

WOJCIECH KOZERA**BOŻENA BARCZAK**

Katedra Chemii Rolnej

Wydział Rolniczy, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

Wpływ dolistnego nawożenia mikroelementami roślin ziemniaka na skład frakcyjny białka bulw

Effects of leaf fertilization of potato plants with microelements on fractional composition of proteins in tubers

W pracy przedstawiono wyniki badań nad wpływem dolistnego nawożenia mikroelementami w formie wieloskładnikowego nawozu Mikrochelat Gama oraz soli technicznych Cu, Zn, Mn, Mo i B, na zawartość azotu ogólnego i skład frakcyjny białka bulw ziemniaka odmiany Mila. Wykazano oddziaływanie zastosowanego nawożenia, a w szczególności cynku, miedzi, molibdenu oraz badanego wieloskładnikowego nawozu na wzrost zawartości azotu ogólnego w suchej masie bulw ziemniaka. Stwierdzono wyraźny wzrost udziału albumin w bulwach pod wpływem zastosowanego nawożenia. Stosowanie dolistne roztworów miedzi oraz cynku powodowało wzrost udziału białek konstytucyjnych (albuminy+globuliny) w suchej masie bulw. Nawożenie miedzią, molibdenem, nawozem wieloskładnikowym, a także cynkiem, powodowało istotny wzrost udziału azotu nierozpuszczalnego w suchej masie bulw. Globuliny i gluteliny były frakcjami, których zawartość w bulwach ziemniaka w niewielkim stopniu zmieniała się pod wpływem zastosowanego nawożenia.

Słowa kluczowe: mikroelementy, azot ogólny, frakcje białka, bulwy ziemniaka

The aim of this 3-year study was to estimate the effects of foliar application of multi-component fertilizer (Mikrochelat Gama) as well as Cu, Zn, Mn, Mo and B in the form of salts on the total nitrogen content and fraction composition in tubers of potato cv. Mila. Fertilization with copper, zinc, molybdenum and multi-component fertilizer significantly increased the total nitrogen content in dry matter of tubers. Also, significant increase in the content of albumins as the effect of fertilization with all the microelements and multi-component fertilizer was recorded. The application of copper and zinc solutions resulted in the increase in the content of constitutional proteins (albumins+globulins) in dry matter. Fertilization with copper, molybdenum, multi-component fertilizer or zinc significantly enhanced the content of insoluble nitrogen. No essential difference in the content of globulins and glutelins in tubers from treated and untreated plants was found.

Key words: microelements, total nitrogen, protein fractions, potato tubers

WSTĘP

Wzrost plonowania roślin uprawnych jest, między innymi, miarą postępu w produkcji rolniczej. Uzyskiwanie wyższych plonów prowadzi do wyczerpywania składników pokarmowych w glebie, zwłaszcza mikroelementów. Niedobory mikroelementów mogą z czasem nasilać się, powodując nieprawidłowy wzrost i rozwój roślin, a w następstwie — pogorszenie jakości konsumpcyjnej, bądź technologicznej plonu (Ruszkowska, Wojcieszka-Wyskupajtys, 1996; Sienkiewicz-Cholewa, Wróbel, 2004).

Ziemniak, z uwagi na niewielkie wymagania glebowo-klimatyczne i wszechstronną przydatność użytkową, jest rośliną powszechnie uprawianą w Polsce. Bulwy ziemniaka zawierają wiele cennych składników odżywczych, z których wyjątkową pozycję zajmuje białko, wyróżniające się wysoką wartością biologiczną (Leszczyński, 1994). Zawiera ono wszystkie aminokwasy egzogenne i jako jedno z nielicznych białek roślinnych nie ustępuje białku zwierzęcemu pod względem wartości biologicznej. Jakość tego białka może być modyfikowana przez nawożenie mikroelementami, których niedobór w okresie wegetacji może być przyczyną pogorszenia jego wartości biologicznej. Ziemniak z reguły uprawiany jest na glebach mało zasobnych w przyswajalne formy mikroelementów, zatem nawożenie dolistne wydaje się najlepszym sposobem zapobiegania ich okresowym niedoborom spowodowanym np. brakiem opadów.

W badaniach nad wpływem różnych czynników agrotechnicznych na cechy jakościowe bulw ziemniaka, stosunkowo mało miejsca poświęca się reakcji tej rośliny na dolistne nawożenie mikroelementami. Szczególnie interesujące wydaje się prześledzenie zmian wartości biologicznej białka, a zwłaszcza jego składu frakcyjnego, pod wpływem dolistnie stosowanych mikroelementów. Poznanie zależności, jakie istnieją pomiędzy nawożeniem podstawowymi mikroelementami, stosowanymi powszechnie w agrotechnice roślin, a jakością białka, ma duże znaczenie w ocenie jakościowej bulw — w szczególności u odmian ziemniaka przeznaczonych na cele konsumpcyjne i paszowe.

