

WPLYW NAWOŻENIA NAWOZAMI MINERALNYMI, OBORNIKIEM
OD TRZODY CHLEWNEJ I KOMUNALNYMI OSADAMI ŚCIEKOWYMI
NA PLON I NIEKTÓRE WSKAŹNIKI JAKOŚCI ZIARNA PSZENICY JAREJ
(*TRITICUM AESTIVUM L.*)

Krzysztof Gonddek

Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Uniwersytet Rolniczy
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków
e-mail: rrgondek@cyf-kr.edu.pl

Streszczenie. Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu nawożenia nawozami mineralnymi, obornikiem od trzody chlewnej i komunalnymi osadami ściekowymi na plon i niektóre wskaźniki jakości ziarna pszenicy jarej. Badania prowadzone były w warunkach doświadczenia polowego przez 3 lata. W badaniach, oprócz plonu suchej masy ziarna oraz masy tysiąca ziaren, określano zawartość azotu ogólnego, białka ogólnego, siarki, a także zawartość cysteiny, metioniny i lizyny. W przeprowadzonych badaniach wykazano mniejszy wpływ na plon ziarna pszenicy nawożenia osadem ściekowym z oczyszczalni biologicznej oraz obornikiem, natomiast nawożenie osadem z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej przyczyniło się do uzyskania plonu istotnie większego, porównywalnego z ilością ziarna, jaką uzyskano w obiekcie, w którym zastosowano wyłącznie nawożenie nawozami mineralnymi. Istotnie lepiej wypełnione było ziarno pszenicy z obiektu, w którym zastosowano komunalny osad ściekowy z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej. Nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości azotu i siarki w ziarnie pszenicy nawożonej azotem, fosforem i potasem w formie nawozów mineralnych, a zawartością tego pierwiastka w ziarnie pszenicy z obiektów, w których do nawożenia zastosowano obornik lub komunalne osady ściekowe. Stosowanie osadów ściekowych w umiarkowanych dawkach zgodnych z zapotrzebowaniem roślin na składniki pokarmowe nie spowodowało pogorszenia wartości biologicznej plonu.

Słowa kluczowe: pszenica jara, plon, jakość ziarna

WSTĘP

Pomimo wielu badań nie udało się jednoznacznie odpowiedzieć na wszystkie wątpliwości dotyczące przyrodniczego, w tym rolniczego wykorzystania komunalnych osadów ściekowych (Chaudri i in. 2001, Keller i in. 2002, Gonddek 2005, Gonddek 2006, Gonddek i in. 2010). Rolnicze wykorzystanie tych materiałów

w dalszym ciągu jest przedmiotem dyskusji i budzi wątpliwości dotyczące właściwości mikrobiologicznych, chemicznych, a także technicznych możliwości ich stosowania. Niemniej rolniczy kierunek zagospodarowania już istniejących i aktualnie powstających osadów ściekowych uznawany jest za najbardziej racjonalny pod względem obiegu pierwiastków w ekosystemach rolniczych.

Odpowiednia ilość składników pokarmowych dostarczona roślinie jest głównym elementem, oprócz właściwości gleby, wpływającym na uzyskanie oczekiwanego plonu o odpowiedniej wartości biologicznej i technologicznej, a zarazem może być wyznacznikiem dawkowania osadów ściekowych. Jakość biomasy roślin w największym stopniu uwarunkowana jest genetycznie. Tym niemniej istotne znaczenie modyfikujące mają warunki środowiskowe i agrotechniczne, w tym nawożenie (Sieling i in. 2005).

Ziarno zbóż charakteryzuje się zróżnicowaną zawartością składników mineralnych, takich jak azot czy siarka oraz organicznych, w tym aminokwasów. Pod względem żywienia zwierząt nie każdy aminokwas ma takie samo znaczenie. Najczęściej wartość biologiczną ziarna zbóż limituje zawartość lizyny, a także aminokwasów siarkowych, co może być uwarunkowane między innymi nawożeniem (Flaete i in. 2005). Z punktu widzenia ilości biomasy duże znaczenie ma azot, ale z punktu widzenia jakości biomasy szczególne znaczenie przypisuje się siarce. Zmniejszenie zużycia nawozów zawierających ten pierwiastek, redukcja emisji związków siarki do atmosfery oraz znaczne wymycie siarczanów powodują, że w wielu glebach bilans tego pierwiastka jest ujemny (Schnug 1998, Flaete i in. 2005, Mathot i in. 2008). Niedobór siarki dla roślin może ograniczać wykorzystanie pozostałych składników, w tym azotu, co w konsekwencji prowadzi do zmniejszenia plonów i pogorszenia ich jakości (Luo i in. 2000, Wieser i in. 2004, Flaete i in. 2005).

W przeprowadzonych badaniach hipoteza badawcza zakładała, że stosując nawożenie można oczekiwać jego korzystnego wpływu nie tylko na plon ziarna pszenicy jarej, ale także na jego wartość biologiczną. Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu nawożenia nawozami mineralnymi, obornikiem oraz komunalnymi osadami ściekowymi na plon i niektóre wskaźniki jakości ziarna pszenicy jarej.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 2005-2007, w warunkach eksperymentu polowego zlokalizowanego 10 km na zachód od Krakowa (49°59' N; 19°41' E). Dane ze stacji meteorologicznej zaprezentowano w tabelach 1 i 2. Glebę z terenu doświadczenia o składzie granulometrycznym gliny ciężkiej pylastej zaliczono do

opadowo-glejowych. Tabela 3 przedstawia wybrane właściwości gleby przed rozpoczęciem badań.

