

BOŻENA BARCZAK
WOJCIECH KOZERA

Katedra Chemii Rolnej

Wydział Rolniczy, Akademia Techniczno-Rolnicza, Bydgoszcz

Wpływ dolistnego nawożenia mikroelementami na zawartość i skład frakcyjny białka ziarna jęczmienia jarego i owsa

The influence of leaf dressing with microelements on the content and fractional composition of protein in barley and oat grain

W dwuletnim jednoczynnikowym doświadczeniu polowym porównywano zawartość i skład frakcyjny białka ziarna jęczmienia jarego oraz owsa, zbóż nawożonych dolistnie roztworami mikroelementów (Zn, Mn, Cu, Mo, B) w formie pojedynczych soli nieorganicznych oraz w postaci wieloskładnikowego nawozu, który zawierał składniki w formie schelatowanej (Mikrochelat Gama). Dolistne stosowanie mikroskładników na ogół korzystnie oddziaływało na kumulację azotu w ziarnie jęczmienia jarego i owsa. Mikroelementami, które istotnie zwiększały zawartość tego pierwiastka w ziarnie obydwu gatunków zbóż były cynk i mangan. Frakcją białkową, której zawartość w ziarnie badanych zbóż była największa, okazały się gluteliny; najniższy udział posiadały albuminy. Ziarno owsa w stosunku do ziarna jęczmienia jarego posiadało wyższą zawartość azotu albumin i globulin, frakcji o korzystnym składzie aminokwasowym. Mikroelementami, które zastosowane dolistnie istotnie zwiększały sumę azotu tych frakcji w ziarnie jęczmienia i owsa, były cynk i mangan. Wieloskładnikowy nawóz mikroelementowy oddziałował mniej korzystnie na skład frakcyjny białka ziarna obydwu badanych gatunków zbóż niż mikroelementy stosowane w formie pojedynczych soli nieorganicznych.

Słowa kluczowe: albuminy, globuliny, białko, jęczmień jary, mikroelementy, owoce

In the two-year one-factor field experiment, total and fractional protein contents were compared in spring barley and oat seeds leaf-fertilized with solutions of microelements in form of individual inorganic salts and as a multi-component fertilizer that contained the components as chelates (Mikrochelat Gama). The leaf fertilizing with micro-components generally had advantageous effect on cumulation of nitrogen in spring barley and oat seeds. Zinc and manganese were the microelements that significantly increased the content of this element in the both crops. Glutelins appeared to be the most abundant protein fraction, whereas albumins showed the lowest level. The seeds of oat had higher nitrogen content of albumins and globulins (the fractions of advantageous amino acid contents) than the seeds of spring barley. Zinc and manganese were the leaf-applied microelements, which significantly increased total nitrogen of these fractions in seeds of spring barley and oat. The multi-component fertilizer had a less advantageous effect on the fractional protein content in seeds of the both species than the microelements applied in form of individual inorganic salts.

Key words: albumins, globulins, microelements, oat, protein, spring barley

WSTĘP

Wśród kryteriów jakości plonów roślin zbożowych szczególne znaczenie ma zawartość białka. Ze względu na rolę białka w żywieniu zwierząt i ludzi, jak również z uwagi na jego wpływ na wartość technologiczną ziarna, podstawową sprawą jest oznaczenie nie tylko ogólnej zawartości białka, ale także oszacowanie jego wartości biologicznej. Decyduje ona m. in. o możliwości wykorzystania białka w żywieniu zwierząt, zwłaszcza monogastrycznych (Peterson, 1976; Ziółek i in., 1992; Barczak, 1999). Ważnym kryterium oceny jakości białka zbóż jest, obok składu aminokwasowego, także proporcja między frakcjami białkowymi, oznaczona na podstawie zróżnicowanej rozpuszczalności poszczególnych agregatów białkowych (Michael i Blume, 1960; Łoginow i in., 1971). Zawartość białka w ziarnie zbóż oraz jego skład frakcyjny zależą od właściwości genetycznych gatunku (Łoginow i in., 1971; Krietovič, 1975), odmiany (Cwojdzinski, 1979; Barczak, 1999), warunków siedliskowych, czynników agrotechnicznych, a zwłaszcza od nawożenia (Domska, 1973; Cwojdzinski, 1979; Barczak, 1999), w tym mikroelementami (Krietovič, 1975; Krauze i in., 1983; Ziółek i in., 1992; Sztunder i Świerczewska, 2002; Warechowska i in., 2002 a). Jednakże niewiele badań w tym zakresie dotyczy ziarna owsa, co prawdopodobnie wiąże się z niewielkim jego spożyciem w Polsce w stosunku do innych zbóż. Zainteresowanie budzą raczej próby zwiększenia wysokości plonu owsa metodami agrotechnicznymi oraz poprzez odpowiednią rejonizację i dobór stosownych odmian (Gašiorowski, 1995), natomiast niewiele uwagi poświęca się badaniom dotyczącym możliwości podnoszenia jakości białka poprzez odpowiednie nawożenie.

