

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy
ul. Seminaryjna 5, 85-326 Bydgoszcz, Poland

Wojciech Kozera, Bożena Barczak, Edward Majcherczak

**Zawartość i skład frakcyjny białka ziarna owsa uprawianego
w warunkach dolistnego nawożenia molibdenem i borem**

The content and fraction composition of grain protein of oat cultivated in the conditions
of molybdenum and boron applied on the leaves

ABSTRACT. In the years 1995–1996 a field experiment in the Experiments Station in Wierzchucinek belonging to the Technical-Agriculture University was carried out. The effect of spraying fertilization with molybdenum and boron on the content of oat grain and its fractional composition was tested. Molybdenum and boron were applied as single inorganic salts. The experiment was established as one treatment on gray podsolic soil, where the content assimilable forms of phosphorus, potassium, molybdenum and boron were average. No effect under tested microelements on the increase of protein in the grain was found. The effect of the tested microelements on the increase of the albumins and prolamins content and decrease of the content of glutelins in the protein of the oat grain was statistically confirmed. As the result of applied fertilization the sum of alubimins and globulins increased as well, but the sum of gliutelins and prolamines decreased.

KEY WORDS: oat, molybdenum, boron, protein content, fraction of protein

W intensywnej produkcji rolniczej nawożenie dolistne jest jednym z istotnych elementów technologii uprawy roślin [Czuba 1996, Warechowska i in. 2002, Szewczuk, Michałojć 2003]. Taki sposób nawożenia umożliwia szybkie dostarczenie deficytowych dla roślin składników pokarmowych, zarówno w przypadku ich niedoboru w glebie, jak też utrudnionego pobierania. Odnosi się to zwłaszcza do mikroelementów, które podnoszą efektywność nawożenia makroelementami, warunkując zwiększenie i wysoką biologiczną wartość plonu

[Grzywnowicz-Gazda 1983]. Główną zaletą dolistnego nawożenia roślin, oprócz szybkości działania, jest wysoki stopień wykorzystania składników pokarmowych [Szewczuk, Michałojć 2003].

W piśmiennictwie przedmiotu niewiele jest danych dotyczących wpływu dolistnego nawożenia mikroelementami zbóż, a zwłaszcza owsa, na jakość białka, które jest jednym z najważniejszych kryteriów oceny wartości plonu ziarna zbóż. Dlatego słuszne wydaje się podjęcie badań nad oddziaływaniem nawożenia molibdenem i borem, zastosowanych w formie pojedynczych soli nieorganicznych, na zawartość i jakość białka ziarna owsa.

METODY

Badania przeprowadzono, w oparciu o dwuletnie doświadczenie polowe, realizowane w latach 1995–1996 w Terenowej Stacji Badawczej ATR, położonej w Wierzchucinku w pobliżu Bydgoszczy. Doświadczenie zostało założone jako jednoczynnikowe, metodą losowanych bloków w trzech powtórzeniach, na glebie płowej typowej, wytworzonej z gliny bazalnej. Poziom orno-próchniczny charakteryzował się uziarnieniem piasku gliniastego mocnego. Glebę zaliczono do klasy bonitacyjnej IIIb. Zasobność gleby w przyswajalne formy fosforu, potasu, a także molibdenu i boru była średnia. W obydwu latach badań przedplonem owsa odmiany Komes był jęczmień jary. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła $20,25 \text{ m}^2$.

Za badany czynnik przyjęto rodzaj nawozu mikroelementowego. W doświadczeniu do oprysku roślin zastosowano roztwory pojedynczych soli nieorganicznych. Zastosowano następujące formy i dawki mikroelementów: $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($4,5 \text{ g Mo ha}^{-1}$), $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (20 g B ha^{-1}). W schemacie doświadczenia uwzględniono również obiekt kontrolny, na którym nie stosowano nawożenia dolistnego.

Jednorazowy zabieg opryskiwania roślin wykonano ręcznie w fazie strzelania w źdźbło, rozpuszczając stosowane nawozy w objętości wody odpowiadającej $300 \text{ dm}^3 \text{ ha}^{-1}$. W obydwu latach badań stosowano jako nawożenie podstawowe 80 kg N ha^{-1} w postaci saletry amonowej, 20 kg P ha^{-1} w formie superfosfatu potrójnego oraz 70 kg K ha^{-1} jako 60% sól potasową.

