

## WPLYW NAWOŻENIA AZOTEM I SPOSOBU UŻYŻNIANIA GLEBY NA PLONOWANIE PSZENICY OZIMEJ W ZALEŻNOŚCI OD PRZEDPLONU

KAROL KOTWICA, IWONA JASKULSKA, DARIUSZ JASKULSKI, LECH GAŁĘZEWSKI, DOROTA WALCZAK

*Katedra Podstaw Produkcji Roślinnej i Doświadczalnictwa  
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy*

kotwica@utp.edu.pl

**Synopsis.** Na podstawie czteroletnich badań polowych (2007–2010) określono plonowanie pszenicy ozimej uprawianej w stanowisku po rzepaku ozimym oraz w drugim roku krótkotrwałej monokultury w zależności od dawki azotu (80, 110 i 140 kg N·ha<sup>-1</sup>) oraz sposobu użyżniania gleby. Glebę użyżniano w okresie późniejszym stosując: użyźniacz glebowy (UG<sub>max</sub>, f-my Bogdan), przyorując rozdrobnioną słomę z dodatkiem azotu mineralnego (30 kg N·ha<sup>-1</sup>) lub użyźniacza. Przyrost plonu ziarna pszenicy wynikający z następstwa po lepszym przedplonie wyniósł 1,17 t·ha<sup>-1</sup> i okazał się wyższy o 0,37 t·ha<sup>-1</sup> niż uzyskany na skutek zwiększenia nawożenia azotem z 80 do 140 kg N·ha<sup>-1</sup>. Sposób użyżniania gleby różnicował poszczególne elementy plonowania jak i plon uzyskanego ziarna. Wprowadzenie do gleby preparatu UG<sub>max</sub>, słomy z dodatkiem 30 kg N·ha<sup>-1</sup> i słomy z preparatem UG<sub>max</sub> skutkowało przyrostem plonu ziarna pszenicy odpowiednio o 5,9; 10,3 i 13,6% w stosunku do obiektów, na których nie zastosowano użyżniania. Większe nawożenie azotem, jak i stosowanie użyżniania gleby okazało się bardziej zasadne w krótkotrwałej monokulturze pszenicy niż w zmianowaniu po rzepaku. Korzystny wpływ zwiększonego nawożenia azotem na plon ziarna wynikał głównie ze wzrostu obsady kłosów i liczby ziaren w kłosie, a użyżniania gleby w stanowisku po pszenicy ozimej z równomiernego wzrostu wielkości wszystkich elementów plonowania.

**Słowa kluczowe** – *key words*: przedplon – *previous crop*, nawożenie azotem – *nitrogen fertilisation*, słoma – *straw*, użyźniacz glebowy – *soil fertilizers*, pszenica ozima – *winter wheat*

### WSTĘP

Siedliskowe i produkcyjne skutki uproszczeń organizacji i technologii polowej produkcji roślinnej skłaniają do poszukiwań sposobów ich łagodzenia, zwłaszcza w uprawie zbóż po sobie. Przyjmując kryterium ekonomiczno-produkcyjne bada się często wpływ nawożenia azotem na plon ziarna. Kryterium środowiskowe i tendencje do ekologizacji produkcji wymuszają jednak rozpoznanie nowych zabiegów sprzyjających zwiększeniu ilości materii organicznej w glebie i bioróżnorodności agrobiocenozy [Barabasz 2002, Dzienia i in. 2006, Javaid i Shah 2010, Piskier 2007, Shah i in. 2001].

Uproszczenia zmianowań, uprawa zbóż w monokulturach i wiążące się z tym stosowanie dużych ilości nawozów mineralnych oraz chemicznych środków ochrony roślin prowadzą do zmian ilości i struktury organizmów, w tym odpowiedzialnych za obieg materii i żyzność gleby [Barabasz 2002]. Wprowadzenie do gleby wyselekcjonowanych szczepów mikroorganizmów może poprawić jej aktywność mikrobiologiczną [Kaczmarek i in. 2008], a w konsekwencji przyspieszyć rozkład materii organicznej [Zydlik i Zydlik 2008], zmienić jej właściwości fizyczne [Higa 1998, Kaczmarek i in. 2007 i 2008, Piskier 2007] czy ograniczyć rozwój patogenów [Boliłłowa i Gleń 2008, Stępień i Adamiak 2009].

Krótki okres badawczy nad efektami doglebowej aplikacji biopreparatów, lokalny charakter badań a zwłaszcza efektywność plonotwórcza wzbudzają burzliwą dyskusję między zwolennikami a sceptykami ich skuteczności. Niemniej zainteresowanie praktyki rolniczej i nieliczne dotychczas wyniki empiryczne skłaniają do dalszych badań nad wpływem preparatów zawierających mikroorganizmy na środowisko glebowe i plonowanie roślin.