Celem podjętych badań było porównanie zawartości i składu frakcyjnego białka ziarna jęczmienia jarego oraz owsa, zbóż nawożonych dolistnie roztworami mikroelementów w formie pojedynczych soli nieorganicznych oraz w postaci wieloskładnikowego nawozu, który zawierał składniki w formie schelatowanej.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 1995–1996 w Terenowej Stacji Badawczej ATR w Wierzhucinku k. Bydgoszczy. Doświadczenie jednoczynnikowe założono metodą losowanych bloków, w trzech powtórzeniach, na glebie płowej typowej, należącej do klasy bonitacyjnej IIb i do kompleksu żyniego dobrego. Zasobność gleby w przyswajalne formy fosforu, potasu, a także manganu, cynku, boru i molibdenu była średnia, natomiast zawartość przyswajalnych form miedzi — niska (tab. 1).

W obydwu latach badań przedplonem jęczmienia jarego odmiany Rambo był ziemniak, a przedplonem owsa odmiany Komes — jęczmień jary. Powierzchnia poletka wynosiła 20,25 m². Badanym czynnikiem był rodzaj zastosowanego nawozu mikroelementowego (n = 6). Dawki nieorganicznych soli i dawkę Mikrochelatu ustalono na takich poziomach, że zawartość odpowiednich mikroelementów w pojedynczych solach i w nawozie wieloskładnikowym była jednakowa. Poziom dawek poszczególnych mikroelementów

wynikał z zaleceń producenta Mikrochelatu Gama, który pod rośliny zbożowe polecał zastosowanie 5 dm³ nawozu na hektar. Roztwór nawozu przygotowano, rozpuszczając odpowiednie sole w objętości wody odpowiadającej 300 dm³·ha⁻¹. Wykorzystywano w tym celu wodę wodociągową o średnim stopniu twardości. Podczas sporządzania cieczy roboczej nie stwierdzono wytrącania chelatowanych mikroelementów.

Tabela 1

Zawartość przyswajalnych form makro- i mikroelementów w glebie przed założeniem doświadczenia (1995)
Contents of assimilable forms of macro- and microelements in soil before starting the experiment (1995)

pH _{KCl}	P	K	Cu	Zn	Mn	B
	mg·kg ⁻¹					
5,7	46	132	15	98	1333	31

W badaniach zastosowano następujące formy i dawki mikroelementów:

- 30 g Zn·ha⁻¹ w postaci ZnSO₄ × 7H₂O,
- 45 g Mn·ha⁻¹ w postaci MnSO₄ × 5H₂O,
- 25 g Cu·ha⁻¹ w postaci CuSO₄ × 5H₂O,
- 4,5 g Mo·ha⁻¹ w postaci (NH₄)₂MoO₄ × 2H₂O,
- 20 g B·ha⁻¹ w postaci Na₂B₄O₇ × 10H₂O,
- Mikrochelat Gama, w którego dawce 5 dm³·ha⁻¹ zastosowano: 30 g Zn·ha⁻¹, 45 g Mn·ha⁻¹, 25 g Cu·ha⁻¹, 4,5 g Mo·ha⁻¹ i 20 g B·ha⁻¹, a także 36 g Fe·ha⁻¹ i 19 g Mg·ha⁻¹.

Mikrochelat Gama to wieloskładnikowy nawóz mikroelementowy, zawierający pierwiastki w postaci schelatowanej. Przeznaczony jest do nawożenia dolistnego, podlewania roślin oraz wzbogacania w mikroelementy pożywek i podłoży. Oprysk roślin wykonano jednorazowo w fazie strzelania w źdźbło. W obydwu latach badań zastosowano nawożenie mineralne w dawkach: 70 kg N·ha⁻¹ w formie saletry amonowej, 20 kg P·ha⁻¹ w postaci superfosfatu potrójnego oraz 60 kg K·ha⁻¹ jako 60% sól potasową.

W ziarnie zbóż oznaczono zawartość azotu metodą Kjeldahla oraz przeprowadzono analizę składu frakcyjnego białka metodą Michaela i Bluma (1960) w modyfikacji Łeginowa i wsp. (1971). Frakcje białkowe różniące się rozpuszczalnością ekstrahowano kolejno: wodą destylowaną, 5% roztworem siarczanu (VI) potasu oraz 0,1 M roztworem NaOH w 70% etanolu, wyodrębniając odpowiednio: azotowe związki niebiałkowe i albuminy, globuliny oraz gluteliny i prolaminy. Albuminy od azotowych związków niebiałkowych oddzielano, strącając je 20% roztworem kwasu trichlorooctowego. Natomiast gluteliny wydzielano, zubożając alkoholowy ekstrakt zawierający również prolaminy, roztworem kwasu solnego wobec błękitu tymolowego jako wskaźnika. Osobną frakcję stanowił nierozpuszczalny azot pozostałości poekstrakcyjnej, tzw. białko pozostałe lub resztkowe. Zawartość poszczególnych frakcji obliczono na podstawie oznaczenia azotu w odpowiednich osadach lub ekstraktach metodą Kjeldahla.

Otrzymane wyniki poddano analizie wariancji dla doświadczeń jednoczynnikowych prowadzonych metodą serii zależnych, wykorzystując do oceny istotności różnic test Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Średnia zawartość azotu ogólnego w ziarnie jęczmienia jarego wynosiła $20,9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, a w ziarnie owsa — $21,6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tab. 2). W kolejnych latach zawartość omawianego składnika była zróżnicowana: w ziarnie owsa w 1995 roku wynosiła $25,0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, podczas gdy w 1996 — $18,7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. W ziarnie jęczmienia jarego również stwierdzono wyższą zawartość azotu w próbach z pierwszego roku badań, jednak różnica ta była znacznie mniejsza.