Tabela 1. Miesięczne i okresowe sumy opadów atmosferycznych w latach badań (mm)
Table 1. Monthly and periodic precipitation totals in study years (mm)

Rok Year	Miesiąc – Month						Średnia Mean I-XII
	III	IV	V	VI	VII	VIII	
2005	20,7	49,1	61,3	40,6	113,4	102,6	597,5
2006	60,1	56,5	51,9	89,1	14,1	104,1	567,9
2007	61,1	15,4	51,7	72,1	71,0	76,4	830,4

Tabela 2. Średnia dobową temperatura powietrza w latach badań (°C)
Table 2. Mean daily air temperature in study years (°C)

Rok Year	Miesiąc – Month						Średnia Mean I-XII
	III	IV	V	VI	VII	VIII	
2005	0,2	6,8	11,4	14,4	17,6	15,4	6,8
2006	0,2	5,6	10,9	15,0	18,6	15,6	7,5
2007	6,0	8,5	15,2	18,4	19,4	19,0	9,2

Doświadczenie założono metodą losowanych bloków. Powierzchnia poletek wynosiła 30 m². Schemat doświadczenia obejmował 5 obiektów, w czterech powtórzeniach: gleba bez nawożenia (0), gleba nawożona nawozami mineralnymi (M) (zastosowano 110,0 kg N·ha⁻¹, 58,6 kg P·ha⁻¹ i 120,0 kg K·ha⁻¹), gleba nawożona obornikiem od trzody chlewnej (OB) (dawka suchej masy wynosiła 3,23 t·ha⁻¹), gleba nawożona komunalnym osadem ściekowym z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej (OS M-B) (dawka suchej masy wynosiła 4,19 t·ha⁻¹) oraz gleba nawożona komunalnym osadem ściekowym z oczyszczalni biologicznej (OS B) (dawka suchej masy wynosiła 2,64 t·ha⁻¹). Wybrane właściwości obornika i komunalnych osadów ściekowych przedstawiono w tabeli 3.

Przed założeniem doświadczenia (jesień 2004) pole zwapnowano. Zabieg przeprowadzono według 1/2 wartości kwasowości hydrolitycznej (962,0 kg CaO·ha⁻¹). Wiosną następnego roku, po przeprowadzeniu podstawowych zabiegów uprawowych, na powierzchni poletek równomiernie rozrzucono obornik i osady ściekowe, które następnie przyorano. Po dwóch tygodniach zastosowano uzupełniające nawożenie mineralne (P i K), które wymieszano z glebą za pomocą agregatu uprawowego kultywator + brona. Wniesiona z nawożeniem materiałami organicznymi dawka

azotu wynosiła 110,0 kg N·ha⁻¹. Fosfor i potas uzupełniono nawozami mineralnymi do jednakowego poziomu, wprowadzonego z nawożeniem we wszystkich obiektach (poza kontrolą), (fosfor do 58,6 kg P·ha⁻¹ w formie superfosfatu pojedynczego, a potas do 120,0 kg K·ha⁻¹ w formie soli potasowej 60%). W drugim i trzecim roku badań, w celu uzupełnienia składników pokarmowych (azot, fosfor, potas) pobranych z plonem pszenicy, zastosowano identyczne dawki składników, jak w roku pierwszym, ale wyłącznie w formie nawozów mineralnych.

Tabela 3. Wybrane właściwości obornika i osadów ściekowych użytych w badaniach oraz gleby przed rozpoczęciem badań

Table 3. Selected properties of farmyard manure and sewage sludges used in experiment and of the soil before establishment of experiment

Oznaczenie – Determination	OB	OS M-B	OS B	Gleba – Soil
Sucha masa – Dry matter (g·kg ⁻¹)	226	297	258	–
pH H ₂ O	8,23	6,23	6,57	5,94
N ogólny – Total N (g·kg ⁻¹ s.m. – d.m.)	34,0	26,2	41,6	1,59
P ogólny – Total P (g·kg ⁻¹ s.m. – d.m.)	12,8	8,2	22,3	72*
K ogólny – Total K (g·kg ⁻¹ s.m. – d.m.)	21,8	1,92	1,26	298*
S ogólna – Total S (g·kg ⁻¹ s.m. – d.m.)	4,76	9,66	6,96	0,41
Cu ogólna – Total Cu (mg·kg ⁻¹ s.m. – d.m.)	156	104	81	15
Pb ogólny – Total Pb (mg·kg ⁻¹ s.m. – d.m.)	1,2	55,7	12,9	35,8
Cd ogólny – Total Cd (mg·kg ⁻¹ s.m. – d.m.)	0,80	3,97	1,86	0,96
Zn ogólny – Total Zn (mg·kg ⁻¹ s.m. – d.m.)	284	1146	950	133
Cr ogólny – Total Cr (mg·kg ⁻¹ s.m. – d.m.)	2,8	23,4	18,4	51,6
Ni ogólny – Total Ni (mg·kg ⁻¹ s.m. – d.m.)	10,1	21,1	9,4	32,7

*zawartość form przyswajalnych – content of available forms (mg·kg⁻¹ s.m. – d.m.).

