

BOŻENA BARCZAK
WOJCIECH KOZERA
KRYSTIAN NOWAK
EDWARD MAJCHERCZAK

Katedra Chemii Rolnej, Wydział Rolniczy
Akademia Techniczno-Rolnicza, Bydgoszcz

Wpływ nawożenia saletrą amonową z mikroelementami na plon ziarna i białka owsa odmiany Komes

The effect of fertilization with ammonium nitrate and microelements on yields of grain and protein of the oat cultivar Komes

Podstawę badań stanowiło doświadczenie polowe przeprowadzone w latach 1999–2001 w Stacji Badawczej ATR w Wierzhucinku k. Bydgoszczy na glebie płowej właściwej. Owies odmiany Komes nawożono saletrą amonową, magmolem (saletrą wzbogaconą w magnez i molibden), a także saletrą amonową uzupełnioną wieloskładnikowym nawozem mikroelementowym Sonata o zróżnicowanych dawkach ($3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Przeprowadzone badania wykazały, że nawożenie mineralne istotnie podwyższało w porównaniu z obiektem kontrolnym wielkość plonu ziarna owsa, zawartość w nim białka oraz wysokość plonu białka. Najwyższy średni plon ziarna owsa uzyskano w wyniku zastosowania saletry amonowej i $3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ nawozu Sonata — różnica w stosunku do obiektu nie-nawożonego wynosiła $1,56 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, co stanowiło 54,4%. Nie stwierdzono istotnych różnic między obiektami nawozowymi pod względem zawartości białka w ziarnie owsa. Zastosowanie magmolu pozwoliło osiągnąć plon białka ziarna owsa o 5,5% wyższy niż w wyniku nawożenia saletrą amonową, pozbawioną dodatku innych składników. Z dwóch objętych badaniami dawek Sonaty jako dodatku do saletry amonowej, istotnie korzystniejszą pod względem wielkości plonu białka była dawka $3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Słowa kluczowe: białko, mikroelementy, nawożenie dolistne, owies, plon białka, plon ziarna

The present study was based on a field experiment carried out on a good rye type soil in 1999–2001 at the ATR Research Station at Wierzhucinek near Bydgoszcz. Two types of ammonium nitrate: traditional and Magmol — the nitrate enriched with magnesium (1.4%) and molybdenum (0.04%) were applied to fertilize the oat of Komes variety together with a multi-component fertilizer called Sonata. Investigation showed that mineral fertilization with both types of nitrates and with the Sonata fertilizer containing microelements significantly increased the yield of oat grain, protein content in the grain and the level of protein yield with reference to the control object. The highest average oat grain yield was obtained after using the ammonium nitrate and $3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ of Sonata fertilizer — the remainder amounted to $1.56 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ in relation to the non-fertilized object, which was 54.4%. No significant differences between fertilized objects were observed, considering the content of protein in oat grain. The use of

Magmol permitted a protein yield in the tested oat grain to be higher by 5.5% than the yield achieved as a result of ammonium nitrate with no addition of other components. Considering the two doses included in our experiment, a dose of 3 kg·ha⁻¹ appeared to be significantly more advantageous as regards the level of protein yield.

Key words: fertilization, microelements, oat, protein, protein yield, grain yield

WSTĘP

W celu otrzymania wysokich, o dużej wartości biologicznej plonów, należy roślinom zapewnić optymalne warunki rozwoju, w tym wystarczającą podaż niezbędnych makro- i mikroelementów. Wśród makroskładników największy wpływ na wzrost, rozwój i plonowanie roślin uprawnych posiada azot (Domska i in., 1994; Barczak i Nowak, 1995; Świderka-Ostapiak i Stankowski, 2002). Cennym uzupełnieniem stosowania azotu i innych makroskładników jest nawożenie mikroelementami, które uważa się za jeden z ważniejszych czynników agrotechnicznych, umożliwiających pełne wykorzystanie potencjalnych zdolności produkcyjnych roślin (Wojcieszka, 1985; Podleśna, 2002; Tobiasz-Salach i Bobrecka-Jamro, 2003). Znaczenie tych składników wiąże się z fizjologiczną funkcją, jaką pełnią w organizmach roślinnych. Odgrywają one ważną rolę jako aktywatory i składniki katalizatorów metabolizmu komórkowego, uczestnicząc w wielu procesach biochemicznych. Zahamowanie specyficznych reakcji enzymatycznych spowodowane deficytem określonego mikroelementu może prowadzić do zaburzeń, w niekorzystny sposób oddziałujących na wielkość i jakość plonu roślin (Ruszkowska i Wojcieszka-Wyskupajtyś, 1996; Michałojć i Szewczyk, 2003). Niedobór mikroelementów może zatem zmieniać cechy jakościowe plonu roślin uprawnych, w szczególności roślin zbożowych. Jednym z najważniejszych kryteriów wartości ziarna zbóż jest zawartość białka, decydująca o jego wartości odżywczej, paszowej i technologicznej.

