

ODDZIAŁYWANIE NAWOŻENIA MIKROELEMENTAMI NA ZAWARTOŚĆ I SKŁAD FRAKCYJNY BIAŁKA ZIARNA JĘCZMIENIA JAREGO

B. Barczak, W. Kozera

Zakład Nawożenia, Katedra Chemii Rolnej, Akademia Techniczno-Rolnicza
ul. Seminaryjna 5, 85-326 Bydgoszcz; e-mail: barczak@mail.atr.bydgoszcz.pl

S t r e s z c z e n i e. W przeprowadzonych badaniach oceniano oddziaływanie dolistnego nawożenia mikroelementami w postaci schelatowanego nawozu (Mikrochelat Gama) oraz soli Cu, Zn, Mn, Mo i B, zastosowanych pojedynczo, na zawartość białka ziarna jęczmienia jarego oraz jego skład frakcyjny. Wykazano istotne oddziaływanie nawożenia mikroelementami na zawartość białka w ziarnie. Stwierdzono również w obydwu latach statystycznie udowodniony wpływ tych pierwiastków na udział albumin oraz hordein w białku. Zastosowanie mikroelementów na ogół zwiększało zawartość tzw. białek konstytucyjnych (albumin i globulin), obniżając jednocześnie zawartość białek zapasowych (hordein i glutelin). Spośród objętych badaniami mikroelementów największy wpływ na proporcje frakcji białkowych wykazywały Zn, Mn i Cu. Stwierdzono, że oddziaływanie Mikrochelatu Gama tak na zawartość białka, jak i na jego skład frakcyjny, było nie większe niż mikroelementów zastosowanych pojedynczo.

S ł o w a k l u c z o w e: mikroelementy, jęczmień jary, białko, frakcje białkowe

WSTĘP

Warunkiem uzyskania plonów o dużej wartości biologicznej jest dostateczne zaopatrzenie roślin we wszystkie niezbędne makro- i mikroelementy [4,8,18]. O ile makroelementy najczęściej wykorzystywane są przez rośliny do budowy tkanek i asymilatów, to mikroelementy regulują procesy biochemiczne zachodzące w roślinach w czasie ich wzrostu. W procesach tych uczestniczy ponad 2000 enzymów, w których skład wchodzi na ogół mikroelementy, bądź spełniają one rolę ich aktywatorów. Dzięki temu pierwiastki te podnoszą efektywność nawożenia makroelementami, warunkując wzrost i wysoką wartość biologiczną plonu [5,8]. Niedobór

mikroelementów może zatem zmieniać cechy jakościowe plonu roślin uprawnych, w szczególności roślin zbożowych. Jednym z najważniejszych kryteriów wartości odżywczej ziarna zbóż jest ilość i jakość białka. Ze względu na rolę białka w żywieniu, jak również jego wpływ na wartość technologiczną ziarna, podstawową sprawą jest oznaczanie nie tylko ogólnej zawartości białka, ale i jego frakcji, na podstawie zróżnicowanej rozpuszczalności poszczególnych agregatów w różnych rozpuszczalnikach [1,2,12,15].

Przeprowadzone badania miały na celu prześledzenie wpływu stosowanych dolistnie mikroelementów w formie pojedynczych soli cynku, miedzi, manganu, boru i molibdenu oraz w postaci schelatowanego nawozu wieloskładnikowego (Mikrochelat Gama) na zawartość i skład frakcyjny białka ziarna jęczmienia jarego.

MATERIAL I METODY

Podstawą przeprowadzonych badań było dwuletnie doświadczenie polowe przeprowadzone w latach 1995-96 w Terenowej Stacji Badawczej ATR, położonej w Wierchucinku k. Bydgoszczy. Doświadczenie zostało założone jako jednoczynnikowe, metodą losowanych bloków w trzech powtórzeniach, na glebie plovej typowej, wytworzonej z gliny bazalnej. Poziom orno-próchniczny stanowił piasek gliniasty mocny. Glebę zaliczano do klasy bonitacyjnej IIIb. Zasobność gleby w przyswajalne formy fosforu, potasu, a także cynku, manganu, molibdenu i boru była średnia. Tylko zawartość miedzi oszacowano jako niską. W obydwu latach badań przedplonem jęczmienia jarego odmiany Rambo, był ziemniak. Powierzchnia poletka wynosiła 20,25 m².