Zdecydowanie korzystniejszym rokiem dla wegetacji owsa pod względem ilości opadów był rok 1996 z obfitymi opadami w maju i lipcu (tab. 1). W okresie prowadzenia badań lipiec 1995 roku był miesiącem o najwyższej średniej temperaturze, która wynosiła 21°C oraz o nietypowo niskich opadach ($12,1 \text{ mm}$) w porównaniu ze średnią wieloletnią. W pozostałych miesiącach obydwu lat badań temperatury powietrza nie odbiegały od średniej wielolecia dla rejonu, w którym prowadzono doświadczenie.

Tabela 1. Warunki meteorologiczne w okresie wegetacji owsa
Table 1. Weather conditions during oat vegetation

Rok Year	Miesiąc Month				
	IV	V	VI	VII	VIII
	Temperatura Temperature (°C)				
1995	8,2	13,0	16,8	21,0	19,7
1996	8,0	12,6	15,8	15,3	18,1
Wielolecie Over many years	7,2	12,9	16,2	17,8	17,4
	Opady Rainfall (mm)				
1995	25,9	51,5	52,2	12,1	55,7
1996	19,4	103,7	40,1	91,9	94,9
Wielolecie Over many years	26,4	39,3	56,0	68,3	52,4

W ziarnie owsa wykonano analizę składu frakcyjnego białka metodą Michała i Bluma [1960] w modyfikacji Łoginowa i in. [1971]. 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 prolaminy). Albuminy od azotowych związków niebiałkowych oddzielono, strącając je 20% kwasem trichlorooctowym. Natomiast gluteliny oddzielono od prolamin z alkoholowego ekstraktu po obniżeniu pH roztworu do 5,5.

Wyniki opracowano statystycznie, stosując analizę wariancji w układzie zmiennych zależnych przy użyciu testu Tukeya na poziomie istotności $\alpha=0,05$.

WYNIKI

Zastosowane nawożenie mikroelementami na ogół wywierało wpływ na biosyntezę związków azotowych. W praktyce rolniczej molibden i bor, oprócz miedzi, cynku i manganu, należą do podstawowych mikroelementów, stosowanych w pozakorzeniowym żywieniu roślin. Powszechnie uważa się, że pierwiastki te istotnie wpływają na przebieg wielu procesów zachodzących w roślinie, a zwłaszcza na syntezę białka (molibden) czy przemiany węglowodanów (bor). Przyjmuje się, że warunkiem uzyskania plonu dobrej jakości jest zachowanie odpowiednich proporcji w nawożeniu makro- i mikroelementami. Dawki nawozów należy dostosować do potrzeb pokarmowych owsa w taki sposób, aby zapewnić produkt o wysokich walorach konsumpcyjnych, paszowych i technologicznych. Trzeba podkreślić, że zagadnienie to w odniesieniu do boru i molib-

deniu, a w szczególności do ich wpływu na skład aminokwasowy i frakcyjny białka, jest bardzo mało poznane.

Ziarno owsa odbiega swoim składem chemicznym od ziarna pozostałych zbóż [Gąsiorowski 1995]. W ziarnie tego zboża występuje korzystna kombinacja składników odżywczych, co stanowi o jego dużej wartości żywieniowej. Według Gąsiorowskiego [1992] zawartość białka w obłuszczonego ziarna owsa jest od 10 do 25% wyższa w porównaniu z innymi zbożami. Jest ono również bogatsze w aminokwasy egzogenne. Zebrane w 1995 roku ziarno cechowało się wyższą zawartością białka, i to o 26%, w porównaniu z rokiem 1996. Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic w zawartości białka ogólnego w ziarnie owsa pod wpływem zastosowanego nawożenia (tab. 2). Po zastosowaniu molibdenu średnia zawartość białka w ziarnie była zbliżona do uzyskanej na obiekcie kontrolnym i wynosiła 137,94 g kg⁻¹. Dolistne stosowanie boru spowodowało nieistotne

Tabela 3. Wpływ nawożenia mikroelementami na udział frakcji białkowych w białku owsa (g kg⁻¹ białka)

Table 3. Effect of fertilization with microelements on participation of protein fractions in protein of oat (g kg⁻¹ of protein)