Celem badań było porównanie wpływu tradycyjnej saletry amonowej oraz saletry wzbogaconej w mikroelementy na wielkość plonu ziarna i białka owsa.

MATERIAŁ I METODY

Podstawę badań stanowiło doświadczenie polowe przeprowadzone w latach 1999–2001 w Stacji Badawczej ATR w Wierzychucinku k. Bydgoszczy na glebie płowej właściwej, kompleksu żytanego dobrego, klasy bonitacyjnej III b. Gleba była lekko kwaśna, o zawartości próchnicy wynoszącej 1,5%. Charakteryzowała się średnią zasobnością w przyswajalne formy fosforu i potasu, a także boru, manganu, cynku i molibdenu. Natomiast zawartość przyswajalnych form miedzi oszacowano jako niską. Doświadczenie jednoczynnikowe założono metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 14 m². Badanym czynnikiem był rodzaj nawożenia. Zastosowano saletrę amonową, magmol (saletrę wzbogaconą w magnez (1,4%) i molibden (0,04%)), a także saletrę amonową uzupełnioną wieloskładnikowym nawozem mikroelementowym Sonata o zróżnicowanych dawkach. (3 i 6 kg·ha⁻¹). W skład Sonaty wchodziły następujące pierwiastki: S — 13,0%, Mg — 10,0%, B — 0,1%, Mn — 0,9%, Zn — 0,6%, Cu — 0,8%, Fe — 0,6%, Co — 0,05% i Mo — 0,01%. Zabieg

nawożenia owsa odmiany Komes azotem z mikroelementami przeprowadzono dogłębowo przedsięwzięcie, stosując odpowiednio: 40 kg N·ha⁻¹ w postaci saletry amonowej lub magmolu oraz 3 i 6 kg Sonaty na hektar. Dodatkowo na wszystkie poletka wysiano 40 kg N·ha⁻¹ w formie saletry amonowej w fazie strzelania w źdźbło. W sumie zastosowano 80 kg N·ha⁻¹ na każdym z obiektów nawozowych (oprócz kontroli). W latach badań zastosowano na wszystkich obiektach podstawowe nawożenie mineralne w dawkach: 20 kg P·ha⁻¹ w formie superfosfatu potrójnego oraz 60 kg K·ha⁻¹ w postaci 57% soli potasowej. Owies wysiano w ilości 175 kg·ha⁻¹. Wysiewu w kolejnych latach dokonano w następujących terminach: 8.04.1999, 14.04.2000, 10.04.2001.

Białko ogółem oznaczono w zmineralizowanym na mokro w środowisku stężonego kwasu siarkowego (VI) próbach ziarna owsa metodą Kjeldahla.

Otrzymane wyniki z wieloletnich doświadczeń jednoczynnikowych poddano analizie wariancji w układzie losowanych bloków. Istotność różnic między średnimi szacowano na podstawie testu Tukeya przy poziomie istotności $p = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Średni plon ziarna owsa z trzech lat badań wynosił 3,97 t·ha⁻¹ (tab. 2). Najkorzystniejszym rokiem pod względem wielkości plonu ziarna owsa był 1999 rok, charakteryzujący się obfitymi opadami w kwietniu i maju (tab. 1).

Tabela 1

Warunki meteorologiczne w okresie wegetacji owsa
Weather conditions during vegetation of oat

Rok Year	Miesiąc Month					Średnia Mean
	IV	V	VI	VII	VIII	
	temperatura temperature (°C)					
1999	8,6	12,2	16,5	20,0	17,4	14,9
2000	11,0	14,5	16,7	15,7	17,3	15,0
2001	7,0	13,1	14,3	19,3	18,3	14,4
Wielolecie Over many years	7,1	12,9	16,2	17,6	17,2	14,2
						suma — sum
1999	62,1	45,5	58,6	43,9	53,8	263,9
2000	14,6	24,6	19,1	100,9	58,4	217,6
2001	42,4	34,9	80,5	146,1	49,7	353,6
Wielolecie Over many years	26,7	40,5	55,7	69,6	52,3	244,8