Za badany czynnik przyjęto rodzaj nawozu mikroelementowego. W doświadczeniu do oprysku roślin zastosowano następujące formy mikroelementów, będące zarazem obiektami doświadczenia:

- Zn SO₄ · 7H₂O (30 g Zn · ha⁻¹),
- Mn SO₄ · 5H₂O (45 g Mn · ha⁻¹),
- Cu SO₄ · 5H₂O (25 g Cu · ha⁻¹),
- (NH₄)₂Mo O₄ · 2H₂O (4,5 g Mo · ha⁻¹),
- Na₂B₄O₇ · 10H₂O (20 g B · ha⁻¹).

Mikrochelat Gama zawierał oprócz Zn, Mn, Cu, Mo i B, również Fe i Mg. Dawki stosowanych soli i Mikrochelatu (5 dm³ · ha⁻¹) ustalono na takich poziomach, że zawartość odpowiednich mikroelementów w pojedynczych solach i w nawozie wieloskładnikowym była jednakowa.

Jednorazowy zabieg opryskiwania roślin wykonano ręcznie w fazie strzelania w źdźbło, rozpuszczając stosowane nawozy w objętości wody odpowiadającej 300 dm³·ha⁻¹.

W obydwu latach badań stosowano jako nawożenie podstawowe 70 kg N·ha⁻¹ w postaci saletry amonowej, 20 kg P·ha⁻¹ w formie superfosfatu potrójnego oraz 60 kg K·ha⁻¹ jako 60% sól potasową.

W ziarnie jęczmienia jarego oznaczono zawartość azotu metodą Kjeldahla oraz wykonano analizę składu frakcyjnego białka metodą Michaela-Bluma [16] w modyfikacji Loginowa [15]. Ilościową charakterystykę układu białkowego uzyskano, przeprowadzając kolejne ekstrakcje za pomocą: wody destylowanej (azotowe związki niebiałkowe i albuminy), 5% roztworu siarczanu (VI) potasu (globuliny), 0,1 molowego roztworu wodorotlenku sodu w 70% etanolu (gluteliny i hordeiny). Albuminy od azotowych związków niebiałkowych oddzielono, strącając je 20% kwasem trichlorooctowym. Natomiast gluteliny oddzielono od hordein z alkoholowego ekstraktu przez zobojętnienie środowiska roztworem kwasu solnego. Osobną frakcję stanowiły nierozpuszczalne związki azotowe pozostałości poekstrakcyjnej. Zawartość poszczególnych frakcji określono przez oznaczenie azotu w odpowiednich ekstraktach lub osadach przy zastosowaniu metody Kjeldahla.

Wyniki opracowano statystycznie, oceniając istotność różnic za pomocą testu Tukey'a.

WYNIKI I DYKUSJA

Średnia dla dwóch lat zawartość białka w ziarnie jęczmienia jarego wynosiła 129,3 g·kg⁻¹ (Tabela 1), w kolejnych latach była w niewielkim stopniu zróżnicowana (w roku 1995 wynosiła 133,1 g·kg⁻¹, w roku 1996 – 125,3 g·kg⁻¹). Zastosowanie nawożenia mikroelementami istotnie różnicowało zawartość białka w ziarnie, przy czym w obydwu latach stwierdzono pod tym względem największy

T a b e l a 1. Wpływ nawożenia mikroelementami na zawartość białka w ziarnie jęczmienia jarego (g·kg⁻¹)
T a b l e 1. Impact of fertilization with microelements on protein content in grain of spring barley (g·kg⁻¹)

