

## WPLYW WIELOLETNIEGO ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA NA STRUKTURĘ PŁONU I ZANIECZYSZCZENIE ZIARNA PSZENICY OZIMEJ

IWONA JASKULSKA<sup>1</sup>, TOMASZ BOCZKOWSKI<sup>2</sup>, ALEKSANDRA JANIAK, DARIUSZ JASKULSKI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Katedra Podstaw Produkcji Roślinnej i Doświadczalnictwa, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, ul. Ks. A. Kordeckiego 20E, 85-225 Bydgoszcz*

<sup>2</sup>*Zakłady Tuszczowe „Kruszwica” S.A., ul. Niepodległości 42, 88-150 Kruszwica*

**Synopsis.** Ocena wpływu wieloletniego nawożenia na strukturę i zanieczyszczenie plonu pszenicy ozimej wykonano w oparciu o analizę udziału poszczególnych frakcji ziarna oraz zanieczyszczeń w plonach pszenicy ozimej uprawianej w statycznym doświadczeniu nawozowym w latach 2009–2013. Badaniami objęto ziarno z 14 zróżnicowanych obiektów nawozowych utrzymywanych od 1948 roku, na których stosowano m.in.: obornik, słomę zbóż, wyłącznie nawozy mineralne NPK bez lub z wapnowaniem, nawozy mineralne bez jednego makroskładnika, nawożenie organiczno-mineralne. Stwierdzono, że największy udział frakcji ziarna >2,8 mm i najmniejszy zanieczyszczeń w plonie pszenicy ozimej był wynikiem wieloletniego regularnego nawożenia gleby obornikiem, zrównoważonymi dawkami nawozów mineralnych i okresowego jej wapnowania. Pomijanie w nawożeniu mineralnym choćby jednego podstawowego makroskładnika, mimo stosowania obornika, spowodowało zmniejszenie udziału ziarna dużego, a wzrost udziału w plonie ziarna drobniejszego, głównie frakcji 2,2–2,5 mm.

**Słowa kluczowe:** wieloletnie nawożenie, pszenica ozima, frakcje ziarna, zanieczyszczenie ziarna

### WSTĘP

Nawożenie jest jednym z podstawowych elementów kształtujących agroekosystemy, co potwierdzają wyniki wieloletnich doświadczeń [Merbach i Schulz 2013]. Pod wpływem długotrwałego stosowania nawozów organicznych i mineralnych, w tym wapnowania, zachodzą duże zmiany w żyzności i produktywności gleby [Siuta i Żukowski 2010]. Pod ich wpływem zmieniają się: odczyn i zasobność w przyswajalne składniki pokarmowe [Debreczeni i Kismanyoky 2005, Janowiak i in. 2005], zawartość węgla organicznego i azotu ogólnego [Liu i in. 2013, Zhou i in. 2013], a także właściwości fizyczne i biologiczne [Giemza-Mikoda i in. 2011, Šimon i Czakó 2014]. Zróżnicowane warunki glebowe i nawożenie oddziałują na jakość plonów roślin uprawnych, w tym wielkość i wyrównanie ziarniaków zbóż. Cecha ta jest z kolei skorelowana z wieloma innymi parametrami fizycznymi, chemicznymi i technologicznymi jakości ziarna [Dziki i in. 2011]. Wyrównanie ziarna, jego wielkość oraz udział poszczególnych frakcji w plonie, oprócz czynnika genetycznego, kształtowane są przez środowisko i elementy agrotechniki [Borówczak i Rębarz 2008, Sadowska i in. 2001]. W badaniach agrotechnicznych stwierdza się m.in. wpływ nawożenia na ich wartość, choć nie zawsze w stopniu istotnym [Ellmann 2011, Jarecki i Bobrecka-Jamro 2011].

