

PLONOWANIE PSZENICY JAREJ W WARUNKACH ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA AZOTEM ORAZ STOSOWANIA MIKROBIOLOGICZNYCH PREPARATÓW POPRAWIAJĄCYCH WŁAŚCIWOŚCI GLEBY

MAREK KOŁODZIEJCZYK, ALEKSANDER SZMIGIEL, BOGDAN KULIG

Instytut Produkcji Roślinnej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

mkolodziejczyk@ar.krakow.pl

Synopsis. W badaniach oceniano wpływ poziomu nawożenia azotem oraz mikrobiologicznych preparatów poprawiających właściwości gleby na plonowanie pszenicy jarej odmiany Bombona uprawianej w warunkach glebowych czarnoziemiu zdegradowanego. Czynnikiem doświadczenia polowego były dawki azotu: 0, 40, 80, 120 i 160 kg·ha⁻¹ oraz mikrobiologiczne preparaty: Proplantan AM, Efektywne Mikroorganizmy EM oraz Użyźniacz Glebowy UGmax. Poziom nawożenia azotem istotnie wpływał na plonowanie pszenicy. Każda z zastosowanych dawek azotu powodowała istotny przyrost plonu ziarna w porównaniu z mniejszą dawką tego składnika, natomiast istotne zwiększenie liczby ziaren w kłosie oraz masy 1000 ziaren występowało tylko do poziomu nawożenia 80 kg N·ha⁻¹. Przyrost plonu ziarna pszenicy w obiektach nawożonych azotem w 75% zależał od obsady kłosów, w 17% od liczby ziaren w kłosie oraz w 8% od masy 1000 ziaren. Wzrastające dawki azotu powodowały zwiększenie wkładu obsady kłosów w zwyczaję plonu ziarna oraz zmniejszenie udziału liczby ziaren w kłosie i masy 1000 ziaren w różnicowaniu plonu. Mikrobiologiczne preparaty poprawiające właściwości gleby w niewielkim stopniu oddziaływały na plonowanie pszenicy. Istotny wpływ dotyczył wielkości plonu ziarna oraz obsady kłosów. Największy przyrost plonu, średnio o 0,4 t·ha⁻¹ stwierdzono w obiektach, w których aplikowano preparaty AM oraz EM, głównie za sprawą większej o 4% obsady kłosów.

Słowa kluczowe – *key words*: pszenica jara – *spring wheat*, plonowanie – *yielding*, nawożenie azotem – *nitrogen fertilization*, preparaty mikrobiologiczne – *mikrobiological preparations*

WSTĘP

Nawożenie azotem jest elementem agrotechniki mającym największy bezpośredni wpływ na wielkość i jakość plonu roślin uprawnych. W produkcji zbóż, przyrost plonu ziarna pod wpływem nawożenia azotem, jest wynikiem przede wszystkim zwiększenia obsady kłosów, a w mniejszym stopniu masy ziarna z kłosa [Kołodziejczyk i in. 2009, Rudnicki 2000]. Azot odgrywa szczególną rolę w produkcji ziarna pszenic konsumpcyjnych, korzystnie wpływając na zawartość białka oraz cechy jakościowe ziarna. Optymalna dawka azotu w uprawie pszenicy jarej określona na podstawie wyników badań prowadzonych w zróżnicowanych warunkach siedliskowych – waha się w szerokich granicach, nie powinna jednak przekraczać 160 kg N·ha⁻¹ [Borkowska i in. 2002, Gąsiorowska i Makarewicz 2004, Jaskulski 1999]. Azot niepobrany przez rośliny uprawne lub mikroorganizmy glebowe podlega wielu procesom, w efekcie których znaczna jego część ulega stratom. Ponadto, składnik ten w środowisku glebowym wywiera istotny wpływ na liczbę oraz jakościową selekcję mikroorganizmów glebowych [Barabasz i in. 2002, Byrnes 1990]. Prowadzi to do zachwiania równowagi mikrobiologicznej, a w konsekwencji do degradacji gleby i obniżenia plonu roślin uprawnych.

Wyzwaniem dla nauki i praktyki rolniczej staje się więc poszukiwanie sposobów odbudowy aktywności biologicznej gleby. Jednym z nich może być stosowanie mikrobiologicznych preparatów poprawiających właściwości gleby, które zawierają tzw. efektywne mikroorganizmy. Możliwość wykorzystania tych preparatów w praktyce rolniczej nie jest jeszcze w pełni poznana. Zwolennicy dowodzą korzystnego wpływu preparatów mikrobiologicznych na zdrowotność roślin i gleby co wiąże się z poprawą wielkości i jakości plonów, zaś przeciwnicy wskazują na małą wiarygodność wyników wynikającą z krótkiego okresu badań oraz lokalnego ich zasięgu [Bolińska i Gleń 2008, Piskier 2006, Shah i in. 2001, Vliet i in. 2006].