Celem niniejszej pracy było poznanie wpływu nawożenia gleby azotem i sposobu jej użytkowania z wykorzystaniem użyźniacza  $UG_{max}$  na plonowanie pszenicy ozimej w zależności od przedplonu i ocena wkładu poszczególnych elementów w różnice plonów.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono latach 2007–2010 w gospodarstwie rolnym „Lasecki” we wsi Kicko, gmina Kruszwica 52°36' N i 18°23' E. Zlokalizowano je na glebie kompleksu żyniego bardzo dobrego, klasy bonitacyjnej IVa. Gleba ta charakteryzowała się średnią zawartością przyswajalnego fosforu i potasu, niską magnezu i lekko kwaśnym odczynem (pH 6,2). W każdym z 4 lat badań trzyczynnikowe doświadczenie polowe zakładano w układzie mieszanym, losowanych podbloków z równoważnymi podblokami (split-plot split-block), w trzech powtórzeniach.

Czynnikami i ich poziomami były:

A – przedplon: rzepak ozimy, pszenica ozima,

B – dawki azotu: 80, 110, 140 kg N·ha<sup>-1</sup>,

C – sposób użytkowania gleby: słoma zebrana (obiekt kontrolny); słoma zebrana + użyźniacz  $UG_{max}$ ; słoma rozdrobniona i wymieszana z glebą + 30 kg N·ha<sup>-1</sup>; słoma rozdrobniona i wymieszana z glebą + użyźniacz glebowy.

Kombinacje poziomów czynników tworzyły 24 obiekty rozmieszczone na jednostkach eksperymentalnych o powierzchni 27 m<sup>2</sup>. Po zbiorze przedplonów, na wszystkich obiektach wykonywano jednakową uprawę późniwną i przedsięwną pod pszenicę ozimą: agregat podorywkowy mieszający z glebą ścierną lub rozdrobnioną słomę (w zależności od obiektu), bronowanie pielęgnacyjne oraz orka siewna i dwukrotnie agregat uprawowy. Użyźniacz glebowy  $UG_{max}$  aplikowano w formie oprysku na pozostawione ściernisko lub rozdrobnioną słomę w dawce 0,9 l·ha<sup>-1</sup>. Siew pszenicy ozimej odmiany ‘Clever’ w ilości zapewniającej gęstość 500–550 ziaren·m<sup>-2</sup> wykonywano między 24 września (2008 r.) a 5 października (2009 r.). Nawożenie mineralne fosforowo-potasowe stosowano przedsięwnie w dawkach odpowiednio 60 kg·ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i 80 kg·ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O. Azot mineralny, stanowiący czynnik doświadczalny, aplikowano następująco:

- dawkę 80 kg N·ha<sup>-1</sup> stosowano w dwu terminach tj. 2/3 w momencie ruszenia vegetacji i 1/3 w fazie pełni strzelania w źdźbło,

- dawki 110 i 140 kg N·ha<sup>-1</sup> w trzech terminach: 1/2 dawki w momencie ruszania wiosennej vegetacji, 30% w fazie pełni krzewienia i 20% w trakcie kłoszenia (RSM).

Chwasty zwalczano herbicydem Racer 250 EC (1,5 l·ha<sup>-1</sup> dzień po siewie) oraz Chisel 75 WG + Trend 90EC (60 g·ha<sup>-1</sup> + 0,15 l·ha<sup>-1</sup> po ruszeniu vegetacji wiosną). Występowanie patogenów ograniczano fungicydami: Artea 330 EC (0,5 l·ha<sup>-1</sup>, BBCH 32–33) oraz Acanto 250 SC (1,0 l·ha<sup>-1</sup>, BBCH 52–55). Zbiór pszenicy wykonywano między 31 lipca w 2007 a 11 sierpnia w 2011 roku kombajnem poletkowym Wintersteiger.

Warunki meteorologiczne, w okresie vegetacji roślin i spoczynku zimowego były różnicowane w latach badań. Każdego roku, mimo suchego i chłodnego października 2007, wschody były dobre, zapewniające zakładaną obsadę roślin. Również przezimowanie, nawet podczas mroźnej zimy 2009/2010, było zadowalające. W trakcie wiosennej vegetacji roślin występowa-

ły okresowe niedobory wody, zwłaszcza na przełomie maja i czerwca 2008, w kwietniu 2009 i czerwcu 2010 roku (tab. 1).

