Fragm. Agron. 28(4) 2011, 139–148

WPŁYW NAWADNIANIA I MIKROORGANIZMÓW GLEBOWYCH NA ZAWARTOŚĆ MAKRO I MIKROELEMENTÓW W BULWACH ZIEMNIAKÓW EKOLOGICZNYCH

Anna Wierzbicka, Cezary Trawczyński

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin-Państwowy Instytut Badawczy Oddział w Jadwisinie

a.wierzbicka@ihar.edu.pl

Synopsis. Badania przeprowadzono w latach 2008–2010 na glebie lekkiej pola doświadczalnego Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin-Państwowego Instytutu Badawczego w Jadwisinie (mazowieckie). Wykazano istotny wpływ nawadniania i efektywnych mikroorganizmów na pięć z dziesięciu badanych składników. Nawadnianie przyczyniło się do zmian w zawartości potasu i żelaza, a zastosowanie efektywnych mikroorganizmów wpłynęło istotnie na zmiany w zawartości azotu, miedzi, żelaza i boru. Udowodniono istotny wpływ genotypu i lat badań na większość składników. Wartości makroelementów w bulwach ziemniaka wyrażone w gramach na kilogram suchej masy wynosiły średnio: azot (N) – 12,2; fosfor (P) – 1,3; potas (K) – 16,3; magnez (Mg) – 1,1. Wapń (Ca) występował w śladowych ilościach. Przeciętne wartości mikroelementów wyrażone w miligramach na kilogram suchej masy wynosiły średnio: miedź (Cu) – 4,5; żelazo (Fe) – 46,9; mangan (Mn) – 7,3; cynk (Zn) – 12,4 i bor (B) – 4,9.

Słowa kluczowe – *key words*: nawadnianie – *irrigation*, efektywne mikroorganizmy – *effective microorganisms*, makro i mikroelementy – *macro and micronutrients*, ziemniak –*potato*

WSTĘP

Bulwy ziemniaka zawierają 1–1,2% składników mineralnych w formie makro i mikroelementów. Makroelementy są to składniki pobierane przez rośliny w stosunkowo dużych ilościach w różnych stadiach rozwoju. Należą do nich: azot, fosfor, potas, wapń, magnez i siarka. Pierwiastki te pełnią funkcje budulcowe i fizjologiczne [Leszczyński 2000]. Zapotrzebowanie na mikroelementy jest mniejsze, ale są one tak samo ważne jak makroelementy. Należą do nich między innymi: miedź, żelazo, mangan, cynk i bor. Mikroelementy wchodzą w skład enzymów, które aktywują szereg procesów biochemicznych [Zarzecka 2004]. Zawartość pierwiastków w glebie zależy od rodzaju skały macierzystej, rozłożonego materiału organicznego, a także od czynników antropogenicznych, do których zalicza się między innymi nawożenie i środki ochrony roślin [Kaniuczak i in. 2009]. Ważnym czynnikiem w przyswajalności makro i mikroelementów jest odczyn gleby, jej zasobność w składniki pokarmowe i odpowiednia wilgotność. Nawadnianie w rolnictwie ekologicznym oprócz umożliwienia roślinom prawidłowego wzrostu, rozwoju i plonowania spełnia także funkcję stymulowania zaopatrzenia roślin uprawnych w składniki pokarmowe. Optymalna wilgotność gleby przyczynia się do prawidłowego przebiegu procesów mikrobiologicznych a więc procesu mineralizacji i humifikacji [Nowacki 2010]. Jedną z metod nawadniania ziemniaków, warzyw i owoców jest nawadnianie przy pomocy linii kroplujących. Zaletą tego systemu jest stosowanie małych dawek wody zadawanych równomiernie na całej długości redliny, co ogranicza straty wody spowodowane odpływem jej poza

zasięg systemu korzeniowego. W Zakładzie Agronomii Ziemniaka IHAR w Jadwisinie od wielu lat prowadzi się badania nad wpływem nawadniania na plonowanie różnych odmian oraz na zmiany cech jakości uzyskanego plonu. Oprócz nawadniania uzasadnione wydaje się również stosowanie w uprawach ekologicznych preparatów nazywanych „użyźniaczami glebowymi", które dzięki zawartym w nich mikroorganizmom przekształcają niedostępne formy składników w formy przyswajalne. Zaszczepianie gleby mikroorganizmami poprawia jej żyzność, plonowanie roślin i skład chemiczny bulw [Sulewska i in. 2005, Trawczyński i Bogdanowicz 2007].