MATERIAŁ I METODY

W latach 1996-1998 przeprowadzono na terenie Stacji Badawczej Wydziału Rolniczego Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy ściśle jednoczynnikowe doświadczenie polowe w układzie losowanych bloków z ziemniakiem jadalnym odmiany Mila. Doświadczenie założono w trzech powtórzeniach, na glebie płowej klasy bonitacyjnej IIIb, kompleksu żytniego dobrego. Zasobność gleby w przyswajalne formy fosforu, potasu oraz cynku, manganu i boru była średnia; natomiast zawartość miedzi oszacowano jako niską. Odczyn gleby mierzony wartością pH, oznaczony w 1 M KCl, wynosił 5,6.

Na całej powierzchni doświadczenia zastosowano jednolite nawożenie mineralne. Przed sadzeniem wysiano jednorazowo 100 kg N·ha⁻¹ w formie saletry amonowej. Nawożenie fosforem i potasem wykonano jesienią. Fosfor zastosowano w formie superfosfatu potrójnego w ilości 25 kg P·ha⁻¹, potas w formie siarczanu potasu w ilości 100 kg K·ha⁻¹. Jesienią również zastosowano obornik w dawce 30 t·ha⁻¹.

Badanym czynnikiem był rodzaj nawozu mikroelementowego ($n = 6$). Zastosowano następujące formy i dawki mikroelementów: $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($4,5 \text{ g Mo} \cdot \text{ha}^{-1}$), $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ($20 \text{ g B} \cdot \text{ha}^{-1}$), $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ($30 \text{ g Zn} \cdot \text{ha}^{-1}$), $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ($45 \text{ g Mn} \cdot \text{ha}^{-1}$), $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ($25 \text{ g Cu} \cdot \text{ha}^{-1}$) oraz nawóz Mikrochelat Gama, który oprócz Zn, Mn, Cu, Mo i B, zawierał również Fe i Mg. Dawki stosowanych soli nieorganicznych i wieloskładnikowego nawozu ($5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) ustalono na takich poziomach, że zawartość odpowiednich mikroelementów w pojedynczych solach i w nawozie wieloskładnikowym była jednakowa.

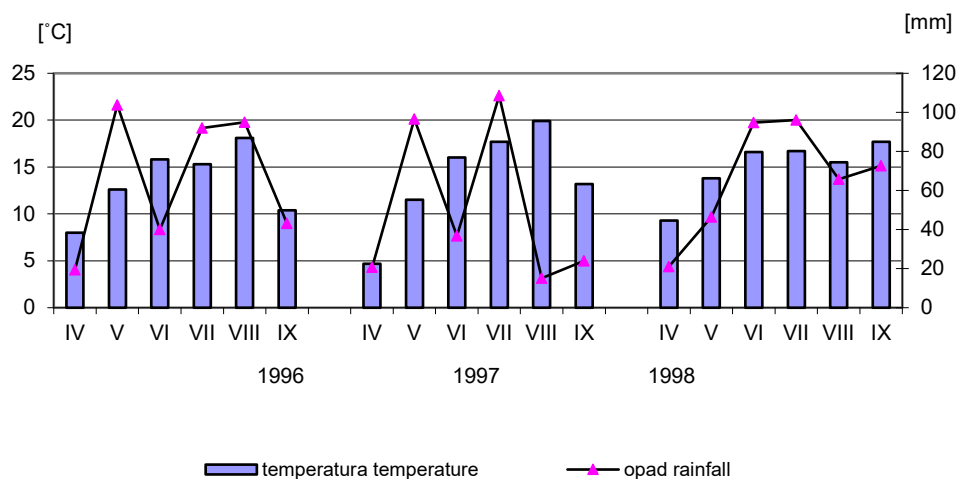
Rośliny opryskano mikroelementami jednorazowo opryskiwaczem ręcznym w fazie zwarcia międzyrzędzi, co przypadało na III dekadę czerwca w kolejnych latach: 28 VI, 27 VI, 24 VI, rozpuszczając stosowane nawozy w objętości wody odpowiadającej $300 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. W okresie tym miał miejsce największy rozrost masy nadziemnej roślin, co pozwalało na utrzymanie się na blaszkach liściowych jak największej ilości składników pokarmowych i ograniczało przenikanie cieczy roboczej do gleby. Opryskiwanie przeprowadzano w godzinach rannych przy bezwietrznej i pochmurnej pogodzie. Po przeprowadzonych opryskach na listowiu nie zaobserwowano niekorzystnych zmian, które mogły być spowodowane poparzeniem roślin.

Powierzchnia poletka wynosiła $20,25 \text{ m}^2$ przy obsadzie $4,25$ roślin na m^2 . Zbioru bulw dokonano kopaczką ciągnikową z powierzchni 13 m^2 . Podczas zbioru pobierano materiał roślinny przeznaczony do oznaczeń laboratoryjnych. Masa bulw ziemniaka pobrana z każdego poletka wynosiła około 5 kg .