Obiekty nawozowe Fertiliza- tion Objects	Albuminy Albumins	Globuliny Globulins	Prolaminy Prolamins	Gluteliny Glutelins	Azotowe związki niebiałko- we N-non protein	Azotowe związki nieroz- puszczalne N-insolu- ble	Albuminy+ Globuliny Albumins+ Globulins	Gluteliny+ Prolaminy Glutelins+P rolamins
1995								
0	66,50	141,60	73,90	432,00	124,40	161,50	208,10	505,90
Mo	66,37	138,57	73,27	425,83	126,70	169,20	204,93	499,10
B	71,43	138,00	70,03	430,80	123,67	166,03	209,43	500,83
Średnio Mean	68,10	139,39	72,40	429,54	124,92	165,58	207,49	501,94
NIR LSD	4,51	ni ns	ni ns	ni ns	ni ns	ni ns	ni ns	5,75
1996								
0	58,20	168,70	70,10	426,70	121,50	154,50	220,90	496,80
Mo	62,30	178,13	76,10	418,80	123,00	151,57	241,03	494,90
B	59,40	177,00	78,37	410,53	114,27	160,50	236,40	488,90
Średnio Mean	59,97	174,61	74,86	418,68	119,59	155,52	232,78	493,53
NIR LSD	ni ns	9,35	2,27	8,62	3,10	6,80	12,76	ni ns
1995-1996								
0	62,35	155,15	72,00	429,35	122,95	158,00	214,50	501,35
Mo	64,33	158,35	74,68	422,32	124,85	160,38	222,98	497,00
B	65,42	157,50	74,20	420,67	118,97	163,27	222,92	494,87
Średnio Mean	64,03	157,00	73,63	424,11	122,26	160,55	220,13	497,74
NIR LSD	2,84	ni ns	1,02	3,87	1,40	3,06	5,73	3,60

o 1,88% obniżenie białka w ziarnie w porównaniu z obiektem kontrolnym. Niewielką, ale dodatnią reakcją białka ziarna owsa na łączne nawożenie mikroelementami (Cu+Mo+Mn) uzyskał Ziółek i in. [1992].

Na podstawie poziomu zawartości białka w zbożu nie można wnioskować o jego jakości. Wartość biologiczna białka zależy przede wszystkim od składu aminokwasowego, w szczególności od zawartości aminokwasów egzogennych, a także od udziału poszczególnych frakcji białkowych. Owies, w porównaniu z innymi zbożami, od niedawna stał się przedmiotem badań, dlatego też wiedza o czynnikach oddziałujących na jakość odżywczą jego plonów, a zwłaszcza o roli mikroelementów w kształtowaniu zawartości białka i jego składu frakcyjnego, jest niewielka.

Przeprowadzone badania wykazały istotny wpływ boru na obniżenie zawartości azotowych związków niebiałkowych (tab. 3), średnio 3,24% w porównaniu z zawartością uzyskaną na obiekcie nienawożonym. Nawożenie molibdenem natomiast powodowało wzrost o 1,55% udziału tej frakcji w białku w stosunku do kontroli. W badaniach przeprowadzonych przez Warechowską i in. [2002] dolistne stosowanie mikroelementów w uprawie pszenżyta jarego na ogół obniżało zawartość azotu niebiałkowego w białku ziarna w porównaniu z obiektem kontrolnym. Poziom azotowych związków nierozpuszczalnych, czyli tak zwanego białka resztkowego, pod wpływem stosowanego nawożenia na obydwu obiektach nawozowych był wyższy niż na obiekcie kontrolnym. Jednakże tylko po zastosowaniu boru wzrost ten w stosunku do kontroli okazał się statystycznie istotny i wyniósł 3,34%.

Tabela 2. Wpływ nawożenia mikroelementami na zawartość białka ogólnego w ziarnie owsa, g kg⁻¹

Table 2. Effect of fertilization with microelements on total protein content in grain of oat, g kg⁻¹

Rok Year	Obiekty nawozowe Fertilization objects			Średnio Mean	NIR LSD
	0	Mo	B		
1995	150,62	153,77	153,77	152,72	ni ns
1996	125,00	122,10	116,67	121,26	ni ns
Średnio Mean	137,81	137,94	135,22	136,99	ni ns

Przeprowadzone badania wskazują na istotny wpływ zastosowanego nawożenia na udział albumin w białku owsa, których średnia dla dwóch lat zawartość wynosiła 64,03 g kg⁻¹. Na wszystkich obiektach nawozowych uzyskano wyższe wartości niż na obiekcie kontrolnym. Po zastosowaniu boru nastąpił istotny