Rośliną testową w warunkach prowadzonych badań była pszenica jara odmiany „Jagna”. Założona obsada roślin na powierzchni m² wynosiła 485. W czasie wegetacji prowadzono zabiegi chemiczne w celu ochrony plantacji przed chwastami - zastosowano oprysk herbicydami Puma Universal w dawce 1 dm·ha⁻¹ oraz Aminopielik Gold w dawce 1 dm·ha⁻¹ oraz przed chorobami grzybowymi – zastosowano fungicyd Alert 375 S.C. w dawce 1 dm·ha⁻¹.

Pszenicę zbierano w fazie dojrzałości pełnej ziarna: w pierwszym roku badań – 13 sierpnia 2005, w drugim roku – 3 sierpnia 2006, a w trzecim roku – 31 lipca

2007. Dla określenia plonu ziarna pszenicy w warunkach polowych rośliny zbierano z powierzchni 4 m², z każdego poletka oddzielnie.

Osady ściekowe wykorzystane w badaniach pochodziły z dwóch oczyszczalni komunalnych: mechaniczno-biologicznej (OS M-B) i biologicznej (OS B) zlokalizowanych na terenie województwa małopolskiego. Zastosowany w badaniach obornik (OB) pochodził od trzody chlewnej. Obornik przed zastosowaniem był składowany na płycie gnojowej przez 6 miesięcy.

W świeżych próbkach osadów ściekowych i obornika oznaczono zawartość suchej masy (temp. 105°C przez 12 h), pH – potencjometrycznie, zawartość azotu ogólnego po mineralizacji próbki w stężonym kwasie siarkowym metodą Kjeldahla. W materiale wysuszonym i zmielonym oznaczono zawartość składników popielnych po mineralizacji próbki w piecu komorowym (temp. 450°C przez 5 h) i roztworzeniu popiołu w rozcieńczonym (1:2) v/v kwasie azotowym. Zawartość fosforu oznaczono kolorymetrycznie na spektrofotometrze Backman DU 640, a potas metodą fotometrii płomieniowej (FES) na aparacie Philips PU 9100X. Zawartość metali ciężkich oznaczono metodą ICP-AES na aparacie JY 238 Ultrace. Zawartość siarki ogólnej oznaczono po mineralizacji próbki w stężonym kwasie azotowym metodą ICP-AES. Analizy wykonano zgodnie z metodyką zawartą w opracowaniu Barana i Turskiego (1996) oraz Krzywego (1999), a wyniki badań zamieszczono w tabeli 3.

Ziarno pszenicy po wysuszeniu w temperaturze 70°C rozdrobniono w młynku laboratoryjnym. W tak przygotowanym materiale oznaczono azot po mineralizacji próbki w stężonym kwasie siarkowym, metodą Kjeldahla. W celu oznaczenia siarki materiał roślinny mineralizowano na mokro w stężonym kwasie azotowym. Ze względu na występowanie siarki w materiale roślinnym w związkach organicznych po odparowaniu HNO₃ w celu przeprowadzenia S w formę siarczanową pozostałość zadano Mg(NO₃)₂. Po odparowaniu Mg(NO₃)₂ na łaźni piaskowej próbki mineralizowano w piecu komorowym, początkowo w temperaturze 300°C (przez 2 godziny), a następnie w temperaturze 450°C (przez 3 godziny). Pozostałość roztworzono w rozcieńczonym HNO₃ 25% (v/v) (Ostrowska i in. 1991). W przygotowanych roztworach zawartość siarki oznaczono metodą ICP-AES na aparacie JY 238 Ultrace.

Zawartość białka ogólnego wyliczono na podstawie zawartości azotu oznaczonego metodą Kjeldahla oraz współczynnika 6,25.

Zawartość lizyny, cysteiny i metioniny oznaczono na analizatorze AAA-400 (INGOS) po uprzedniej hydrolizie białka roztworem HCl o stężeniu 6 mol·dm⁻³ (110°C, 24 h), a w przypadku metioniny dodatkowo po oksydacji kwasem mrówkowym (AOAC 1990).

Analizę chemiczną materiału roślinnego prowadzono w 4 powtórzeniach, a materiałów wyjściowych (obornik, osady ściekowe, gleba) w dwóch, zaś wynik uznawano za wiarygodny jeżeli oszacowany błąd oznaczenia nie przekraczał 5%.

Dla średnich plonów ziarna pszenicy i masy tysiąca ziaren (średnia z lat 2005-2007) oraz dla średniej arytmetycznej ważonej (z 3 lat) zawartości azotu, siarki, białka ogólnego oraz cysteiny, metioniny i lizyny przeprowadzono analizę wariancji jednoczynnikową (czynnik nawożenie) w układzie całkowicie losowym z zastosowaniem testu F-Fishera. Istotność różnic pomiędzy średnimi arytmetycznymi weryfikowano w oparciu o grupy jednorodne wyznaczone testem Dun-cana przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Wszystkie obliczenia statystyczne wykonano za pomocą pakietu Statistica PL (Stanisz 1998).