Celem podjętych badań było określenie wpływu mikrobiologicznych preparatów poprawiających właściwości gleby oraz dawek azotu na plonowanie pszenicy jarej.

MATERIAŁ I METODY

Badania realizowano w latach 2006–2008 w Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu Rolniczego w Prusach (50°07' N, 20°05' E) k. Krakowa na czarnoziemie zdegradowanym, wytworzonym z lessu, zaliczanym do kompleksu pszennego bardzo dobrego i I klasy bonitacyjnej. Warstwa orna gleby charakteryzowała się odczynem lekko kwaśnym (pH_{KCl} 6,4), wysoką zasobnością w fosfor i magnez oraz średnią zasobnością w potas ($\text{P} - 78$, $\text{K} - 141$, $\text{Mg} - 102 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Czynnikiem doświadczenia były poziomy nawożenia azotem: 0, 40, 80, 120 i 160 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz mikrobiologiczne preparaty poprawiające właściwości gleby: Proplantan AM (3 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), Efektywne Mikroorganizmy EM ($\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) oraz użyźniacz glebowy UGmax (0,9 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) aplikowane doglebowo przed wiosenną uprawą roli i pogłównie w fazie pierwszego kolanka. W dalszej części pracy preparaty opisywane będą odpowiednio AM, EM i UGmax. Nawożenie azotem w ilości 40 i 80 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ stosowano przedsięwzię, natomiast w dawkach większych, 80 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ przedsięwzię, a pozostałą część pogłównie w fazie strzelania w źdźbło i kłoszenia. Nawożenie fosforowo-potasowe zastosowano w ilości 50 $\text{kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$ i 120 $\text{kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$.

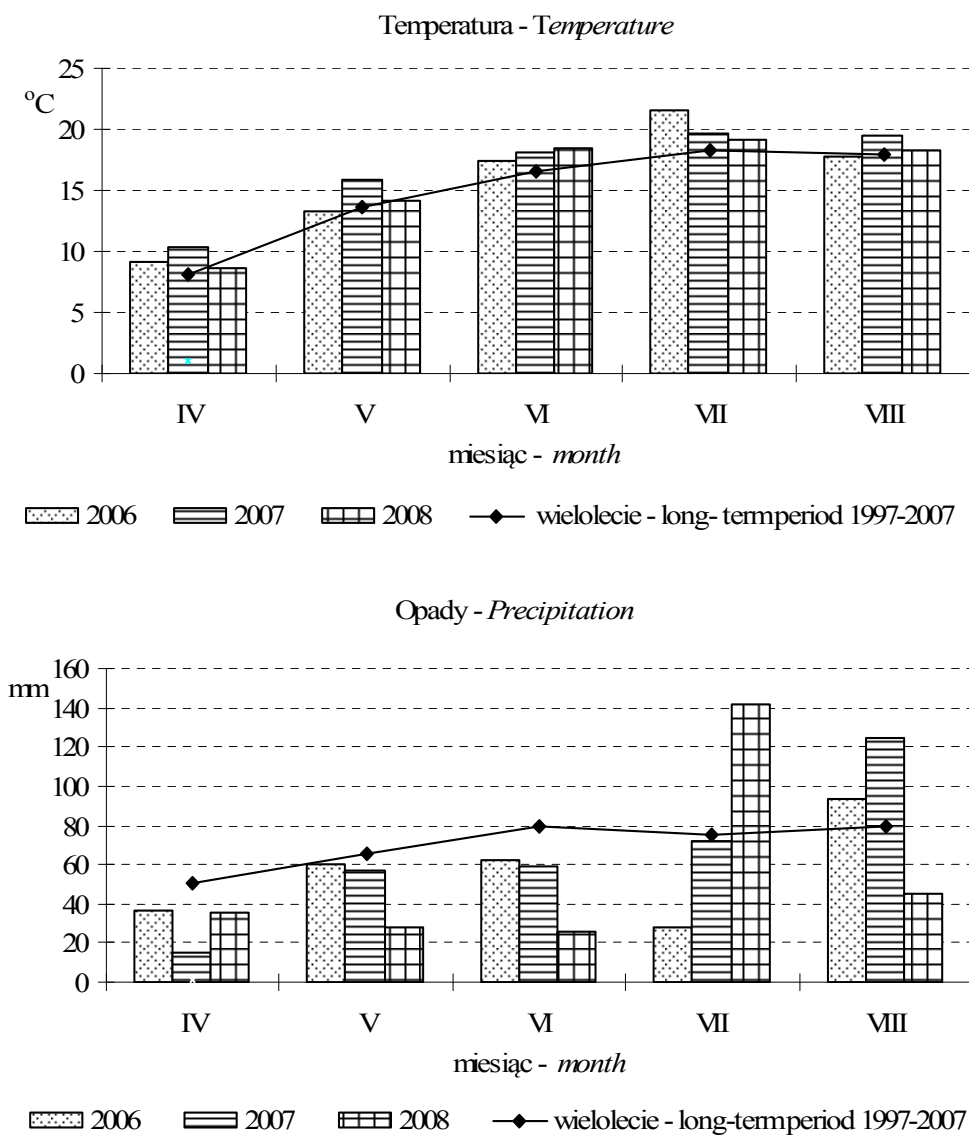
Doświadczenie założono w układzie split-block w 4 powtórzeniach, wielkość poletka do zbioru wynosiła 10 m^2 . Przedplonem dla pszenicy był ziemniak. Ocenie poddano odmianę pszenicy jarej Bombona. Siew wykonywano w I dekadzie kwietnia, a zbiór przypadał na I – II dekadę sierpnia. Gęstość wysiewu wynosiła 450 szt. $\cdot \text{m}^{-2}$ kiełkujących ziarniaków.