Celem badań było określenie zawartości makro (azotu, fosforu, potasu, magnezu, wapnia) i mikroelementów (miedzi, żelaza, manganu, cynku i boru) w bulwach ziemniaka uprawianego w systemie ekologicznym w zależności od zastosowanego nawadniania i efektywnych mikroorganizmów glebowych.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono na glebie lekkiej kompleksu żytniego dobrego, pola doświadczalnego Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin-Państwowego Instytutu Badawczego Oddział w Jadwisinie (52°29′ N, 21°03′ E) oddalonego ok. 30 km na północ od Warszawy. Technologia uprawy ziemniaka prowadzona była według zasad obowiązujących w rolnictwie ekologicznym. Ziemniak uprawiany był w zmianowaniu 5-polowym: ziemniak – owies – łubin żółty – żyto ozime – facelia oraz wysiewano rośliny międzyplonowe na przyoranie: groch polny, gorczycę białą i seradelę. Wiosną stosowano obornik w dawce 25 $t \cdot ha^{-1}$. Pierwszy czynnik stanowiły bloki nawadniane i bez nawadniania zajmujące po 50% pola. Drugim czynnikiem było zastosowanie efektywnych mikroorganizmów glebowymi i obiekty bez efektywnych mikroorganizmów glebowych. Trzecim czynnikiem były odmiany (n=8): Berber, Miłek (bardzo wczesne), Owacja, Vineta (wczesne), Agnes, Tajfun (średnio wczesne), Fianna (średnio późna) i Ursus (późna). Stosowano nawadnianie kroplowe składające się z rur plastikowych o średnicy do 30 mm umieszczonych na grzbietach redlin, w których co 30–60 cm zamontowane były emitery, czyli elementy zapewniające równomierny na całej długości wypływ wody o wydajności 1,2–1,5 $l \cdot h^{-1}$. Badania nad wpływem nawadniania prowadzono w latach 2008–2010, a z mikroorganizmami glebowymi w latach 2009–2010. Mikroorganizmy stosowano opryskując glebę 20% roztworem i zaprawiając sadzeniaki 15% roztworem o handlowej nazwie EM-Farming. W skład biopreparatu wchodzą bakterie biorące udział w fotosyntezie, bakterie kwasu mlekowego, promieniowce, drożdże i grzyby fermentujące. Zawartość składników w glebie przedstawiono w tabeli 1. Gleba charakteryzowała się odczynem kwaśnym, wysoką zawartością przyswajalnych form fosforu i magnezu oraz niską potasu.

Warunki termiczno-wilgotnościowe w badanych okresach wegetacji były zróżnicowane (tab. 2). W roku 2008 wystąpiły niedobory wody, które uzupełniono nawadnianiem. Od 9 czerwca do 12 sierpnia dostarczono 100 mm wody w 10 dawkach. W 2009 roku wystąpiły warunki wilgotne, dlatego nie nawadniano plantacji. W 2010 r. ze względu na dużą ilość opadów, nawadnianie zastosowano tylko jeden raz (9 mm) na przełomie czerwca i lipca. Analizę składu chemicznego bulw wykonano w stacji Chemiczno-Rolniczej w Warszawie. Zawartość wapnia we wszystkich próbach była identyczna i wynosiła poniżej granicy wykrywalności 0,5 $g \cdot kg^{-1}$ suchej masy, dlatego nie poddano tego składnika analizie statystycznej. Wyniki pozostałych składników obliczono statystycznie programem ANOVA i oceniono testem Tukeya. Istotny wpływ nawadniania, efektywnych mikroorganizmów i odmian oceniono na podstawie najmniejszej istotnej różnicy (NIR).

Tabela 1. Charakterystyka gleby przed założeniem doświadczenia
Table 1. Soil chemical properties before establishing the field experiment

Rok – *Year*	pH_{KCl}	Zawartość w glebie – *Content in the soil*									
		$g \cdot kg^{-1}$		$mg \cdot kg^{-1}$							
		C org.	N ogólny *Total N*	P	K	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe	B
2008	5,0	6,0	0,6	80	46	57	1,9	4,8	91	540	0,29
2009	6,0	6,3	0,6	102	71	99	2,8	6,2	142	630	0,29
2010	5,3	4,5	0,5	73	58	76	2,4	6,2	109	580	0,29
Średnia–*Mean*	5,4	5,6	0,6	85	58	77	2,4	5,7	114	583	0,29

Tabela 2. Warunki meteorologiczne w okresie wegetacji ziemniaka (maj – wrzesień) i dawki nawadniania
Table 2. Climatic condition during growing periods of potato (May – September) and irrigation doses

