

Kazimierz Noworolnik

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

WARUNKI GLEBOWE A PLONOWANIE ZBÓŻ I ICH WSPÓŁDZIAŁANIA
Z CZYNNIKAMI AGROTECHNICZNYMI*

Słowa kluczowe: właściwości gleby, zboża jare, zboża ozime, plon ziarna, zawartość białka w ziarnie

Wstęp

Spośród wielu czynników siedliskowo-agrotechnicznych warunki glebowe (obok nawożenia azotem) wywierają najsilniejszy wpływ na plonowanie i zawartość białka w ziarnie zbóż (4, 10-12, 16). Podstawą do tej oceny są doświadczenia polowe prowadzone w IUNG wyróżniające się spośród innych dłuższym okresem badań i większą liczbą punktów doświadczalnych. Dzięki temu możliwe było porównanie wielkości plonu ziarna różnych gatunków zbóż w zależności od jakości gleby (kompleksy przydatności rolniczej gleb, skład granulometryczny gleby, odczyn gleby) w oparciu o obliczenia statystyczne. W wymienionych badaniach (4, 9, 11, 12, 18, 22, 23, 33, 34, 37) plony ziarna pszenicy i jęczmienia w doświadczeniach polowych prowadzonych na najlepszych glebach były o 30–50% wyższe niż na glebach najslabszych, a w doświadczeniach prowadzonych na mikroparcelach (5, 35) różnice te były jeszcze większe. Plonowanie głównych gatunków zbóż w zależności od kompleksu przydatności rolniczej gleb określono już dawniej na podstawie dużej serii doświadczeń terenowych (1965–1975) (37). Duże zróżnicowanie plonu ziarna w obrębie kompleksów glebowych wystąpiło w przypadku pszenicy ozimej, średnie zróżnicowanie dotyczyło jęczmienia jarego, mniejsze owsa, a jeszcze mniejsze żyta. Wysokie plonowanie tych zbóż stwierdzono na glebach kompleksów pszennych, średnie na glebach kompleksu żytniego bardzo dobrego, a najniższe na kompleksie żytnim słabym. Jedną z najważniejszych właściwości gleby jest skład granulometryczny, od którego zależą inne cechy charakterystyczne gleby, jak wielkość kompleksu

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 3.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

sorpcyjnego i jej zasobność w wodę i składniki mineralne, zawartość próchnicy, stosunki wodno-powietrzne (4, 11, 37). Na plony zbóż ujemnie wpływa kwaśny odczyn gleby (3, 4, 6, 20–22). Gatunki zbóż różnią się wymaganiami glebowymi (4, 27, 28, 37) ze względu na niejednakową wielkość systemu korzeniowego i różną zdolność korzeni do pobierania trudno dostępnych składników mineralnych, a także odmienną odporność roślin na wyleganie.

Potencjał plonotwórczy gleby zaliczanej do określonego kompleksu przydatności rolniczej i gatunku gleby może się zmieniać w czasie ze względu na wprowadzanie do praktyki nowych odmian charakteryzujących się wyższą plennością i większą tolerancyjnością na gorsze warunki glebowe. Żyzność gleby poprawia się z reguły pod wpływem stosowania dobrych praktyk rolniczych (optymalne nawożenie mineralne i organiczne, staranna uprawa roli, racjonalny przedplon) (1, 2, 6). Uzasadnia to potrzebę okresowego badania wydajności poszczególnych gatunków zbóż w różnych warunkach glebowych i określenia współdziałań jakości gleby z głównymi czynnikami agrotechniki. Lepsze rozkrzewienie roślin i większa ich podatność na wyleganie, co występuje w dobrych warunkach glebowych, warunkuje odpowiednie zalecenia co do gęstości i terminu siewu, dawki azotu oraz chemicznej ochrony roślin, inne niż w gorszych warunkach glebowych.

Plonowanie zbóż jarych w różnych warunkach glebowych

W piśmiennictwie naukowym dotyczącym wpływu jakości gleby na plonowanie i zawartość białka w ziarnie zbóż przeważają prace dotyczące jęczmienia jarego, w których badano zróżnicowanie jego plonu w obrębie kompleksów przydatności rolniczej gleb i w obrębie gatunków gleb różniących się składem granulometrycznym (5, 10, 12, 15, 17, 31, 32, 38). Prace te różniły się czasokresem badań i doбором odmian, ale kierunki zmian w plonowaniu jęczmienia pod wpływem jakości gleby były podobne. Najbardziej reprezentatywne wyniki w tym zakresie (17) przedstawiono w tabelach 1 i 2. Stwierdzono duży wpływ tekstury (składu granulometrycznego) gleby na plon ziarna i białka jęczmienia jarego. Najwyższy plon ziarna uzyskano na glebach zwięzłych tj. pyłach i glinach całkowitych. Dość wysoki plon ziarna stwierdzono też na piaskach gliniastych mocnych położonych na glinach lekkich. Niżej plonował jęczmień na piaskach gliniastych lekkich, a jeszcze niżej na piaskach słabo gliniastych. Na słabszych (mniej zwięzłych) glebach uzyskano za to wyższą zawartość białka w ziarnie, co można tłumaczyć znanym zjawiskiem ujemnej korelacji między wielkością plonu ziarna a zawartością białka w ziarnie. Plon białka był jednak mniejszy niż na glebach lepszych, gdyż zniżka plonu ziarna w tych warunkach była procentowo znacznie większa niż wzrost zawartości białka w ziarnie. Dodatni wpływ na plon ziarna i białka jęczmienia jarego wywierało także zwięźlejsze podłoże glebowe (głina lekka) w porównaniu z lżejszym (piaszczystym) podłożem. Zwięźlejsze gleby posiadają z reguły większy kompleks sorpcyjny, a tym samym obfitszą zasobność

