

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 doświadczałne:

- 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 żyniego 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: przedsięwzięcie 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 polkach nawożonych potasem; On K fertilized plots

** Na polkach 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. Gezielte Düngen. DLG Verlag, Frankfurt, Main.
- Trętowski J., Wójcik A. R. 1988. Metodyka doświadczeń rolniczych. WSRP Siedlce: 124 — 136.