WYNIKI

Średni, z trzech lat plon ziarna pszenicy jarej w obiektach, w których zastosowano obornik (OB) oraz komunalny osad ściekowy z oczyszczalni biologicznej (OS B), był mniejszy odpowiednio o 3,8% i 6,5% w porównaniu do plonu ziarna w obiekcie, w którym zastosowano nawożenie nawozami mineralnymi (M) (tab. 4). Przeprowadzona analiza statystyczna wyników potwierdziła istotności różnic pomiędzy średnimi arytmetycznymi z poszczególnych obiektów. Nie stwierdzono istotnej różnicy w wielkości plonu ziarna pszenicy w obiekcie, w którym zastosowano nawożenie nawozami mineralnymi (M) oraz komunalnym osadem ściekowym z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej (OS M-B). Różnica pomiędzy najmniejszym plonem ziarna, który uzyskano po zastosowaniu komunalnego osadu ściekowego z oczyszczalni biologicznej (OS B), a największym, który uzyskano po zastosowaniu osadu ściekowego z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej (OS M-B), wynosiła niewiele ponad $300 \text{ kg s. m. ha}^{-1}$.

Wartość stosunku ziarna do słomy pszenicy jarej mieściła się w przedziale od 1,04 do 1,26. Najmniejszą wartość tego parametru odnotowano w obiekcie, w którym zastosowano osad ściekowy z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej (OS M-B), natomiast najszerszy stosunek ziarna do słomy stwierdzono w obiekcie, w którym zastosowano wyłącznie nawożenie azotem, fosforem i potasem w formie nawozów mineralnych (M). Analiza statystyczna uzyskanych wyników nie potwierdziła jednak istotności różnic pomiędzy średnimi arytmetycznymi.

W przeprowadzonych badaniach, w obiektach, w których zastosowano do nawożenia materiały organiczne, masa tysiąca ziaren była większa od wartości tego parametru jaki uzyskano w obiekcie, w którym zastosowano wyłącznie nawozy mineralne (tab. 4). Istotnie największą masą tysiąca ziaren charakteryzowało się ziarno pszenicy nawożonej osadem ściekowym z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej (OS M-B).

Tabela 4. Plon ziarna pszenicy jarej, stosunek ziarna do słomy oraz masa tysiąca ziaren (średnia z 2005- 2007)

Table 4. Yield of grain of spring wheat, grain-to-straw ratio and thousand grain weight (means from 2005- 2007)

Obiekty Treatments	Plon ziarna Yield of grain (t·ha ⁻¹ s.m. – d.m.)	Stosunek Ziarno : słoma Grain : straw ratio	Masa tysiąca ziaren Thousand grain weight (g)
0	2,34 ± 0,19 a	1,19 ± 0,15 a	32,7 ± 2,82 a
M	4,41 ± 0,49 c	1,20 ± 0,12 a	34,0 ± 0,56 a
OB	4,25 ± 0,57 b	1,26 ± 0,22 a	36,9 ± 3,05 a
OS M-B	4,45 ± 0,46 c	1,04 ± 0,03 a	37,0 ± 2,78 b
OS B	4,14 ± 0,68 b	1,16 ± 0,07 a	35,1 ± 2,83 a

Średnia z czterech powtórzeń ± odchylenie standardowe – Means of four replications ± standard deviation, Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie według testu Duncana przy $\alpha = 0,05$ – Means followed by the same letters did not differ significantly at $\alpha = 0.05$ according to the Duncan's test.

Zawartość białka ogólnego była istotnie większa w ziarnie pszenicy z obiektów, w których zastosowano nawożenie, w porównaniu do zawartości białka oznaczonej w ziarnie z obiektu, w którym nawożenia nie zastosowano (0) (tab. 5). Spośród obiektów, w których zastosowano nawożenia, najwięcej białka ogólnego zawierało ziarno pszenicy nawożonej nawozami mineralnymi (M).

Zastosowane nawożenie spowodowało istotne zwiększenie, w porównaniu do obiektu nienawożonego, zawartości azotu w ziarnie pszenicy jarej. W obiektach, w których zastosowano nawożenie materiałami organicznymi stwierdzono większą zawartość tego składnika, chociaż nie potwierdzoną statystycznie (tab. 5).

Niezależnie od zastosowanego nawożenia zawartość siarki w ziarnie pszenicy jarej była istotnie większa od zawartości tego składnika oznaczonej w biomacie pszenicy z obiektu nienawożonego – (0). Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy zawartością siarki w biomacie pszenicy nawożonej azotem, fosforem i potasem w formie nawozów mineralnych (M), a zawartością S w biomacie ziarna z obiektów, w których siarkę wprowadzono z obornikiem (OB) lub komunalnymi osadami ściekowymi (OS M-B, OS B).

Zastosowane nawożenie nie spowodowało istotnego zróżnicowania wartości stosunku N:S, poza wartością tego parametru w ziarnie pszenicy nawożonej komunalnym osadem ściekowym z oczyszczalni biologicznej (OS B) (tab. 5).