W badaniach określono plon ziarna przy wilgotności 15%, liczbę kłosów na jednostce powierzchni, liczbę ziaren w kłosie oraz masę 1000 ziaren. Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej wykonując analizę wariancji, a istotność różnic między obiektami weryfikowano testem Tukeya na poziomie istotności $\alpha=0,05$. Analizę indywidualnego wkładu oraz udziału poszczególnych elementów składowych plonu we wzroście poziomu plonowania pszenicy pomiędzy obiektami nawozowymi wykonano w oparciu o metodę Rudnickiego [2000].

Warunki pluwiotermiczne w okresie prowadzenia badań polowych były mniej sprzyjające dla wzrostu i rozwoju pszenicy jarej od średnich wieloletnich występujących w tym rejonie (rys. 1). Suma opadów od kwietnia do sierpnia we wszystkich latach badań była zdecydowanie mniejsza, a średnia temperatura większa niż w analizowanym okresie dla lat 1997–2007. Znaczący deficyt opadów stwierdzono w lipcu 2006 r. oraz w maju i czerwcu 2008 r.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzone badania wykazały istotny wpływ poziomu nawożenia azotem na plonowanie pszenicy jarej (tab. 1). Największy przyrost plonu ziarna w odniesieniu do obiektu nienawo-



Rys. 1. Charakterystyka warunków opadowo-termicznych
Fig. 1. Characteristics of rainfall-thermal conditions

żonego azotem stwierdzono po zastosowaniu dawki 40 kg N·ha⁻¹. Każde kolejne zwiększenie dawki azotu do poziomu 160 kg·ha⁻¹ powodowało istotny przyrost plonu ziarna, aczkolwiek proporcjonalnie coraz mniejszy. Średni przyrost plonu ziarna pszenicy jarej nawożonej dawką 80 kg N·ha⁻¹ w porównaniu do plonu pszenicy nawożonej dawką 40 kg N·ha⁻¹ wynosił 20,8%. Zastosowanie dawki 120 oraz 160 kg N·ha⁻¹ skutkowało zwiększeniem plonu ziarna w odnie-

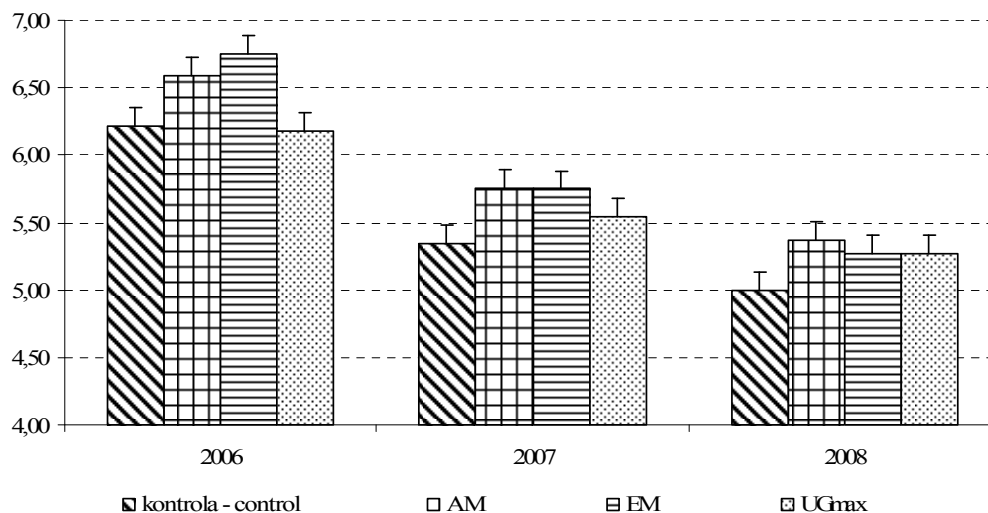
Tabela 1. Plon ziarna pszenicy jarej w zależności od dawki azotu, preparatu mikrobiologicznego i roku badań ($t \cdot ha^{-1}$)Table 1. Grain yield of spring wheat, depending on the dose of nitrogen, microbiological preparation and years of research ($t \cdot ha^{-1}$)