w wodę i składniki mineralne w stosunku do gleb luźniejszych. Niższe plonowanie jęczmienia w gorszych warunkach glebowych było skutkiem znacznie słabszego rozkrzewienia produkcyjnego roślin, a także niewielkiego zmniejszenia liczby ziaren w kłosie, przy braku zmian masy 1000 ziaren (5, 38).

Tabela 1

Wpływ tekstury gleby na plonowanie jęczmienia jarego

Gatunki gleb	Liczba doświadczeń	Plon ziarna (t·ha ⁻¹)	Zawartość białka w ziarnie (% s.m.)	Plon białka (kg·ha ⁻¹)
Pyły zwykłe i gliny lekkie całkowite	26	4,85a*	10,6d	515a
Gliny lekkie położone na piaskach gliniastych lekkich	19	4,32bc	11,1c	480b
Piaski gliniaste mocne położone na glinach lekkich	44	4,54b	11,5b	522a
Piaski gliniaste mocne położone na piaskach gliniastych lekkich	18	4,30bc	11,8ab	507ab
Piaski gliniaste lekkie położone na glinach lekkich	50	4,20c	11,7b	491ab
Piaski gliniaste lekkie położone na piaskach słabogliniastych	25	3,54d	12,0ab	425c
Piaski słabogliniaste położone na glinach lekkich	15	3,53d	11,6b	409c
Piaski słabogliniaste całkowite	25	3,01e	12,3a	368d

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik, 2001 (17)

Tabela 2

Wpływ kompleksu przydatności rolniczej gleb na plonowanie i zawartość białka w ziarnie jęczmienia jarego

Kompleks glebowy	Liczba doświadczeń	Plon ziarna (t·ha ⁻¹)	Zawartość białka w ziarnie (% s.m.)	Plon białka (kg·ha ⁻¹)
Pszenny dobry	26	4,67a*	11,0c	514a
Żytni bardzo dobry	19	4,20b	11,5b	483a
Żytni dobry	44	3,81c	11,7ab	446b
Żytni słaby	18	3,33d	12,1a	403c

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik, 2001 (17)

W innej dużej serii doświadczeń terenowych (1989–2003) (22) porównywano reakcję jęczmienia jarego i pszenicy jarej na jakość gleby. Wielkość plonu ziarna tych zbóż zależała w dużym stopniu od kompleksu glebowego i w mniejszym od odczynu gleby. Wyższe plony uzyskano na glebach zwięźlejszych (kompleks glebowy pszenicy

dobry, o teksturze gliny lekkiej i piasku gliniastego mocnego położonego na glinach lekkich), przy pH gleby powyżej 5,5 (tab. 3). Większą zmienność plonu pod wpływem kompleksu glebowego wykazała pszenica, a pod wpływem pH gleby – jęczmień. Niższe plonowanie pszenicy jarej w gorszych warunkach glebowych nie wiązało się z pogorszeniem jakości wypiekowej ziarna (36).

Tabela 3

Plonowanie pszenicy jarej i jęczmienia jarego w zależności od pH gleby i kompleksu glebowo-rolniczego

Wyszczególnienie	Pszenica jara			Jęczmień jary		
	liczba doświadczeń	plon ziarna		liczba doświadczeń	plon ziarna	
t·ha ⁻¹		%	t·ha ⁻¹		%	
pH gleby:						
5,6–6,2	41	5,12a*	100	39	5,27a*	100
4,9–5,5	37	4,58b	89	45	4,65b	88
4,2–4,8	20	4,15c	81	27	4,10c	77
Kompleks glebowy:						
Pszenny dobry	36	5,42a	100	34	5,28a	100
Żytni bardzo dobry	35	4,57b	84	46	4,67b	88
Żytni dobry	27	3,68c	68	31	4,15c	79

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone innymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik, 2008a (22)

Dzięki dużej liczbie punktów doświadczalnych w ramach doświadczalnictwa terenowego Ośrodków Doradztwa Rolniczego możliwe było porównanie wielkości plonu ziarna i zawartości białka w ziarnie mieszanek jęczmienia jarego z owsem z wartościami tych cech osiąganymi w zasiewach jednogatunkowych komponentów w zależności od jakości gleby (kompleksy przydatności rolniczej gleb, skład granulometryczny gleby, odczyn i zasobność gleby w P, K Mg). Plony jęczmienia jarego, owsa i ich mieszanki zależały w dużej mierze od jakości gleby (27, 28). Większe plony ziarna tych zbóż uzyskano na glebach kompleksu żytniego bardzo dobrego, a także na piaskach gliniastych mocnych (tab. 4). Najniższe plony otrzymano na glebach kompleksu żytniego słabego oraz na piaskach słabo gliniastych. Mieszanka wykazywała mniejsze obniżki plonu w gorszych warunkach glebowych niż jęczmień jary w czystym zasiewie.