Tabela 2

Zawartość azotu w ziarnie jęczmienia jarego i owsa ($\text{g N} \cdot \text{kg}^{-1} \text{s.m.}$)
Nitrogen content in grain of spring barley and oats ($\text{g N} \cdot \text{kg}^{-1} \text{d.m.}$)

Lata Years	Obiekty nawozowe Fertilization objects							Średnia Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	0	Gama	Cu	Zn	Mn	Mo	B		
jęczmień jary spring barley									
1995	20,7	21,5	21,1	22,1	22,2	20,5	21,0	21,3	1,54
1996	21,2	19,5	20,1	21,8	21,3	19,8	19,8	20,5	1,90
Średnia Mean	20,9	20,5	20,6	22,0	21,8	20,2	20,4	20,9	0,90
owies oats									
1995	24,1	23,3	23,8	25,4	25,2	24,6	24,4	25,0	n.i.
1996	18,6	15,4	19,8	19,8	20,2	18,6	18,7	18,7	2,22
Średnia Mean	21,3	19,3	21,8	22,6	22,7	21,6	21,6	21,6	1,28

Dla obydwu gatunków zbóż wykazano istotny wpływ nawożenia cynkiem i manganem na średnią zawartość azotu w ziarnie (tab. 2). Średni dla dwóch lat badań przyrost zawartości tego pierwiastka w ziarnie jęczmienia jarego w stosunku do obiektu kontrolnego pod wpływem cynku wynosił 5,3%, a w wyniku oddziaływania manganu — 4,3%. Dla ziarna owsa odpowiednie różnice to: 6,1% i 6,6%. Zwraca uwagę istotne obniżenie zawartości azotu w ziarnie owsa pod wpływem wieloskładnikowego nawozu mikroelementowego (Mikrochelat Gama); średnia dla dwóch lat różnica w porównaniu z wariantem bez nawożenia wynosiła 9,4%.

Wielu autorów (Ziółek i in., 1992; Domska i in., 1994; Gąsiorowski, 1995; Ruszkowska i Wojcieszka-Wyskupajtys, 1996; Sztunder i Świerczewska, 2002; Łabuda i Milczak, 2003; Tobiasz-Salach i Bobrecka-Jamro, 2003) podkreśla rolę nawożenia mikroelementami w kształtowaniu zawartości azotu białkowego w roślinie. Grzywnowicz-Gazda (1983) zwraca uwagę na znaczenie cynku w metabolizmie azotu. Według autorki mikroelement ten uczestniczy w kumulacji N-białkowego prawdopodobnie na etapie syntezy peptydów oraz poprzez syntezę tryptofanu. Dostateczne zaopatrzenie roślin w cynk warunkuje odpowiedni poziom RNA i trwałość rybosomów. Przy niedoborze cynku, który jest kofaktorem wielu enzymów, słabnie — zdaniem Ruszkowskiej i wsp. (1996) — intensywność fotosyntezy i spada zawartość azotu białkowego. Rolę cynku w syntezie białka potwierdzają badania m.in. Warechowskiej i wsp. (2002 a), które

wykazały dla ziarna pszenżyta jarego pod wpływem nawożenia cynkiem zwiększenie zawartości azotu nawet o 13% w stosunku do obiektu nienawożonego. Także Krauze i wsp. (1983), stwierdzili na obiektach nawożonych związkami cynku podwyższenie zawartości azotu w ziarnie pszenicy do 7,4%.

Jak wykazały przeprowadzone badania, mikroelementem, który obok cynku, oddziaływał korzystnie na kumulację azotu był mangan (tab. 2). Według Szukalskiego (1979) pierwiastek ten przeciwdziała gromadzeniu się azotanów, oddziałuje na hydrolizę peptydów i amidów, a intensyfikując proces fotosyntezy, podnosi poziom białka w roślinie. Potwierdzają to nie tylko niniejsze badania, ale również wyniki Grzywnowicz-Gazdy (1983), Krauze i wsp. (1983) oraz Warechowskiej i wsp. (2002 b).

Mikroelementem zwiększającym zdolność roślin do pobierania azotu i wpływającym korzystnie na gromadzenie azotu białkowego, a tym samym na zawartość białka ogólnego, jest według niektórych autorów miedź (Grzywnowicz-Gazda, 1983; Domska i in., 1994). Szukalski (1979) wskazuje również na pozytywną rolę molibdenu, jako pierwiastka zwiększającego aktywność enzymów flawoproteidowych, dzięki czemu mikroelement ten uczestniczy w procesie syntezy aminokwasów i białek. Natomiast przeprowadzone badania, podobnie jak wyniki Warechowskiej i wsp. (2002 a), nie potwierdziły korzystnego wpływu miedzi i molibdenu na zawartość związków azotu.