Dawka azotu Nitrogen dose ($kg \cdot ha^{-1}$)	Preparat mikrobiologiczny Microbiological preparation				Lata – Years			Średnia Mean
	kontrola control	AM	EM	UGmax	2006	2007	2008	
0	3,16	3,56	3,78	3,12	3,26	3,62	3,33	3,40
40	4,96	5,35	5,51	5,12	5,48	5,58	4,64	5,24
80	6,16	6,48	6,44	6,20	7,02	6,19	5,76	6,32
120	6,52	6,93	6,79	6,90	8,11	6,15	6,10	6,79
160	6,82	7,21	7,10	6,96	8,30	6,45	6,30	7,02
Średnia – Mean	5,52	5,91	5,92	5,66	6,44	5,60	5,23	–

NIR_{0,05} – LSD_{0,05}: preparat mikrobiologiczny – microbiological preparation – 0,08; lata – years – 0,05; dawki azotu – nitrogen doses – 0,06; dawka azotu x preparat mikrobiologiczny – nitrogen dose x microbiological preparation – 0,14; dawka azotu x lata – nitrogen dose x years – 0,12

sieniu do dawki mniejszej, odpowiednio o 7,3 i 3,5%. Czynnikiem ograniczającym efektywność dużych dawek azotu jest naturalna żyzność gleby. Potwierdzeniem tej zależności są wyniki badań Wróbla [1999], który wykazał zaledwie 15% przyrost plonu ziarna pszenicy jarej po zwiększeniu poziomu nawożenia z 60 do 120 $kg N \cdot ha^{-1}$. Zmniejszając się efektywność plonotwórczą wzrastających dawek azotu w uprawie pszenicy jarej wykazali również Fotyma [1997], López-Bellido i in. [1998], López-Bellido i López-Bellido [2001] oraz Lloveras i in. [2001]. Przeprowadzone badania wykazały ponadto istotny wpływ mikrobiologicznych preparatów na wielkość plonu ziarna pszenicy jarej. Największy przyrost plonu ziarna stwierdzono w obiektach, w których aplikowano preparaty AM oraz EM, średnio o 0,4 $t \cdot ha^{-1}$. Korzystne oddziaływanie ocenianych preparatów odnotowano we wszystkich latach badań, z wyjątkiem preparatu UGmax w 2006 r. (rys. 2). Pozytywne efekty stosowania EM w uprawie pszenicy jarej uzyskał również Piskier [2006]. Autor stwierdził, że dogłębowa i dolistna aplikacja biopreparatu EM może powodować zwiększenie plonu ziarna nawet o 23% w wyniku korzystnego wpływu na kształtowanie się elementów plonowania oraz cech biometrycznych roślin. Również Kobayashi i in. [1996] oraz Mertens i Hess [1984] wykazali, że obecność w strefie korzeniowej roślin odpowiednio wyselekcjonowanych mikroorganizmów wpływa pozytywnie na kiełkowanie nasion, wydłużanie się siewek, rozwój korzeni, pobieranie wody i składników odżywczych z gleby, wzrost i zdrowotność roślin, a w końcowym etapie na wielkość plonu.

Produktywność roślin uprawnych w warunkach klimatyczno-glebowych Polski istotnie uzależniona jest od ilości opadów. Wieloletnie badania wykazały, że wielkość plonu ziarna pszenicy jarej zależy od ilości opadów w maju i czerwcu oraz ich sumy w całym okresie wegetacji [Jaskulski 1999, Rudnicki i in. 1999]. Optymalna ilość opadów dla pszenicy uprawianej w warunkach gleby ciężkiej w okresie od kwietnia do lipca kształtuje się w przedziale od 151 do 200 mm, przy czym wzrost ilości opadów do 300 mm skutkuje mniejszym spadkiem plonu ziarna niż ich suma poniżej 150 mm [Panek 1987]. W trzyletnim cyklu badań największe plony



Rys. 2. Plon ziarna pszenicy jarej w zależności od preparatu mikrobiologicznego i roku badań ($t \cdot ha^{-1}$)
 Fig. 2. Grain yield of spring wheat, depending on the microbiological preparation and years of research ($t \cdot ha^{-1}$)

ziarna, średnio $6,44 t \cdot ha^{-1}$ uzyskano w 2006 r., w którym ilość opadów w okresie od kwietnia do lipca wynosiła 185 mm. Najmniejsze plony ziarna, średnio $5,23 t \cdot ha^{-1}$ uzyskano w 2008 r., charakteryzującym się ilością opadów wynoszącą w analogicznym okresie 231 mm, przy czym w maju i czerwcu odnotowano 53,4 mm opadów, co stanowiło zaledwie 37% średniej wieloletniej sumy opadów.