W suchej masie bulw ziemniaka oznaczono po mineralizacji na mokro metodą destylacji z parą wodną w aparacie Parnasa-Wagnera zawartość azotu ogólnego, natomiast metodą Michaela-Bluma (1960) w modyfikacji Łoginowa i wsp. (1971) skład frakcyjny białka. Frakcje białka ekstrahowano kolejno: wodą destylowaną, 5% roztworem siarczanu (VI) potasu oraz $0,1 \text{ M}$ roztworem NaOH w 70% etanolu, wyodrębniając odpowiednio: azotowe związki niebiałkowe i albuminy, globuliny oraz gluteliny i prolaminy. Albuminy oddzielono od azotowych związków niebiałkowych, strącając je 20% roztworem kwasu trichlorooctowego. Gluteliny oddzielono od prolamin z alkoholowego ekstraktu przy wartości pH 5,5. nierozpuszczalny azot pozostałości poekstrakcyjnej, tzw. białko pozostałe lub resztkowe, stanowiło osobną frakcję. Zawartość poszczególnych frakcji określono przez oznaczenie azotu w odpowiednich osadach lub ekstraktach przy zastosowaniu metody Kjeldahla. Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji według układu losowanych bloków, a do oceny istotności różnic zastosowano test Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

W latach 1996–1998 suma opadów w okresie wegetacji ziemniaka wynosiła odpowiednio: 393, 302 oraz 397 mm (rys. 1). Rozkład opadów dla wegetacji tej rośliny był najkorzystniejszy w 1998 roku, chociaż ich suma w każdym miesiącu wegetacji, z wyjątkiem kwietnia, przekraczała średnią wieloletnią sumę opadów. W maju i lipcu 1997 roku odnotowano znacznie przekroczenie średniej wieloletniej sumy opadów dla tych miesięcy, która wynosiła odpowiednio: 96,5 mm oraz 108,5 mm, co ograniczyło rozwój roślin i wzrost bulw. Wegetacji roślin również nie sprzyjał sierpniowy deficyt opadów. W 1996 roku mokry maj, w którym średnia suma opadów została przekroczona prawie

trzykrotnie w porównaniu z wielolecie (103,7 mm), a także obfitujące w opady lipiec i sierpień, przyczyniły się do pogorszenia warunków wegetacji ziemniaka. Średnie temperatury powietrza, w latach 1996-98, nie odbiegały znacznie od średniej wieloletniej dla obszaru, na którym prowadzono badania.



Rys. 1. Przebieg warunków pogodowych w okresie wegetacji ziemniaka
Fig. 1. Weather conditions during the vegetation seasons of potato

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że nawożenie mikroelementami wpłynęło istotnie na zawartość azotu ogólnego w suchej masie bulw ziemniaka (tab. 1).

Tabela 1
Wpływ nawożenia mikroelementami na zawartość azotu ogólnego w suchej masie bulw ziemniaka ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
The effects of fertilization with microelements on total nitrogen content in dry matter of potato tubers ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Rok Year	Obiekty nawozowe Fertilization objects							Średnio Mean	NIR LSD
	0	Gama	Cu	Zn	Mn	Mo	B		
1996	17,10	18,30	17,07	18,43	16,50	16,97	15,20	17,08	2,780
1997	14,70	18,33	17,07	18,43	17,40	16,80	16,80	17,08	1,930
1998	11,90	12,70	15,10	12,83	12,30	14,07	11,90	12,97	1,660
Średnio Mean	14,57	16,44	16,41	16,56	15,40	15,95	14,63	15,71	1,090

Zawartość azotu ogólnego, w zależności od zastosowanego nawożenia mikroelementami, kształtowała się średnio dla trzech lat badań w przedziale $14,57\text{--}16,56 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Najwyższą zawartość azotu ogólnego stwierdzono w bulwach nawożonych cynkiem

(16,56 g·kg⁻¹) oraz miedzią (16,41 g·kg⁻¹) i w porównaniu do obiektu kontrolnego wartości te były wyższe odpowiednio o 13,7 i 12,6%. Opryskiwanie molibdenem spowodowało również istotny, w porównaniu z obiektem kontrolnym, wzrost zawartości azotu ogólnego w bulwach ziemniaka. Należy podkreślić, że istotny wzrost zawartości azotu ogólnego w wyniku zastosowania wszystkich badanych mikroelementów wykazano tylko w 1997 roku. Liczne badania potwierdzają dodatni wpływ uzupełniającego nawożenia mikroelementami, stosowanego w agrotechnice ziemniaka, na skład chemiczny bulw. Mondy i Munshi (1993) przypisują szczególną rolę molibdenowi w przemianach związków azotu zachodzących w roślinie, zwłaszcza po jego dolistnej aplikacji. Wskazuje się też na pozytywne działanie miedzi w metabolizmie azotu (Sienkiewicz-Cholewa, Wróbel, 2004). Nawożenie dolistne, w odróżnieniu od doglebowego, jest zabiegiem działającym niemal natychmiast, co pozwala na szybkie włączenie brakujących składników w metabolizm rośliny wkrótce po ich zastosowaniu (Ryser, 1991; Czuba, 1996; Szewczuk, Michałojć, 2003). Ta forma nawożenia umożliwia szybkie dostarczenie deficytowych dla roślin składników pokarmowych, zarówno w przypadku ich niedoboru w glebie, jak też utrudnionego pobierania. Wysoka efektywność dolistnego stosowania mikroelementów pozwala na ograniczenie ilości wysiewanych nawozów, zmniejszając zanieczyszczenie środowiska przyrodniczego.