<sup>1</sup> Adres do korespondencji – *Corresponding address*: jaskulska@utp.edu.pl

Wobec istotnego wpływu nawożenia na właściwości gleby i jakość plonów roślin uprawnych oraz zależności cech jakości ziarna zbóż od czynników siedliskowych oraz agrotechniki założono, że warunki glebowe ukształtowane przez wieloletnie nawożenie wpływają istotnie na udział poszczególnych frakcji ziarna w plonie pszenicy ozimej, a poznanie tego oddziaływania pozwoli określić optymalny dla jakości ziarna sposób nawożenia gleby.

Celem badań było zatem określenie struktury i zanieczyszczenia plonu ziarna pszenicy ozimej w wieloletnim doświadczeniu nawozowym.

## MATERIAŁ I METODY

Bezpośrednim materiałem do badań było ziarno pszenicy ozimej 'Batuta' uprawianej w latach 2009-2011 i 2013 w wieloletnim doświadczeniu nawozowym prowadzonym od 1948 roku w Stacji Badawczej w Mochelku (53°13' N, 17°51' E) należącej do Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. Badaniami objęto ziarno z 14 obiektów nawozowych: bez nawożenia (0); słoma pszena (ST) raz w rotacji zmianowania + coroczne nawożenie mineralne – azot, fosfor, potas (NPK); NPK + wapnowanie (Ca), NPK, obornik (M) raz w rotacji, a także M PK, M NK, M NKMg (magnez), M NP, M NPMg, M NPK, M NPKMg, M NPK + Ca, M NPKMg + Ca. W latach uprawy pszenicy ozimej nawożenie na wszystkich obiektach było takie samo i wynosiło 110 kg N·ha<sup>-1</sup> w dwóch dawkach (60% w czasie wiosennego wznowienia wegetacji – BBCH 23-25 oraz 40% w fazie drugiego kolanka – BBCH 32), 40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·ha<sup>-1</sup> i 80 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup> – stosowane przedsięwzięcie. Przeciwko chwastom jedno- i dwuliściennym stosowano herbicyd Legato Plus 600 SC (izoproturon + diflufenikan) w dawce 1,33 l·ha<sup>-1</sup> (BBCH 13-14). Występowanie chorób grzybowych ograniczano przy użyciu fungicydów Capalo 337,5 SE (epoksykonazol + fenpropimorf + metrafenon) – 2,0 l·ha<sup>-1</sup> (BBCH 30-32) i Duett Ultra 497 SC (epoksykonazol + tiofanat metylu) – 0,6 l·ha<sup>-1</sup> (BBCH 49-51). Ziarno zbierano kombajnem polletkowym Wintersteiger w fazie dojrzałości pełnej.

Okres wegetacji pszenicy ozimej, zwłaszcza miesiące wiosenno-letnie decydujące o plonie ziarna i jego strukturze, nie był silnie zróżnicowany pod względem warunków opadowych i termicznych w poszczególnych latach. Suma opadów w okresie kwiecień-lipiec, w zależności od roku, wynosiła 234–285 mm, przy średniej wieloletniej 199 mm. Każdy rok badań był cieplejszy niż przeciętnie. Średnia miesięczna temperatura powietrza w okresie kwiecień-lipiec kształtowała się od 13,8°C w roku 2009 do 14,8°C w 2011 roku wobec średniej wieloletniej wynoszącej 13,6°C.

Po zbiorze plonu z każdego obiektu pobrano próbkę 250 g ziarna w celu określenia zanieczyszczeń i udziału w nim frakcji ziarna o różnej wielkości. Zanieczyszczenia wydzielono przy użyciu separatora ziarna typ SZD Sadkiewicz Instruments wyposażonego w sita o szczelinach 3,5 mm i 1,0 mm. Próbkę oczyszczonego ziarna o masie 50 g rozfrakcjonowano na sitach Vogla używając sit o szczelinach: 2,8 mm; 2,5 mm; 2,2 mm; 2,0 mm. Ziarna bardzo drobne, pomarszczone, mniejsze od 2,0 mm zaliczono do zanieczyszczeń.