Zawartość cysteiny w białku ziarna pszenicy jarej nie różniła się istotnie pomiędzy obiektami (tab. 6). Białko ziarna pszenicy z obiektów, w których zastosowano nawożenie obornikiem (OB) oraz komunalnymi osadami ściekowymi

(OS M-B, OS B) zawierało tego aminokwasu mniej (od 0,8% do blisko 4%) w porównaniu do zawartości oznaczonej w białku ziarna pszenicy z obiektu, w których zastosowano wyłącznie nawożenie nawozami mineralnymi (M), a także w porównaniu do zawartości, jaką oznaczono w białku ziarna z obiektu, w którym nawożenia nie stosowano (0).

Tabela 5. Średnia ważona (z trzech lat) zawartość białka ogólnego, azotu, siarki oraz stosunek N : S w ziarnie pszenicy jarej

Table 5. Average (from three years) content of total protein, nitrogen, sulphur and N:S ratio in grain of spring wheat

Obiekty Treatments	Białko ogólne Total protein (g·kg ⁻¹ s.m. – d.m.)	Azot Nitrogen (g·kg ⁻¹ s.m. – d.m.)	Siarka Sulphur (g·kg ⁻¹ s.m. – d.m.)	Stosunek N : S N : S ratio
0	142,8 ± 9,38 a	22,8 ± 0,66 a	1,29 ± 0,06 a	17,8 ± 0,61 a
M	159,6 ± 6,1 b	25,3 ± 0,78 a	1,44 ± 0,07 b	17,6 ± 0,62 a
OB	154,6 ± 11,7 b	25,4 ± 1,29 a	1,44 ± 0,08 b	17,6 ± 0,34 a
OS M-B	158,0 ± 14,2 b	25,8 ± 0,60 a	1,46 ± 0,02 b	17,7 ± 0,40 a
OS B	157,8 ± 13,5 b	25,6 ± 0,56 a	1,37 ± 0,04 ab	18,7 ± 0,37 b

Średnia z czterech powtórzeń ± odchylenie standardowe – Means of four replications ± standard deviation, Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie według testu Duncana przy $\alpha = 0,05$ – Means followed by the same letters did not differ significantly at $\alpha = 0.05$ according to the Duncan's test.

Tabela 6. Średnia ważona (z trzech lat) zawartość wybranych aminokwasów w białku ziarna pszenicy jarej

Table 6. Average (from three years) content of selected amino acids in protein of grain of spring wheat

Obiekty Treatments	Cysteina Cysteine	Metionina Methionine	Lizyna Lysine
	(g 100 g ⁻¹ białka – protein)		
0	1,27 ± 0,40 a	0,71 ± 0,16 a	2,19 ± 0,14 a
M	1,27 ± 0,51 a	0,72 ± 0,13 a	2,21 ± 0,12 a
OB	1,22 ± 1,50 a	0,76 ± 0,15 ab	2,18 ± 0,13 a
OS M-B	1,26 ± 0,70 a	0,79 ± 0,17 b	2,12 ± 0,17 a
OS B	1,24 ± 0,30 a	0,72 ± 0,13 a	2,05 ± 0,14 a

Średnia z czterech powtórzeń ± odchylenie standardowe – Means of four replications ± standard deviation, Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie według testu Duncana przy $\alpha = 0,05$ – Means followed by the same letters did not differ significantly at $\alpha = 0.05$ according to the Duncan's test.

Odwrotną zależność stwierdzono w przypadku zawartości w białku ziarna metioniny (tab. 6). Zawartość tego aminokwasu była najmniejsza w białku ziarna pszenicy z obiektów, w których zastosowano wyłącznie nawożenie nawozami mineralnymi (M). Zawartości metioniny w białku ziarna pszenicy nawożonej obornikiem (OB) lub komunalnymi osadami ściekowymi (OS M-B, OS B) były większe od 2,5% do blisko 8% w porównaniu z zawartością oznaczoną w białku ziarna w obiektach, w których stosowano nawozy mineralne (M).

Zawartość lizyny w białku ziarna pszenicy jarej nawożonej obornikiem (OB) lub komunalnymi osadami ściekowymi (OS M-B, OS B) była mniejsza od zawartości tego aminokwasu, jaką oznaczono w białku ziarna pszenicy nawożonej nawozami mineralnymi (M). Podobnie jak w przypadku cysteiny i metioniny mniej lizyny zawierało białko ziarna pszenicy nawożonej osadem ściekowym z oczyszczalni biologicznej (OS B), w porównaniu do zawartości, jaką oznaczono w białku ziarna z obiektu, w którym do nawożenia zastosowano osad ściekowy z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej (OS M-B).