Tabela 1. Średnie miesięczne temperatury powietrza i sumy opadów atmosferycznych w okresie wegetacji i spoczynku zimowego w latach badań wg SDOO Głębokie

Table 1. Mean monthly air temperatures and total precipitation over the vegetation period and winter dormancy over the research years according to SDOO Głębokie

Miesiąc Month	Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C) Mean monthly air temperature (°C)					Miesięczna suma opadów (mm) Total monthly precipitation (mm)				
	2006	2007	2008	2009	2010	2006	2007	2008	2009	2010
I	–	3,4	1,2	-3,2	-8,0	–	64,5	62,8	11,9	20,0
II	–	0,6	3,5	-0,6	-2,6	–	43,6	18,4	15,3	15,0
III	–	5,2	3,5	3,0	3,2	–	58,2	43	35,8	34,4
IV	–	8,8	8,4	10,4	8,3	–	15,4	24,1	6,1	32,4
V	–	14,4	13,5	12,9	12,1	–	49,5	29,2	70,2	95,4
VI	–	18,6	17,5	15,3	16,8	–	59,2	27,7	77,9	37,2
VII	–	18,3	19,1	18,9	21,5	–	148,1	64,2	127,1	162,4
VIII	–	18,6	18,2	18,8	18,8	–	38,3	72,7	41,2	119,9
IX	15,9	13,0	12,5	14,8	–	18,0	32,8	23,8	21,7	–
X	10,7	7,7	9,1	6,9	–	45,0	12,5	57,9	58,7	–
XI	6,6	2,0	4,9	5,6	–	31,9	27,5	7,4	37,1	–
XII	4,1	0,8	0,8	-1,0	–	27,2	23,6	14,4	27,0	–

Dane liczbowe poszczególnych cech biometrycznych roślin pszenicy ozimej w każdym roku badań poddano analizie wariancji w modelu właściwego dla układu doświadczenia. Syntezę badań wieloletnich wykonano w modelu mieszanym łączonych nieściłości, w którym czynniki doświadczalne traktowano jako stałe, natomiast interakcje czynników z latami stanowiły składową błędów doświadczalnych – FR-ANALWAR-4.3. Porównania grup średnich obiektowych dokonano w oparciu o wielokrotny test rozstępu Tukeya na poziomie istotności  $p = 0,05$ . Wpływ poszczególnych elementów plonowania na istotne różnice plonów między obiektami doświadczalnymi określono metodą Rudnickiego [2000].

## WYNIKI I DYSKUSJA

Następstwo pszenicy po pszenicy uznawane jest powszechnie za niekorzystne [Buraczyńska i Ceglarek 2008, Jaskulski i Piasecka 2007, Suwara i in. 2007]. Korzystniejszym i coraz częściej wykorzystywanym przedplonem dla pszenicy jest rzepak, który może nawet ograniczać efekty niekorzystnego oddziaływania uproszczonej agrotechniki [Bednarek i in. 2009, Majchrzak i

in. 2010, Wesołowski i in. 2007]. Walory przedplonowe rzepaku potwierdziły wyniki badań własnych, w których plon ziarna pszenicy ozimej uprawianej w krótkotrwałej monokulturze był o 18,1% mniejszy od plonu w stanowisku po rzepaku ozimym (tab. 2). Plon ziarna pszenicy ozi-

Tabela 2. Plon ziarna pszenicy ozimej w zależności od przedplonu, dawki nawożenia azotem i sposobu użytkowania gleby, średnio z lat 2007–2010

Table 2. Winter wheat grain yield depending on the previous crop, the nitrogen fertilisation dose and the soil fertilisation method, mean of 2007–2010

Przedplon <i>Previous crop</i> (A)	Sposób użytkowania <i>Fertilisation method</i> (C)	Dawka azotu (kg N·ha <sup>-1</sup> ) <i>Nitrogen dose (kg N·ha<sup>-1</sup>)</i> (B)			Średnio <i>Mean</i>
		80	110	140	
Rzepak ozimy <i>Winter rape</i>	bez słomy – <i>without straw</i>	5,85	6,27	6,50	6,21
	użyźniacz – <i>fertiliser</i>	6,14	6,49	6,63	6,42
	słoma+N – <i>straw+N</i>	6,34	6,56	6,67	6,52
	słoma+użyźniacz – <i>straw+fertiliser</i>	6,52	6,67	6,72	6,63
	średnia – <i>mean</i>	6,21	6,50	6,63	6,45
Pszenica ozima <i>Winter wheat</i>	bez słomy – <i>without straw</i>	4,10	4,77	5,25	4,71
	użyźniacz – <i>fertiliser</i>	4,55	5,16	5,68	5,13
	słoma+N – <i>straw+N</i>	4,92	5,64	6,00	5,52
	słoma+użyźniacz – <i>straw+fertiliser</i>	5,10	5,78	6,44	5,77
	średnia – <i>mean</i>	4,67	5,34	5,84	5,28
bez słomy – <i>without straw</i>		4,98	5,52	5,88	5,46
użyźniacz – <i>fertiliser</i>		5,34	5,83	6,16	5,78
słoma+N – <i>straw+N</i>		5,63	6,10	6,33	6,02
słoma+użyźniacz – <i>straw+fertiliser</i>		5,81	6,22	6,58	6,20
Średnia – <i>Mean</i>		5,44	5,92	6,24	5,86
NIR <sub>0,05</sub> dla – LSD <sub>0,05</sub> for: A – 0,76; B – 0,27; C – 0,32; B/A – 0,38; A/B – 0,58; C/A – 0,41; A/C – 0,60; C/B – r.n.; B/C – r.n.					