Należy podkreślić, że dolistne nawożenie roślin daje na ogół lepsze rezultaty w gospodarstwach uzyskujących wysokie plony roślin, a więc w warunkach optymalnego odczynu gleby i jej zasobności w makroelementy oraz prawidłowej agrotechniki. Czynnikiem ograniczającym dalszy wzrost plonów może być wówczas niedobór mikroelementów.

W literaturze spotyka się więcej doniesień dotyczących wpływu oddziaływania wieloskładnikowych nawozów mikroelementowych niż ich pojedynczych soli, na skład chemiczny roślin. Niniejsze badania wykazały, że pod wpływem mikroelementów w formie wieloskładnikowego nawozu Mikrochelat Gama uzyskano, potwierdzony statystycznie, wzrost azotu ogólnego, w porównaniu do obiektu bez nawożenia dolistnego. Pozytywne wyniki badań uzyskała też Boligłowa (1995), stosując Agrosol-K w uprawie ziemniaka.

Powszechnie uważa się, że nawożenie wpływa dodatnio na zawartość białka ogółem, białka właściwego, a także niebiałkowych i mineralnych form azotu. Pierwiastek ten znajduje się w większości dostępnych w handlu wieloskładnikowych nawozów mikroelementowych zalecanych w agrotechnice ziemniaka. Zgodnie z założeniami przeprowadzonego doświadczenia, zastosowany w badaniach wieloskładnikowy nawóz mikroelementowy został tak dobrany, aby nie zawierał azotu, którego obecność w nawozie mogłaby dodatkowo modyfikować zawartość azotu ogólnego w białku bulw oraz skład frakcyjny białka. Niewiele jest jednak doniesień dotyczących kształtowania się wartości biologicznej białka pod wpływem nawozów wieloskładnikowych, zawierających wyłącznie mikroelementy. Ziemniak, według Szewczuk i Michałojć (2003) jest rośliną średnio wrażliwą na niedobór manganu i cynku. Inni autorzy (White, Broadley, 2001; Gorchach, Mazur, 2002), podkreślają jej wysoką wrażliwość na niedobór manganu. Mikroelementy te biorą udział w wielu procesach fizjologicznych o podstawowym znaczeniu dla roślin.

Mangan wraz z cynkiem między innymi wpływają na biosyntezę białek, regulując aktywność peptydaz, kierując metabolizmem białkowym (Cakmak, 2000; Henriquez 2003). Pierwiastki te aktywując niektóre enzymy, tworzą wiązania chelatowe pomiędzy enzymem a substratem. Ponadto cynk odpowiada za syntezę tryptofanu, który uważany jest za substrat syntezy regulatorów wzrostu, zwanych auksynami (Puzina 2004). Średnio, w badaniach własnych, najwięcej azotu ogólnego gromadziły bulwy w pierwszych dwóch latach badań — po 17,08 g·kg⁻¹s.m., a w 1998 roku jego zawartość była niższa i kształtowała się na poziomie 12,97 g·kg⁻¹s.m. Znaczące obniżenie zawartości azotu ogólnego w bulwach ziemniaka, wykazane w 1998 roku, było następstwem wysokich opadów, jakie odnotowano w tym sezonie wegetacyjnym (rys. 1). Z badań Roztropowicz (1989) wynika, że w latach o dużej ilości opadów w czasie wegetacji, bulwy ziemniaka, zawierają mniej związków azotowych, przy większym udziale azotu białkowego w ogólnej jego zawartości. W badaniach Mazura i Frieske (1984) dogłębne stosowanie mikroelementów w uprawie ziemniaka z różnych grup wczesności, nie miało wpływu na zawartość azotu ogólnego w bulwach.

Ważnym kryterium oceny wartości odżywczej białka roślinnego jest jego skład frakcyjny. Przeprowadzone badania wykazały, że średnia dla trzech lat wyrażona w g N·kg⁻¹ zawartość albumin wynosiła 3,19, globulin 1,52, prolamin 0,93, glutelin 1,44 (tab. 2). W literaturze poświęconej jakości białka ziemniaka dominują badania jego składu aminokwasowego (Bolińska, 1995; Nowak, Majcherczak 2002; Wiater, 2002), natomiast tylko nieliczne dotyczą składu frakcyjnego (Rastovski 1981). Zwraca uwagę duża rozbieżność uzyskanych wyników oraz wyników Rastovskiego (1981), która prawdopodobnie wynika z zastosowania różnych metod frakcjonowania białka.