Poziom nawożenia azotem istotnie różnicował wartość wszystkich elementów składowych plonu ziarna pszenicy jarej (tab. 2). Obsada kłosów na jednostce powierzchni kształtowała się w przedziale od 369 szt. $\cdot m^{-2}$ na obiekcie bez nawożenia azotem do 600 szt. $\cdot m^{-2}$ na obiekcie nawożonym dawką $160 kg N \cdot ha^{-1}$. Każda z zastosowanych dawek azotu powodowała istotne zwiększenie obsady kłosów w odniesieniu do dawki mniejszej. Największą różnicę stwierdzono pomiędzy obiektem bez nawożenia azotem i nawożonym dawką $40 kg N \cdot ha^{-1}$, średnio 100 szt. $\cdot m^{-2}$, najmniejszą natomiast pomiędzy obiektami nawożonymi w ilości 120 i $160 kg N \cdot ha^{-1}$, odpowiednio 22 szt. $\cdot m^{-2}$. Liczba ziaren w kłosie pszenicy wahała się od 27,2 szt. na obiekcie bez nawożenia azotem do 31,0 szt. po zastosowaniu $160 kg N \cdot ha^{-1}$. Istotne zwiększenie liczby ziaren w kłosie pod wpływem wzrastających dawek azotu odnotowano tylko do poziomu nawożenia $80 kg N \cdot ha^{-1}$. Większe dawki azotu powodowały wprawdzie zwiększenie liczby ziaren w kłosie aczkolwiek różnice nie były potwierdzone statystycznie. Poziom nawożenia azotem istotnie wpływał również na dorodność ziarna. Najmniejszą masą 1000 ziaren odznaczała się pszenica nienawożona azotem, średnio 38,4 g, największą natomiast pszenica nawożona dawką $120 kg N \cdot ha^{-1}$, średnio 40,5 g, przy czym istotne zwiększenie masy 1000 ziaren obserwowano tylko do poziomu nawożenia $80 kg N \cdot ha^{-1}$. Wyniki wielu badań dowodzą, że intensywność technologii uprawy pszenicy jarej, a szczególnie poziom nawożenia azotem najsilniej oddziałuje na obsadę kłosów, w ograniczonym natomiast stopniu na liczbę ziaren w kłosie i masę 1000 ziaren [Czarnecki i in. 2009, Frant i Bajdak 2007, Gąsiorowska i Makarewicz 2004, Kołodziejczyk i in. 2007, Lloveras i in. 2001, Wróbel 1999].

Tabela 2. Elementy składowe plonu ziarna pszenicy jarej
 Table 2. Components of grain yield of spring wheat

Dawka azotu Nitrogen dose (kg·ha ⁻¹)	Preparat mikrobiologiczny Microbiological preparation				Lata – Years			Średnia Mean
	kontrola control	AM	EM	UGmax	2006	2007	2008	
Obsada kłosów – Number of ears (szt.·m ⁻²)								
0	348	382	385	360	352	381	375	369
40	455	474	483	466	478	500	431	469
80	522	534	547	524	577	524	494	532
120	571	591	579	571	673	535	526	578
160	591	609	605	594	713	544	543	600
Średnia – Mean	498	518	520	503	558	497	474	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : preparat mikrobiologiczny – microbiological preparation – 16; lata – years – 5; dawki azotu – nitrogen doses – 10; dawka azotu x preparat mikrobiologiczny – nitrogen dose x microbiological preparation – r.n.; dawka azotu x lata – nitrogen dose x years – 20								
Liczba ziaren w kłosie – Number of grains per ear (szt.)								
0	27,0	27,1	27,6	27,0	27,3	26,8	27,3	27,2
40	29,2	29,9	29,9	29,0	30,0	28,9	29,5	29,5
80	30,2	31,2	30,6	30,4	30,9	30,6	30,4	30,6
120	30,5	30,6	30,8	30,6	31,4	30,5	30,1	30,6
160	30,7	31,4	30,5	31,5	32,0	31,0	30,1	31,0
Średnia – Mean	29,5	30,1	29,9	29,7	30,3	29,5	29,5	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : preparat mikrobiologiczny – microbiological preparation – r.n.; lata – years – 0,4; dawki azotu – nitrogen doses – 0,5; dawka azotu x preparat mikrobiologiczny – nitrogen dose x microbiological preparation – r.n.; dawka azotu x lata – nitrogen dose x years – 1,0								
Masa 1000 ziaren – Weight of 1000 grains (g)								
0	38,5	38,2	39,1	37,9	39,5	38,1	37,6	38,4
40	39,6	39,4	39,8	39,9	40,3	39,8	38,8	39,7
80	40,2	40,2	40,3	40,6	40,5	40,5	40,0	40,3
120	40,3	39,8	40,7	41,2	39,9	40,8	41,0	40,5
160	39,8	39,8	40,2	40,0	37,2	41,1	41,6	40,0
Średnia – Mean	39,7	39,5	40,0	39,9	39,5	40,1	39,8	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : preparat mikrobiologiczny – microbiological preparation – r.n.; lata – years – r.n.; dawki azotu – nitrogen doses – 0,5; dawka azotu x preparat mikrobiologiczny – nitrogen dose x microbiological preparation – r.n.; dawka azotu x lata – nitrogen dose x years – 1,0								