Określono także wpływ agrochemicznych właściwości gleb na plonowanie jęczmienia jarego, owsa i ich mieszanki (28). Odczyn gleb oraz zawartość w nich fosforu, potasu i magnezu istotnie kształtowały plon ziarna tych zbóż. Największy wpływ na zmienność ich plonów miała zasobność gleby w magnez, najmniejszy zaś zasobność w fosfor (tab. 5). Zarówno jęczmień jary, owies, jak i mieszanka tych zbóż reagowały dużą niżką plonu ziarna w miarę zmniejszania zawartości magnezu w glebie. Duży wpływ zasobności gleby w magnez na plonowanie jęczmienia jarego stwierdzono też

w innej pracy (38). Badane gatunki zbóż wykazały natomiast niejednakową reakcję na zasobność gleby w potas. Większą niżkę plonu wraz ze zmniejszeniem zawartości K w glebie stwierdzono w przypadku jęczmienia. Zaobserwowano silniejszą ujemną reakcję jęczmienia jarego na zakwaszenie gleby w stosunku do jego mieszanki z owsem, a tym bardziej w porównaniu z owsem w czystym zasiewie, który wykazał największą tolerancję na niskie pH gleby. Wszystkie gatunki zbóż reagowały podobnie na zasobność gleby w fosfor. Niższy ich plon stwierdzono przy obniżeniu zawartości P poniżej 48 mg·kg⁻¹ gleby. Natomiast zwiększenie zawartości P powyżej 70 mg·kg⁻¹ gleby nie wpłynęło dodatnio na plony ziarna zbóż jarych w stosunku do osiągniętych przy zawartości P w granicach 48–69 mg·kg⁻¹ gleby (tab. 5).

Wpływ badanych właściwości gleby na zawartość białka w ziarnie zbóż jarych był odwrotny jak w przypadku plonu ziarna. Wyższą zawartość białka w ziarnie jęczmienia, owsa i w ich mieszankach stwierdzono w warunkach kwaśnego odczynu gleby oraz niższej zasobności gleby w potas i magnez (tab. 6). Zmiany zawartości białka w ziarnie jęczmienia pod wpływem badanych czynników, z wyjątkiem zasobności gleby w fosfor, były podobne jak w ziarnie owsa i mieszanki obu zbóż. Nie stwierdzono bowiem istotnego zróżnicowania w nagromadzeniu białka w ziarnie owsa i mieszanki pod wpływem zawartości fosforu w glebie, w odróżnieniu od jęczmienia, który wykazał wyższą wartość tej cechy przy niższej zawartości fosforu w glebie. W innych badaniach stwierdzono mniejszy udział owsa w plonie ziarna mieszanki z jęczmieniem na glebach lepszych, a większy – na glebach słabszych (13, 30).

Tabela 4

Wpływ tekstury gleby i kompleksu przydatności rolniczej na wielkość plonu
ziarna jęczmienia jarego, owsa i ich mieszanki

Wyszczególnienie	Liczba doświadczeń	Plon ziarna (t·ha ⁻¹)		
		jęczmień jary	owies	mieszanka
Gatunki gleb:				
pgm	7	4,47a*	4,22a*	4,40a*
pgm/pgl	10	4,21ab	4,10a	4,23a
pgl/gl	7	4,09b	4,14a	4,27a
pgl	11	3,62c	3,74b	3,89b
pgl/ps	12	3,48c	3,62b	3,73b
ps/gl	9	3,32cd	3,68b	3,65b
ps, ps/pl	11	3,04d	3,11c	3,12c
Kompleks glebowo-rolniczy:				
Żytni bardzo dobry	18	4,36a	4,15a	4,30a
Żytni dobry	26	3,85b	3,69b	3,82b
Żytni słaby	23	3,28c	3,43b	3,41c

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik i Terelak, 2005 (27)

Tabela 5

Wpływ pH oraz zasobności gleby w fosfor, potas i magnez na wielkość plonu ziarna jęczmienia jarego, owsa i ich mieszanki

Wyszczególnienie	Liczba doświadczeń	Plon ziarna (t·ha ⁻¹)		
		jęczmień jary	owies	mieszanka
pH gleby:				
5,5–6,0	20	4,32a*	4,02a*	4,29a*
4,8–5,4	27	3,70b	3,86ab	3,83b
4,2–4,7	19	3,27c	3,63b	3,55b
Zawartość fosforu (mg·kg ⁻¹ gleby):				
70–100	19	3,92a	3,83ab	4,04a
48–69	24	4,05a	3,94a	4,08a
22–47	23	3,48b	3,62b	3,65b
Zawartość potasu (mg·kg ⁻¹ gleby):				
131–230	22	4,28a	4,04a	4,17a
91–130	26	3,86b	3,95a	4,06a
58–90	18	3,37c	3,46b	3,53b
Zawartość magnezu (mg·kg ⁻¹ gleby):				
60–100	21	4,45a	4,43a	4,48a
31–59	25	4,01b	3,94b	4,00b
15–30	20	3,28c	3,26c	3,57c

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik i Terelak, 2006 (28)

Tabela 6

Wpływ pH oraz zasobności gleby w fosfor, potas i magnez na zawartość białka w ziarnie jęczmienia jarego, owsa i ich mieszanki