O ile w dostępnym piśmiennictwie można spotkać doniesienia dotyczące wpływu mikroelementów na kształtowanie zawartości białka roślin zbożowych, tak zupełnie unikalne są badania dotyczące wpływu tych pierwiastków na jego skład frakcyjny. Analiza frakcyjna, pozwalająca ustalić wzajemne proporcje białek typu glutenowego i białek nieglutenowych, obok składu aminokwasowego, może być podstawą oceny żywieniowej i technologicznej ziarna. Od dawna wiadomo, że substancje białkowe ekstrahowane z ziarna określonymi rozpuszczalnikami nie są homogeniczne, lecz stanowią kompleks cząsteczek o zbliżonych właściwościach fizyko-chemicznych i strukturalnych (Kriščenko i Datdendev, 1978; Gąsiorowski, 1995). Frakcje białkowe, wyodrębnione z ziarna za pomocą metody Michaela-Bluma (1960) zawierają pewne ilości białek należących do pozostałych frakcji (Draper, 1973; Wieser i in., 1980). Peterson i Wineger (1976), autorzy wyczerpującego opracowania o białkach owsa, zwracają uwagę na zbyt niskie stężenie soli przy ekstrakcji globulin w metodzie Michaela i Bluma (1960), co może powodować ich niepełne wyodrębnienie. Pomimo pewnych niedoskonałości, metoda ta, niekiedy modyfikowana (Schiller, 1971; Draper, 1973), nadal jest często stosowana do frakcjonowania białek roślinnych na zasadnicze grupy (Peterson, 1976; Cwojdzinski, 1979; Ziółek i in., 1992; Barczak, 1999; Warechowska, 2002 a). Jej zaletą są stosunkowo niskie koszty, zwłaszcza w porównaniu z kosztami biologicznych metod weryfikacji wartości białka. Jednak zdaniem Rakowskiej i wsp. (1978), a także Rek-Cieplej i wsp. (1985), dopiero zastosowanie badań na zwierzętach jest optymalną metodą pozwalającą na całościową ocenę potencjalnej wartości odżywczej białka.

Przeprowadzone badania wykazały zbliżony skład frakcyjny białka ziarna obydwu zbóż (tab. 3, 4). Stwierdzono, podobnie jak Łoginow i wsp. (1971) oraz Wieser i wsp. (1980), że w porównywanych gatunkach zbóż frakcją dominującą były gluteliny. W ziarnie

jęczmienia jarego średnia dla dwóch lat zawartość N-glutelin wynosiła 6,57 g·kg⁻¹, a w ziarnie owsa — 8,93 g·kg⁻¹, co stanowiło odpowiednio 31 i 41% azotu ogólnego.

Tabela 3

Skład frakcyjny białka ziarna jęczmienia jarego (g N·kg⁻¹ziarna)
Protein fractions content in spring barley (g N·kg⁻¹ of grain)

Mikro- elementy- Micro- elements	N- niebiałkowy N-non protein	Albuminy Albumins	Globuliny Globulins	Alb+ Glob Alb+ Glob	Gluteliny Glutelins	Prolaminy Prolamins	Glut+ Prol Glut+ Prol	N-nie- rozpuszczalny N-insoluble
1995								
0	2,45	0,89	2,00	2,89	6,65	4,54	11,19	4,16
Gama	2,55	1,05	2,38	3,43	7,06	4,29	11,35	4,20
Cu	2,13	0,95	2,31	3,26	6,91	4,55	11,46	4,25
Zn	2,43	1,10	2,55	3,65	6,85	4,50	11,35	4,61
Mn	2,70	1,21	2,39	3,60	6,95	4,59	11,52	4,32
Mo	2,17	0,97	2,15	3,12	6,69	4,32	11,01	4,24
B	2,47	0,92	2,21	3,13	6,79	4,49	11,28	4,13
X	2,41	1,01	2,28	3,30	6,84	4,47	11,31	4,28
NIR _{0,05}	0,561	0,305	n.i.	0,777	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
LSD _{0,05}								
1996								
0	2,22	0,97	2,07	3,04	6,67	4,71	11,38	4,55
Gama	2,00	1,04	1,93	2,97	6,26	4,28	10,54	4,00
Cu	2,14	0,92	2,04	2,96	6,43	4,49	10,92	4,11
Zn	2,10	1,05	2,24	3,29	6,14	4,85	10,99	4,45
Mn	2,17	1,27	2,13	3,40	6,49	4,57	11,06	4,64
Mo	1,88	1,00	2,09	3,09	6,08	4,29	10,37	4,47
B	2,07	0,91	1,93	2,84	6,14	4,12	10,26	4,44
X	2,08	1,02	2,06	3,08	6,30	4,47	10,77	4,38
NIR _{0,05}	0,561	0,237	n.i.	0,546	n.i.	0,712	n.i.	0,396
LSD _{0,05}								
średnie z dwóch lat/ mean for two years								
0	2,34	0,93	2,04	2,97	6,66	4,63	11,29	4,36
Gama	2,28	1,05	2,16	3,21	6,66	4,29	10,95	4,10
Cu	2,14	0,94	2,18	3,12	6,67	4,52	11,19	4,18
Zn	2,27	1,08	2,40	3,48	6,50	4,68	11,18	4,55
Mn	2,44	1,24	2,26	3,50	6,72	4,58	11,30	4,49
Mo	2,03	0,99	2,12	3,11	6,39	4,31	10,70	4,36
B	2,27	0,92	2,07	2,99	6,47	4,32	10,79	4,29
X	2,25	1,02	2,17	3,19	6,57	4,47	11,04	4,33
NIR _{0,05}	0,222	0,113	0,165	0,193	n.i.	0,336	n.i.	0,186
LSD _{0,05}								

Tabela 4

Skład frakcyjny białka ziarna owsa (g N·kg⁻¹ziarna)
Protein fractions content in oats (g N·kg⁻¹ of grain)