Rok	Obiekty nawozowe							Średnia	NIR
	0	Gama	Cu	Zn	Mn	Mo	B		
1995	129,4	134,4	131,9	138,8	138,8	128,1	131,3	133,1	15,43
1996	120,4	121,9	125,6	133,1	133,1	123,8	122,5	125,3	11,86
Średnia	124,7	128,1	128,8	136,3	136,3	126,3	126,9	129,3	5,61

wpływ nawożenia cynkiem i manganem, a także w roku 1996 – miedzią. Oddziaływanie tych pierwiastków spowodowało, w stosunku do obiektu kontrolnego wzrost zawartości białka odpowiednio o 7,7; 9,3 i 4,7%. Należy nadmienić, że różnice te są porównywalne z wynikami dla jęczmienia cytowanymi przez Szukalskiego [20] oraz Grzywnowicz-Gazdę [8]. Zastosowanie wieloskładnikowego Mikrochelatu Gama, podobnie jak soli molibdenu i boru, nie powodowało natomiast statystycznie potwierdzonych zmian zawartości omawianego składnika.

Przeprowadzone badania wskazują na zależność między biosyntezą związków azotowych a zaopatrzeniem roślin w mikroelementy, których niedobór może limitować produkcję białka. Wielu autorów zwraca uwagę na znaczenie miedzi, cynku, manganu, a także molibdenu w przemianach związków azotu, a zwłaszcza w syntezie białka [3,4,17-20]. Miedź na przykład, jako kofaktor wielu enzymów i przenośnik elektronów, wszechstronnie oddziałuje na procesy fizjologiczne w roślinach i jej niedobór powoduje zaburzenia tego procesu [17,18]. Mangan wpływa na redukcję azotanów oraz hydrolizę peptydów i amidów [20]. Molibden z kolei jako składnik i aktywator reduktazy azotanowej w reakcjach, w wyniku których powstaje amoniak, odgrywa ważną rolę w procesie syntezy aminokwasów i białek. Biochemiczna rola molibdenu polega głównie na zwiększaniu aktywności enzymów flawoproteidowych. Poza tym molibden wpływa na enzymatyczną aktywację wodoru cząsteczkowego powodującego redukcję azotu [20]. Niniejsze badania nie potwierdziły jednak istotnej roli tego pierwiastka w kształtowaniu zawartości białka.

Warto nadmienić, że w dostępnym piśmiennictwie szeroko jest reprezentowana problematyka dotycząca stanu zawartości mikroelementów w glebach i roślinach oraz ich fizjologicznej roli, a także wpływu człowieka na niedobór i nadmiar tych pierwiastków w środowisku [4,14,18,19]. Wiele uwagi poświęca się mikroelementom we współczesnych systemach nawożenia oraz nowym technologiom produkcji nawozów mikroelementowych [5,7,19]. Znacznie mniej badań prowadzi się natomiast nad oddziaływaniem mikronawozów na zawartość makroskładników, w szczególności azotu [8,9]. Zupełnie natomiast unikalne są doniesienia dotyczące wpływu nawożenia mikroelementami na jakość białka, której miarą jest jego skład frakcyjny i aminokwasowy [11,12]. Określenie udziału białek typu glutenowego (glutelin i hordein) i białek nieglutenowych (albumin i globulin) oraz ich wzajemnych proporcji może być podstawą oceny żywieniowej i technologicznej ziarna. Przeprowadzone badania wykazały największy udział w białku ziarna jęczmienia jarego frakcji białek zapasowych: glutelin (średnio $31.61 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) oraz hordein (średnio $21.48 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) (Tabela 2). Frakcje te, a zwłaszcza hordeiny, charakteryzują się stosunkowo dużą zawartością kwasu glutaminowego i proliny,

zawierając jednocześnie znikome ilości takich aminokwasów egzogennych, jak lizyna i tryptofan [2,13]. Uważa się, że hordeiny cechuje najniższa wartość pokarmowa w stosunku do innych grup białek ziarna. Białka te jednak wyróżnia wyższa strawność i przyswajalność przez ludzi i zwierzęta [1,6,10].