r.n. – różnica nieistotna – *non significant differences*

mej zwiększał się istotnie wraz ze wzrostem dawki azotu, co jest zgodne z wieloma wcześniejszymi badaniami, również z aktualnymi odmianami jakościowymi i chlebowymi [Budzyński i Bielski 2008]. Zwiększone nawożenie azotem okazało się jednak mniej skutecznym czynnikiem plonotwórczym niż korzystny przedplon. O ile bowiem zwiększenie dawki azotu z 80 do 140 kg N·ha<sup>-1</sup> skutkowało wzrostem plonu ziarna o 0,8 t·ha<sup>-1</sup>, to plon pszenicy na stanowisku po rzepaku ozimym był o 1,17 t·ha<sup>-1</sup> większy niż w stanowiska po sobie. Większą rolę stanowiska niż nawożenia w kształtowaniu wielkości plonu ziarna pszenicy ozimej podkreślają również Suwara i in. [2007] oraz Wesołowski i in. [2007]. Z kolei Sieling i in. [2005] uważają, że dla

uzyskania wysokiego plonu zbóż w monokulturze wymagane jest większe nawożenie, zwłaszcza azotem. Potwierdzają to badania własne, w których zwiększanie dawki nawożenia azotem z 80 do 110, a następnie do 140 kg N·ha<sup>-1</sup> skutkowało przyrostem plonu pszenicy w stanowisku po rzepaku odpowiednio o 4,7 i 2,0%, podczas gdy analogiczne przyrosty w krótkotrwałej monokulturze były kilkukrotnie większe i wyniosły 14,3 i 9,4%.

Wnoszenie do gleby słomy czy mikroorganizmów to niektóre z możliwych zabiegów ograniczających niekorzystne zmiany w agrosystemach monokultur i sprzyjające utrzymaniu żyzności gleb [Jaskulski i Jaskulska 2004ab, Kaczmarek i in. 2007 i 2008, Kotwica 2008, Pawłowski i Wesołowski 1991]. Analizowane w niniejszym doświadczeniu sposoby użyźniania gleby różnicowały istotnie plon ziarna, a ich plonotwórczy efekt zależał od przedplonu. Pszenica uprawiana na obiekcie, na którym gleby nie użyźniano plonowała na niższym poziomie niż na obiektach użyźnianych, zwłaszcza na których wnoszono rozdrobnioną słomę przedplonów dodatkiem azotu mineralnego lub użyźniacza glebowego (tab. 2). Efekt plonotwórczy użyźniania gleby był większy w mniej korzystnym, tj. w krótkotrwałej monokulturze. W takich warunkach przyoranie słomy z azotem lub preparatem UG<sub>max</sub> skutkowało przyrostem plonu ziarna pszenicy odpowiednio o 0,81 i 1,06 t·ha<sup>-1</sup> (tj. o 17,2 i 22,5%) w stosunku do obiektu kontrolnego, na którym w uprawie późniejszej inkorporowano z glebą ścierrę. Natomiast na stanowisku po rzepaku ozimym tylko przyoranie słomy z użyźniaczem glebowym skutkowało istotnie większym plonem ziarna pszenicy – o 6,8% w odniesieniu do kontroli. Uwalnianie w trakcie rozkładu słomy związków biologicznie aktywnych, nasilenie występowania patogenów, immobilizacja azotu i mechaniczne utrudnienia uprawy roli oraz siewu powodują, że efekty siedliskowo-produkcyjne stosowania słomy nie są jednoznaczne, a wykorzystanie jej do regeneracji stanowiska w monokulturach zbożowych dyskusyjne [Duer 1997, Dziadowiec 1987, Jaskulski i Jaskulska 2004b, Siuta 1998, 1999, Smagacz 2010]. Inkorporowanie z glebą rozdrobnionej słomy najczęściej nie wpływa istotnie na plon ziarna uprawianych zbóż, a może go też obniżyć [Jaskulski i Jaskulska 2004ab, Smagacz 2010, Siuta 1998 i 1999]. Uzyskane wyniki badań własnych wskazują, że słoma może wpływać korzystnie na produktywność gleby. Efekty stosowania słomy zależą jednak od wielu, często współzależnych, czynników m.in.: sposobu i terminu jej aplikacji, tempa i stopnia rozkładu, warunków siedliska. Powszechnie zalecany dodatek azotu mineralnego na słomę ogranicza niekorzystny wpływ biologicznego uwstecznienia przyswajalnego azotu i niekiedy pozwala uzyskać kilkuprocentowy wzrost plonu ziarna zbóż. Okresowe, co 2–3 lata, nawożenie gleby słomą okazuje się korzystniejsze niż jej coroczne przyoranie a skuteczniejszy wpływ na plonowanie zbóż obserwuje się w latach o mniejszych opadach i gorszym ich rozkładzie w okresie wegetacji niż w latach o optymalnych warunkach wilgotnościowych [Duer 1997, Jaskulski i Jaskulska 2004ab, Kolbe i Stumpe 1975, Kotwica 2008, Siuta 1998, 1999, Smagacz 2010, Spiak i in. 2002, Stevenson 1982].