Mikro- elementy Micro- elements	N- niebiałkowy N- nonprotein	Albuminy Albumins	Globuliny Globulins	Alb+ Glob Alb+ Glob	Gluteliny Glutelins	Prolaminy Prolamins	Glut+ Prol Glut+ Prol	N-nie- rozpuszczalny N-insoluble
1995								
O	3,00	1,60	3,41	5,02	10,41	1,78	12,19	3,89
Gama	2,66	1,86	3,38	5,24	9,97	1,63	11,60	3,83
Cu	2,89	1,90	3,47	5,37	9,90	1,66	11,56	3,98
Zn	2,80	2,05	3,65	5,69	9,69	1,81	10,75	3,95
Mn	3,11	1,86	3,93	5,79	10,47	1,77	13,07	4,07
Mo	3,12	1,64	3,41	5,04	10,48	1,80	12,28	4,16
B	3,01	1,74	3,36	5,10	10,50	1,70	12,20	4,05
X	2,94	1,81	3,52	5,32	10,20	1,74	11,95	3,99
NIR _{0,05}	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	0,734	n.i.	15,9	n.i.
LSD _{0,05}								
1996								
O	2,26	1,08	3,14	4,22	7,94	1,30	9,24	2,87
Gama	1,66	1,09	2,69	3,78	6,49	1,01	7,50	2,42
Cu	2,43	1,22	3,47	4,70	7,88	1,51	9,38	3,29
Zn	2,56	1,39	3,45	4,84	8,00	1,37	9,37	3,06
Mn	2,49	1,20	3,60	4,79	7,46	1,29	8,75	3,14
Mo	2,28	1,17	3,32	4,49	8,25	1,42	9,67	2,81
B	2,11	1,09	3,25	4,34	7,56	1,44	9,00	2,95
X	2,26	1,18	3,27	4,45	7,65	1,33	8,99	2,93
NIR _{0,05}	0,781	n.i.	0,669	n.i.	1,589	n.i.	1,444	0,726
LSD _{0,05}								
średnie z dwóch lat mean for two years								
O	2,63	1,34	3,28	4,62	9,17	1,54	10,72	3,38
Gama	2,16	1,47	3,04	4,51	8,23	1,32	9,55	3,13
Cu	2,66	1,56	3,47	5,03	8,89	1,59	10,47	3,64
Zn	2,68	1,72	3,55	5,27	8,85	1,59	10,06	3,51
Mn	2,80	1,53	3,76	5,29	8,96	1,53	10,91	3,61
Mo	2,70	1,40	3,36	4,77	9,36	1,61	10,97	3,49
B	2,56	1,42	3,31	4,72	9,03	1,57	10,60	3,50
X	2,60	1,49	3,39	4,89	8,93	1,54	10,47	3,47
NIR _{0,05}	0,464	0,328	0,423	0,607	0,887	n.i.	0,751	0,394
LSD _{0,05}								

Z kolei najniższy udział w ziarnie obydwu zbóż posiadały albuminy: dla jęczmienia jarego średnia zawartość N-albumin kształtowała się na poziomie 1,02 g·kg⁻¹ (tab. 3), a dla owsa — 1,49 g·kg⁻¹, stanowiąc odpowiednio 5 i 7% azotu ogólnego (tab. 4). Najbardziej różniła się zawartość frakcji prolamin w porównywanych gatunkach. Udział N-prolamin, frakcji rozpuszczającej się w alkoholu, w ziarnie jęczmienia jarego wynosił średnio 4,47 g·kg⁻¹, a w ziarnie owsa zaledwie — 1,54 g·kg⁻¹ (odpowiednio 21 i 7% azotu ogólnego).

W przeprowadzonych badaniach wykazano zbliżone wartości średnich sum zawartości azotu prolamin i glutelin w ziarnie jęczmienia i owsa (odpowiednio: 11,04 g·kg⁻¹ i 10,47 g·kg⁻¹ tab. 3, 4). Natomiast średnie sumy zawartości azotu albumin i globulin były bardziej zróżnicowane i wynosiły odpowiednio: 3,19 g·kg⁻¹ oraz 4,89 g·kg⁻¹. Albuminy i globuliny

białka pełniące w roślinie funkcje enzymatyczne i strukturalne, zlokalizowane przede wszystkim w tarczy zarodka i warstwie aleuronowej, mają korzystniejszy skład aminokwasowy (Schiller, 1971; Draper, 1973; Dexter i Dronzek, 1975; Wieser i in., 1980; Barczak i Nowak, 1995). Większy udział tych frakcji w ziarnie owsa wskazuje na wyższą wartość odżywczą białka tego gatunku i produktów jego przerobu. Fakt ten potwierdzają Robbins i wsp. (1971), którzy w badaniach obejmujących 289 odmian północnoamerykańskich odmian owsa wykazali, że w jego ziarnie występuje wyższa niż w innych zbożach zawartość lizyny, treoniny oraz fenyloalaniny i tyrozyny. Według Zarkadasa i wsp. cyt. za Gąsiorowskim (1995) ziarno owsa jest też bogatsze od ziarna innych gatunków zbóż pod względem zawartości tryptofanu i metioniny. Wobec wyższej średniej zawartości azotu, ziarno owsa stanowi szczególnie bogate źródło aminokwasów egzogennych i korzystnie pod względem żywieniowym wyróżnia się na tle innych zbóż. Fakt ten też potwierdza wyższy dla owsa procentowy udział sumy azotu czterech *strictie* białkowych frakcji (albumin, globulin, prolamin i glutelin) w azocie ogólnym ziarna. W przeprowadzonych badaniach wskaźnik ten dla jęczmienia jarego wynosił 68,4% a dla owsa — 71,1%.