Wyszczególnienie – *Item*	2008	2009	2010	Wielolecie *Long-term*
Opady – *Precipitation* (mm)	305	341	504	315
Średnia temperatura – *Average temperature* (°C)	15,4	16,5	15,6	15,8
Współczynnik hydrotermiczny – *Hydrothermic coefficient**	1,3	1,4	2,3	1,4
Dawki nawadniania – *Irrigation doses* (mm)	100	0	9	–

* – (1,1–2,0) – wilgotno, warunki optymalne – *moist, optimal conditions*; > 2,1 – mokro – *wet conditions*

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza wariancji otrzymanych wyników badań wykazała istotny wpływ nawadniania i efektywnych mikroorganizmów na pięć z dziewięciu badanych pierwiastków (tab. 3). Zastosowanie nawadniania (tab. 4) wpłynęło istotnie na zmiany w zawartości potasu i żelaza a efektywne mikroorganizmy przyczyniły się do zmian w zawartości azotu, miedzi, żelaza i boru (tab. 5). Na pozostałe składniki wpływ nawadniania i efektywnych mikroorganizmów był nieistotny. Istotna natomiast była interakcja nawadniania i lat dla zawartości potasu i magnezu oraz interakcja między efektywnymi mikroorganizmami i latami dla zawartości: fosforu, miedzi, żelaza, manganu i boru.

Bulwy zebrane z obiektów nawadnianych zawierały mniej potasu i żelaza od bulw z poletek bez nawadniania. Natomiast bulwy pochodzące obiektów z mikroorganizmami zawierały więcej azotu, miedzi, żelaza i boru od bulw z wariantu bez mikroorganizmów. Wartości makroelementów w bulwach ziemniaka wyrażone w gramach na kilogram suchej masy wynosiły średnio: azot (N) – 12,2; fosfor (P) – 1,3; potas (K) – 16,3; magnez (Mg) – 1,1 i wapń (Ca) występujący w ilościach poniżej 0,5. Przeciętne wartości mikroelementów wyrażone w miligramach na kilogram suchej masy wynosiły: miedź (Cu) – 4,5; żelazo – (Fe) 46,9; mangan (Mn) – 7,3; cynk (Zn) – 12,4 i bor (B) – 4,9.

Tabela 3. Wyniki analizy wariancji składu chemicznego bulw (średnio 2008–2010)
Table 3. The results for variance analysis of chemical composition tubers (mean of 2008–2010)

Czynniki *Factors*	Istotność wpływu – *Significance of the influence*																	
	N	P	K	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B	N	P	K	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B
1*			x			x				x				x	x			x
2		xx	xx	xx	xx	xx	xx			x	xx	x	xx	xx	xx	xx		
3	xx	xx	xx	x	xx	xx	xx	xx	x	xx	xx	xx		xx	xx	xx	x	x
1 x 2																x		
1 x 3			xx	x							x			x	x	x		x
2 x 3			x	x		x	x			x					x	x	x	
	* – 1 – nawadniane, nienawadniane – *irrigated, non-irrigated* 2 – odmiana – *cultivar* 3 – lata – *years* (2008–2010)									* – 1 – EM, BE 2 – odmiana – *cultivar* 3 – lata – *years* (2009–2010)								
Istotny przy α= 0,05 – x; 0,01 – xx – *Significant at α = 0,05 – x, 0,01 – xx*																		

*– EM – Efektywne mikroorganizmy – *Effective microorganisms*, BE – Bez efektywnych mikroorganizmów – *Non-effective microorganisms*

Tabela 4. Wpływ nawadniania na zawartość makro i mikroelementów w suchej masie bulw ziemniaka (średnio 2008–2010)
Table 4. Influence of irrigation on the macro and microelements content in the dry matter of potato tubers (mean of 2008–2010)

Składnik *Element*		Nawadniane *Irrigated*	Nienawadniane *Non-irrigated*	Średnia *Mean*	$NIR_{0,05}$ $LSD_{0.05}$
N	($g \cdot kg^{-1}$)	11,9	12,5	12,2	r.n.
P		1,2	1,2	1,2	r.n.
K		15,8	16,7	16,3	0,3
Mg		1,1	1,1	1,1	r.n.
Ca		<0,5	<0,5	<0,5	r.n.
Cu	($mg \cdot kg^{-1}$)	4,6	4,4	4,5	r.n.
Fe		44,9	48,9	46,9	2,6
Mn		7,2	7,4	7,3	r.n.
Zn		12,4	12,3	12,4	r.n.
B		4,9	4,9	4,9	r.n.

r.n. – różnica nieistotna – *non significant difference*

Tabela 5. Wpływ mikroorganizmów glebowych na zawartość makro i mikroelementów w suchej masie bulw ziemniaka (średnio 2009–2010)
Table 5. Influence of effective microorganisms on the macro and microelements content in the dry matter of potato tubers (mean of 2009–2010)