Trudny do interpretacji jest obserwowany w badaniach własnych efekt wzrostu plonu pod wpływem słomy stosowanej z użyźniaczem UG<sub>max</sub>. Szeroki stosunek C:N charakterystyczny dla słomy i wprowadzenie z użyźniaczem wielu szczepów mikroorganizmów może sprzyjać szybkiemu jej rozkładowi, ale jednocześnie okresowej immobilizacji azotu glebowego, co by ograniczało jego dostępność dla ozimin. Prawdopodobnie jednak na obiektach, na których stosowano użyźniacz mogła następować szybsza mineralizacja glebowej substancji organicznej i w efekcie wzrost dostępności azotu i innych składników pokarmowych.

Plon ziarna jest wypadkową wielkości elementów plonowania, różnicowanych przez czynniki siedliskowe i agrotechniczne [Mazurek 1999, Rudnicki 2000]. W badaniach własnych wszystkie czynniki doświadczenia wpłynęły istotnie na elementy plonowania pszenicy ozimej z wyjątkiem zależności liczby ziaren od przedplonu. Stwierdzono także współdziałanie przedplonu i sposobu użyźniania gleby w kształtowaniu obsady kłosów, i masy tysiąca ziaren pszenicy (tab. 3).



Określając wpływ poszczególnych elementów plonowania na istotne różnice plonów w efekcie oddziaływania czynników doświadczenia stwierdzono, że lepsze plonowanie pszenicy ozimej w stanowisku po rzepaku niż w monokulturze, wynikało przede wszystkim ze zwiększenia masy tysiąca ziaren i obsady kłosów (tab. 4). Wpływ masy tysiąca ziaren na tę różnicę

Tabela 4. Udział (%) elementów plonowania w różnicowaniu plonów pszenicy ozimej między obiektami doświadczalnymi.

Table 4. Share (%) of yielding components in differentiating winter wheat yields across the experimental objects