Wyszczególnienie	Liczba doświadczeń	Zawartość białka w ziarnie (% s.m.)		
		jęczmień jary	owies	mieszanka
pH gleby:				
5,5–6,0	20	11,8a*	11,3a*	11,6a*
4,8–5,4	27	12,2ab	11,5ab	11,8ab
4,2–4,7	19	12,6c	11,8b	12,1b
Zawartość fosforu (mg·kg ⁻¹ gleby):				
70–100	19	12,0a	11,5a	11,7a
48–69	24	12,0a	11,3a	11,6a
22–47	23	12,5b	11,7a	12,0a
Zawartość potasu (mg·kg ⁻¹ gleby):				
131–230	22	12,0a	11,4a	11,6a
91–130	26	12,1ab	11,4a	11,6a
58–90	18	12,5b	12,0b	12,2b

cd. tab. 6

Wyszczególnienie	Liczba doświadczeń	Zawartość białka w ziarnie (% s.m.)		
		jęczmień jary	owies	mieszanka
Zawartość magnezu (mg·kg ⁻¹ gleby):				
60–100	21	11,7a	11,1a	11,5a
31–59	25	12,0a	11,5a	11,7a
15–30	20	12,6b	12,1b	12,3b

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone innymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik i Terelak, 2006 (28)

Kwaśny odczyn gleby wpływa ujemnie, ale w niejednakowym stopniu na plony różnych gatunków zbóż (3, 4, 6, 20–22). Przy niskim pH gleby występuje duże stężenie jonów glinu i manganu toksycznie oddziałujących na korzenie zbóż (3, 4, 6). Słabszy rozwój systemu korzeniowego powoduje mniejsze rozkrzewienie roślin zbóż i produktywność kłosa, co skutkuje niższym plonem ziarna. Spośród gatunków zbóż jarych najbardziej tolerancyjny na kwaśny odczyn gleby jest owies, a najbardziej wrażliwy jęczmień (20–22).

Wpływ warunków glebowych na plonowanie zbóż ozimych

W latach 1975–1990 wykonano dużo doświadczeń polowych ze zmieniającym się w czasie dobozem odmian jęczmienia ozimego (11, 26, 29, 33, 34). Wysokie plony ziarna jęczmienia ozimego uzyskano na glebach zwięźlejszych (pyły zwykłe, gliny lekkie) (tab. 7) należących do kompleksu pszennego dobrego, przy pH gleby powyżej 6,0. Niewiele niższe jego plony otrzymano na glebach średnio zwięzłych (piaski gliniaste mocne, piaski gliniaste lekkie) płytko zalegających na zwięzłym podłożu (gliny lekkie) (33). Jęczmień ozimy okazał się szczególnie wrażliwym gatunkiem zbóż na zwięźłość podłoża, a także na kwaśny odczyn gleby.

Tabela 7

Wpływ tekstury gleby na plonowanie jęczmienia ozimego

Gatunki gleb	Liczba doświadczeń	Plon ziarna (t·ha ⁻¹)
Pyły zwykłe i gliny lekkie całkowite	54	4,86a*
Gliny lekkie położone na piaskach gliniastych lekkich	27	4,27bc
Piaski gliniaste mocne położone na glinach lekkich	49	4,72ab
Piaski gliniaste mocne położone na piaskach gliniastych lekkich	35	4,17c
Piaski gliniaste lekkie położone na glinach lekkich	75	4,40b
Piaski gliniaste lekkie położone na piaskach słabogliniastych	24	3,56d

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Źródło: Strzelec i Noworolnik, 1993 (33)

W okresie 1990–2002 w serii wielopunktowych doświadczeń terenowych (23) porównywano reakcję jęczmienia ozimego i pszenicy ozimej na jakość gleby. Wielkość plonu ziarna tych zbóż zależała w dużym stopniu od składu granulometrycznego gleby i jej podłoża, kompleksu glebowo-rolniczego oraz od pH gleby (tab. 8 i 9). Wyższe plony ziarna jęczmienia ozimego i pszenicy ozimej uzyskano na glebach zwięźlejszych (pyły zwykłe, gliny lekkie) należących do kompleksu pszennego dobrego, przy pH gleby powyżej 6,5 i wysokiej zasobności w składniki mineralne. Stwierdzono średnią zależność ich plonów od zasobności gleby w potas i fosfor, a w mniejszym stopniu od zasobności gleby w magnez. Jęczmień ozimy reaguje bardziej ujemnie na niższe pH gleby w porównaniu z pszenicą ozimą, a ta z kolei jest bardziej wrażliwa na luźniejszy skład granulometryczny gleby. Duże zróżnicowanie plonu ziarna pszenicy ozimej w obrębie kompleksów glebowo-rolniczych i różnej zasobności gleby w magnez stwierdzono też w pracy Zarychty i Noworolnika (39).