Składnik *Element*		EM*	BE	Średnia *Mean*	$NIR_{0,05}$ $LSD_{0.05}$
N		12,4	11,2	11,8	0,7
P		1,3	1,3	1,3	r.n.
K	(g·kg^{-1})	17,1	16,8	17,0	r.n.
Mg		1,1	1,1	1,1	r.n.
Ca		<0,5	<0,5	<0,5	r.n.
Cu		4,7	4,5	4,6	0,16
Fe		49,3	45,7	47,5	2,7
Mn	(mg·kg^{-1})	7,2	7,0	7,1	r.n.
Zn		12,4	12,2	12,3	r.n.
B		5,5	4,6	5,1	0,7

r.n. – różnica nieistotna – *non significant difference*
* - EM[1], BE – jak w tabeli 3 – *see table 3*

Analiza wariancji wykazała istotny wpływ czynnika odmianowego (tab. 6) na zawartość: fosforu, potasu, magnezu, miedzi, żelaza i manganu. Warunki pogodowe badanego okresu modyfikowały zawartość wszystkich badanych makro i mikroelementów (tab. 7). Dla zawartości: potasu, magnezu, żelaza, manganu, azotu i cynku istotna była również interakcja odmian i lat.

Ważnym makroelementem w ocenie składu chemicznego bulw ziemniaka jest azot, którego ilość jest determinowana głównie przez nawozy organiczne i mineralne. W badanych próbach bulw ekologicznych zawartość azotu wynosiła średnio: 12,2 g·kg^{-1} i była różnicowana przez efektywne mikroorganizmy, odmiany i warunki pogodowe. Największą zawartością azotu w bulwach wyróżniała się bardzo wczesna odmiana Miłek (13,2 g·kg^{-1}), a najmniejszą późna odmiana Ursus (11,0 g·kg^{-1}). Zastosowanie efektywnych mikroorganizmów przyczyniło się do zwiększenia zawartości azotu w bulwach średnio o 1,2 g·kg^{-1}. W badaniach Trawczyńskiego i Bogdanowicza [2007] nie stwierdzono wpływu mikroorganizmów glebowych zawartych w użyźniaczu glebowym na zawartość azotu, fosforu i potasu, a badania Rębarz i Borówczaka [2006] nie udowodniły wpływu deszczowania na zawartość popiołu i azotu ogółem. Zbliżone wyniki zawartości azotu w bulwach uzyskano w badaniach własnych z poletek bez azotu, gdzie zawartość tego pierwiastka wahała się dla odmian od 10,8 do 13,2 [Wierzbicka 2006] i 12,0–12,8 g·kg^{-1} [Wierzbicka i in. 2008]. Na poletkach z obornikiem przy zalecanych dawkach nawożenia mineralnego zawartość azotu wzrastała średnio o 20%. W badaniach innych autorów [Gianquinto i Bona 2000, Piikki i in., 2007, Płaza 2004, Różyło i Pałys 2006] każda forma nawożenia powodowała istotne zwiększenie zawartości azotu w bulwach. W bulwach z obiektu nawożonego obornikiem i NPK zawartość azotu wynosiła 16,5 g·kg^{-1}, a na obiekcie kontrolnym (tylko mineralne NPK) – 15,4 g·kg^{-1} [Płaza 2004]. W innych badaniach [Różyło i Pałys 2006] w wariancie z nawożeniem mineralno-organicznym ilość azotu wynosiła średnio 14,9 g·kg^{-1}, tylko organicznym 14,1 g·kg^{-1} i bez nawożenia 13,5 g·kg^{-1}. W obu przypadkach średnia

Tabela 6. Wpływ odmian na zawartość makro i mikroelementów w suchej masie bulw ziemniaka (średnio 2008–2010)
Table 6. Influence of cultivars on the macro and microelements content in the dry matter of potato tubers (mean of 2008–2010)

Odmiana *Cultivar*	Zawartość w bulwach – *Content in the tubers*									
	g·kg^{-1}					mg·kg^{-1}				
	N	P	K	Mg	Ca	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Berber	12,0	1,1	15,0	1,1	<0,5	4,3	51,5	7,5	12,1	4,8
Miłek	13,2	1,2	15,5	1,1	<0,5	4,2	46,0	8,0	12,7	5,0
Owacja	11,9	1,2	17,0	1,2	<0,5	4,1	52,7	7,8	10,9	4,5
Vitara	13,1	1,3	16,8	1,2	<0,5	4,9	50,3	8,3	13,2	5,9
Agnes	11,8	1,2	15,7	1,1	<0,5	4,7	41,6	6,4	13,2	4,4
Fianna	11,9	1,3	16,9	1,1	<0,5	4,7	48,3	7,5	13,1	4,9
Tajfun	12,6	1,2	15,3	1,0	<0,5	4,4	39,8	6,1	11,2	4,5
Ursus	11,0	1,2	18,0	1,0	<0,5	5,0	45,3	7,0	12,5	5,3
Średnia–*Mean*	12,2	1,3	16,3	1,1	<0,5	4,5	46,9	7,3	12,4	4,9
$NIR_{0,05}$–$LSD_{0.05}$	r.n.	0,1	1,5	0,02	r.n.	0,6	8,4	1,0	r.n.	r.n.