Porównywane obiekty <i>Objects compared</i>		Różnica plonów <i>Yield difference</i> (dt·ha <sup>-1</sup> )	Udział w różnicy plonów (%) <i>Share in yield difference (%)</i>		
Obiekt I (plon większy) <i>Object I</i> (higher yield)	Obiekt II (plon mniejszy) <i>Object II</i> (lower yield)		Obsada kłosów <i>Ear density</i>	Liczba ziaren w kłosie <i>Number of</i> <i>grains per ear</i>	Masa 1000 ziaren <i>1000 grain</i> <i>weight</i>
Przedplon (A) – <i>Previous crop (A)</i>					
A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	1,17	36,0	17,5	46,4
Dawka azotu (B) – <i>Nitrogen dose (B)</i>					
B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	0,48	42,1	33,4	24,5
B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	0,80	37,8	34,1	28,1
B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	0,32	30,7	35,1	34,2
Sposób użyźniania gleby (C) – <i>Fertilisation method (C)</i>					
C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	0,32	33,2	41,6	25,2
C <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	0,56	28,8	37,4	33,8
C <sub>4</sub>	C <sub>1</sub>	0,74	29,6	37,8	32,6
C <sub>4</sub>	C <sub>2</sub>	0,42	28,1	36,0	35,9
Przedplon x dawka azotu (A/B) – <i>Previous crop x Nitrogen dose (A/B)</i>					
A <sub>1</sub> x B <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> x B <sub>1</sub>	1,54	33,7	24,8	41,5
A <sub>1</sub> x B <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> x B <sub>2</sub>	1,16	39,6	19,2	41,1
A <sub>1</sub> x B <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> x B <sub>3</sub>	0,79	29,0	13,4	57,6
Dawka azotu x przedplon (B/A) – <i>Nitrogen dose x previous crop (B/A)</i>					
A <sub>1</sub> x B <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> x B <sub>1</sub>	0,42	36,9	29,3	33,8
A <sub>2</sub> x B <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> x B <sub>1</sub>	0,67	34,8	36,9	28,3
A <sub>2</sub> x B <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> x B <sub>1</sub>	1,17	38,6	35,2	26,2
A <sub>2</sub> x B <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> x B <sub>2</sub>	0,50	43,9	32,5	23,6
Przedplon x sposób użyźniania gleby (A/C) – <i>Previous crop x fertilisation method (A/C)</i>					
A <sub>1</sub> x C <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> x C <sub>1</sub>	1,50	38,9	20,6	40,5
A <sub>1</sub> x C <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> x C <sub>2</sub>	1,29	37,9	19,2	42,9
A <sub>1</sub> x C <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> x C <sub>3</sub>	1,10	30,7	14,2	55,1
A <sub>1</sub> x C <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> x C <sub>4</sub>	0,86	28,7	25,3	46,1
Sposób użyźniania gleby x przedplon (C/A) – <i>Fertilisation method x previous crop (C/A)</i>					
A <sub>1</sub> x C <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> x C <sub>1</sub>	0,42	18,1	48,7	33,1
A <sub>2</sub> x C <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> x C <sub>1</sub>	0,42	37,2	31,4	31,4
A <sub>2</sub> x C <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> x C <sub>1</sub>	0,81	34,9	36,6	28,5
A <sub>2</sub> x C <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> x C <sub>1</sub>	1,06	36,6	31,2	32,1
A <sub>2</sub> x C <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> x C <sub>2</sub>	0,64	36,1	31,2	32,7

A<sub>1</sub> – rzepak ozimy – *winter rape*; A<sub>2</sub> – pszenica ozima – *winter wheat*; B<sub>1</sub> – 80 kg N·ha<sup>-1</sup>; B<sub>2</sub> – 110 kg N·ha<sup>-1</sup>; B<sub>3</sub> – 140 kg N·ha<sup>-1</sup>; C<sub>1</sub> – słoma zebrana – *without straw*; C<sub>2</sub> – słoma zebrana+użyźniacz – *without straw+fertilizer*; C<sub>3</sub> – słoma+N – *straw+N*; C<sub>4</sub> – słoma + użyźniacz – *straw+fertiliser*

był szczególnie duży, gdy glebę użyźniano poprzez wnoszenie słomy z azotem mineralnym lub preparatem  $UG_{max}$ . Poprawę parametrów kłosa pszenicy ozimej oraz większą ich obsadę po rzepaku ozimym jako przedplonie niż po pszenicy obserwował też Wesołowski i in. [2007]. Z kolei plonotwórczy efekt stosowania coraz większych dawek azotu w badaniach własnych wynikał z wkładu wszystkich, choć w różnym stopniu i zależnie od przedplonu, elementów plonowania, ale głównie z obsady kłosów i liczby ziaren w kłosie. Zwiększenie obsady kłosów oraz liczby ziarniaków w kłosie pod wpływem coraz większych dawek azotu stwierdzili również Budzyński i Bielski [2008]. Natomiast Chrzanowska-Drożdż [2001] uważa, że w różnicowaniu wartości elementów plonowania i wielkości plonu ziarna większe znaczenie niż nawożenie azotem mają odmiana i przebieg pogody. Wzrost plonu pszenica ozimej wskutek zabiegów użyźniania gleby wynikał w największym stopniu z większej liczby ziaren w kłosie, szczególnie w stanowisku po rzepaku ozimym.

## WNIOSKI

1. Wpływ nawożenia azotem i użyźniania gleby na plon pszenicy ozimej zależał od jej przedplonu i był znacznie większy w krótkotrwałej monokulturze niż w stanowisku po rzepaku ozimym.
2. W stanowisku po rzepaku ozimym efektywnym produkcyjnie było zwiększenie nawożenia pszenicy ozimej do  $110 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  oraz przyorywanie słomy z użyźniaczem  $UG_{max}$ , natomiast w stanowisku po pszenicy nawożenie do  $140 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  i każdy sposób użyźniania gleby.
3. Korzystny wpływ nawożenia azotem na plon ziarna pszenicy ozimej wynikał głównie ze wzrostu obsady kłosów i liczby ziaren w kłosie, a użyźniania gleby w stanowisku po pszenicy ozimej z równomiernego wzrostu wielkości wszystkich elementów plonowania.