Jak wykazały przeprowadzone badania w wyniku zastosowania nawożenia mikroelementami zmieniała się zawartość poszczególnych frakcji białka bulw ziemniaka. Wykazano, że mikroelementy powodowały istotny wzrost średniej zawartości albumin w suchej masie bulw, w porównaniu z zawartością tej frakcji uzyskanej z obiektu kontrolnego. Albuminy należą do szczególnie cennych frakcji białkowych, z uwagi na najkorzystniejszy skład aminokwasowy, a zwłaszcza z uwagi na wysoką zawartość lizyny (Barczak, 1999). Omawiana frakcja białek pełni u zbóż głównie rolę strukturalną i enzymatyczną. Najwyższą, średnią dla trzech lat badań, zawartość albumin uzyskano pod wpływem nawożenia cynkiem i manganem (wzrost w stosunku do obiektu kontrolnego odpowiednio o 34,8 i 34,5%). Zastosowanie wieloskładnikowego nawozu mikroelementowego spowodowało również wzrost o 29% udziału tej frakcji białek konstytucyjnych. Stosowane nawozy istotnie modyfikowały zawartość albumin w białku ogólnym bulw ziemniaka. W trzecim roku badań wzrost zawartości albumin, w stosunku do obiektu kontrolnego, nastąpił również pod wpływem dolistnego nawożenia miedzią i borem. W 1997 roku, tylko nawożenie wodnym roztworem cynku, spowodowało wyraźny wzrost albumin w suchej masie bulw ziemniaka. Na pozostałych obiektach nawozowych uzyskano wartości wyższe, niż na obiekcie kontrolnym, jednak różnice te nie zostały potwierdzone statystycznie.

Tabela 2

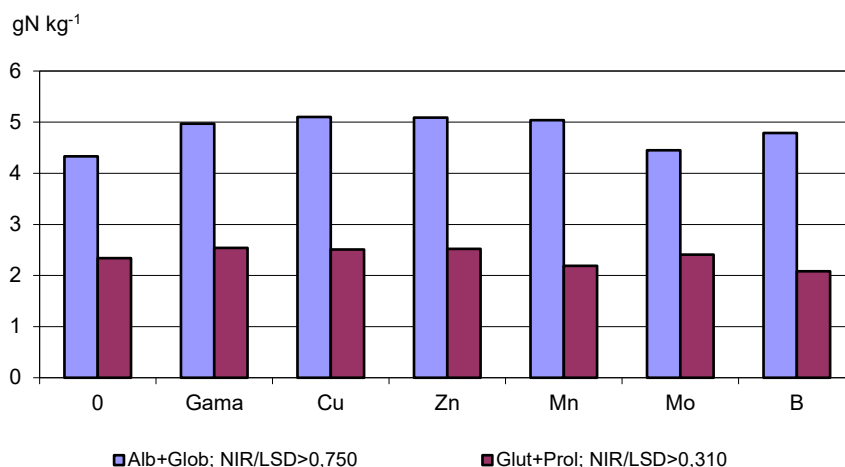
Wpływ nawożenia mikroelementami na udział frakcji białkowych w suchej masie bulw ziemniaka (g N·kg⁻¹)
The effects of fertilization with microelements on the content of protein fractions in dry matter
of potato tubers (g N·kg⁻¹)

Mikroelementy Microelements	Albuminy Albumins	Globuliny Globulins	Prolaminy Prolamins	Gluteliny Glutelins	N-nierozpuszczalny N-insoluble
0	2,88	1,70	1,27	1,58	7,92
Gama	3,68	1,78	1,22	1,58	8,56
Cu	3,42	1,39	1,07	1,61	7,97
Zn	3,87	1,94	1,33	1,56	8,28
Mn	3,81	1,64	0,97	1,30	7,46
Mo	3,48	1,52	1,10	1,40	8,01
B	3,55	1,53	0,86	1,25	6,78
Średnio — Mean	3,53	1,64	1,12	1,47	7,85
NIR — LSD	0,710	n.i.	0,290	n.i.	1,410
1997					
0	3,24	1,44	0,80	1,35	6,48
Gama	4,08	1,85	0,94	1,69	8,00
Cu	3,47	1,66	0,76	1,56	7,93
Zn	4,40	1,82	1,04	1,71	7,80
Mn	4,23	1,69	0,81	1,64	7,47
Mo	3,72	1,64	0,95	1,53	7,41
B	4,15	1,94	0,78	1,52	6,90
Średnio — Mean	3,90	1,72	0,87	1,57	7,43
NIR — LSD	1,000	n.i.	n.i.	n.i.	0,890
1998					
0	1,13	1,13	0,83	1,18	5,32
Gama	1,30	1,30	0,85	1,33	5,37
Cu	1,18	1,18	1,18	1,35	6,79
Zn	1,08	1,08	0,53	1,40	5,71
Mn	1,38	1,38	0,66	1,19	5,53
Mo	1,09	1,09	0,87	1,39	6,67
B	1,26	1,26	0,74	1,09	5,19
Średnio — Mean	1,20	1,20	0,81	1,27	5,80
NIR — LSD	0,280	0,280	0,190	n.i.	0,790
1996–1998					
0	2,58	1,42	0,97	1,37	6,57
Gama	3,33	1,64	1,00	1,53	7,31
Cu	3,25	1,41	1,00	1,51	7,56
Zn	3,48	1,61	0,97	1,56	7,26
Mn	3,47	1,57	0,81	1,38	6,82
Mo	3,04	1,42	0,97	1,44	7,36
B	3,22	1,58	0,79	1,29	6,29
Średnio — Mean	3,19	1,52	0,93	1,44	7,03
NIR — LSD	0,450	n.i.	0,170	0,250	0,530