r.n. – różnica nieistotna – *non significant difference*

Tabela 7. Wpływ lat na zawartość makro i mikroelementów w suchej masie bulw ziemniaka (średnio 2008–2010)
Table 7. Influence of years on the macro and microelements content in the dry matter of potato tubers (mean of 2008–2010)

Składnik *Element*		2008	2009	2010	P – wartość *P – value*
N	(g·kg^{-1})	13,8	10,6	13,0	<0,0001
P		1,0	1,2	1,4	<0,0001
K		13,6	16,0	17,9	<0,0001
Mg		1,11	1,03	1,11	0,0080
Cu	(mg·kg^{-1})	4,2	4,0	5,2	<0,0001
Fe		45,9	36,5	59,9	<0,0001
Mn		8,1	5,5	8,7	<0,0001
Zn		12,6	10,9	13,4	<0,0001
B		4,5	4,5	5,7	<0,0001

P – *value* <0,0001 – wysoko istotne – *high significant*; 0,0001 – 0,05 – istotne – *significant*

zawartość azotu w bulwach była większa niż w badanych bulwach ekologicznych. W badaniach zagranicznych [Gianquinto i Bona 2000, Piikki i in. 2007] zawartość azotu była zbliżona do wyników krajowych i mieściła się w zakresie 11,0–16,6 g·kg^{-1}. Więcej azotu bulwy ekologiczne zawierały w ciepłym roku 2008 niż bardzo wilgotnym 2010.

Zawartość fosforu w bulwach decyduje o wartości technologicznej ziemniaka. Jego ilość była różnicowana przez czynnik odmianowy i warunki pogodowe i wahała się w przedziale od 1,1 do 1,3 g·kg^{-1} dla odmian i 1,0–1,4 g·kg^{-1} dla lat. Więcej fosforu kumulowały bulwy w najbardziej wilgotnym roku 2010. Badania innych autorów [Zarzecka i Gugała 2010, Zarzecka i Mystkowska 2004] również wykazały większą kumulację tego pierwiastka w warunkach wilgotnych. Zawartość fosforu w doświadczeniach, w których stosowano standardowe nawożenie [Płaza 2004, Zarzecka i Gugała 2010] mieściła się w zakresie 2,5–2,9 g·kg^{-1} i była dwa razy większa niż w badanych bulwach ekologicznych. Zarzecka i Gugała [2010] stwierdzili również, że więcej fosforu zawierały bulwy ziemniaka w uprawie uproszczonej w porównaniu z tradycyjną, a herbicydy zastosowane w pielęgnacji wpłynęły na obniżenie zawartości fosforu. Inni autorzy [Różyło i Pałys 2006] nie zaobserwowali wpływu nawożenia i rodzaju gleby na zawartość fosforu, jednak na wszystkich obiektach zawartość fosforu była wysoka i mieściła się w zakresie 4,4–4,6 g·kg^{-1}. W badanych bulwach ekologicznych poziom zawartości fosforu był najmniejszy w porównaniu do danych literaturowych, pomimo wysokiej zasobności gleby w ten składnik.