Udział bardziej wartościowych z żywieniowego punktu widzenia frakcji białkowych w ziarnie jęczmienia jarego był znacznie mniejszy. Średnia zawartość albumin w białku ogólnym ziarna jęczmienia wynosiła $4.87 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, a globulin –

T a b e l a 2. Wpływ nawożenia mikroelementami na udział frakcji białkowych w białku ogólnym ziarna jęczmienia jarego ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ białka)

T a b l e 2. Impact of fertilization with microelements on participation of protein fractions in total protein of spring barley ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ of protein)

Obiekty nawozowe	Albuminy	Globuliny	Gluteliny	Hordeiny	Azotowe	Azotowe
					związki niebiałkowe	związki nierozp.
1995						
0	4,32	9,68	32,13	21,92	11,84	20,11
Gama	4,87	11,04	32,82	19,90	11,83	19,54
Cu	4,46	11,13	32,71	21,57	10,08	20,05
Zn	4,99	11,57	31,03	20,36	11,00	21,06
Mn	5,46	10,79	31,36	20,74	12,19	19,49
Mo	4,74	10,48	32,56	21,04	10,55	20,66
B	4,35	10,56	32,33	21,41	11,75	19,56
Średnia	4,74	10,75	32,13	20,99	11,32	20,07
NIR	1,115	n.i.	n.i.	1,905	n.i.	n.i.
1996						
0	4,58	9,77	31,48	22,21	10,49	21,48
Gama	5,13	9,89	32,10	21,94	10,25	20,50
Cu	4,56	10,14	31,94	22,29	10,63	20,44
Zn	5,05	10,74	29,51	23,27	10,09	21,34
Mn	5,96	10,02	30,50	21,44	10,22	21,84
Mo	5,04	10,54	30,70	21,64	9,50	22,59
B	4,63	9,83	31,33	21,03	10,58	22,64
Średnia	4,99	10,13	31,08	21,97	10,25	21,55
NIR	0,913	n.i.	2,213	2,018	n.i.	n.i.
Średnie z dwóch lat badań						
0	4,45	9,73	31,81	22,07	11,17	20,80
Gama	5,00	10,47	32,46	20,92	11,04	20,02
Cu	4,51	10,64	32,33	21,93	10,36	20,25
Zn	5,02	11,16	30,27	21,82	10,55	21,20
Mn	5,71	10,41	30,93	21,03	11,21	20,67
Mo	4,89	10,51	31,63	21,34	10,03	21,63
B	4,49	10,20	31,83	21,22	11,17	21,11
Średnia	4,87	10,45	31,61	21,48	10,79	20,81
NIR	0,431	1,459	1,429	0,954	n.i./n.s	1,249

10.45 g·100g⁻¹. Warto podkreślić, że albuminy i globuliny w porównaniu z glutelinami i hordeinami zawierają znacznie więcej bardzo cennych, zarówno dla organizmu ludzkiego, jak i zwierzęcego, aminokwasów egzogennych, głównie lizyny, tzw. aminokwasu ograniczającego wartość biologiczną białka ziarna zbóż [2,13].

Zwraca uwagę wysoki udział w białku ogólnym tzw. białka resztkowego, czyli związków azotu znajdujących się w pozostałości poekstrakcyjnej, wynoszący średnio 20.81 g·100 g⁻¹.

W obydwu latach badań wykazano statystycznie potwierdzony wpływ nawożenia mikroelementami na zawartość albumin i hordein. Przeprowadzone badania potwierdziły wyraźne różnice w zawartości albumin w białku ziarna jęczmienia z obiektów nawożonych cynkiem i manganem, a także Mikrochelatem Gama. Zwiększenie udziału tej frakcji, w stosunku do obiektu nie nawożonego wynosiło średnio dla dwóch lat odpowiednio: 12,8, 28,3 i 12,4%. Zastosowanie miedzi, cynku, manganu, molibdenu, a także Mikrochelatu, wpływało korzystnie również na zawartość globulin. Różnica między zawartością globulin z obiektów nawożonych i kontrolnych wahała się w granicach 7,0-14,7%, przy czym największy przyrost uzyskano pod wpływem cynku. Statystycznie udowodniony wpływ, w każdym z lat badań, dotyczył jednak tylko manganu dla albumin oraz cynku dla globulin.