Przeprowadzone badania wykazały tylko w 1988 roku istotny wpływ dolistnego stosowania mikroelementów na średnią zawartość globulin w białku bulw ziemniaka. Pomimo to, należy podkreślić, że zastosowane nawożenie powodowało na ogół wzrost zawartości tej frakcji białka w bulwach w poszczególnych latach oraz średnio dla całego okresu badań, w porównaniu do obiektu kontrolnego.

Suma średnich zawartości azotu albumin i globulin w bulwach ziemniaka zmieniała się, w zależności od zastosowanego nawożenia, w granicach od 4,33 do 5,10 g N·kg⁻¹ bulw (rys. 2). Tylko zastosowane dolistnie nawożenie roztworami miedzi i cynku powodowało

istotny wzrost zawartości białek konstytucyjnych (albuminy + globuliny) w suchej masie bulw. Różnice w stosunku do obiektu kontrolnego wynosiły odpowiednio 17,7 i 17,6%.



Rys. 2. Sumy zawartości albumin i globulin oraz prolamin i glutelin w suchej masie bulw ziemniaka – średnie z trzech lat badań

Fig. 2. The sums of albumins and globulins, as well as prolamins and glutelins content, in dry matter of potato tubers means for the 3-year study

Średnia zawartość prolamin dla trzech lat badań, niezależnie od stosowanego nawożenia mikroelementami, wynosiła 0,93 g N·kg⁻¹ suchej masy bulw ziemniaka. Prolaminy są typowymi białkami zapasowymi. Wywierają one, między innymi, pozytywny wpływ na kiełkowanie bulw — stanowią bowiem, obok glutelin rezerwę azotu dla rozwijającej się rośliny (Nowacki, 1976). Prolaminy, w stosunku do innych frakcji białkowych, wykazują najniższy udział aminokwasów egzogennych, zwłaszcza lizyny i metioniny, przy jednocześnie wysokiej zawartości kwasu glutaminowego i proliny (Barczak, 1999).

Stwierdzono istotne obniżenie średniej zawartości prolamin w suchej masie bulw ziemniaka, w porównaniu z obiektem kontrolnym, różnica na obiekcie nawożonym borem wynosiła 18,6%. Uzyskano również istotne różnice międzyobiektowe pomiędzy zawartością prolamin na obiektach, na których stosowano bor i mangan, w porównaniu do zawartości tej frakcji na obiektach opryskiwanych wieloskładnikowym nawozem oraz miedzią.

Przeprowadzone badania wykazały pod wpływem dolistnego nawożenia mikroelementami niewielkie zróżnicowanie zawartości glutelin w bulwach ziemniaka. Skład aminokwasowy tej frakcji jest korzystny, ze względu na znaczną zawartość limitującej wartość białka lizyny (Barczak, 1999), jednak frakcja ta ma niewielkie znaczenie odżywcze z powodu niskiej przyswajalności. Średnio, dla trzech lat badań, tylko nawożenie borem istotnie obniżało zawartość tej frakcji w suchej masie bulw ziemniaka — różnica wynosiła 17,3% w stosunku do obiektu nawożonego cynkiem. Dla pozostałych obiektów nawozowych, zawartość glutelin była na ogół wyższa niż na obiekcie kontrolnym, jednak

różnic tych nie potwierdzono statystycznie. Warto zauważyć, że ten nieznaczny wzrost zawartości glutelin był spowodowany kosztem mniej wartościowej frakcji, jaką są prolaminy. Bor pełni w roślinach liczne funkcje związane z procesami wzrostu i różnicowaniem się tkanek, funkcjonowaniem błon plazmatycznych, regulacją aktywności enzymów i przemianami węglowodanów (Matoh 1997), a także przyswajaniem i przemianami azotu (Ruiz i in., 1998), co wiąże się z rolą tego pierwiastka w stymulacji aktywności reduktazy azotanowej (Sacała i in., 2004). Dodatkowa trudność w interpretacji oddziaływania tego mikroelementu na rośliny wynika z tego, że nie można z całą pewnością stwierdzić, które efekty fizjologiczne wywołane przez ten pierwiastek są pierwotne, a które wtórne. Bor ponadto stosowany jest w szerokim przedziale stężeń, a zakres decydujący o jego deficycie lub toksyczności jest stosunkowo wąski i może powodować szereg niekorzystnych zmian, prowadzących do zahamowania wzrostu roślin i pogorszenia jakości plonu.