Warto podkreślić, że owies jest rośliną o dużej wrażliwości na susze majowe, której wzrost i rozwój jest ściśle związany z dobrym zaopatrzeniem w wodę (Gąsiorowski, 1995). Średni plon ziarna owsa osiągnięty w tym roku wynosił 4,35 t·ha⁻¹. Najmniej sprzyjający osiągnięciu wysokich plonów zespół czynników pogodowych wystąpił w roku 2001, w którym średni plon ziarna owsa wynosił 3,44 t·ha⁻¹ i był o 20,9% niższy w stosunku do plonu otrzymanego w 1999 roku. Należy sądzić, że stosunkowo niskie opady w maju tego

roku oraz niska temperatura w czerwcu, nie sprzyjały dobremu wykształceniu i dojrzewaniu ziarna owsa.

Tabela 2

Plon ziarna owsa ($t \cdot ha^{-1}$)
Yield of grain of oats ($t \cdot ha^{-1}$)

Rok Year	0	NH_4NO_3	NH_4NO_3 +Mg i Mo	NH_4NO_3 +3 $kg \cdot ha^{-1}$ Sonata	NH_4NO_3 +6 $kg \cdot ha^{-1}$ Sonata	Średnia Mean	NIR LSD*
1999	3,41	4,27	4,88	4,75	4,45	4,35	0,390
2000	2,61	4,25	4,45	4,77	4,46	4,11	0,240
2001	2,60	3,59	3,70	3,78	3,54	3,44	0,180
$\bar{X}$	2,87	4,04	4,34	4,43	4,15	3,97	0,272

*NIR dla nawożenia; LSD for fertilization

Zastosowane nawożenie, tak w postaci saletry, jak i z dodatkiem mikroelementów, istotnie podwyższało wielkość plonu ziarna owsa w porównaniu z obiektem kontrolnym. Średni dla trzech lat przyrost plonu ziarna pod wpływem tradycyjnej, pozbawionej dodatków, saletry amonowej wynosił 40,8%, a w wyniku działania jej wzbogaconej w magnez i molibden formy — 51,2%. Wzrost plonów zbóż w warunkach odpowiedniego zaopatrzenia w azot jest wynikiem silnego krzewienia się roślin, wzrostu powierzchni asymilacyjnej rośliny i natężenia fotosyntezy oraz korzystnej dystrybucji asymilatów (Kozłowska-Ptaszyńska i in., 2000), a także w przypadku owsa wzrostu liczby pędów produkcyjnych i wiech na jednostce powierzchni oraz liczby ziaren w wieszce (Świderka-Ostapiak i Stankowski, 2002). Należy jednak podkreślić, że najwyższy plon ziarna owsa uzyskano na obiekcie nawożonym saletrą amonową uzupełnioną wieloskładnikowym nawozem Sonata, zastosowanym w dawce 3 $kg \cdot ha^{-1}$. Różnica w stosunku do obiektu kontrolnego wynosiła 1,56 $t \cdot ha^{-1}$, co stanowiło 54,4%, a w porównaniu z obiektem nawożonym saletrą amonową — 0,39 $t \cdot ha^{-1}$ (9,7%). Potwierdza to znany z piśmiennictwa pogląd, że mikroelementy, pełniąc bardzo ważne w metabolizmie roślin funkcje, podnoszą efektywność nawożenia makroelementami, co warunkuje otrzymanie wysokich o dużej wartości biologicznej plonów (Ruszkowska i Wojcieszka-Wyskupajtys, 1996; Wróbel, 2000; Kozera i Barczak, 2004). Niedobór mikroelementów, powodując zakłócenia metabolizmu oraz procesów rozwoju i wzrostu rośliny, przyczynia się do zmniejszenia pojemności akumulacyjnej organów spichlerzowych i obniżenia produktywności fotosyntezy, co może mieć decydujący wpływ na kształtowanie się wielkości plonu (Wojcieszka, 1985).

Średnia zawartość białka w ziarnie owsa wynosiła 113,8 $g \cdot kg^{-1}$ (tab. 3). Najwyższą zawartość białka w ziarnie stwierdzono w roku 2000 (120,5 $g \cdot kg^{-1}$), najniższą w roku 2001 (109,7 $g \cdot kg^{-1}$). Nawożenie azotem, a także azotem z mikroelementami, w sposób statystycznie potwierdzony podwyższało zawartość białka w ziarnie owsa w porównaniu z obiektem kontrolnym, natomiast nie wykazano pod tym względem istotnych różnic między obiektami nawozowymi. Zwiększenie zawartości białka w ziarnie w stosunku do obiektu nienawożonego w wyniku zastosowania saletry amonowej, magmolu oraz saletry

uzupełnionej Sonatą w dawkach 3 oraz 6 kg·ha⁻¹ wynosiło w % odpowiednio: 18,7, 16,6, 18,7 i 17,3.