wzrost albumin w białku owsa, zarówno dla średnich z dwóch lat (4,92%), jak i w pierwszym roku badań (7,41%). Natomiast udział globulin w białku owsa nie był istotnie modyfikowany przez zastosowane nawożenie. Należy zauważyć, że oprócz nawożenia średni poziom albumin i globulin w białku owsa zależał od roku uprawy. W roku 1995, w którym opady były niższe (tab. 1), białko ziarna było bogatsze w albuminy w porównaniu z rokiem 1996, natomiast w drugim roku badań poziom globulin w ziarnie był wyraźnie wyższy niż w roku 1995. Niektórzy autorzy [Barczak 1995] podają, że wzrost zawartości białka spowodowany jest gromadzeniem przez roślinę białek zapasowych (prolamin i glutelin) w bielmie ziarna, natomiast bezwzględna zawartość białek zarodka i warstwy aleuronowej (albumin i globulin) pozostaje stała. Zależności te częściowo potwierdzono w niniejszych badaniach. W pierwszym roku badań wyższej zawartości białka towarzyszyła wyższa zawartość glutelin. Z kolei w roku, w którym zawartość białka w ziarnie była niższa, stwierdzono wyższą zawartość globulin.

Średnia zawartość prolamin w białku ziarna owsa wynosiła $73,63 \text{ g kg}^{-1}$. Prolaminy owsa, zwane również aweninami, występują w ziarnie tego zboża w znacznie mniejszych ilościach niż prolaminy innych zbóż [Gąsiorowski 1995]. Uwzględniając skład aminokwasowy, a zwłaszcza zawartość aminokwasów egzogennych, jest to frakcja o najmniejszej wartości odżywczej spośród białek owsa. Badania Drapera [1973] wykazały, że frakcje zapasowe białka owsa, tj. prolaminy i gluteliny, nie różnią się zasadniczo zawartością lizyny i waliny, natomiast posiadają zróżnicowany poziom kwasu glutaminowego i proliny, a także treoniny. Nawożenie molibdenem i borem istotnie średnio podwyższało zawartość prolamin w stosunku do obiektu kontrolnego, odpowiednio o 3,72 i 3,10%.

Stosując klasyczną metodę ekstrakcji białek, wykazano, że gluteliny mają największy ilościowy udział w białku owsa spośród oznaczonych frakcji. Są one głównym białkiem zapasowym. Michael i Blume [1961] wskazują, że w ziarnie owsa gluteliny są bardziej zasobne w aminokwasy niezbędne niż prolaminy. Również Łoginow i in. [1971] w pracy poświęconej perspektywie zastosowania analizy składu frakcyjnego białek zbóż w ocenie ich wartości biologicznej wskazują na dominujący udział tej frakcji. Völker [1975] podaje, że w azocie ogólnym ziarna owsa azot prolamin stanowi 14%, natomiast azot frakcji glutelin 42%. Odmienny pogląd reprezentuje Draper [1973], który badając skład aminokwasowy frakcji białek ziarna owsa stwierdził, że ilości prolamin i glutelin są zbliżone. Klupczyński [1981], opierając się na doniesieniach różnych autorów, podkreśla znaczne zróżnicowanie danych w tym zakresie. Wskazuje na przykład, że według niektórych doniesień frakcją dominującą w ziarnie owsa są globuliny. W przeprowadzonych badaniach w ziarnie owsa uzyskano z badanych

obiektów nawozowych średnie obniżenie zawartości glutelin w stosunku do obiektu kontrolnego. Pod wpływem nawożenia molibdenem i borem stwierdzono obniżenie zawartości omawianej frakcji, które wynosiło odpowiednio 1,64 i 2,02%. Bor i molibden przyczynił się również do istotnego obniżenia, średnio dla dwóch lat, sumy glutelin i prolamin. Różnica w stosunku do obiektu nienawożonego wynosiła odpowiednio 1,29% i 0,87%. Udział sumy albumin i globulin w białku ziarna owsa był również modyfikowany przez zastosowane nawożenie. Zarówno nawożenie molibdenem, jak i borem powodowało wzrost sumy zawartości tych frakcji w porównaniu z obiektem kontrolnym średnio o około 4%.

Owies jest rośliną, która wykazuje średnią wrażliwość na niedobór molibdenu i niską – na niedobór boru w glebie. Przeprowadzone badania wskazują na ścisłą zależność pomiędzy biosyntezą związków azotowych a zaopatrzeniem roślin w te mikroelementy, których niedobór może limitować produkcję białka, a także wpływać na pogorszenie jego składu aminokwasowego i frakcyjnego. Wielu autorów podkreśla ważną rolę molibdenu w syntezie białka i przemianach związków azotu [Czuba 1996; Ruszkowska, Wojcieszka-Wyskupajtys 1996; Spiak 2000].