r.n. – różnica nieistotna – difference non significant

Oceniane w badaniach mikrobiologiczne preparaty poprawiające właściwości gleby w niewielkim stopniu wpływały na kształtowanie się elementów składowych plonu ziarna pszenicy jarej (tab. 2). Korzystny wpływ stwierdzono tylko w przypadku preparatów AM i EM w odniesieniu do obsady kłosów na jednostce powierzchni. Zastosowanie tych preparatów przyczyniło się do zwiększenia obsady kłosów średnio o 4%. W literaturze przedmiotu niewiele prac dotyczy wpływu preparatów mikrobiologicznych na kształtowanie się elementów składowych plonu ziarna. Piskier [2006] wykazał niepotwierdzone statystycznie 16,6% zwiększenie obsady kłosów po zastosowaniu preparatu EM, natomiast Mertens i Hess [1984] w doświadczeniu wazonowym wykazali zwiększenie masy 1000 ziaren pszenicy zaszczerpionej *Azospirillum lipoferum*. Boligłowa i Gleń [2008] dowiodły natomiast, że preparat EM skutecznie chroni rośliny pszenicy przed septoriozą, co może mieć korzystny wpływ na masę 1000 ziaren. Z kolei Wielgosz i in. [2009] wykazali zwiększenie obsady kłosów o 45%, liczby ziaren w kłosie o 5% oraz o 14% masy 1000 ziaren pszenicy, której materiał siewny zaprawiany był preparatem EM.

Przeprowadzone badania wykazały ponadto istotny wpływ warunków pogodowych na kształtowanie się obsady kłosów na jednostce powierzchni i liczbę ziaren w kłosie (tab. 2). Największą obsadę kłosów, średnio 558 szt. \cdot m⁻² oraz liczbę ziaren w kłosie, średnio 30,3 szt. stwierdzono w 2006 r., charakteryzującym się największą ilością opadów w okresie kształtowania się tych elementów składowych plonu. Najmniejszą w trzyletnim okresie badań obsadę kłosów, średnio 474 szt. \cdot m⁻² odnotowano w 2008 r. co było odzwierciedleniem niedoboru opadów w okresie krzewienia się pszenicy. Jak podają Weber i Hryńczuk [1999] deficyt wody w okresie końca krzewienia oraz kwitnienia pszenicy jarej istotnie oddziałuje na krzewistość produkcyjną, długość kłosa, liczbę ziaren w kłosie oraz masę ziarna z kłosa. Czarnocki i in. [2009] największą obsadę kłosów pszenicy jarej oraz liczbę ziaren w kłosie stwierdzili w sezonie wegetacyjnym o największej sumie opadów. Frant i Bujak [2007] wykazali zarówno największą i najmniejszą obsadę kłosów w latach o przeciętnej ilości opadów oraz brak wpływu warunków pogodowych na liczbę ziaren w kłosie.

Analizując indywidualny wkład oraz udział poszczególnych elementów składowych plonu we wzroście poziomu plonowania pszenicy pomiędzy obiektami nawozowymi stwierdzono, że największy udział oraz wkład, odpowiednio 75,2% tj. 20,7 dt \cdot ha⁻¹ miała obsada kłosów na jednostce powierzchni, mniejszy liczba ziaren w kłosie 17,0% co stanowiło 4,3 dt \cdot ha⁻¹, najmniejszy udział oraz wkład w zwyżkę plonu miała masa 1000 ziaren, odpowiednio 7,8% tj. 2,0 dt \cdot ha⁻¹ (tab. 3). Wkład obsady kłosów w różnicowaniu plonów ziarna zwiększał się wraz ze wzrostem poziomu nawożenia azotem z 10,8 dt \cdot ha⁻¹ (67,0% udział) w obiekcie nawożonym dawką 40 kg N \cdot ha⁻¹ do 27,2 dt \cdot ha⁻¹ (81,3% udział) w obiekcie nawożonym dawką 160 kg N \cdot ha⁻¹. Z kolei udział pozostałych składowych plonu zmniejszał się pod wpływem wzrastających dawek azotu, odpowiednio dla liczby ziaren w kłosie z 23,1 do 12,3%, a w przypadku masy 1000 ziaren z 9,9 do 6,4%. W badaniach Kołodziejczyka i in. [2009] przyrost plonu ziarna pszenicy jarej uprawianej według technologii średnio intensywnej i intensywnej w 66% zależał od obsady kłosów, a w 34% od liczby ziaren w kłosie, natomiast wkład masy 1000 ziaren w zwyżkę plonu okazał się ujemny. Rudnicki [2000] również wykazał, że największy wkład w zwyżkę plonu ziarna wноси obsada kłosów (70,4%), jednak drugim elementem składowym plonu wpływającym korzystnie na poziom plonowania była masa 1000 ziaren (35,2%), natomiast wkład liczby ziaren w kłosie był ujemny (-5,6%).