Z badanych makroelementów bulwy ziemniaka zawierały najwięcej potasu. Zawartość potasu w suchej masie bulw wynosiła średnio 16,3 g·kg^{-1} i była różnicowana przez czynnik odmianowy, nawadnianie i warunki pogodowe w latach badań. Największą zawartością tego składnika w bulwach wyróżniała się późna odmiana Ursus – 18,0 g·kg^{-1}, a najmniejszą bardzo wczesne odmiany: Berber i Miłek (15,0; 15,5 g·kg^{-1}). Bulwy bez nawadniania zawierały więcej potasu niż bulwy z obiektu nawadnianego. W roku o dużej ilości opadów (2010) zawartość potasu była największa, a w roku odznaczającym się deficytem opadów (2008) najmniejsza. W badaniach Płazy [2004] również najkorzystniejszy do gromadzenia potasu i innych makroelementów okazał się ciepły rok o dużej ilości opadów. Zawartość potasu w badanych bulwach ekologicznych była zbliżona do poziomu zawartości potasu w doświadczeniach nawozowych [Płaza 2004, Prośba-Białczyk i Tajner-Czopek 2006, Zarzecka i Gąsiorowska 2000b]. Wyższym poziomem zawartości potasu (17,5 g·kg^{-1}) cechowały się bulwy, gdy stosowano nawożenie mineralne NPK niż bez nawożenia mineralnego (15,5 g·kg^{-1}) [Prośba-Białczyk i Tajner-Czopek 2006]. W badaniach z nawożeniem organicznym i mineralnymi [Płaza 2004] średnia zawartość potasu w bulwach zebranych z obiektu z obornikiem wynosiła 15,6 g·kg^{-1} a w bulwach z wariantu z nawożeniem mineralnym (bez obornika) 14,1 g·kg^{-1}. W innych badaniach [Różyło i Pałys 2006] poziom zawartości potasu był znacznie większy niż w badanych bulwach ekologicznych. Stosowanie zróżnicowanego nawożenia mineralno-organicznego przez tych autorów powodowało istotne zwiększenie zawartości potasu (22,2 g·□kg^{-1}) w stosunku do nawożenia organicznego (21,6 g·kg^{-1}) i wariantu bez nawożenia (21,1 g·kg^{-1}). Autorzy ci udowodnili również, że więcej potasu jest w bulwach ziemniaka pochodzącego z gleb lekkich.

Zawartość magnezu w bulwach ekologicznych mieściła się w przedziale 1,1–1,2 g·kg^{-1} a wapnia nie przekraczała 0,5 g·kg^{-1}. Wielu autorów [Płaza 2004, Zarzecka i Gąsiorowska 2000b, Zarzecka i Gugała 2010, Zarzecka i in. 2009] wykazało zbliżoną zawartość magnezu w bulwach ziemniaka (0,8 do 1,0 g·kg^{-1}) i wyższą wapnia (0,6–1,0 g·kg^{-1}) w porównaniu do zawartości tych składników w bulwach ekologicznych. Zawartość magnezu i wapnia [Płaza 2004] w warunkach zróżnicowanego nawożenia organiczno-mineralnego wynosiła odpowiednio 0,8 (Mg), 1,0 (Ca) g·kg^{-1} na obiektach z obornikiem i NPK, 0,5 (Mg) i 0,6 (Ca) g·kg^{-1} na obiektach bez obornika z nawożeniem mineralnym. W innych badaniach [Różyło i Pałys 2006]

nie stwierdzono istotnych różnic w ilości magnezu i wapnia w bulwach w zależności od systemów nawożenia. Pierwiastki te były mocno różnicowane rodzajem gleb; na glebach ciężkich ich zawartość wynosiła: 1,9 (Mg) i 1,0 (Ca) g·kg^{-1}, a na glebach lekkich – 1,8 (Mg) i 0,5 (Ca) g·kg^{-1}. W badaniach tych autorów zawartość magnezu była o 50% i wapnia o 40% większa od zawartości w bulwach ekologicznych.