DYSKUSJA

Z literatury przedmiotu wynika, że osady ściekowe korzystnie wpływają na ilość wytworzonej biomasy (Mohammad i Athamneh 2004, Jamil i in. 2006). Zarówno ilość wytworzonej biomasy jak również jej skład chemiczny jest silnie modyfikowany nie tylko w wyniku zastosowanego nawożenia, ale także w wyniku przemian, jakim podlegają materiały organiczne w glebie, a te z kolei są uzależnione od zmieniających się nieraz bardzo często czynników środowiskowych (Mallarino i in. 1999, Pellerin i in. 2000). W przeprowadzonych badaniach wykazano mniejszy wpływ na plon ziarna pszenicy nawożenia osadem ściekowym z oczyszczalni biologicznej (OS B) oraz obornikiem (OB), natomiast nawożenie osadem z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej (OS M-B) przyczyniło się do uzyskania plonu istotnie większego, porównywalnego z ilością ziarna, jaką uzyskano w obiekcie, w którym zastosowano wyłącznie nawożenie nawozami mineralnymi. Mniejszy plon ziarna pszenicy w obiektach (OB) i (OS B) wynikał z utrudnionego dostępu roślin do składników pokarmowych, głównie azotu, którego dostępność z osadów ściekowych jest funkcją panujących w okresie wegetacji warunków klimatycznych, dawki zastosowanego osadu ściekowego oraz wartości stosunku C : N (Barbartik i in. 1985). Istotnie lepszy efekt plonotwórczy uzyskany w obiekcie, w którym zastosowano osad ściekowy z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej (OS M-B) w porównaniu do obiektu z obornikiem (OB) oraz osadem ściekowym z oczyszczalni biologicznej (OS B) wynikał z lepszej mineralizacji materii organicznej osadu, co było efektem przyjętej technologii

jego stabilizacji. Korzystny wpływ nawożenia osadami ściekowymi na plon biomasy pszenicy twardej wykazał Jamil i in. (2004) oraz Tamrabet i in. (2009).

Najmniej białka ogólnego stwierdzono w ziarnie pszenicy nawożonej nawozami mineralnymi (M) oraz w ziarnie pszenicy z obiektu, w którym zastosowano obornik (OB), co nie znajduje odzwierciedlenia w wynikach badań Filipka i in. (2004). Oznaczone zawartości białka ogólnego w ziarnie pszenicy jarej z obiektów, w których zastosowano komunalne osady ściekowe, były porównywalne do oznaczonych przez Filipka i in. (2004) w ziarnie pszenicy ozimej nawożonej obornikiem i osadem ściekowym z młeczarni, ale z serii wapnowanej. Według Kwiatkowskiego i in. (2006) zawartość białka w ziarnie pszenicy uwarunkowana jest przede wszystkim poziomem agrotechniki rozumianej nie tylko jako optymalny poziom nawożenia.

Z licznych badań wynika, że azot zaliczany jest do najważniejszych pierwiastków plonotwórczych, a nawożenie tym pierwiastkiem jest efektywne wtedy, gdy gleba zasobna jest w pozostałe składniki pokarmowe (Borkowska i in. 2002, Kocoń 2005). W przeprowadzonych badaniach większa zawartość azotu w ziarnie pszenicy nawożonej materiałami organicznymi może wskazywać na nawozowy efekt następczy tych materiałów lub na korzystny wpływ innych składników wprowadzonych do gleby z materiałami organicznymi, np. siarki.

Jak stwierdzili Kaczor i in. (2004) zawartość siarki zależy od fazy rozwojowej rośliny, organu, a także nawożenia. Zwiększenie zawartości siarki w biomase roślin w wyniku nawożenia tym pierwiastkiem stwierdzili McGrath i Zhao (1996) oraz Zhao i in. (1996). W przeprowadzonych badaniach glebę, na której uprawiano pszenicę, charakteryzowała stosunkowo duża zasobność w siarkę, dlatego nie uzyskano efektu zwiększenia zawartości tego składnika w ziarnie roślin z obiektów, w których S wprowadzono z nawożeniem. Pomimo, że pszenica należy do grupy roślin o stosunkowo niewielkim zapotrzebowaniu na siarkę, to przy niedoborach tego pierwiastka w glebie może dochodzić do obniżenia wykorzystania azotu i pogorszenia stosunku N:S (Kocoń 2005). W przeprowadzonych badaniach nie stwierdzono większego wpływu zastosowanego nawożenia na wartość stosunku N:S.

Porównując działanie nawozów naturalnych i organicznych z działaniem nawozów mineralnych, należy stwierdzić większy wpływ nawożenia mineralnego na skład chemiczny roślin. Stosując do nawożenia materiały organiczne pochodzenia odpadowego, między innymi komunalne osady ściekowe, można oczekiwać ich korzystnego wpływu nie tylko na plon roślin, ale także na jego wartość biologiczną. Rozpatrując podstawowy skład chemiczny, który jest decydującym czynnikiem wartości pokarmowej paszy, można stwierdzić, że ziarno zbóż to pasza wę-

glowodanowa o małej i średniej zawartości białka ogólnego (Brand i in. 2003). Według Dubetz i Gardiner (1980) zawartość białka oraz aminokwasów w ziarnie pszenicy zmienia się wyraźnie pod wpływem wzrastających dawek azotu. W przeprowadzonych badaniach własnych nie różnicowano poziomu nawożenia azotem, a zastosowanie umiarkowanej dawki tego składnika wprowadzonej do gleby w formie nawozów mineralnych oraz materiałów organicznych (obornik, osady ściekowe) przyczyniło się do stabilizacji zawartości badanych aminokwasów w białku ziarna pszenicy jarej. Na ogół wiadomo, że ziarno zbóż charakteryzuje się niską zawartością lizyny. W badaniach własnych, w ziarnie ze wszystkich obiektów zawartość lizyna była mniejsza w odniesieniu do wzorca białka jaja kurzego, jak i do wzorca białka dorosłego człowieka (Hidvégi i Békés 1984, FAO/WHO 1991). Podobne wyniki uzyskał w swoich badaniach Sherry (2007). Taka sytuacja może być wynikiem zastosowanego nawożenia, a głównie wielkości dawki azotu. Właściwe zbilansowanie aminokwasów w dawkach pokarmowych z zapotrzebowaniem zwierząt ma istotne znaczenie nie tylko ze względu na wykorzystanie najdroższego składnika, jakim jest białko paszy, lecz również ze względu na zmniejszenie ilości azotu wydalanego z moczem w przypadku nadmiaru każdego aminokwasu w stosunku do potrzeb.