Wykazano, że azotowe związki nierozpuszczalne były frakcją ilościowo dominującą - ich średnia zawartość w suchej masie bulw ziemniaka kształtowała się na poziomie 7,03 g N·kg⁻¹ bulw. Jest to frakcja, której w piśmiennictwie poświęcono najmniej uwagi i jak dotychczas stanowi grupę związków białkowych zbadaną w najmniejszym stopniu. Tworzy ją mieszanina substancji wielkocząsteczkowych i pełni rolę raczej strukturalną niż zapasową (Dexter i Dronzek, 1975). Białko, będące poekstrakcyjną pozostałością, wprawdzie charakteryzuje się korzystnym składem aminokwasowym z uwagi na znaczną zawartość lizyny (Barczak, 1999), jednak cechuje je prawdopodobnie niewielka przyswajalność. Z przeprowadzonych badań wynika, że zawartość frakcji azotu pozostałego była istotnie modyfikowana przez dolistnie stosowane mikroelementy. Udział azotu pozostałego w bulwach ziemniaka, w porównaniu do obiektu kontrolnego, nie wzrastał istotnie jedynie pod wpływem stosowania manganu i boru. Na obiektach, na których stosowano nawożenie miedzią i molibdenem, przyrost tej frakcji był najwyższy i wynosił, w porównaniu z kontrolą, odpowiednio 15,1% i 12,0%. Zastosowanie wieloskładnikowego nawozu mikroelementowego powodowało podwyższenie udziału azotu pozostałego w suchej masie bulw o 11,3%. Wzrost udziału azotu pozostałości poekstrakcyjnej, według Muncka (1972), jest z żywieniowego punktu widzenia niepożądany.

Udział białek zapasowych (suma zawartości glutelin i prolamin w suchej masie bulw) w poszczególnych latach badań, był w mniejszym stopniu różnicowany przez zastosowane nawożenie mikroelementami, niż udział białek konstytucyjnych (rys. 2). Średnia dla trzech lat suma prolamin i glutelin nie zmieniała się, istotnie w porównaniu do obiektu kontrolnego. Stwierdzono jedynie, potwierdzone statystycznie, różnice między obiektami nawożonymi wieloskładnikowym nawozem, miedzią i cynkiem oraz nawożonymi manganem i borem.

Na podstawie trzyletnich badań wykazano, że oddziaływanie zastosowanego nawożenia zarówno w formie pojedynczych soli technicznych, jak też i wieloskładnikowego nawozu, na zawartość azotu ogólnego i skład frakcyjny białka bulw ziemniaka było zróżnicowane w poszczególnych latach badań. W roku o najwyższej sumie opadów i najkorzystniejszym ich rozkładzie (1998), bulwy ziemniaka gromadziły najmniej azotu ogólnego. W latach 1996 i 1998 obfitujących w opady, posiadały korzystniejszy skład frakcyjny białka, czego

dowodzi wysoki udział albumin i globulin, frakcji o najlepiej zbilansowanym składzie aminokwasowym. Natomiast w roku 1997, który cechował się niższymi w porównaniu ze średnią wieloletnią opadami, wykazano istotnie niższą w stosunku do pozostałych lat zawartość sumy albumin i globulin w suchej masie bulw ziemniaka.

WNIOSKI

1. Dolistne stosowanie nawozu wieloskładnikowego Mikrochelat Gama, miedzi, cynku oraz molibdenu powodowało istotny wzrost zawartości azotu ogólnego w suchej masie bulw ziemniaka w stosunku do obiektu kontrolnego.
2. Wyraźny wzrost udziału albumin w suchej masie bulw ziemniaka, nastąpił pod wpływem wszystkich zastosowanych nawozów mikroelementowych i wieloskładnikowego nawozu Mikrochelat Gama.
3. Nawożenie miedzią, molibdenem, wieloskładnikowym nawozem, a także cynkiem, spowodowało istotny wzrost udziału frakcji azotowych związków nierozpuszczalnych w suchej masie bulw ziemniaka.
4. Stosowanie dolistne roztworów miedzi i cynku w uprawie ziemniaka powodowało wzrost udziału białek konstytucyjnych (albuminy+globuliny) w jego bulwach.
5. Globuliny i gluteliny były frakcjami, których zawartość w suchej masie bulw ziemniaka w niewielkim stopniu zmieniała się pod wpływem stosowanego nawożenia.
6. Wykazano duży wpływ warunków pogodowych, a zwłaszcza opadów, na zawartość i skład frakcyjny białka bulw ziemniaka.