Dla azotowych związków niebiałkowych oraz dla tzw. białka resztkowego stwierdzono mniejsze niż dla podstawowych frakcji białkowych zróżnicowanie zawartości pod wpływem nawożenia mikroelementami. W przeciwieństwie do wyników badań Krauze i in. [12], nie wykazano, by nawożenie jęczmienia mikroelementami zmieniło istotnie proporcje między azotem niebiałkowym i białkowym w ziarnie, na korzyść zawartości związków białkowych.

Przeprowadzone badania wykazały wpływ mikroelementów na zawartość frakcji zapasowych. Na ogół oprysk roztworem zawierającym mikroelementy powodował obniżenie zawartości omawianych frakcji w białku ogólnym. Wyjątek stanowiły obiekty opryskiwane roztworem zawierającym sole molibdenu i boru, dla których nie stwierdzono istotnych różnic. Np. zastosowanie cynku spowodowało obniżenie zawartości glutelin o 4,8% (średnio z dwóch lat) i hordein o 1,1%, a w wyniku oprysku roślin roztworem soli manganu nastąpił spadek udziału glutelin o 2,8% oraz hordein o 4,4%. Z kolei molibden i bor obniżały zawartość tylko hordein, a Mikrochelat obniżając istotnie zawartość hordein (średnio o 5,2%), powodował podwyższenie zawartości glutelin średnio o 2,0%.

Zwraca uwagę fakt, że wpływ mikroelementów zastosowanych łącznie w postaci Mikrocheletu na kształtowanie się proporcji frakcji białkowych w ziarnie jęczmienia jarego nie był większy niż zastosowanych pojedynczo. Należy sądzić, że między

mikroelementami znajdującymi się w nawozie wieloskładnikowym zachodzą interakcje, powodujące niewielką, z punktu widzenia jakości białka, efektywność tej formy nawozów. Wydaje się bowiem, że w nawożeniu mikroelementami niezbędne jest stosowanie nawozów o składzie ściśle dostosowanym do specyficznych wymagań uprawianego gatunku rośliny. Z drugiej jednak strony otrzymane wyniki potwierdzają sugestie innych autorów, że skład białek roślinnych nie jest stabilny i można oddziaływać tak na ilość, jak i na ich jakość za pomocą właściwie dobranego nawożenia, uwzględniającego udział mikroelementów.

WNIOSKI

1. Zastosowanie mikroelementów przyczyniło się do zwiększenia zawartości białka w ziarnie jęczmienia jarego oraz korzystnych na ogół, zmian w jego jakości.
2. Zmiany składu frakcyjnego białka ziarna jęczmienia jarego pod wpływem nawożenia mikroelementami polegały na podwyższaniu zawartości białek konstytucyjnych (albumin i globulin) oraz obniżaniu zawartości białek zapasowych (hordein i glutelin). Szczególnie korzystne pod tym względem okazało się działanie cynku, manganu i miedzi.
3. Nie wykazano oddziaływania nawożenia mikronawozami na udział zawartości azotowych związków niebiałkowych, czyli na proporcje białka właściwego i ogólnego w ziarnie jęczmienia.
4. Wpływ zastosowanych łącznie mikroelementów w postaci nawozu wieloskładnikowego (Mikrochelat Gama) na ilość białka ogólnego i jego skład frakcyjny nie był większy niż mikroelementów zastosowanych w formie pojedynczych soli nieorganicznych.

PIŚMIENNICTWO

1. **Bareczak B.**: Rola nawożenia azotem w kształtowaniu wartości biologicznej białka ziarna jęczmienia ozimego. *Rocz. Nauk Roln.*, 114, A, 1-2, 205-218, 1999.
2. **Bareczak B., Nowak K.**: Wpływ nawożenia azotem na jakość białka ziarna jęczmienia ozimego Cz. II. Skład aminokwasowy frakcji białkowych. *Rocz. Nauk Roln.*, 111, A, 1-2, 99-116, 1995.
3. **Benedyktycka Z., Kozikowski A.**: Wrażliwość wybranych odmian jęczmienia jarego na zwiększoną koncentrację boru w glebie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 434, 37-42, 1996.
4. **Czuba R.**: Celowość i możliwości uzupełnienia niedoborów mikroelementów u roślin. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 434, 55-64, 1996.
5. **Czuba R.**: Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 471, 161-169, 2000.
6. **Eggum B.O.**: Über die Abhängigkeit der Proteinqualität vom Stickstoffgehalt der Gerste. *Z. F. Tierphys. Tierernäh. u. Füttermittelk.*, 26, 65-71, 1970.

