227