## PIŚMIENNICTWO

- Barabasz W., Albińska D., Jaśkowska M., Lipiec J. 2002. Biological effects of mineral nitrogen fertilization on soil microorganisms. *Pol. J. Environ. Stud.* 11(3): 193–198.
- Bednarek W., Tkaczyk P., Dresler S. 2009. Plonowanie pszenicy ozimej w zależności od niektórych właściwości gleby i zabiegów agrotechnicznych. *Acta Agrophys.* 14(2): 263–273.
- Boligłowa E., Gleń K. 2008. Assessment of effective microorganism activity (EM) in winter wheat protection against fungal diseases. *Ecol. Chem. Eng. A* 15(1-2): 23–27.
- Budzyński W., Bielski S. 2008. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 25(1): 27–38.
- Buraczyńska B., Ceglarek F. 2008. Plonowanie pszenicy ozimej uprawianej po różnych przedplonach. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 7(1): 27–37.
- Chrzanowska-Drożdż B. 2001. Reakcja pszenicy ozimej na dawki i terminy stosowania azotu. Część I. Rozwój i plonowanie pszenicy ozimej w zależności od dawki i terminu stosowania azotu. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* 415, Rol. 80: 257–270.
- Duer I. 1997. Fitotoksyczność słomy i resztek poźniwnych pszenicy ozimej uprawianej w monokulturze. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 452: 59–70.
- Dziadowiec M., 1987. Przemiany w glebie słomy zbóż stosowanej jako nawóz organiczny i jej agroekologiczne działanie. *Post. Nauk Rol.* 4: 39–58.
- Dzienia S., Zimny L., Weber R. 2006. Najnowsze kierunki w uprawie roli i technice siewu. *Fragm. Agron.* 23(2): 227–241.