Tabela 3. Wpływ elementów plonowania na zwiększenie plonu ziarna pszenicy jarej nawożonej zróżnicowanymi dawkami azotu w porównaniu z obiektem kontrolnym

Table 3. Effect of yield components to uplift grain yield of spring wheat fertilized with varying doses of nitrogen compared with the control

Elementy plonowania <i>Yields components</i>	Dawka azotu – Nitrogen dose (kg·ha ⁻¹)				Średnia <i>Mean</i>
	40	80	120	160	
Wkład elementów plonowania w różnicę plonów (dt·ha ⁻¹) <i>Contribution of yields components in difference of yields (dt·ha⁻¹)</i>					
Obsada kłosów <i>Number of ears</i>	10,8	20,1	24,6	27,2	20,7
Liczba ziaren w kłosie <i>Number of grains per ear</i>	3,7	5,0	4,5	4,1	4,3
Masa 1000 ziaren <i>Weight of 1000 grains</i>	1,6	2,0	2,3	2,1	2,0
Suma – Sum	16,1	27,1	31,4	33,4	27,0
Wkład elementów plonowania w różnicę względną plonów (%) <i>Contribution of yields components in relative difference of yields (%)</i>					
Obsada kłosów <i>Number of ears</i>	31,7	59,4	72,5	80,3	61,0
Liczba ziaren w kłosie <i>Number of grains per ear</i>	10,9	14,8	13,1	12,1	12,7
Masa 1000 ziaren <i>Weight of 1000 grains</i>	4,7	5,8	6,9	6,3	5,9
Suma – Sum	47,3	80,0	92,5	98,7	79,6
Udział elementów plonowania w różnicowaniu plonów (%) <i>Share of yields components in difference of yields (%)</i>					
Obsada kłosów <i>Number of ears</i>	67,0	74,2	78,4	81,3	75,2
Liczba ziaren w kłosie <i>Number of grains per ear</i>	23,1	18,5	14,2	12,3	17,0
Masa 1000 ziaren <i>Weight of 1000 grains</i>	9,9	7,3	7,4	6,4	7,8
Błąd oceny <i>Error of estimate (%)</i>	9,2	8,4	9,2	9,6	–

WNIOSKI

1. Poziom nawożenia azotem istotnie różnicował wielkość plonu ziarna oraz jego elementy składowe. Każda z zastosowanych dawek azotu powodowała istotny przyrost plonu ziarna w porównaniu z mniejszą dawką tego składnika. Istotne zwiększenie liczby ziaren w kłosie oraz masy 1000 ziaren występowało tylko do poziomu nawożenia 80 kg N·ha⁻¹.
2. Mikrobiologiczne preparaty poprawiające właściwości gleby w niewielkim stopniu oddziaływały na plonowanie pszenicy. Istotny wpływ dotyczył wielkości plonu ziarna oraz obsady

- kłosów. Największy przyrost plonu ziarna, średnio o 0,4 t·ha⁻¹ stwierdzono w obiektach, w których aplikowano preparaty AM oraz EM, głównie za sprawą większej o 4% obsady kłosów.
3. Przyrost plonu ziarna pszenicy w obiektach nawożonych azotem w 75% zależał od obsady kłosów, w 17% od liczby ziaren w kłosie oraz w 8% od masy 1000 ziaren. Wzrastające dawki azotu powodowały zwiększenie wkładu obsady kłosów w zwyczaję plonu ziarna oraz zmniejszenie udziału liczby ziaren w kłosie i masy 1000 ziaren w różnicowaniu plonu.