Tabela 3

Zawartość białka w ziarnie owsa (g·kg ⁻¹) Content of protein in grain of oats (g·kg ⁻¹)							
Rok Year	0	NH ₄ NO ₃	NH ₄ NO ₃ +Mg i Mo	NH ₄ NO ₃ +3 kg·ha ⁻¹ Sonata	NH ₄ NO ₃ +6 kg·ha ⁻¹ Sonata	Średnia Mean	NIR LSD*
1999	100,0	114,4	117,0	112,2	111,7	111,1	2,70
2000	107,7	127,8	116,9	126,6	123,8	120,5	8,13
2001	91,1	112,3	114,4	115,8	115,0	109,7	2,93
$\bar{X}$	99,6	118,2	116,1	118,2	116,8	113,8	3,46

*NIR dla nawożenia; LSD for fertilization

O ile oddziaływanie nawożenia azotem na syntezę białka jest powszechnie znane (Nowak i Barczak, 2001; Domska i in., 1994; Barczak i Nowak, 1995; Warechowska i in., 2002; Kozera i Barczak, 2004), tak problem roli, jaką odgrywają mikroelementy w kształtowaniu poziomu białka zbóż jest mniej rozpoznany. Badania Grzywnowicz-Gazdy (1983) nad jęczmieniem jarym, a także Domskiej i wsp. (1994) dla pszenicy ozimej wykazały, że dolistne zastosowanie miedzi podwyższa zawartość białka w ziarnie zbóż. Natomiast zdaniem Warechowskiej i wsp. (2002), a także Barczak i Kozery (2003), największe znaczenie w kształtowaniu poziomu białka odpowiednio pszenżyta oraz jęczmienia jarego, odgrywają cynk i mangan. Zastosowanie tych mikroelementów w cytowanych badaniach powodowało wzrost zawartości białka ziarna w wyniku zwiększenia syntezy albumin i globulin, frakcji o najkorzystniejszym składzie aminokwasowym (Barczak i Nowak, 1995). Cynk bierze udział w syntezie białka na etapie powstawania peptydów oraz poprzez udział w biosyntezie tryptofanu (Ruszkowska i Wojcieszka-Wyskupajtyś, 1996). Mangan z kolei, mikrośladnik, na niedobór którego owies jest najbardziej wrażliwy ze wszystkich zbóż, uczestniczy w przemianach związków azotu. Oddziałuje m.in. na hydrolizę peptydów i amidów, a także wpływa na proces redukcji azotanów (V) (Podleśna, 2002). W literaturze przedmiotu można jednak spotkać doniesienia, według których dolistne zastosowanie wieloskładnikowych nawozów mikroelementowych (Basfoliaru, Soluboru) powoduje obniżenie zawartości białka w ziarnie owsa oraz spadek jego wydajności z ha (Tobiasz-Salach i Bobrecka-Jamro, 2003).

Średni plon białka ziarna owsa będący wypadkową plonu ziarna i zawartości w nim białka, wynosił 455,9 kg·ha⁻¹ (tab. 4). Najniższy plon otrzymano w 2001 roku, był on znacząco niższy w stosunku do wartości uzyskanych w pozostałych latach badań.

Stosowane nawożenie istotnie zwiększało wielkość plonu białka w porównaniu z obiektem kontrolnym. Odpowiednie różnice dla saletry amonowej, magmolu oraz saletry uzupełnionej nawozem Sonata w zróżnicowanych dawkach wynosiły: 67,1%, 76,3%, 83,3%, 69,5%.

Tabela 4

Plon białka ziarna owsa ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)
Yield of protein of grain of oats ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Rok Year	0	NH_4NO_3	NH_4NO_3 +Mg i Mo	NH_4NO_3 +3 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ Sonata	NH_4NO_3 +6 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ Sonata	Średnia Mean	NIR LSD*
1999	341	489	571	533	497	486	36,5
2000	281	543	520	604	552	500	53,9
2001	237	403	423	438	407	382	26,0
$\bar{X}$	286	478	505	525	485	456	35,5