Wyniki opracowano statystycznie przy użyciu pakietu programów ANALWAR – 5.2.FR. Wykonano analizę wariancji doświadczeń pojedynczych oraz syntezę z 4 lat badań. Do oceny istotności ( $p=0,05$ ) różnic wartości średnich obiektowych wykorzystano test Tukeya. Dla udziału każdej frakcji ziarna oraz zanieczyszczeń w plonie pszenicy ozimej ustalono ranking obiektów nawozowych (lokaty) według malejącej wielkości poszczególnych cech.

## WYNIKI BADAŃ

Udział ziarna największego, frakcji >2,8 mm w plonie pszenicy ozimej w każdym z 4 lat badań zależał od wcześniejszego wieloletniego nawożenia (tab. 1). Stosowanie obornika wraz z nawożeniem mineralnym NPK, a także magnezem, oraz regularne wapnowanie (M NPK + Ca, M NPKMg + Ca) sprzyjało wykształcaniu przez pszenicę ozimą bardzo dużego ziarna, mimo że w poszczególnych latach na wielu innych obiektach jego udział w plonie był podobny. Średnio w okresie badań obiektem najbardziej zbliżonym pod względem udziału ziarna frakcji >2,8 mm w plonie był obiekt wcześniej nienawożony – lokata 3. (tab. 6). Najmniejszy udział frakcji największego ziarna stwierdzono natomiast w plonie z obiektów o niezrównoważonym nawożeniu mineralnym, bez fosforu (M NK) lub potasu (M NP) – lokata 13., 14.

Tabela 1. Udział (% wag.) ziarna frakcji >2,8 mm w plonie pszenicy ozimej w zależności od sposobu wieloletniego nawożenia

Table 1. The share (weight %) of grain fraction >2.8 mm in the yield of winter wheat depending on the method of long-term fertilization

Obiekt* Treatment	Lata – Years				Średnio Mean
	2009	2010	2011	2013	
0	56,5	35,8	71,0	56,3	54,9
ST + NPK	54,8	35,5	67,2	54,0	52,9
NPK + Ca	55,4	35,1	66,3	55,9	53,2
NPK	56,4	34,4	67,0	53,3	52,8
M	55,8	34,3	66,3	55,6	53,0
M PK	57,2	34,4	66,6	52,0	52,6
M NK	54,4	30,7	67,1	53,3	51,4
M NKMg	54,9	32,6	66,9	55,1	52,4
M NP	54,7	31,9	65,4	53,4	51,4
M NPMg	56,5	30,9	66,3	53,9	51,9
M NPK	54,9	31,9	66,7	53,0	51,6
M NPKMg	59,8	31,8	69,5	55,1	54,1
M NPK + Ca	61,7	36,8	74,8	58,3	57,9
M NPKMg + Ca	63,2	36,6	75,5	58,3	58,4
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	7,7	3,7	5,3	5,8	2,9

\*0 – bez nawożenia – without fertilization, ST – słoma pszenna – wheat straw, NPK – nawożenie mineralne (azot, fosfor, potas) – mineral fertilization (nitrogen, phosphorus, potassium), Mg – nawożenie mineralne (magnez) – mineral fertilization (magnesium), Ca – wapnowanie – liming, M – obornik – manure

Konsekwencją dużego udziału ziarna frakcji > 2,8 mm w plonie z obiektów M NPK + Ca oraz M NPKMg + Ca był zmniejszony udział ziarna należącego do frakcji 2,5 – 2,8 mm i 2,2 – 2,5 mm. Udział ziarna frakcji 2,5 – 2,8 mm w plonie był zróżnicowany przez nawożenie tylko w 2 z 4 lat badań, a średnio w całym okresie istotnie więcej tego ziarna występowało w plonie z obiektu NPK + Ca – lokata 1. niż z obiektów nawożonych M NPK + Ca i M NPKMg + Ca – lokaty 13., 14. (tab. 2 i 6). Z kolei udział ziarna frakcji 2,2 – 2,5 mm w plonie z każdego obiektu był istotnie większy niż z obiektów M NPK + Ca i M NPKMg + Ca (tab. 3).