W podobnej serii doświadczeń terenowych badano reakcję pszenżyta ozimego i żyta ozimego na jakość gleby (24). Plonowanie tych zbóż istotnie zależało od składu granulometrycznego gleby i jej podłoża, następnie od kompleksu glebowo-rolniczego oraz zasobności gleby w potas, a ponadto od pH gleby i zasobności gleby w fosfor. Mniejsze zróżnicowanie plonów wystąpiło w zależności od zasobności gleby w magnez. Istotnie większe plony ziarna obu zbóż uzyskano na glebach zwięźlejszych: pyły zwykłe, gliny lekkie i piaski gliniaste mocne położone na glinach. Wysoki plon żyta stwierdzono także na piaskach gliniastych lekkich położonych na glinach. Oba gatunki plonowały najwyżej na glebach należących do kompleksu żytniego bardzo dobrego, przy pH gleby powyżej 5,5 i wysokiej zasobności w składniki mineralne. Pszenżyto ozime reaguje bardziej ujemnie na gorsze warunki glebowe (zwłaszcza na luźniejszy skład granulometryczny gleby i jej podłoża) w porównaniu z żytem ozimym. Masa 1000 ziaren obu zbóż była wyższa w warunkach ich uprawy na glebach luźniejszych.

Tabela 8

Plonowanie pszenicy ozimej i jęczmienia ozimego w zależności od pH gleby i kompleksu glebowo-rolniczego

Wyszczególnienie	Pszenica ozima			Jęczmień ozimy		
	liczba doświadczeń	plon ziarna		liczba doświadczeń	plon ziarna	
		t·ha ⁻¹	%		t·ha ⁻¹	%
pH gleby:						
6,6–7,2	17	6,46a*	100	16	6,54a*	100
5,9–6,5	32	5,83b	90	25	5,60b	86
5,0–5,8	26	5,15c	81	23	4,94c	75
4,3–4,9	22	4,76d	73	17	4,48d	69
Kompleks glebowy:						
Pszenny dobry	39	6,51a	100	27	6,33a	100
Żytni bardzo dobry	35	5,89b	91	32	5,72b	90
Żytni dobry	21	4,37c	67	20	4,49c	71

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone innymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik, 2008 (23)

Tabela 9

Wpływ zasobności gleby w fosfor, potas i magnez na plony ziarna ($t \cdot ha^{-1}$) pszenicy ozimej i jęczmienia ozimego

Wyszczególnienie	Pszenica ozima			Jęczmień ozimy		
	liczba doświadczeń	plon ziarna	względna wartość plonu	liczba doświadczeń	plon ziarna	względna wartość plonu
		$t \cdot ha^{-1}$	%		$t \cdot ha^{-1}$	%
Zawartość fosforu ($mg \cdot kg^{-1}$ gleby):						
96–130	27	6,17a*	100	18	6,03a*	100
70–100	23	6,19a	100	21	5,90ab	98
46–69	27	5,48b	89	19	5,64b	93
20–45	22	4,99c	81	22	4,77c	81
Zawartość K w glebie ($mg \cdot kg^{-1}$ gleby):						
181–240	27	6,22a	100	23	5,90a	100
141–180	23	5,68b	91	19	5,67a	96
91–140	25	5,31c	85	18	5,11b	86
50–90	21	4,88d	79	21	4,72c	78
Zawartość magnezu ($mg \cdot kg^{-1}$ gleby):						
101–150	24	6,20a	100	23	6,08a	100
51–100	34	5,94a	96	27	5,80a	95
20–50	38	5,26b	85	31	5,33b	88

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone innymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik, 2008 (23)

Tabela 10

Plonowanie pszenżyta ozimego i żyta ozimego w zależności od pH gleby i kompleksu glebowo-rolniczego

Wyszczególnienie	Pszenżyto ozime			Żyto ozime		
	liczba doświadczeń	plon ziarna		liczba doświadczeń	pPlon ziarna	
		$t \cdot ha^{-1}$	%		$t \cdot ha^{-1}$	%
pH gleby:						
5,6–6,4	25	6,02a*	100	26	5,08a*	100
5,1–5,5	29	5,65ab	93	27	5,02ab	86
4,6–5,0	26	5,30b	88	31	4,74b	75
4,0–4,5	24	4,78c	80	32	4,32c	69
Kompleks glebowy:						
Żytni bardzo dobry	42	5,81a	100	30	4,93a	100
Żytni dobry	35	5,19b	90	43	4,62a	90
Żytni słaby	27	4,20c	72	42	4,01b	71

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone innymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik, 2009 (24)

Tabela 11

Wpływ zasobności gleby w fosfor, potas i magnez na plony ziarna ($t \cdot ha^{-1}$) pszenżyta ozimego i żyta ozimego

Wyszczególnienie	Pszenżyto ozime			Żyto ozime		
	liczba doświadczeń	plon ziarna	względna wielkość plonu	liczba doświadczeń	plon ziarna	względna wielkość plonu
		$t \cdot ha^{-1}$	%		$t \cdot ha^{-1}$	%
Zawartość fosforu ($mg \cdot kg^{-1}$ gleby):						
101–130	22	6,04a*	100	22	5,01a*	100
70–100	30	5,96a	98	27	4,95ab	99
46–69	27	5,49b	91	31	4,67b	93
20–45	25	4,86c	80	35	4,32c	86
Zawartość potasu ($mg \cdot kg^{-1}$ gleby):						
181–240	25	6,12a	100	23	5,17a	100
141–180	29	5,80a	95	27	5,02a	97
91–140	28	5,23b	85	32	4,66b	90
50–90	22	4,48c	73	33	4,08c	79
Zawartość magnezu ($mg \cdot kg^{-1}$ gleby):						
101–150	30	5,93a	100	30	5,03a	100
51–100	36	5,62a	95	41	4,74a	94
20–50	38	4,90b	83	43	4,35b	86