WNIOSKI

1. W przeprowadzonych badaniach wykazano mniejszy wpływ na plon ziarna pszenicy nawożenia osadem ściekowym z oczyszczalni biologicznej oraz obornikiem, natomiast nawożenie osadem z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej przyczyniło się do uzyskania plonu istotnie większego, porównywalnego z ilością ziarna, jaką uzyskano w obiekcie, w którym zastosowano wyłącznie nawożenie nawozami mineralnymi. Istotnie lepiej wypełnione było ziarno pszenicy nawożonej komunalnym osadem ściekowym z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej.

2. Nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości azotu i siarki w ziarnie pszenicy nawożonej azotem, fosforem i potasem w formie nawozów mineralnych a zawartością tego pierwiastka w ziarnie pszenicy z obiektów, w których do nawożenia zastosowano obornik lub komunalne osady ściekowe.

3. Stosowanie osadów ściekowych w umiarkowanych dawkach zgodnych z zapotrzebowaniem roślin na składniki pokarmowe nie spowodowało pogorszenia wartości biologicznej plonu, biorąc pod uwagę zawartość badanych aminokwasów.

PIŚMIENICTWO

- AOAC, 1990. Official methods of analysis. 15th Edition Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.
- Baran S., Turski R., 1996. Ćwiczenia specjalistyczne z utylizacji odpadów i ścieków. Wyd. AR w Lublinie.
- Barbartik A., Lawarbance J.R., Sikpra J., Colacicco D., 1985. Factors affecting the mineralization of nitrogen in sewage sludge applied to soil. *American Journal Soil Science*, 49, 1403-1406.
- Beza R., 1967. Aminokwasy w żywieniu zwierząt. Wyd. PWRiL Warszawa.
- Borkowska H., Grundas S., Styk B., 2002. Wysokość i jakość plonów niektórych odmian pszenicy jarej w zależności od nawożenia azotowego. *Annales UMCS, Sec. E*, 57, 99-103.
- Brand T.S., Cruyweggen C.W., Brandt D.A., Viljoen M., Burger W.W., 2003. Variation in the chemical composition, physical characteristics and energy values of cereal grains produced in the Western Cape area of South Africa. *South African Journal Animal Science*, 33, 117-126.
- Chaudri A.M., Allan C.M.G., Badawy S.H., Adams M.L., McGrath S.P., Chambers B.J., 2001. Cadmium content of wheat grain from a long-term field experiment with sewage sludge. *Journal Environmental Quality*, 30, 1575-1580.
- Dubetz S., Gardiner E.E., 1980. Protein content and amino acid composition of seven wheat cultivars subjected to water stress: Effects of nitrogen fertilizer treatments. *Journal Plant Nutrition*, 2, 5, 517-523.
- FAO/WHO., 1991. Protein quality evaluation. Report of Joint FAO-WHO Expert Consultation. *Food Nutr.*, 51, 4-8.
- Filipek T., Fidecki M., Harasim P., 2004. Wpływ osadu ściekowego z mleczarni na plonowanie i niektóre wskaźniki jakości ziarna. *Annales UMCS, Sec. E*, 59, 4, 1925-1931.
- Flaete N.E.S., Hollung K., Ruud L., Sogn T., Faergestad E.M., Skarpeid H.J., Magnus E.M., Uhlen A.K., 2005. Combined nitrogen and sulphur fertilisation and its effect on wheat quality and protein composition measured by SE-FPLC and proteomics. *Journal Cereal Science*, 4, 357-369.
- Gondek K., 2005. The influence of soil treatment by untreated and composted tannery sludge on yield, nutrient status, and chromium content in selected crops. *Plant, Soil and Environment*, 51, 4, 179-192.
- Gondek K., 2006. Content of various forms of cadmium, copper, lead and chromium in soil after application of untreated and composted tannery sewage sludge. *Plant, Soil and Environment*, 52, 5, 199-210.
- Gondek K., Filipek-Mazur B., Koncewicz-Baran M., 2010. Content of heavy metals in maize cultivated in soil amended with sewage sludge and its mixtures with peat. *International Agrophysics*, 24, 35-42.
- Hidvégi M., Békés F., 1984. Mathematical modeling of protein quality from amino acid composition. (In:) *Proceeding of International Association of Cereal Chemistry. Symposium, Akadémiai Kiadó, Budapest*, 205-286.
- Jamil M., Qacim M. and Umar M., 2006. Utilization of sewage sludge as organic fertilizer in sustainable agriculture. *Journal Applied Sciences*, 6, 531-535.
- Jamil M., Qasim M., Umar M., Rehman K., 2004. Impact of organic wastes (sewage sludge) on the yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) in a calcareous soil. *International Journal Agricultural and Biology*, 6, 465-467.
- Kaczor A., Brodowska M.S., Kowalski G., 2004. Wpływ nawożenia siarką i wapnowania na zawartość siarki w jarych formach pszenicy i rzepaku. *Annales UMCS, Sec. E* 59, 1847-1853.