- Higa T. 1998. Effective Microorganisms, concept and recent advances in technology. Proceed. Effective Microorganisms for a sustainable agriculture and environment. 4<sup>th</sup> Int. Conf. on Kyusei Nature Farming, Bellingham – Washington USA: 247–248.
- Jaskulski D., Jaskulska I. 2004b. Wpływ nawożenia słom, międzyplonów ścierniskowych i zróżnicowanej uprawy roli na niektóre właściwości gleby w ogniwie pszenica ozima – jęczmień jary. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 3(2): 151–163.
- Jaskulski D., Jaskulska I., 2004a. Wpływ międzyplonów ścierniskowych, nawożenia słomą i zróżnicowanej uprawy roli na jęczmień jary w stanowisku po pszenicy ozimej. *BTN Pr. Kom. Nauk Rol. i Biol., Ser. B* 52: 99–109.
- Jaskulski D., Piasecka J. 2007. Zboża jare i ugór jako przedplony pszenicy ozimej i jęczmienia ozimego. *Acta Agrophys.* 10(2): 349–356.
- Javaid A., Shah M.B.M. 2010. Growth and yield response of wheat to EM (effective microorganisms) and parthenium green manure. *Afr. J. Biotechnol.* 9(23): 3373–3381.
- Kaczmarek Z., Owczarzak W., Mrugalska L., Grzelak M. 2007. Wpływ efektywnych mikroorganizmów na wybrane właściwości fizyczne i wodne poziomów orno-próchnicznych gleb mineralnych. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 52(3): 73–77.
- Kaczmarek Z., Wolna-Murawka A., Jakubus M. 2008. Zmiany liczebności wybranych grup drobnoustrojów glebowych oraz aktywności enzymatycznej w glebie inokulowanej efektywnymi mikroorganizmami (EM). *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 53(3): 122–127.
- Kolbe G., Stumpe H. 1975. Nawożenie słomą. PWRiL Warszawa: ss. 129.
- Kotwica K. 2008. Możliwości łagodzenia ujemnych skutków uprawy zbóż po sobie. *Wyd. UTP Bydgoszcz, Rozpr.* 129: ss. 101.
- Majchrzak B., Kurowski T.P., Jankowski K. 2010. Wpływ przedplonów nawożonych siarką na zdrowotność korzeni pszenicy ozimej. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 50(2): 927–930.
- Mazurek J. 1999. Biologiczne podstawy plonowania roślin zbożowych. *Pam. Puł.* 114: 261–273.
- Pawłowski F., Wesołowski M. 1991. Sposoby regeneracji stanowiska w monokulturze a plonowanie jęczmienia jarego i pszenicy ozimej. W: Synteza i perspektywa nauki o płodozmianach. V seminarium płodozmianowe. Cz. III. ART Olsztyn – VSZ Brno, 25–26 września 1991: 183–188.
- Piskier T. 2007. Wpływ absorbentu i biostymulatora na zmiany wybranych fizycznych właściwości gleby. *Inż. Rol.* 8: 201–206.
- Rudnicki F. 2000. Wyznaczanie wpływu poszczególnych elementów plonowania na różnice plonów między obiektami doświadczalnymi. *Fragm. Agron.* 17(3): 53–65.
- Shah H.S., Saleem M.F., Shahid M. 2001. Effect of different fertilizers and effective microorganisms on growth, yield and quality of maize. *Int. J. Agri. Biol.* 3(4): 378–379.
- 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. *Eur. J. Agron.* 22: 71–84.
- Siuta A. 1998. Porównanie różnych sposobów nawożenia organicznego w płodozmianie zbożowym. *Acta Acad. Agric. Tech. Olst.* 561, *Agricultura* 66, 143–147.
- Siuta A. 1999. Wpływ nawożenia słomą i biomasą międzyplonu ścierniskowego na plonowanie zbóż i wybrane wskaźniki żyzności gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 467: 245–251.
- Smagacz J. 2010. Wpływ nawożenia słomą na plonowanie pszenicy ozimej, występowanie chorób podstawy źdźbła oraz niektóre właściwości chemiczne gleby. *Fragm. Agron.* 27(1): 141–150.
- Spiak Z., Piszcz Z., Kotecki A. 2002. Wpływ przyorywania słomy z dodatkiem azotu mineralnego na zawartość azotu w glebie. *Naw. Nawoż. (Fert. Fertil.)* 1: 247–255.
- Stevenson 1982. Nitrogen in agricultural soil. *Am. Soc. Agron.*: ss. 940.
- Stępień A., Adamiak E. 2009. Efektywne mikroorganizmy (EM-1) i ich wpływ na występowanie chorób zbóż. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 49 (4): 2027–2030.
- Suwara I, Lenart S., Gawrońska-Kulesza A. 2007. Wzrost i plonowanie pszenicy ozimej po 50 latach zróżnicowanego nawożenia i zmianowania. *Acta Agrophys.* 10(3): 695–704.
- Wesołowski M., Dąbek-Gad M., Maziarz P. 2007. Wpływ przedplonu i herbicydu na plonowanie pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 24(4): 241–146.
- Zydlík P., Zydlík Z. 2008. Impact of biological effective microorganisms (em) preparations on some physico-chemical properties of soil and the vegetative growth of apple-tree rootstocks. *Nauka Przyr. Techn.* 2(1): 1–8.

K. KOTWICA, I. JASKULSKA, D. JASKULSKI, L. GAŁĘZEWSKI, D. WALCZAK

**EFFECT OF NITROGEN FERTILISATION AND THE METHOD OF SOIL FERTILISATION  
ON WINTER WHEAT YIELDING DEPENDING ON THE PREVIOUS CROP****Summary**

Based on the four-year field experiments (2007–2010), there was determined the yielding of winter wheat grown in the stand after winter rape as well as in the second year of a short-term monoculture depending on the nitrogen dose (80, 110 and 140 kg N·ha<sup>-1</sup>) and the method of soil fertilisation. Soil was fertilised over the post-harvest period applying: the soil fertiliser (UG<sub>max</sub>, provided by ‘Bogdan’ firm), ploughing-in crushed straw with mineral nitrogen (30 kg N·ha<sup>-1</sup>) or fertiliser added. An increase in the wheat grain yield resulting from the succession after a better previous crop was 1.17 t·ha<sup>-1</sup> and it turned out 0.37 t·ha<sup>-1</sup> higher than the one recorded due the increase in nitrogen fertilisation from 80 to 140 kg N·ha<sup>-1</sup>. The method of soil fertilisation differentiated respective yielding structure components and the grain yield. Providing soil with UG<sub>max</sub>, straw with 30 kg N·ha<sup>-1</sup> and straw with UG<sub>max</sub> resulted in an increase in wheat grain yield, respectively, by 5.9, 10.3 and 13.6%, as compared with the objects without fertilisation. Higher nitrogen fertilisation and the soil fertiliser application were more justifiable in a short-term wheat monoculture than in crop rotation after rape. A favourable effect of the increased nitrogen fertilisation on the grain yield was mostly due to the increase in the density of spikes and the number of grains per spike, and soil fertilisation in the stand after winter wheat from ran even increase in the quantities of all the yielding components.