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone innymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik, 2009 (24)

Współdziałania jakości gleby z różnymi czynnikami agrotechnicznymi w aspekcie plonowania zbóż

Na podstawie wyników licznych doświadczeń (5, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 18, 25, 29, 31, 32, 35), w których badano wpływ różnych czynników agrotechnicznych na plonowanie zbóż (głównie jęczmienia jarego) w różnych warunkach glebowych, określono zależności między jakością gleby a poszczególnymi czynnikami agrotechnicznymi. Fragment wyników badań w tym zakresie nad jęczmieniem jarym przedstawiono w tabeli 12.

Tabela 12

Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych w zależności od kompleksu glebowego na wielkość plonu ziarna ($t \cdot ha^{-1}$) jęczmienia jarego

Wyszczególnienie	Kompleks glebowy		
	pszenny dobry	żytni bardzo dobry	żytni dobry
Gęstość siewu (szt. $\cdot m^{-2}$)			
240	4,27a*	3,72b*	3,46c*
310	4,37a	3,94a	3,73b
380	4,33a	4,04a	3,89a
Termin siewu:			
1– 5 IV	4,88a	4,65a	4,42a
10– 15 IV	4,75ab	4,38a	3,99b
20 – 25 IV	4,41b	3,97b	3,48c
Dawka azotu ($t \cdot ha^{-1}$):			
0	3,95d	3,34c	3,02d
30	4,34c	3,88b	3,63c
60	4,61a	4,22a	3,94b
90	4,49b	4,30a	4,16a

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik, 2003 (18)

Wyżej wymienione prace uprawniają do stwierdzeń dotyczących współdziałania warunków glebowych z różnymi czynnikami agrotechnicznymi:

Gleba x gęstość siewu

W słabszych warunkach glebowych (gorsza żyzność, luźniejszy skład granulometryczny gleby, kwaśny odczyn) powinno się siać zboża gęściej niż na lepszych glebach. Jest to spowodowane gorszym rozkrzewieniem roślin rosnących na glebach o mniejszej zasobności w składniki pokarmowe i wodę. Duża gęstość siewu na glebach bardzo słabych (przepuszczalnych) może być nieefektywna w latach suchych wskutek niedostatecznego zaopatrzenia w wodę zwiększonej liczby roślin w łanie. W warunkach kwaśnego odczynu gleby uaktywnia się toksyczne oddziaływanie jonów glinu i manganu na system korzeniowy zbóż. Im mniejszy system korzeniowy, tym słabsze krzewienie się roślin skutkujące niedostateczną liczbą kłosów w łanie i dlatego bardziej efektywne stają się zwiększone ilości wysiewu.

Gleba x termin siewu

Opóźnienie siewu wywiera większy ujemny wpływ na plonowanie zbóż na glebach słabszych niż na glebach lepszych. Większa żyzność gleby wpływa bowiem dodatnio na rozkrzewienie roślin, łagodząc w pewnym stopniu ujemny wpływ na tę cechę opóźnienia siewu. Wczesny termin siewu w połączeniu z dobrymi warunkami glebowymi sprzyja wytwarzaniu większej masy vegetatywnej zbóż, co powoduje zagrożenie wylegania roślin. W takim przypadku ważny jest dobór odmiany odpornej

na wyleganie. Konieczności przestrzegania wczesnego terminu siewu, szczególnie na glebach lżejszych sprzyja szybsze tempo przesychnania takich gleb po zimie i możliwość szybszej ich uprawy.

Gleba x nawożenie azotem

Na glebach żyznych występuje silniejsze krzewienie roślin zbóż i bujniejszy ich wzrost w efekcie dobrego zaopatrzenia w składniki pokarmowe i wodę, co potęguje stopień wylegania w przypadku dużej dawki azotu zwiększającej zwarcie łanu zbóż. Nadmierne zagęszczenie łanu i słabe jego przewietrzenie sprzyjają nasileniu się porażenia zbóż przez choroby, które wraz z wyleganiem przyczyniają się do znacznych strat plonu. Uzasadnia to potrzebę stosowania niższych dawek N na najlepszych glebach (kompleksy pszenne). W miarę zmniejszania się związłości gleby i związanej z tym wielkości kompleksu sorpcyjnego (gleby średnie) obniża się zasobność gleby w azot, co stwarza potrzebę dostarczenia go w większej ilości w nawozach. Jednak na glebach słabych (kompleks żytni dobry, a zwłaszcza żytni słaby) z uwagi na niskie plony (mniejsze pobranie N z gleby) zaleca się mniejsze dawki.

Gleba x odmiany

Odmiany zbóż, a zwłaszcza jęczmienia jarego, różnią się wymaganiami glebowymi. Bardziej tolerancyjne na słabsze warunki glebowe są odmiany o silniejszym systemie korzeniowym i mocniej krzewiące się. Dzięki lepszej penetracji korzeni w głębszej warstwie gleby potrafią one efektywniej wykorzystywać składniki pokarmowe i wodę. Dla odmian odpowiednich do uprawy w dobrych warunkach glebowych mniej ważna jest wielkość systemu korzeniowego (z uwagi na lepszą żyzność wierzchniej warstwy gleby), a większe znaczenie ma obsada ziaren w kłosie i odporność na wyleganie.