Warto podkreślić, że zawartość frakcji azotu niebiałkowego, która obejmuje rozpuszczalne w wodzie związki azotu (oprócz albumin), czyli amidy, wolne aminokwasy, peptydy, zasady azotowe oraz mineralne formy tego pierwiastka, była dla obydwu gatunków zbóż zbliżona i wynosiła dla jęczmienia jarego 2,25 g·kg⁻¹ (tab. 3), a dla owsa — 2,60 g·kg⁻¹ (tab. 4). Wykazano wyższą zawartość azotu niebiałkowego w ziarnie obydwu gatunków zbóż w pierwszym roku prowadzenia badań. Był to rok, w którym ziarno posiadało wyższą zawartość azotu ogólnego w stosunku do ziarna z drugiego roku badań. A zatem, podobnie jak w badaniach Warechowskiej (2002 a), podwyższeniu zawartości azotu ogólnego towarzyszyło zwiększenie udziału frakcji azotu niebiałkowego.

Dolistne stosowanie mikroelementów na ogół istotnie oddziaływało na skład frakcyjny białek obydwu zbóż. Wyjątek stanowiły gluteliny ziarna jęczmienia jarego oraz prolaminę ziarna owsa.

Mikroelementami, które istotnie zwiększały średnią dla dwóch lat zawartość sumy azotu albumin i globulin w ziarnie obydwu gatunków zbóż były cynk i mangan. Odpowiednie różnice w stosunku do obiektu kontrolnego wynosiły dla jęczmienia jarego: 17,2% i 17,8%, a dla owsa — 14,1% i 14,5%. Podobny kierunek zmian zawartości azotu albumin i globulin stwierdziła Warechowska i wsp. (2002 b), wykazując istotny wpływ dolistnego stosowania cynku, manganu i miedzi na skład frakcyjny białka pszenżyta jarego. Szczególną rolę w tym zakresie autorzy przypisali manganowi.

Warto podkreślić, że globuliny owsa wykazują pewne odstępstwa od typowych właściwości białek zbóż. Na przykład Colyer i Luthe, cyt. za Gąsiorowskim (1995), przypisują globulinom tego gatunku charakter białka zapasowego, wskazując na podobieństwa do glutelin. Okazuje się, bowiem, że frakcje globulin i glutelin ziarna owsa zawierają identyczne polipeptydy, które trudno poddają się ekstrakcji kolejnych rozpuszczalników, prawdopodobnie ze względu na obecność licznych wiązań typu -S-S- lub tworzenie kompleksów ze składnikami błon cytoplazmatycznych.

Należy spodziewać się, że konsekwencją podwyższenia zawartości azotu albumin i globulin były korzystne zmiany w składzie aminokwasowym białka ziarna. Na pozytywną rolę cynku, a także miedzi, w kształtowaniu składu aminokwasowego ziarna jęczmienia jarego zwracają uwagę Grzywnowicz-Gazda (1983) oraz Krauze i wsp. (1983). Autorzy niezależnie od siebie wykazali zwiększenie, pod wpływem stosowania mikroelementów, zawartości wielu aminokwasów egzogennych, w tym lizyny i metioniny, uznawanych za tzw. aminokwasy ograniczające wartość biologiczną białka ziarna zbóż.

Suma średnich zawartości azotu glutenin i prolamin w ziarnie jęczmienia jarego wahała się — w zależności od zastosowanego mikroelementu — w granicach od 10,70 do 11,30 g·kg⁻¹, natomiast w ziarnie owsa mieściła się w przedziale od 9,55 do 10,97 g·kg⁻¹. Wartości te były w mniejszym stopniu zróżnicowane w wyniku zastosowanego nawożenia mikroelementami niż sumy azotu albumin i globulin. W badanych gatunkach zbóż zwraca uwagę stosunkowo wysoka zawartość obydwu frakcji w ziarnie obiektów kontrolnych. Mikroelementami, które powodowały wyraźne, choć niepotwierdzone statystycznie, obniżenie średnich zawartości azotu omawianych frakcji w stosunku do obiektu kontrolnego w ziarnie jęczmienia jarego były molibden i bor. Natomiast w ziarnie owsa istotne obniżenie zawartości sumy azotu glutelin i prolamin wywołało zastosowanie Mikrochelatu Gama. Warto podkreślić, że gluteliny i prolaminy są rozmieszczone głównie w bielmie ziarna, w postaci tzw. ciał białkowych (Rakowska i in., 1978). Na ogół uważa się, że są one łatwiej strawne niż białka warstwy aleuronowej, które otoczone grubą błoną komórkową, zbudowaną z trudnostrawnych polisacharydów, są mniej dostępne działaniu enzymów trawiennych.

