

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 mikrośkładników

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 mikrośkładników 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, mikrośkładniki, 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 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)**Content of micronutrients in sugar beet ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 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 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	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 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	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 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	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 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	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 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	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 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	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 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	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 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	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)

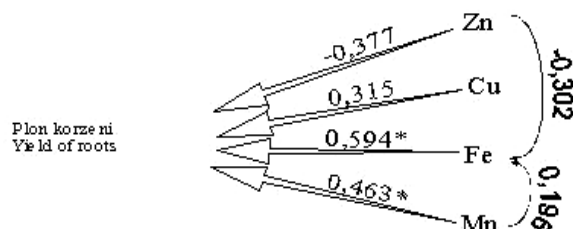
$$y = 0,0326x + 67,49 \quad R^2 = 24,2\%, n = 24, p < 0,05 \quad (1)$$

gdzie:

x — całkowite pobranie cynku $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$

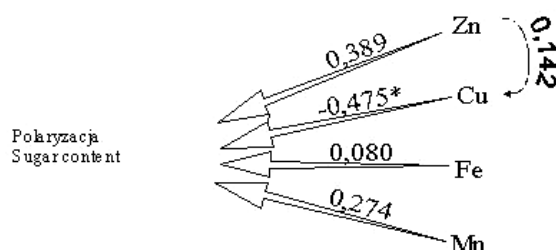
y — plon korzeni $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$

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.



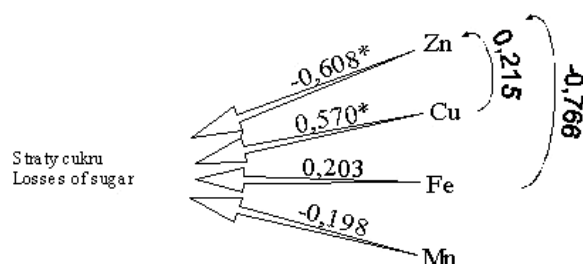
Rys. 1. Diagram ścieżkowy. Plon korzeni buraków jako funkcja ogólnego pobrania mikroskładników przez buraki cukrowe (gleba ciężka)

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 pszenzycie 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.