Gleba x ochrona roślin

W dobrych warunkach glebowych wzrasta znaczenie chemicznej ochrony roślin zbóż. Lepsza żyzność gleby sprzyja wschodom i wzrostowi licznych gatunków chwastów, a także wpływa na zwiększenie masy nadziemnej roślin zbóż. W tych warunkach pogarsza się przewiewność łanu, co ułatwia rozprzestrzenianie się chorób. Racjonalny w tym przypadku jest dobór odmian odporniejszych na choroby lub wysiew odpowiednich mieszanin odmian, które są słabiej porażane przez choroby.

Podsumowanie

Warunki glebowe wywierają bardzo duży wpływ na plonowanie zbóż. Wśród właściwości gleby duże znaczenie ma jej skład granulometryczny i związłość podłoża, następnie pH gleby, a ponadto jej zasobność w składniki pokarmowe i wodę. Związlejszych gleb wymaga szczególnie pszenica, a następnie jęczmień i pszenżyto. Tolerancyjnymi gatunkami zbóż na luźniejszą teksturę gleby są żyto i owies.

Najmniej odpornym gatunkiem na kwaśny odczyn gleby jest jęczmień, a ponadto pszenica, natomiast żyto i owies są bardziej tolerancyjne na niskie pH gleby. Niższe plonowanie zbóż na glebach luźniejszych i kwaśniejszych jest spowodowane gorszym rozkrzewieniem produkcyjnym roślin rosnących w takich warunkach, a także niewielkim zmniejszeniem liczby ziaren w kłosie. Jest to przyczyną modyfikowania zaleceń odnośnie głównych czynników agrotechnicznych w zależności od jakości gleby. Reasumując, największe wymagania glebowe ma pszenica, a następnie jęczmień i pszenżyto. W słabszych warunkach glebowych lepiej od wymienionych gatunków plonują żyto i owies.

Literatura

1. A d a m i a k E., A d a m i a k J.: Changes of the chosen chemical properties of soil as a result of long-term cereal cultivation in crop rotation and monoculture. *Acta Sci. Pol. Agricultura*, 2015, **14(1)**: 3-10.
2. B i s k u p s k i A., W ł o d e k S., S e k u t o w s k i T., S m a g a c z J.: Effect of tillage systems and straw fertilization on the grain field and selected indicators of cereals and physical properties of soil. *Acta Sci. Pol. Agricultura*, 2012, **11(3)**: 17-29.
3. D e c h n i k I., Ł a b u d a S., F i l i p e k T.: Reakcja jęczmienia jarego na zróżnicowaną wilgotność i wysycenie kompleksu sorpcyjnego gleby kationami. *Rocz. Glebozn.*, 1990, **3/4**: 95-100.
4. F o t y m a M., L i s t o w s k i A., W i t e k T.: Agroekologiczne podstawy uprawy roślin. PWRiL, Warszawa, 1986.
5. K o z ł o w s k a - P t a s z y Ń s k a Z.: Wpływ gęstości siewu na architekturę i wydajność łanu jęczmienia jarego uprawianego na różnych glebach. *Pam. Puł.*, 1994, **104**: 31-50.
6. K u s z e l e w s k i L., Ł a b ę t o w i c z J.: Skutki niezrównoważonego nawożenia mineralnego w świetle trwałego doświadczenia polowego. *Rocz. Glebozn.*, 1991, **3/4**: 9-17.
7. M a z u r e k J., N o w o r o l n i k K.: Wpływ nawożenia azotem na plon ziarna i białka żyta na różnych kompleksach glebowych. *Mat. Konf. Uprawa i wykorzystanie żyta w Polsce – stan obecny i przyszłość*. Puławy 2000, 119-120.
8. M a z u r e k J., N o w o r o l n i k K.: Wpływ nawożenia azotem na plonowanie żyta uprawianego w różnych warunkach glebowych. *Pam. Puł.*, 2001, **128**: 189-198.
9. M a z u r e k J., S u ł e k A.: Plonowanie pszenicy jarej na różnych glebach w zależności od gęstości siewu. *Pam. Puł.*, 1996, **107**: 5-12.
10. N o w o r o l n i k K.: Wpływ nawożenia azotowego, terminu i gęstości siewu oraz warunków glebowych na plonowanie jęczmienia jarego. *Biul. IHAR*, 1989, **169**: 169-176.
11. N o w o r o l n i k K.: Reakcja jęczmienia ozimego na warunki glebowe, nawożenie azotem oraz termin i gęstość siewu. *Pam. Puł.*, 1989, **94**: 237-244.
12. N o w o r o l n i k K.: Produkcyjność jęczmienia jarego w zależności od niektórych czynników agrotechnicznych i siedliskowych. *IUNG, Ser. R*, 1989, **263**: 1-37.
13. N o w o r o l n i k K.: Interspecific competition in barley and oats mixtures depending on the soil conditions. *Fragm. Agron.*, 1995, **2**: 232-233.
14. N o w o r o l n i k K.: Efektywność nawożenia azotem jęczmienia jarego w warunkach doświadczeń terenowych. *IUNG, Ser. R*, 1996, **332**: 13-22.