Mikroelementy regulują procesami enzymatycznymi, a tym samym decydują o składzie chemicznym bulw. Spośród nawozów stosowanych w rolnictwie, najwięcej mikroelementów dostarcza obornik 73–79% [Kaniuczak i in. 2009]. Duże znaczenie w dostępności mikroelementów dla roślin ma odczyn gleby. Największą zawartość: cynku, manganu, miedzi i żelaza, oznaczono na glebach o pH_{KCL} < 5,5 [Rogóż 2009, Rogóż i Trąbczyńska 2009]. Z badanych mikroelementów bulwy ekologiczne zawierały najwięcej żelaza. Pierwiastek ten okazał się być najbardziej mobilnym, ulegającym zmianom zarówno pod wpływem nawadniania jak i efektywnych mikroorganizmów. Ilość żelaza była mniejsza w bulwach nawadnianych o 4,0 mg·kg^{-1} oraz 3,6 mg·kg^{-1} większa po zastosowaniu efektywnych mikroorganizmów. Badania innych autorów [Prośba-Białczyk i Mydlarski 2000] nie stwierdziły wpływu nawożenia mineralnego na zawartość żelaza, miedzi i cynku. Zawartość tych pierwiastków w bulwach była determinowana głównie przez genotyp. Zawartość miedzi i żelaza była zbliżona w bulwach z systemu ekologicznego i nawożonego tradycyjnie, natomiast zawartość cynku w bulwach ekologicznych mieściła się w zakresie 10,9–13,2 mg·kg^{-1} i jego ilość była o około 50% mniejsza niż w bulwach uprawianych tradycyjnie [Prośba-Białczyk i Mydlarski 2000]. Zawartość manganu w bulwach ekologicznych była determinowana przez genotyp a jego wartość wahała się w granicach 6,1–8,8 mg·kg^{-1}. Optymalny stosunek żelaza do manganu w roślinach przeznaczonych na paszę dla zwierząt według Falkowskiego [2000] winien kształtować się jak 1,5–2,5:1. Jeżeli wynosi powyżej 2,5:1 szkodliwy jest nadmiar żelaza, któremu towarzyszą objawy niedoboru manganu [Rogóż 2009]. Stosunek Fe:Mn w bulwach badanych ziemniaków wynosił 6,5:1, a w doświadczeniach Rogóża [2009] badającego zawartość Fe i Mn w bulwach ziemniaków woj. małopolskiego stosunek Fe:Mn wahał się od 8,5 do 11,2. Dokonując oceny jakości bulw ziemniaka przyjmując kryteria zaproponowane przez Falkowskiego stwierdzono, że bulwy ziemniaka zawierają mało manganu. Według ramowych wytycznych dla rolnictwa [Kabata-Pendias. 1993] dopuszczalne zawartości miedzi to: 20 mg·kg^{-1} s.m., cynku: 50–100 mg·kg^{-1} s.m. w ziarnie pszenicy, ziemniakach i trawie. Rogóż i Trąbczyńska [2010] przyjmują, że zawartość miedzi mniejsza od 5 mg·kg^{-1} w s.m. bulw ziemniaka wskazuje na niedobory miedzi. Zawartość miedzi w bulwach prawie na wszystkich obiektach była mniejsza od 5 mg·kg^{-1} s.m. Średnia zawartość miedzi w bulwach ekologicznych ziemniaka wynosiła 4,5 mg·kg^{-1} i była identyczna jak średnia zawartość tego pierwiastka w ziemniakach pochodzących z rejonów niezanieczyszczonych [Kucharczak i Moryl 2010]. Zawartość boru w bulwach wynosiła średnio 4,9 mg·kg^{-1} i była zbliżona do średniej zawartości miedzi.

WNIOSKI

1. Wykazano istotny wpływ nawadniania i efektywnych mikroorganizmów na pięć z dziesięciu badanych składników tj. na azot, potas, miedź, żelazo i bor.
2. Nawadnianie przyczyniło się do zmian w zawartości potasu i żelaza; bulwy nawadniane zawierały mniej potasu i żelaza niż bulwy bez nawadniania.
3. Efektywne mikroorganizmy wpłynęły istotnie na zwiększenie zawartości azotu, miedzi, żelaza i boru w bulwach, natomiast nie powodowały zmian w zawartości fosforu, potasu, magnezu, wapnia, manganu i cynku.

4. Dokonując oceny pod względem zawartości żelaza, manganu, miedzi, cynku w bulwach ziemniaka i przyjmując zakresy przyjęte przez ramowe wytyczne stwierdzono, że zawartość tych pierwiastków w bulwach ekologicznych kształtuje się na niskim poziomie, a zatem bezpiecznym dla organizmu człowieka.

PIŚMIENNICTWO

Falkowski M., Kukułka I., Kozłowski S. 2001. Właściwości chemiczne roślin łąkowych. Wyd. AR Poznań: ss. 132.

Gianquinto G., Bona S. 2000. The significance of trends in concentrations of total nitrogen and nitrogenous compounds. In: Management of nitrogen and water in potato production. Haverkort A.J., MacKerron D.K.L. (eds). Wageningen: 35–54.

Kabata-Pendias A. 1993. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką-ramowe wytyczne dla rolnictwa. Wyd. IUNG, P(53): 1–20.

Kaniuczak J., Hajduk E., Właśniewski S. 2009. Wpływ wapnowania i nawożenia mineralnego na zawartość manganu i cynku w bulwach ziemniaków i zielonej masie słonecznika pastewnego uprawianych na glebie lessowej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 541: 199–206.

Kucharczyk E., Moryl A. 2010. Zawartość metali w roślinach uprawnych pochodzących z rejonu zgorzelecko-bogatyńskiego. Część 2. Arsen, chrom, cynk, miedź. Ochr. Środ. Zas. Nat. 43: 7–16.

Leszczyński W. 2000. Jakość ziemniaka konsumpcyjnego. Żywność 4, Supl.: 5–27.

Mazurczyk W. 1994. Skład chemiczny dojrzałych bulw 30 odmian ziemniaka. Biul. Inst. Ziem. 44: 55–63.

Nowacki W. 2010. Nawadnianie plantacji ziemniaka w różnych systemach produkcji. Wyd. IHAR-PIB: ss. 56.