Najwyższą średnią zawartość niebiałkowych form azotu dla ziarna obydwu gatunków zbóż stwierdzono w obiektach opryskiwanych roztworem manganu. Pierwiastek ten, wchodząc w skład enzymów, takich jak reduktaza azotanowa, peptydaza i arginaza, wpływa na procesy redukcji azotanów oraz hydrolizy amidów, peptydów i mocznika (Szukalski, 1979). Stąd, co potwierdzają niniejsze badania, dobre zaopatrzenie rośliny w ten składnik pokarmowy może powodować podwyższenie zawartości azotu niebiałkowego. Pozostałe mikroelementy natomiast, podobnie jak w badaniach Warechowskiej i wsp. (2002 a), na ogół obniżały zawartość azotu niebiałkowego w ziarnie zbóż, w porównaniu z wariantem bez nawożenia.

Frakcji azotu pozostałości poekstrakcyjnej, czyli tzw. azotu nierozpuszczalnego, niewiele dotąd poświęcono uwagi. Jest to dotychczas w najmniejszym stopniu zbadana grupa związków białkowych. Według Kretoviča (1975) białka tej frakcji to prawdopodobnie wysokocząsteczkowe gluteliny i albuminy. Przypuszcza się, że omawiana grupa białek, stanowiąca mieszaninę wielkocząsteczkowych substancji, pełni w ziarnie raczej rolę strukturalną niż zapasową (Dexter i Dronzek, 1975). Przeprowadzone badania wykazały, że średnia zawartość azotu nierozpuszczalnego w ziarnie jęczmienia jarego (4,33 g·kg⁻¹) jest porównywalna z zawartością prolamin (4,47 g·kg⁻¹) a w ziarnie owsa (3,47 g·kg⁻¹) — z zawartością azotu globulin (3,40 g·kg⁻¹). Wyniki te korespondują z badaniami Kriščenki i Datdendeva (1978), według których udział azotu nierozpuszczalnego w ziarnie czterech odmian jęczmienia jarego wahał się w granicach

2,3%–6,0%. Natomiast według Domskiej (1973) zawartość tej frakcji w ziarnie jęczmienia jest nieco niższa i wynosi od 1,0 do 2,0%.

Zdaniem Muncka (1972), wzrost udziału azotu pozostałości poekstrakcyjnej jest niepożądany z żywieniowego punktu widzenia. Jakkolwiek skład aminokwasowy tej frakcji jest korzystny ze względu na znaczną obecność limitującej wartość białka zbóż lizyny (Wieser i in., 1980; Barczak i Nowak, 1995), jednak frakcja ta ma mniejsze znaczenie odżywcze z powodu niskiej przyswajalności.

Zastosowanie wieloskładnikowego Mikrochelatu Gama, zawierającego schelatowane formy mikroelementów, na ogół działało mniej korzystnie niż nawożenie pojedynczymi solami. Najniższą zawartość azotu nierozpuszczalnego i azotu prolamin w ziarnie jęczmienia jarego, a także azotu globulin, glutelin, prolamin oraz azotu niebiałkowego i nierozpuszczalnego w ziarnie owsa, stwierdzono właśnie dla obiektów opryskiwanych Mikrochelatem. Również Kozera i Cwojdzinski (2002) w badaniach opierających się na analogicznym doświadczeniu, a dotyczących oddziaływania mikronawozów na skład aminokwasowy białka bulw ziemniaka, wykazali mniej korzystne działanie Mikrochelatu. Można sądzić, że między mikroelementami znajdującymi się w nawozie zachodzą niekorzystne interakcje, powodujące niewielką z punktu widzenia jakości białka, efektywność tej formy nawozów.

WNIOSKI

1. Dolistne stosowanie mikronawozów na ogół korzystnie oddziaływało na kumulację azotu w ziarnie jęczmienia jarego i owsa. Mikroelementami, które istotnie zwiększały zawartość tego pierwiastka w ziarnie obydwu gatunków zbóż w stosunku do obiektu nie nawożonego, były cynk i mangan.
2. Dominującą frakcją białkową w ziarnie badanych zbóż były gluteliny; najniższy udział posiadały albuminy.
3. Ziarno owsa w stosunku do ziarna jęczmienia jarego posiadało wyższą zawartość azotu albumin i globulin, frakcji o korzystniejszym składzie aminokwasowym. Mikroelementami, które zastosowane dolistnie istotnie zwiększały sumę azotu tych frakcji w ziarnie jęczmienia i owsa, były cynk i mangan.
4. Nawożenie Mikrochelatem Gama powodowało istotne obniżenie zawartości sumy azotu glutelin i prolamin w ziarnie owsa. Podobny efekt w ziarnie jęczmienia jarego nastąpił pod wpływem zastosowania boru i molibdenu.
5. Wieloskładnikowy nawóz mikroelementowy w postaci schelatowanej oddziaływał mniej korzystnie na skład frakcyjny białka ziarna obydwu badanych gatunków zbóż niż mikroelementy stosowane w formie pojedynczych soli nieorganicznych.

LITERATURA

- Barczak B., Nowak K. 1995. Wpływ nawożenia azotem na jakość białka ziarna jęczmienia ozimego Cz. II. Skład aminokwasowy frakcji. *Rocz. Nauk Rol. A*, 111 (1/2): 85 — 97.
- Barczak B. 1999. Rola nawożenia azotem w kształtowaniu wartości biologicznej białka ziarna jęczmienia ozimego. *Rocz. Nauk Rol. A*, 114(1/2): 205 — 218.