- Keller C., McGarth S. P., Durham S. J., 2002. Trace metals leaching through a soil-grassland system after sewage sludge application. *Journal Environmental Quality*, 31, 1550-1560.
- Kocoń A., 2005. Nawożenie jakościowej pszenicy jarej i ozimej a plon i jakość ziarna. *Pam. Puł.*, 139, 55-64.
- Krzywy E., 1999. *Przyrodnicze zagospodarowanie ścieków i osadów*. Wyd. AR w Szczecinie.
- Kwiatkowski C., Wesołowski M., Harasim E., Kubecki J., 2006. Plon i jakość ziarna odmian pszenicy ozimej w zależności od poziomu agrotechniki. *Pam. Puł.*, 142, 277-286.
- Luo C., Branlard G., Griffin W.B., McNeil D.L., 2000. The effect of nitrogen and sulphur fertilisation and their interaction with genotype on wheat glutenins and quality parameters. *Journal Cereal Science*, 31, 185-194.
- Mallarino A. P., Bordoli J. M., Borges R., 1999. Phosphorus and potassium placement effects on early growth and nutrient uptake of no-till corn and relationships grain yield. *Journal of Agronomy*, 91, 1, 37-45.
- Mathot M., Mertens J., Verlinden G., Lambert R., 2008. Positive effects of sulphur fertilisation on grasslands yields and quality in Belgium. *European Journal of Agronomy*, 28, 655-658.
- McGrath S. P., Zhao F. J., 1996. Sulphur uptake, yield response and the interactions between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agricultural Science*, 162, 53-62.
- Mohammad M.J., Athamneh B.M., 2004. Changes in soil fertility and plant uptake of nutrients and heavy metals in response to sewage sludge application to calcareous soils. *Journal of Agronomy*, 3, 229-236.
- Ostrowska A., Gawliński A., Szczubiałka Z., 1991. *Metody analizy i oceny gleb i roślin*. Wyd. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Pellerin S., Mollier A., Plénet D., 2000. Phosphorus deficiency affects the rate of emergence and number of maize adventitious nodal roots. *Journal of Agronomy*, 92, 690-697.
- Schnug E. (red.), 1998. *Sulphur in agroecosystems*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherland.
- Sherry P.R., 2007. Improving the protein content and composition of cereal grain. *Journal Cereal Science*, 46, 239-250.
- Sieling K., Stahl C., Winkelmann C., Christen O., 2005. Growth and yield of winter wheat in the first 3 years of a monoculture under varying N fertilization in NW Germany. *European Journal of Agronomy*, 22, 71-84.
- Stanisz A., 1998. *Przystępny kurs statystyki w oparciu o program Statistica PL na przykładach z medycyny*. Wyd. Statsoft Polska, Kraków.
- Tamrabet L., Bouzerzour H., Kribaa M., Makhlof M., 2009. The effect of sewage sludge application on durum wheat (*Triticum durum*). *International Journal Agricultural and Biology*, 11, 741-745.
- Wieser H., Gutser R., von Tucher S., 2004. Influence of sulphur fertilisation on quantities and proportions of gluten protein types in wheat flour. *Journal Cereal Science*, 40, 239-244.
- Zhao F. J., Hawkesford M. J., Warrilow A. G. S., McGrath S. P., Clarkson D. T., 1996. Responses of two wheat varieties to sulphur addition and diagnosis of sulphur deficiency. *Plant and Soil*, 81, 317-327.

THE EFFECT OF FERTILISATION WITH MINERAL FERTILISERS,
PIG MANURE AND MUNICIPAL SEWAGE SLUDGE ON THE YIELD
AND SOME QUALITY INDICES OF SPRING WHEAT
(*TRITICUM AESTIVUM* L.) GRAIN

Krzysztof Gondek

Department of Agricultural and Environmental Chemistry, University of Agriculture
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków
e-mail: rrgondek@cyf-kr.edu.pl

Abstract. The aim of the research was an assessment of mineral fertilisers, pig manure and municipal sewage sludge fertilisation effect on the yield and some quality indices in spring wheat grain. The investigations were conducted for three years as a field experiment. Apart from grain dry matter yield and a thousand grain weight, total nitrogen, protein and sulphur contents were assessed as well as contents of cysteine, methionine and lysine were determined in the investigations. The research demonstrated a lesser effect of fertilisation with sewage sludge from a biological treatment plant and manure on wheat grain yield, whereas fertilisation with the sludge from a mechanical-biological treatment plant allowed to obtain a significantly larger yield, comparable with the amount of grain which was produced on the treatment receiving exclusively mineral fertilisers. The wheat grain from treatments where sewage sludge from the mechanical-biological treatment plant was used was significantly better filled. No noteworthy differences in nitrogen or sulphur content were assessed in wheat grain fertilised with phosphorus and potassium applied as mineral fertilisers or in this element content in wheat grain from treatments where manure or municipal sewage sludge were used for fertilisation. Application of sewage sludge in moderate doses, according to plant requirements for nutrients, did not lead to worsening of yield biological value.

Key words: spring wheat, yield, grain quality