Ziarno małe, frakcji 2,0–2,2 mm stanowiło nie więcej niż 5,5% plonu pszenicy ozimej i tylko w dwóch pierwszych latach jego udział zależał od wcześniejszego wieloletniego nawożenia. W plonie z obiektu nawożonego obornikiem i nawozami mineralnymi NPK – lokata 1. ziarna tego było istotnie więcej niż z obiektu nienawożonego – lokata 14. oraz nawożonego NPK i wapnowanego – lokata 13. (tab. 4 i 6).

Tabela 2. Udział (% wag.) ziarna frakcji 2,5–2,8 mm w plonie pszenicy ozimej w zależności od sposobu wieloletniego nawożenia

Table 2. The share (weight %) of grain fraction 2.5–2.8 mm in the yield of winter wheat depending on the method of long-term fertilization

Obiekt* Treatment	Lata – Years				Średnio Mean
	2009	2010	2011	2013	
0	28,4	35,4	23,1	31,1	29,5
ST + NPK	27,5	35,1	24,3	32,9	30,0
NPK + Ca	27,3	36,0	25,8	35,3	31,1
NPK	25,6	36,5	25,0	33,7	30,2
M	25,8	35,5	25,3	31,2	29,5
M PK	24,7	35,8	25,4	33,7	29,9
M NK	27,3	36,1	23,8	32,8	30,0
M NKMg	26,5	37,2	25,0	32,2	30,2
M NP	26,9	36,8	26,2	33,4	30,8
M NPMg	26,3	37,2	26,1	32,7	30,6
M NPK	27,5	37,0	25,7	32,1	30,6
M NPKMg	25,7	36,8	24,0	31,4	29,5
M NPK + Ca	25,7	37,0	22,0	32,4	29,3
M NPKMg + Ca	25,7	36,5	21,8	32,3	29,1
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	3,0	r.n.	2,7	r.n.	1,7

\* – oznaczenia jak w tabeli 1 – explanation as Table 1

r.n. – różnica nieistotna – no significant differences

Tabela 3. Udział (% wag.) ziarna frakcji 2,2–2,5 mm w plonie pszenicy ozimej w zależności od sposobu wieloletniego nawożenia

Table 3. The share (weight %) of grain fraction 2.2–2.5 mm in the yield of winter wheat depending on the method of long-term fertilization

Obiekt* Treatment	Lata – Years				Średnio Mean
	2009	2010	2011	2013	
0	12,6	24,2	3,2	10,1	12,5
ST + NPK	14,5	24,8	7,3	9,5	14,0
NPK + Ca	14,2	23,8	6,1	12,0	14,0
NPK	15,4	24,3	6,2	9,4	13,8

Tabela 3. cd.  
Table 3. cont.

M	15,4	24,6	6,7	9,7	14,1
M PK	15,3	24,8	6,3	10,9	14,3
M NK	15,6	27,2	7,6	10,0	15,1
M NKMg	15,5	25,1	6,5	9,8	14,2
M NP	15,2	26,0	6,6	9,5	14,3
M NPMg	14,0	26,3	6,2	9,8	14,1
M NPK	14,4	25,6	6,0	10,5	14,1
M NPKMg	11,5	25,8	5,3	10,2	13,2
M NPK + Ca	9,7	21,3	2,0	5,4	9,6
M NPKMg + Ca	8,6	20,6	1,8	5,6	9,2
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	2,8	3,1	0,9	2,3	1,5

\* – oznaczenia jak w tabeli 1 – explanation as Table 1

Tabela 4. Udział (% wag.) ziarna frakcji 2,0–2,2 mm w plonie pszenicy ozimej w zależności od sposobu wieloletniego nawożenia

Table 4. The share (weight %) of grain fraction 2.0–2.2 mm in the yield of winter wheat depending on the method of long-term fertilization