7. Grzywnowicz-Gazda Z.: Wpływ donasiennego i doglebowego stosowania mikroelementów na plon i wartość ziarna jęczmienia jarego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 179, 95-107, 1976.
8. Grzywnowicz-Gazda Z.: Wpływ niektórych mikroelementów na zawartość i plon białka w ziarnie jęczmienia jarego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 238, 101-107, 1983.
9. Grzywnowicz-Gazda Z.: Wpływ zróżnicowanego nawożenia cynkiem na wysokość i jakość plonu ziarna jęczmienia jarego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 242, 201-209, 1983.
10. Horaczyński H., Buraczewski S., Mucha S.: Badania nad wartością odżywczą białka ziarna jęczmienia. Cz. I Ocena wartości odżywczej białka różnych odmian jęczmienia jarego przeprowadzona na rosnących szczurach. Roczn. Nauk Roln., 101, B, 2, 7-21, 1981.
11. Kozera W., Cwojdzński W.: Impact of fertilization with zinc and manganese on chemical content of potato tubers. Chemia Inżynieria Ekologia, 11, 9, 1397-1402, 2002.
12. Krause A., Domska D., Koter M.: Wpływ wysokiego nawożenia azotowego i mikroelementów na plon białka w pszenicy oraz jego wartość biologiczną. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 238, 109-120, 1983.
13. Kulka K., Grzesiuk S.: Białka ziarna zbóż. Post. Nauk Roln., 5, 3-42, 1979.
14. Łabętowicz J., Rutkowska B.: Czynniki determinujące stężenie mikroelementów w roztworze glebowym. Post. Nauk Roln. 6, 75-85, 2001.
15. Loginow W., Gulewicz K., Klupeczyński Z.: Analiza frakcji białek i perspektywy jej stosowania. Pam. Puł. 50, 117-126, 1971.
16. Michael G., Blume B.: Über den Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Eisweisszusammensetzung des Gerstenkornes. Z. F. Pflernäh. Dung. Bodenkd., 88, 3, 237-250, 1960.
17. Ruszkowska M., Wojciecka-Wyskupajtis U.: Mikroelementy fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 434, 1-11, 1996.
18. Sienkiewicz-Cholewa U.: Znaczenie mikroelementów w nawożeniu rzepaku. Post. Nauk Roln., 5, 19-28.
19. Spiak Z.: Mikroelementy w rolnictwie. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 471, 29-34, 2000.
20. Szukalski H.: Mikroelementy w produkcji roślinnej. PWRiL, Warszawa, 1979.

IMPACT OF FERTILIZATION WITH MICROELEMENTS ON THE PROTEIN CONTENT AND FRACTION COMPOSITION OF SPRING BARLEY

B. Barczak, W. Kozera

Department of Agricultural Chemistry, University of Technology and Agriculture
Fertilization Research Institute, Seminaryjna 5 str., 85-326 Bydgoszcz, Poland
e-mail: barczak@atr.bydgoszcz.pl

S u m m a r y: A field experiment with spring barley foliar fertilization was carried out with the aim to evaluate leaf fertilization of spring barley with microelements in the form of chelate complexes as well as salts of copper, zinc, manganese, boron and molybdenum applied individually and as components of the fertilizer mentioned above. The influence on the protein content and fraction composition of barley was examined. It was observed that an application of microelements caused a significant increase in the protein content especially in the albumins and globulins level and a decrease in the level of prolamins and glutelins. The use of zinc, molybdenum and copper solution caused a slight by higher increase of protein and its fraction share than the use of Micro Chelate Gama.

K e y w o r d s: microelements, spring barley, protein, protein fractions