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.
- Boligłowa E., Gleń K. 2008. Assessment of effective microorganism activity (EM) in winter wheat production against fungal diseases. *Ecol. Chem. Eng.* 15(1–2): 23–27.
- Borkowska H., Grundas S., Styk B. 2002. Wysokość i jakość plonów niektórych odmian pszenicy jarej w zależności od nawożenia azotowego. *Ann. UMCS, Sec. E* 57: 99–103.
- Byrnes B.H. 1990. Environmental effects of N fertilizer use - An overview. *Fert. Res.* 26: 209–215.
- Czarnocki S., Garwacka A., Starczewski J. 2009. Architektura łanu i plonowanie wybranych odmian pszenicy jarej w zależności od zastosowanych technologii uprawy. *Fragm. Agron.* 26(3): 34–41.
- Fotyma E. 1997. Efektywność nawożenia azotem podstawowych roślin uprawy polowej. *Fragm. Agron.* 14(1): 46–66.
- Frant M., Bujak K. 2007. Wpływ uproszczeń w uprawie roli i poziomów nawożenia mineralnego na plonowanie pszenicy jarej. *Fragm. Agron.* 24(1): 49–57.
- Gąsiorowska B., Makarewicz A. 2004. Wpływ nawożenia azotowego na plonowanie pszenicy jarej. *Ann. UMCS, Sec. E* 59(2): 713–719.
- Jaskulski D. 1999. Wpływ terminu siewu i gęstości siewu oraz nawożenia azotem na plonowanie pszenicy jarej w warunkach małej ilości opadów. *Pam. Puł.* 118: 167–172.
- Kobayashi A., Myong J.K., Kawazu K. 1996. Uptake and exudation of phenolic compounds by wheat and antimicrobial components of the root exudate. *Z. Naturforsch.* 51: 527–533.
- Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Kulig B. 2009. Plonowanie wybranych odmian pszenicy jarej w zależności od poziomu agrotechniki. *Fragm. Agron.* 26(3): 58–67.
- Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Oleksy A. 2007. Wpływ intensywności uprawy na plonowanie wybranych odmian pszenicy jarej. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 6(4): 5–14.
- Lloveras J., Lopez A., Ferran J., Espachs S., Solsona J. 2001. Bread-making wheat and soil nitrate as affected by nitrogen fertilization in irrigated Mediterranean conditions. *Agron. J.* 93: 1183–1190.
- López-Bellido L., Fuentes M., Castillo J.E., López-Garrido F.J. 1998. Effects of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on wheat-grain quality grown under rainfed Mediterranean conditions. *Field Crop Res.* 57: 265–276.
- López-Bellido R.J., López-Bellido L. 2001. Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean condition: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. *Field Crop Res.* 71: 31–64.
- Mertens T., Hess D. 1984. Yield increases in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) inoculated with *Azospirillum lipoferum* under greenhouse and field conditions of a temperate region. *Plant Soil* 82: 87–99.
- Panek K. 1987. Wpływ ilości opadów na plonowanie zbóż w zależności od poziomu nawożenia, zwężności gleby i rejonu uprawy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 314: 119–136.
- Piskier T. 2006. Reakcja pszenicy jarej na stosowanie biostymulatorów i absorbentów glebowych. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 51(2): 136–138.
- Rudnicki F. 2000. Wyznaczanie wpływu poszczególnych elementów plonowania na różnice plonów między obiektami doświadczalnymi. *Fragm. Agron.* 17(3): 53–65.
- Rudnicki F., Jaskulski D., Dębowski G. 1999. Reakcje odmian pszenicy jarej na termin siewu i nawożenie azotem w warunkach posusznych. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A* 114(3–4): 97–108.

- 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. Agric. Biol.* 3: 378-379.
- Van Vliet P.C.J., Bloem J., de Goede R.G.M. 2006. Microbial diversity, nitrogen loss and grass production after addition of Effective Micro-organisms® (EM) to slurry manure. *Appl. Soil Ecol.* 32: 188–198.
- Weber R., Hryńczuk B. 1999. Reakcja wybranych odmian pszenic jarych na niedobory wody w krytycznych okresach rozwoju. *Biul. IHAR* 211: 97–103.
- Wielgosz E., Dziamba S., Dziamba J. 2009. Wpływ biopreparatu EM na plonowanie pszenicy jarej oraz mikroorganizmy glebowe. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 542: 593–601.
- Wróbel E. 1999. Reakcja pszenicy jarej na dawkę i termin stosowania azotu. *Pam. Puł.* 118: 448–453.

M. KOŁODZIEJCZYK, A. SZMIGIEL, B. KULIG

YIELDING OF SPRING WHEAT UNDER CONDITIONS OF DIFFERENTIATED NITROGEN FERTILIZATION AND APPLICATION OF MICROBIOLOGICAL PREPARATIONS TO IMPROVE SOIL PROPERTIES

Summary

The effect of nitrogen fertilization level and microbiological preparations improving soil properties on yielding of spring wheat, Bombona c.v. cultivated in soil conditions of degraded chernozem were assessed in the investigations. The factors of field experiment were nitrogen doses of 0, 40, 80, 120 and 160 kg N·ha⁻¹ and microbiological preparations: Proplantan AM, effective microorganisms EM and soil fertilizer UGmax. The level of nitrogen fertilization significantly affected wheat yields. Each of the applied nitrogen doses led to a marked increase in grain yield in comparison with a lower dose of this element, whereas significant increase in grain number per ear and 1000 grain weight occurred only until fertilization level of 80 kg N·ha⁻¹. Wheat grain yield growth on nitrogen treatments depended in 75% on the number of ears per area unit, in 17% on grain number per ear and in 8% on 1000 grain weight. Increasing nitrogen doses led to a greater share of the number of ears per area unit in grain yield growth and a decreased share of grain number per ear and 1000 grain weight in diversification of yield. Microbiological preparations improving the soil properties affected wheat yields only to a slight degree. A significant influence was observed for grain crop yield and the number of ears per area unit. The highest yield growth, on average by 0.4t·ha⁻¹ was registered on treatments where AM and EM preparations were applied, mainly due to a 4% higher number of ears per area unit.