Obiekt* Treatment	Lata – Years				Średnio Mean
	2009	2010	2011	2013	
0	1,91	3,80	0,40	2,29	2,10
ST + NPK	2,55	3,81	0,35	3,24	2,49
NPK + Ca	2,46	4,22	0,53	2,40	2,40
NPK	2,47	3,94	0,37	3,20	2,50
M	2,42	4,70	0,53	3,22	2,72
M PK	2,18	4,25	0,51	3,01	2,49
M NK	2,06	5,29	0,49	3,52	2,84
M NKMg	2,54	4,22	0,48	2,44	2,42
M NP	2,53	4,40	0,67	3,35	2,74
M NPMg	2,67	4,53	0,49	3,24	2,73
M NPK	2,72	4,68	0,55	3,96	2,98
M NPKMg	2,33	4,80	0,36	2,52	2,50
M NPK + Ca	2,32	4,60	0,34	3,50	2,69
M NPKMg + Ca	1,92	5,48	0,31	3,40	2,78
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,60	0,79	r.n.	r.n.	0,56

\* – oznaczenia jak w tabeli 1 – explanation as Table 1

r.n. – różnica nieistotna – no significant differences

Tabela 5. Udział (% wag.) zanieczyszczeń w zebranym plonie pszenicy ozimej w zależności od sposobu wieloletniego nawożenia

Table 5. The share (weight %) of contamination in harvested yield of winter wheat depending on the method of long-term fertilization

Obiekt* Treatment	Lata – Years				Średnio Mean
	2009	2010	2011	2013	
0	3,77	5,00	2,99	3,24	3,75
ST + NPK	4,13	4,82	3,13	3,06	3,78
NPK + Ca	3,86	4,89	3,13	3,13	3,75
NPK	4,07	4,84	3,12	3,25	3,82
M	3,85	4,79	3,13	3,20	3,74
M PK	4,43	4,85	3,13	3,34	3,94
M NK	4,58	5,02	3,28	3,79	4,17
M NKMg	4,58	4,87	3,13	3,68	4,06
M NP	4,23	4,79	3,03	3,34	3,85
M NPMg	4,07	4,74	2,96	3,57	3,83
M NPK	3,93	4,59	2,75	3,37	3,66
M NPKMg	3,58	4,51	2,98	2,99	3,51
M NPK + Ca	2,48	4,31	2,58	2,59	2,99
M NPKMg + Ca	2,69	4,38	2,25	2,50	2,96
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,87	0,60	0,57	0,57	0,44

\* – oznaczenia jak w tabeli 1 – explanation as Table 1

Tabela 6. Obiekty wieloletniego nawożenia w malejącej kolejności wielkości udziału frakcji ziarna i zanieczyszczeń w plonie

Table 6. Long-term fertilization treatments from the highest to the lowest values of the share of the grain fraction and contamination in the yield

Lokata Position	>2,8 mm	2,5 – 2,8 mm	2,2 – 2,5 mm	2,0 – 2,2 mm	Zanieczyszczenia Contamination
1	M NPKMg + Ca	NPK + Ca	M NK	M NPK	M NK
2	M NPK + Ca	M NP	M PK	M NK	M NKMg
3	0	M NPMg	M NP	M NPKMg + Ca	M PK
4	M NPKMg	M NPK	M NKMg	M NP	M NP
5	NPK + Ca	M NKMg	M NPK	M NPMg	M NPMg
6	M	NPK	M	M	NPK
7	ST + NPK	M NK	M NPMg	M NPK + Ca	ST + NPK
8	NPK	ST + NPK	ST + NPK	M NPKMg	0
9	M PK	M PK	NPK + Ca	NPK	NPK + Ca

Tabela 6. cd.  
Table 6. cont.