LITERATURA

- Barczak B. 1999. Rola nawożenia azotem w kształtowaniu wartości biologicznej białka ziarna jęczmienia ozimego. *Rocz. Nauk Rol. A*, 114 (1/2): 205 — 218.
- Boligłowa E. 1995. Wpływ dolistnego dokarmiania na plonowanie i jakość bulw ziemniaka. *Rozpr. Nauk.* 41, WSR-P Siedlce: 79 ss.
- Cakmak I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytol.* 146: 185 — 205.
- Czuba R. 1996. Celowość i możliwości uzupełnienia niedoborów mikroelementów u roślin. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 434: 55 — 64.
- Dexter J. E., Dronzek B. L. 1975. Note on the amino acid composition of protein fractions from a developing triticale and its rye and wheat parents. *Cereal Chem.* 52 (4): 587 — 596.
- Gorlach E., Mazur T. 2002. *Chemia rolna*. PWN, Warszawa: 348 ss.
- Henriques F. S. 2003. Gas exchange, chlorophyll a fluorescence kinetics and lipid peroxidation of pecan leaves with varying manganese concentrations. *Plant Sci.* 165: 239 — 244.
- Leszczyński W. 1994. Ziemniak jako produkt spożywczy. *Post. Nauk Rol.* 1: 15 — 29.
- Łoginow W., Gulewicz K., Kłupczyński Z. 1971. Analiza frakcji białek i perspektywy jej stosowania. *Pam. Puł.* 50: 117 — 126.
- Matoh T. 1997. Boron in plant cell walls. *Plant and Soil* 193: 59 — 70.
- Mazur T., Frieske J. 1984. Wpływ nawożenia obornikiem oraz wapniem, magnezem i mikroelementami na plon i skład chemiczny plonu sześciu odmian ziemniaka. *Zesz. Nauk. ART Olsztyn* 40: 65 — 77.
- Michael G., Blume B. 1960. Über den Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Eisweißzusammensetzung des Gerstenkornes. *Zeit. Pflernäh. Düng. Bodenk.* 88, 3: 237 — 250.
- Mondy N. I., Munshi C. B. 1993. Effect of soil and foliar application of molybdenum on the glycoalkaloid and nitrate concentration of potatoes. *J. Agric. Food Chem.* 41: 256 — 258.

- Munck L. 1972. Improvement of nutritional value in cereals. *Hereditas* 72 (1):1 — 128.
- Nowacki E. 1976. Fizjologia i biochemia wysokich plonów. *Post. Nauk Rol.* (3): 37 — 56.
- Nowak K., Majcherczak E. 2002. Skład aminokwasowy białka plonu roślin uprawnych w 4-letnim cyklu zmianowania w zależności od nawożenia i wapnowania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 484: 441 — 449.
- Puzina T. I. 2004. Effect of zinc sulfate and boric acid on the hormonal status of potato plants in relation to tuberization. *Rus. J. Plant Physiol.* 51 (2): 209 — 214.
- Rastovski A. 1981. Storage of potatoes. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, 462 pp.
- Ruiz J. M., Baghour M., Bretones G., Belakbir A., Romero L. 1998. Nitrogen metabolism in tobacco plants (*Nicotiana tabacum* L.): role of boron as possible regulatory factor. *Int. J. Plant Sci.* 159: 121 — 126.
- Roztropowicz S. 1989. Środowiskowe, odmianowe i nawozowe źródła zmienności składu chemicznego bulw ziemniaka. *Fragm. Agron.* 6: 33 — 75.
- Ruszkowska M., Wojcieszka-Wyskupajtyś U. 1996. Mikroelementy — fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 434: 1 — 11.
- Ryser J. P. 1991. Fumure foliare en grandes cultures. *Rev. Suisse Agric.*, 23 (6): 317 — 320.
- Sacała E., Demczuk A., Grzyś E., Parylak D. 2004. Wpływ boru na aktywność reduktazy azotanowej oraz wzrost siewek pszenżyta. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 502: 333 — 339.
- Sienkiewicz-Cholewa U., Wróbel S. 2004. Rola miedzi w kształtowaniu wielkości i jakości plonów roślin uprawnych. *Post. Nauk Rol.* 5: 39 — 54.
- Szewczuk C., Michałojć Z. 2003. Praktyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. *Acta Agroph.* 85: 19 — 29.
- White P. J., Broadley M. R. 2001. Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: A review. *Ann. Bot.*, 88: 967 — 988.
- Wiater J. 2002. Wpływ współdziałania niektórych odpadów z roślinami motylkowymi na ilość i jakość białka ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 484: 743 — 752.