- Cwojdzinski W. 1979. Wpływ nawożenia azotowego na zawartość i jakość białek ziarna różnych odmian jęczmienia ozimego. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, 79, Rolnictwo 10: 3 — 122.
- 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.
- Domska D. 1973. Wpływ nawożenia na zawartość azotu i jakość białka ziarna pszenicy i jęczmienia. I. Frakcje azotowe. Zesz. Nauk. ART. Olsztyn, Rolnictwo, 3: 101 — 114.
- Domska D., Anchim W., Bobrzecka D., Procyk Z. 1994. Wpływ nawożenia azotem i miedzią na plon, zawartość skład aminokwasowy białka ziarna pszenicy ozimej. Frag. Agron., 3: 46 — 53.
- Draper S. R. 1973. Amino acid profiles of chemical and anatomical fractions of oat grains. J. Sci. Food Agric. 24: 1241 — 1250.
- Gąsiorowski H. 1995. Owies — chemia i technologia. PWRiL, Warszawa.
- Grzywnowicz-Gazda Z. 1983. Wpływ zróżnicowanego nawożenia cynkiem na wysokość i jakość plonu ziarna jęczmienia jarego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 242: 201 — 209.
- Kozera W., Cwojdzinski W. 2002. Impact of fertilization with zinc and manganese on chemical content of potato tubers. Chemia Inżynieria Ekologia, 11, 9: 1397 — 1402.
- Krauze A., Domska D., Koter M. 1983. Wpływ wysokiego nawożenia azotowego i mikroelementów na plon białka w pszenicy oraz jego wartość biologiczną. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 238: 109 — 120.
- Krietovič W. L. 1975. Rastitielnye belki i ich biosintez. Nauka, Moskwa.
- Kriščenko W. P., Datdendev D. D. 1978. Uslovija i chimiceskoj sostav jačmienija. Izv. Akad. Nauk ZSSR, ser. Biol. 1: 71 — 78.
- Łabuda H., Milczak M. 2003. Wpływ dokarmiania dolistnego mikroelementami na jakość nasion bobu w fazie dojrzałości technologicznej. Acta Agrophys. 85, 197 — 202.
- Łoginow W., Gulewicz K., Kłupczyński Z. 1971. Analiza frakcji białek i perspektywy jej stosowania. Pam. Puł. 50: 117 — 126.
- Michael G., Blume B. 1960. Über den Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Eisweisszusammensetzung des Gerstenkornes. Zeit. für Pflernäh. Düng. Bodenkd. 88 (3): 237 — 250.
- Munck L. 1972. Improvement of nutritional value in cereals. Hereditas, 72 (1): 1 — 128.
- Peterson D. M. 1976. Protein concentration, Concentration of protein fractions, and amino acid balance in oats. Crop Sci. 16: 663 — 667.
- Peterson D. M., Winegar A. C. 1986. Oat storage proteins. In: Oats chemistry and technology: AACCC, St. Paul: 153 — 203.
- Rakowska M., Szkiłłądziowa W., Kunachowicz H. 1978. Biologiczna wartość białka żywności. WNT, Warszawa.
- Rek-Ciepla B., Czembor H., Neumann M. 1985. Ocena niektórych cech jakościowych białka ziarna jęczmienia. Biul. IHAR 29, 516: 49 — 55.
- Robbins G. S., Pomeranz Y., Briggie L. 1971. Amino acid composition of oat grain. J. Agric. Food Chem., 19, 3: 536 — 539.
- Ruszkowska M., Wojcieszka-Wykupajtyś U. 1996. Mikroelementy — fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 1 — 11.
- Schiller K., 1971. Untersuchungen über die Variabilität von Futtergerstenprotein. Landw. Forsch. 24, 1: 15 — 33.
- Sztunder H., Świerczewska M., 2002. Wpływ nawozów dolistnych na cechy jakościowe ziarna niektórych odmian pszenicy ozimej i jarej. Zesz. Nauk. Post. Nauk Rol., 484, II: 669 — 674.
- Szukalski H., 1979. Mikroelementy w produkcji roślinnej. PWRiL, Warszawa.
- Tobiasz-Salach R., Bobrecka-Jamro D., 2003. Wpływ wieloskładnikowych nawozów dolistnych na plonowanie i skład chemiczny owsa. Acta Agrophys. 65: 89 — 98.
- Warechowska M., Domska D., Bobrzecka D. 2002 a. Wpływ techniki dokarmiania dolistnego na plon i jakość ziarna pszenżyta jarego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 484: 725 — 732.
- Warechowska M., Domska D., Wojtkowiak K., Raczkowski M. 2002 b. Wpływ dolistnego dokarmiania azotem i mikroelementami na zawartość i skład białka ziarna pszenżyta jarego. Zesz. Probl. Nauk Rol., 484: 733 — 741.

- Wieser H., Seilmeier W., Belitz H. 1980. Vergleichende Untersuchungen über partielle Aminosäuresequenzen von Prolaminen und Glutelinen verschiedener Getreidearten. I. Proteinfractionierung nach Osborne. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 170: 17 — 26.
- Ziótek E., Desoń-Barańska B., Szafranski W. 1992. Wpływ nawożenia makro- i mikroelementami na zawartość i skład aminokwasowy białka w ziarnie owsa i jęczmienia jarego w zależności od warunków siedliskowych. Zesz. Nauk. AR Kraków, 259, Sesja Nauk., 32: 375 — 395.