10	M NKMg	0	NPK	ST + NPK	M
11	M NPMg	M NPKMg	M NPKMg	M PK	M NPK
12	M NPK	M	0	M NKMg	M NPKMg
13	M NK	M NPK + Ca	M NPK + Ca	NPK + Ca	M NPK + Ca
14	M NP	M NPKMg + Ca	M NPKMg + Ca	0	M NPKMg + Ca

\* – oznaczenia jak w tabeli 1 – explanation as Table 1

Udział zanieczyszczeń w zebranych plonach ziarna pszenicy ozimej w zależności od roku i obiektu wieloletniego nawożenia wynosił od około 2,3% do 5,0%. Średnio w okresie badań najbardziej zanieczyszczone ziarno zbierano z obiektów nawożonych obornikiem i w sposób niezrównoważony nawozami mineralnymi – lokaty 1. – 5. Udział zanieczyszczeń w ziarnie z obiektu M NK – lokata 1. istotnie różnił się od stwierdzonego w plonach z obiektów nawożonych obornikiem wraz z: NPK, NPKMg, NPK + Ca, M NPKMg + Ca – lokaty 11. – 14. (tab. 5 i 6).

## DYSKUSJA

Regularne stosowanie obornika wraz z nawozami mineralnymi w świetle wyników wielu długotrwałych badań jest najlepszym sposobem utrzymania, a nawet zwiększenia żyzności i produktywności gleby [Suwara 2010], wpływa także na jakość ziarna zbóż [Hejman i in. 2013]. W obrębie pola doświadczalnego, gdzie przeprowadzono niniejsze badania od wielu lat najbardziej zasobna w przyswajalne formy makroskładników była gleba na obiektach nawożonych obornikiem raz w rotacji zmianowania roślin, corocznie mineralnymi nawozami NPK lub NPKMg oraz okresowo wapnowanych [Jaskulska 2007]. Takie nawożenie pozwalało uzyskiwać wysokie plony zbóż o dobrej jakości ziarna [Jaskulska 2010, 2011]. W niniejszych badaniach stwierdzono, że w strukturze plonu pszenicy ozimej z tych obiektów dominowało ziarno frakcji >2,8 mm. Wpływ poszczególnych nawozów i sposobów nawożenia na strukturę plonu jest niejednoznaczny. Stępień [2011] stosując obornik, nawożenie organiczne w formie mączki mięsno-kostnej oraz mineralne nie wykazał istotnej różnicy w udziale poślada w plonach ziarna pszenicy ozimej i jarej. Także Waclawowicz i in. [2005] stwierdzili niewielki wpływ nawozów naturalnych i organicznych stosowanych pod przedplon pszenicy jarej na udział poszczególnych frakcji ziarna w jej plonie. W drugim roku po zastosowaniu nawozów organicznych udział ziarna frakcji >2,8 mm w plonie był mniejszy niż w przypadku jego braku, chociaż po zastosowaniu w nawożeniu pszenicy jarej bardzo wysokiej dawki azotu – 200 kg N·ha<sup>-1</sup> stosowane pod jej przedplon obornik, wermikompost i biomasa międzyplonu spowodowały wzrost udziału ziarna grubego w plonie. Według cytowanych autorów nawożenie organiczne stosowane pod przedplon pszenicy największe zmiany spowodowało w odniesieniu do frakcji ziarna najdrobniejszego, 2,0–2,2 mm. Nawożenie to zwiększyło, natomiast wyłączone nawożenie mineralne zmniejszyło udział tej frakcji ziarna w plonie. Podobnie w badaniach własnych wieloletnie nawożenie mineralne NPK i wapnowanie, a także brak nawożenia jakimkolwiek składnikiem, spowodowało ograniczenie udziału ziarna najmniejszego w plonie pszenicy ozimej.