Piikki K., Vorne V., Ojanperä K., Pleijel H. 2007. Impact of elevated O_3 and CO_2 exposure on potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Bintje) tuber macronutrients (N, P, K, Mg, Ca). Agric. Ecosyst. Environ. 118: 55–64.

Płaza A. 2004. Skład chemiczny bulw ziemniaka jadalnego w warunkach zróżnicowanego nawożenia organicznego. Ann. UMCS, Sec. E 59(3): 1327–1334.

Prośba-Białczyk U., Mydlarski M. 2000. Wpływ warunków siedliska i właściwości odmian na zawartość pierwiastków śladowych w bulwach ziemniaka. Biul. IHAR 213: 45–53.

Prośba-Białczyk U., Tajner-Czopek A. 2006. Narastanie plonu oraz gromadzenie skrobi i składników mineralnych w bulwach czterech odmian ziemniaka w zależności od nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 511: 317–326.

Rębarz K., Borówczak F. 2006. Wpływ deszczowania, technologii uprawy i nawożenia azotowego na jakość ziemniaków odmiany Bila. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 511: 287–299.

Rogóż A. 2009. Zawartość pierwiastków śladowych w glebach i wybranych roślinach okopowych. Cz. II. Zawartość manganu i żelaza. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 541(2): 365–373.

Rogóż A. Trąbczyńska K. 2009 Zawartość pierwiastków śladowych w glebach i wybranych roślinach okopowych. Cz. I. Zawartość miedzi i cynku. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 541(2): 353–363.

Różyło K., Pałys E. 2006. Wpływ nawożenia i warunków glebowych na skład chemiczny bulw ziemniaka oraz ich stan zdrowotny. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 511: 279–286.

Sulewska H., Koziara W. Ptaszyńska G. 2005. Plonowanie i stan odżywienia roślin kukurydzy po zastosowaniu doglebowych preparatów mikrobiologicznych. W: Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Wyd. PIMR Poznań, Monogr. 2: 133–139.

Trawczyński T., Bogdanowicz P. 2007. Wykorzystanie użyźniacza glebowego w aspekcie ekologicznej uprawy ziemniaka. J. Res. Appl. Agric. Eng. 52(4): 94–97.

Wierzbicka A. 2006. Zmienność wybranych cech jakości bulw wczesnych odmian ziemniaka w zależności od nawożenia azotem i terminu zbioru. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 511: 175–187.

Wierzbicka A., Mazurczyk W., Wroniak J. 2008. Wpływ nawożenia azotem i terminu zbioru na plon i wybrane cechy jakości bulw wczesnych odmian ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 530: 207–216.

Zarzecka K. 2004. Zawartość żelaza i manganu w bulwach ziemniaków w zależności od sposobu zwalczania chwastów. Acta Sci. Pol., Agricultura 3(1): 165–173.
Zarzecka K., Gąsiorowska B. 2000. Impact of some herbicides on the chemical composition of potato tubers EJPAU, Ser. Agronomy 3(1): #4.
Zarzecka K., Gugała B. 2010. Content and uptake of phosphorus and calcium with the yield of potato tubers. J. Elementol. 15(1): 385–392.
Zarzecka K., Gugała B., Zadrożniak B. 2009. Impact of insecticides on magnesium and calcium contents in potato tubers. J. Elementol. 14(1): 189–195.
Zarzecka K., Mystkowska I. 2004. Wpływ wybranych herbicydów na zawartość fosforu i potasu w bulwach ziemniaka J. Elementol. 9(2): 175–182.

A. Wierzbicka, C. Trawczyński

EFFECT OF IRRIGATION AND SOIL'S MICROORGANISMS ON THE MACRO AND MICRONUTRIENT CONTENTS IN ORGANIC POTATO TUBERS

Summary

The study was conducted in 2008–2010 on sandy soil (Mazovia) experimental field Plant Breeding and Acclimatization Institute-National Research Institute, Division at Jadwisin. A significant impact of irrigation and effective microorganisms on five out of ten components was proved. Application of irrigation contributed to changes in content of potassium and iron and effective microorganisms significantly influenced the changes in the content of nitrogen, copper, iron and boron. The effect of genotype and years of research had significant effect on the most studied macro-and micronutrients. The mean values of macronutrients expressed in grams per kilogram of dry matter were: nitrogen (N) – 12.2; phosphorus (P) – 1.25; potassium (K) – 16.3; magnesium (Mg) – 1.08; calcium (Ca) less than 0.5. The values of microelements expressed in milligrams per kilogram of dry matter were: copper (Cu) – 4.6; iron (Fe) – 46.6; manganese (Mn) – 7.3; zinc (Zn) – 12.3 and boron (B) – 4.9.