15. Noworolnik K.: Dostosowanie głównych czynników agrotechniki jęczmienia jarego do warunków glebowych. IUNG, Ser. K, 1998, **15/I**: 393-398.
16. Noworolnik K.: Plonowanie żyta w zależności od gatunku gleby i jej zasobności w magnez. Mat. Konf. Uprawa i wykorzystanie żyta w Polsce – stan obecny i przyszłość. Puławy 2000, 123-124.
17. Noworolnik K.: Wpływ czynników edaficznych na plon ziarna i białka jęczmienia jarego. Pam. Puł., 2001, **126**: 71-76.
18. Noworolnik K.: Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie jęczmienia jarego w różnych warunkach siedliska. Monografie i Rozprawy Naukowe IUNG-PIB, 2003, **8**: 1-66.
19. Noworolnik K.: Plonowanie wybranych zbóż jarych w zależności od odczynu gleby. Bibliot. Fragm. Agron., 2006, **10/06**: 59-62.
20. Noworolnik K.: Wpływ odczynu gleby na strukturę plonu ziarna zbóż jarych. Bibliot. Fragm. Agron., 2006, **10/06**: 63-66.
21. Noworolnik K.: Wpływ zawartości magnezu w glebie na plonowanie jęczmienia jarego, owsa i gryki w zależności od pH gleby. Bibliot. Fragm. Agron., 2006, 10/06: 67-70.
22. Noworolnik K.: Wpływ jakości gleby na plonowanie pszenicy jarej i jęczmienia jarego. Acta Agroph., 2008a, **11(2)**: 457-464.
23. Noworolnik K.: Wpływ wybranych cech jakości gleby na plonowanie pszenicy ozimej i jęczmienia ozimego. Acta Agroph., 2008b, **12(2)**: 477-485.
24. Noworolnik K.: Wpływ wybranych cech jakości gleby na plonowanie pszenżyta ozimego i żyta ozimego. Acta Agroph., 2009, **14(1)**: 155-166.
25. Noworolnik K., Ruszkowska B.: Wpływ niektórych czynników agrotechnicznych i siedliskowych na plonowanie odmian jęczmienia jarego. IUNG, Ser. R, 1984, **197**: 5-20.
26. Noworolnik K., Strzelec J.: Wpływ gęstości siewu i warunków glebowych na plon ziarna jęczmienia ozimego. Fragm. Agron., 1991, **1**: 44-51.
27. Noworolnik K., Terelak H.: Plonowanie jęczmienia jarego i owsa oraz ich mieszanki w zależności od warunków glebowych. Roczn. Glebozn., 2005, **56(3/4)**: 60-66.
28. Noworolnik K., Terelak H.: Wpływ agrochemicznych właściwości gleb na plon ziarna i białka jęczmienia jarego i owsa oraz ich mieszanki. Roczn. Glebozn., 2006, **57(3/4)**: 72-79.
29. Pecio A., Noworolnik K.: Wpływ poziomu nawożenia azotem na produktywność jęczmienia ozimego uprawianego na glebach różnych kompleksów przydatności rolniczej. IUNG, Ser. R, 1986, **221**: 21-29.
30. Rybicki J., Noworolnik K.: Plonowanie mieszanek owsa i jęczmienia jarego na glebach różnych kompleksów. IUNG, Ser. K, 1993, **8**: 19-24.
31. Strzelec J., Noworolnik K.: Wpływ nawożenia azotem i gęstości siewu jęczmienia jarego na jego plonowanie na różnych gatunkach gleb. Roczn. Glebozn., 1984, **35(1)**: 107-114.
32. Strzelec J., Noworolnik K.: Plonowanie jęczmienia jarego w zależności od składu granulometrycznego gleby na tle różnych poziomów nawożenia azotem i ilości wysiewu. IUNG, Ser. R, 1991, **279**: 53-65.
33. Strzelec J., Noworolnik K.: Wpływ właściwości gleb na plonowanie jęczmienia ozimego. IUNG, Ser. R, 1993, **308**: 59-65.
34. Strzelec J., Noworolnik K.: Grain and protein yields of spring and winter barley grown on various textural soil groups. Fragm. Agron., 1995, **2**: 42-43.
35. Sułek A.: Wpływ obsady roślin na plonowanie pszenicy jarej na różnych glebach. Biul. IHAR, 1997, **204**: 145-155.

36. Sułęk A.: Wpływ warunków glebowych na plonowanie i jakość ziarna pszenicy jarej odmiany Nawra. Pam. Puł., 2010, **152**: 277-286.
 37. Witk T.: Wpływ jakości gleby na plonowanie roślin uprawnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1979, **224**: 35-46.
 38. Zarychta M., Noworolnik K.: Zmienność plonowania jęczmienia jarego w zróżnicowanych warunkach edaficznych pól produkcyjnych. Pam. Puł., 1999, **114**: 381-385.
 39. Zarychta M., Noworolnik K.: Plonowanie pszenicy ozimej w zróżnicowanych warunkach siedliskowych pól produkcyjnych. Pam. Puł., 1999, **118**: 471-477.
-

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Kazimierz Noworolnik
Zakład Uprawy Roślin Zbożowych
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. 81 47 86 818
e-mail: knoworolnik@iung.pulawy.pl