Według dotychczasowych poglądów, zboża odznaczają się bardzo małym zapotrzebowaniem na bor i z reguły nie wymagają nawożenia tym składnikiem pokarmowym. Pojawiają się jednak doniesienia o skutkach deficytu boru i pozytywnych efektach jego stosowania w uprawach zbóż [Wróbel, Obojski 1998; Wróbel 2000]. Konieczność zapewnienia odpowiedniej zawartości boru w ziarnie zbóż, a tym samym jego obecności w nawozach mikroelementowych, wynika również z wykazanej w badaniach z ostatnich lat ważnej roli tego pierwiastka w żywieniu ssaków [Nielsen 2002]. Przeprowadzone badania potwierdziły istotny udział tego pierwiastka w kształtowaniu jakości białka owsa przez oddziaływanie na zawartość albumin, a także prolamin i glutelin. Wydaje się uzasadnione kontynuowanie badań nad rolą mikroelementów aplikowanych w formie anionowej w metabolizmie związków azotu w roślinie, ze szczególnym uwzględnieniem syntezy białka w ziarnie zbóż.

WNIOSKI

1. Na podstawie przeprowadzonych badań nie stwierdzono istotnego wpływu dolistnego nawożenia molibdenem i borem na zawartość białka ogólnego w ziarnie owsa.

2. Nawożenie molibdenem i borem przyczyniło się do zmian składu frakcyjnego białka ziarna owsa, istotnie podwyższając zawartość prolamin oraz obniżając poziom glutelin.

3. Zastosowanie boru powodowało statystycznie potwierdzone obniżenie udziału w białku azotowych związków niebiałkowych, a także sumy glutelin i prolamin, przy jednoczesnym podwyższeniu zawartości albumin.

PIŚMIENNICTWO

- Barczak B. 1995. Wpływ nawożenia azotem na jakość białka ziarna jęczmienia ozimego Cz. I. Frakcje białkowe. *Rocz. Nauk Rol. A*, 111 (1/2), 85–97.
- Czuba R. 1996. Celowość i możliwości uzupełniania niedoborów mikroelementów u roślin. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 434, 55–64.
- Draper S.R. 1973. Amino Acid Profiles of Chemical and Anatomical Fractions of Oat Grains. *J. Sci Food Agric.* 24, 10, 1241–1250.
- Gąsiorowski H. 1992. Owies w żywieniu zdrowego i chorego człowieka. PTTŻ, Poznań.
- Gąsiorowski H. 1995. Owies chemia i technologia. PWRiL, Warszawa.
- Grzywnowicz-Gazda Z. 1983. Wpływ niektórych mikroelementów na zawartość i plon białka w ziarnie jęczmienia jarego *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 238, 101–107.
- Kluczyński Z. 1981. Wpływ nawożenia azotem na jakość ziarna zbóż. *Mat. Konf. Wpływ nawożenia na jakość ziarna zbóż. Mat. Konf. Wpływ nawożenia na jakość plonów. Puławy 1980*, 51–74.
- Łoginow W., Gulewicz K., Kluczyński 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. *Z. f. Pflnäh. Düng. Bodenkd.* 88, 3, 237–250.
- Nielsen F.H. 2002. The nutritional importance of boron throughout the life cycle of higher animals and humans. In: *Boron in Plant and Animal Nutrition*. Kluwer Academic, Plenum Publishers, New York, 37–50.
- Ruszkowska M., Wojcieszka-Wyskupajtyś U. 1996. Mikroelementy – fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 434, 1–11.
- Spiak Z. 2000. Mikroelementy w rolnictwie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 471, 29–34.
- Szewczuk C., Michałojć Z. 2003. Praktyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. *Acta Agrophysica* 85, 19–29.
- Warechowska M., Domska D., Bobrzecka D. 2002. Wpływ techniki dokarmiania dolistnego na plon i jakość ziarna pszenżyta jarego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 484, 725–732.
- Wróbel S. 2000. Poziom plonowania krajowych upraw produkcyjnych owsa a zawartość mikroelementów w glebie i roślinach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 471, 609–617.
- Wróbel S., Obojski J. 1998. Zawartość mikroelementów w glebie i roślinach jęczmienia jarego z pól o wysokiej produktywności. *Roczniki AR w Poznaniu*, 307, 52, 129–136.
- Völker T. 1975. Untersuchungen über den Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Zusammensetzung der Weizen und Haferprotein. *Arch. Acker Pflbau. U.B.* 19, 4, 267–276.
- Ziółek 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 w Krakowie* 32, 375–395.