Największy udział ziarna drobnego, zwłaszcza frakcji 2,2–2,5 mm, a mały ziarna największego >2,8 mm był skutkiem wieloletniego pomijania w nawożeniu jednego z podstawowych składników pokarmowych, azotu, fosforu lub potasu. Wzrost udziału tej frakcji w plonie ziarna pszenicy jarej nienawożonej azotem potwierdzają wyniki Waclawowicza i in. [2005]. Na korzystne, choć nie zawsze istotnie, oddziaływanie nawożenia fosforem i potasem na wyrównanie ziarna pszenicy ozimej wskazują natomiast badania Gaj i in. [2013]. Według autorów większy wpływ na tę cechę ziarna miały zróżnicowane warunki pogodowe w latach. Także w badaniach własnych wpływ wieloletniego nawożenia na udział poszczególnych frakcji ziarna w plonie pszenicy ozimej był silnie zróżnicowany w kolejnych latach, np. w 2013 roku nie stwierdzono istotnego wpływu sposobu nawożenia na udział ziarna frakcji 2,5–2,8 mm i 2,0–2,2 mm w plonie.

## WNIOSKI

1. Struktura i zanieczyszczenie plonu ziarna pszenicy ozimej zależały od sposobu wieloletniego nawożenia gleby oraz zmiennych warunków w latach badań.
2. Największy udział ziarna frakcji >2,8 mm i najmniejszy zanieczyszczeń w plonie pszenicy ozimej był wynikiem wieloletniego regularnego nawożenia gleby obornikiem, zrównoważonymi dawkami nawozów mineralnych i okresowego jej wapnowania.
3. Wieloletnie pomijanie w nawożeniu mineralnym choćby jednego podstawowego makroskładnika, mimo stosowania obornika, spowodowało zmniejszenie udziału ziarna dużego, a wzrost udziału w plonie ziarna drobniejszego, głównie frakcji 2,2–2,5 mm.

## PIŚMIENNICTWO

- Borówczak F., Rębarz K. 2008. Wpływ deszczowania i systemu uprawy na elementy plonowania i wartość siewną ziarna jęczmienia jarego. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 53(3): 27–31.
- Debreczeni K., Kismányoky T. 2005. Acidification of soils in long-term field experiments. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 36: 321–329.
- Dziki D., Różyło R., Laskowski J., Grundas S. 2011. Ocena właściwości fizycznych ziarna pszenicy przy wykorzystaniu analizatora pojedynczych ziarniaków. *Inż. Rol.* 15(1): 39–46.
- Ellmann T. 2011. Wpływ poziomu ochrony roślin, nawożenia azotem i terminu zbioru na plonowanie pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 28(2): 15–25.
- Gaj R., Górski D., Przybył J. 2013. Effect of differentiated phosphorus and potassium fertilization on winter wheat yield and quality. *J. Elem.* 18(1): 55–67.
- Giemza-Mikoda M., Waclawowicz R., Zimny L., Malak D. 2011. Wpływ zróżnicowanego nawożenia organicznego i wzrastających dawek azotu na wskaźniki struktury roli. *Fragm. Agron.* 28(3): 16–25.
- Hejzman M., Berková M., Kunzová E. 2013. Effect of long-term fertilizer application on yield and concentrations of elements (N, P, K, Ca, Mg, As, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) in grain of spring barley. *Plant Soil Environ.* 59: 329–334.
- Janowiak J., Spychaj-Fabisiak E., Murawska B. 2005. Kształtowanie odczynu gleby i zawartość przyswajalnych form fosforu w warunkach doświadczenia wieloletniego. *Fragm. Agron.* 22(1): 78–87.
- Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. 2011. Reakcja pszenicy jarej odmiany Parabola na dolistne dokarmianie mocznikiem i Mikrokompleksem. *Biul. IHAR* 262: 39–46.
- Jaskulska I. 2007. Produkcyjność agrofitycenozy w zależności od właściwości chemicznych gleby lekkiej ukształtowanych pod wpływem wieloletniego nawożenia. *Fragm. Agron.* 24(1): 98–105.
- Jaskulska I. 2010. Wpływ nawożenia rekultywacyjnego na jakość ziarna pszenicy ozimej. *Pam. Puł.* 152: 85–94.
- Jaskulska I. 2011. Wpływ wieloletniego niezrównoważonego nawożenia i nawożenia rekultywacyjnego na plonowanie roślin w zmianowaniu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 559: 79–86.