*NIR dla nawożenia; LSD for fertilization

Warto podkreślić, że zastosowanie magmolu pozwoliło osiągnąć plon białka o 5,5% wyższy niż w wyniku nawożenia tradycyjną saletrą amonową, pozbawioną dodatku innych składników. Należy sądzić, że było to wynikiem przede wszystkim pozytywnego wpływu na wielkość plonu ziarna owsa obecnych w magmolu — magnezu i molibdenu. Wymaga też podkreślenia faktu, że z dwóch objętych badaniami dawek Sonaty jako dodatku do saletry amonowej, istotnie korzystniejszą od samej saletry pod względem wielkości plonu białka okazała się dawka 3 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Można przypuszczać, że statystycznie potwierdzona różnica wielkości plonu ziarna i białka na obiektach różniących się dawkami Sonaty wynikała ze zróżnicowanej ilości boru wnoszonej z wieloskładnikowym nawozem. Zboża zalicza się do roślin o niskich potrzebach w stosunku do tego pierwiastka, negatywnie reagujących na jego nadmiar (Wróbel i in., 2003).

WNIOSKI

1. Nawożenie mineralne, tak w postaci saletry amonowej, jak i saletry z dodatkiem mikroelementów, istotnie podwyższało w porównaniu z obiektem kontrolnym wielkość plonu ziarna owsa, zawartość w nim białka oraz wysokość plonu białka.
2. Najwyższe średnie plony ziarna i białka owsa uzyskano w wyniku zastosowania saletry amonowej oraz 3 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ nawozu Sonata.
3. Nie stwierdzono istotnych różnic między obiektami nawozowymi pod względem zawartości białka w ziarnie owsa.

LITERATURA

- Barczak B., Nowak K. 1995. Wpływ nawożenia azotem na jakość białka ziarna jęczmienia ozimego. Rocz. Nauk Rol. 111, A, 1–2: 99 — 116.
- Barczak B., Kozera W. 2003. Oddziaływanie mikroelementami na zawartość i skład frakcyjny białka ziarna jęczmienia jarego. Acta Agrophysica 85: 31 — 38.
- Domska D., Anchim W., Bobrzecka D., Procyk Z. 1994. Wpływ nawożenia azotem i miedzią na plon, zawartość i skład aminokwasowy białka ziarna pszenicy ozimej. Fragm. Agron. 3 (43): 46 — 53.
- Gąsiorowski H. (red.). 1995. Owies — chemia i technologia. PWRiL, Poznań.
- Grzywnowicz-Gazda Z. 1983. Wpływ niektórych mikroelementów na zawartość i plon białka w ziarnie jęczmienia jarego. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 238: 101 — 107.
- Kozera W., Barczak B. 2004. Zawartość i skład frakcyjny białka ziarna owsa nawożonego dolistnie wybranymi mikroelementami. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 502: 173 — 179.

- Kozłowska-Ptaszyńska Z. 1995. Budowa i wydajność łanu jęczmienia jarego wielorzędowego w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem i obsady roślin. *Pam. Puł.* 106: 9 — 21.
- Michałojć Z., Szewczuk C. 2003. Teoretyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. *Acta Agrophysica* 85: 9 — 17.
- Nowak K., Barczak B. 1991. Wpływ dawek nawożenia azotem na jakość białka ziarna owsa odmiany Markus. *Zesz. Nauk. AR Kraków*, 262, 34: 81 — 86.
- Podleśna A. 2002. Wpływ mikroelementów na jakość zbóż w Polsce. *Wiś Jutra* 5 (46): 36 — 37.
- Ruszkowska M., Wojcieszka-Wyskupajtyś U. 1996. Mikroelementy — fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 434: 1 — 11.
- Świderka-Ostapiak M., Stankowski S. 2002. Wpływ nawożenia azotem i siarką na plonowanie i komponenty plonu owsa nieoplewionego i oplewionego. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 484: 711 — 717.
- Tobiasz-Salach R., Bobrecka-Jamro D. 2003. Wpływ nawozów dolistnych na plonowanie i skład chemiczny owsa. *Acta Agrophysica* 85: 89 — 98.
- Warechowska M., Domska D., Wojtkowiak K., Raczkowski M. 2002. Wpływ dolistnego dokarmiania azotem i mikroelementami na zawartość i skład białka ziarna pszenżyta jarego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 484: 733 — 741.
- Wojcieszka U. 1985. Rola mikroelementów w kształtowaniu fotosyntetycznej produktywności roślin. *Post. Nauk Rol.* 6: 10 — 24.
- Wróbel S. 2000. Poziom plonowania krajowych odmian produkcyjnych owsa a zawartość mikroelementów w glebie i roślinach. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 471: 609 — 617.
- Wróbel S., Sienkiewicz-Cholewa U. 2003. Potrzeby nawożenia borem roślin uprawnych w Polsce. *Post. Nauk Rol.* 1: 103 — 118.