- Liu E., Yan C., Mei X., Zhang Y., Fan T. 2013. Long-term effect of manure and fertilizer on soil organic carbon pools in dryland farming in northwest China. *PLoS ONE* 8(2): e56536.
- Merbach I., Schulz E. 2013. Long-term fertilization effects on crop yields, soil fertility and sustainability in the Static Fertilization Experiment Bad Lauchstädt under climatic conditions 2001–2010. *Arch. Agron. Soil Sci.* 59: 1041–1057.
- Sadowska J., Błaszczak W., Jeliński T., Fornal J., Borkowska H., Styk B. 2001. Fertilization and technological quality of wheat grain. *Int. Agrophys.* 15: 279–285.
- Šimon T., Czakó A. 2014. Influence of long-term application of organic and inorganic fertilizers on soil properties. *Plant Soil Environ.* 60: 314–319.
- Siuta J., Żukowski B. 2010. Rozwój i potencjalne zagrożenia agroekosystemów. Cz. III. Ocena efektywności wapnowania gleb kwaśnych. *Ochr. Środ. Zasob. Nat.* 42: 109–121.
- Stępień A. 2011. Wpływ mączek mięsno-kostnych na właściwości gleby i plonowanie roślin. *Wyd. UWM Olsztyn. Rozpr. Nauk. Monogr.* 161: ss. 110.
- Suwała I. 2010. Rola wieloletniego nawożenia w kształtowaniu wybranych właściwości gleby lekkiej ze szczególnym uwzględnieniem stosunków wodno-powietrznych. *Wyd. SGGW Warszawa, Rozpr. Nauk. Monogr.* 364: ss. 98.
- Wacławowicz R., Parylak D., Śniady R. 2005. Następczy wpływ nawożenia organicznego oraz mineralnego azotowego na plonowanie oraz wybrane cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej. *Pam. Puł.* 139: 278–288.
- Zhou ZC., Gan ZT., Shangguan ZP., Zhang FP. 2013. Effects of long-term repeated mineral and organic fertilizer applications on soil organic carbon and total nitrogen in a semi-arid cropland. *Europ. J. Agron.* 45: 20–26.

I. JASKULSKA, T. BOCZKOWSKI, A. JANIAK, D. JASKULSKI

## THE EFFECT OF LONG-TERM VARIED FERTILIZATION ON THE YIELD STRUCTURE AND WINTER WHEAT GRAIN CONTAMINATION

### Summary

The effect of long-term fertilization on the structure and contamination of the yield of winter wheat was evaluated based on the analysis of the share of respective grain fractions and contamination in the yields of winter wheat grown in a long-term fertilization experiment over 2009–2013. The research covered the grain from 14 varied fertilization treatments kept, with some modifications, since 1948: without fertilization; with wheat straw once every crop rotation + mineral fertilization with NPK; the annual mineral fertilization with NPK; NPK + liming; NPK; FYM once every rotation, as well as FYM with: PK, NK, NKMg, NP, NPMg, NPK, NPKMg, NPK + Ca, NPKMg + Ca. It was found that the structure and contamination of the grain yield of winter wheat depended on the method of long-term soil fertilization, as well as variable conditions over the research years. The highest share of the grain of fraction >2.8 mm and the lowest share of contamination in the yield was a result of a long-term regular soil fertilization with FYM, balanced rates of mineral fertilizers and periodical liming. Giving up at least one macronutrient in mineral fertilization, despite the FYM application, decreased the share of coarse grain and increased the share of finer grain, mostly fraction 2.2 – 2.5 mm.

**Key words:** long-term fertilization, winter wheat, grain fractions, grain contamination

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 8.04.2015

Do cytowania – *For citation*:

Jaskulska I., Boczkowski T., Janiak A., Jaskulski D. 2015. Wpływ wieloletniego różnicowanego nawożenia na strukturę plonu i zanieczyszczenie ziarna pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 32(2): 20–28.