

GRAŻYNA PODOLSKA

Zakład Uprawy Roślin Zbożowych

Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Efektywność agrotechnicznych oddziaływań w wykorzystaniu potencjału plonowania pszenicy ozimej

Effectiveness of agricultural practices in exploitation of the potential of winter wheat yielding

W pracy przeanalizowano wpływ podstawowych czynników agrotechnicznych takich jak: termin siewu, ilość wysiewu i nawożenie azotem na wielkość plonu i kształtowanie cech jego struktury i budowy łanu. Stwierdzono, że ujawnienie się potencjalnych możliwości plonotwórczych odmian możliwe jest przy dostosowaniu czynników agrotechnicznych do wymagań odmiany.

Słowa kluczowe: budowa łanu, czynniki agrotechniczne, odmiana, plonowanie, pszenica ozima, struktura plonu

The paper analyses the effect of the main agrotechnical measurements, including sowing time, sowing density and nitrogen fertilization, on grain yield, yield components (number of heads per area unit, grain yield per head, grain yield per plant, number of kernels per head, number of kernels per plant, weight of 1000 grains) and stand architecture. It was found that genetically determined yield potential of winter wheat cultivars is very big and can be utilized in agrotechnical practices provided that agrotechnical factors are adequate to cultivars requirements.

Key words: agrotechnical measurements, cultivation, grain yield, stand architecture, winter wheat, yield components

WSTĘP

Poziom plonowania zbóż w tym pszenicy ozimej jest wynikiem współdziałania łanu roślin ze środowiskowymi warunkami ich wzrostu oraz przebiegiem pogody (Listowski, 1985). Każda odmiana charakteryzuje się genetycznie uwarunkowaną plennością, oraz specyficznymi wymaganiami środowiskowymi spełnienie, których umożliwia realizację możliwości plonotwórczych. Badania fizjologiczne (Nalborczyk, 1991) wskazują, że ponad 90% biomasy roślin zbożowych powstaje w procesie fotosyntezy CO₂. Nalborczyk (1991) uwzględniając wielkość wytwarzanej powierzchni asymilacyjnej i pełną realizację procesu fotosyntezy łanu pszenicy wskazuje, że całkowite wykorzystanie energii

słonecznej docierającej do powierzchni Polski umożliwiłoby wytworzenie plonu w granicach 50 t suchej masy z powierzchni 1 ha, w tym plonu rolniczego (ziarna) około 20 t/ha. Porównanie wymienionych możliwości z uzyskiwanymi plonami wskazuje, że niezakłócony proces fotosyntezy nie może być uznany za czynnik limitujący plonowanie zbóż w Polsce.

Wyniki doświadczeń mikropoletkowych, w których wyeliminowano konkurencję chwastów i wyleganie oraz kontrolowano porażenie przez choroby i szkodniki wskazują na możliwość uzyskania plonu podstawowego w granicach 13–15 t/ha. Również plon z doświadczeń odmianowych COBORU i stacji doświadczalnych instytutów rolniczych oraz czołowych gospodarstw rolniczych oscyluje w granicach 10 t/ha (Ruszkowski, 1988). Dowodzi to, że genetyczne możliwości odmian uprawianych w kraju nie limitują poziomu plonów uzyskanych w praktyce.

Czynnikami ograniczającymi plonowanie są więc niekorzystne warunki wzrostu, w dużej mierze wywołane błędami agrotechnicznymi i niekorzystnym przebiegiem pogody oraz oddziaływanie patogenów (Listowski, 1985; Ruszkowski, 1988).

Plon jest funkcją liczby kłosów, liczby ziaren w kłosie i MTZ. W niniejszym artykule omówiono na podstawie badań własnych wpływ najważniejszych zabiegów agrotechnicznych wpływających na wzrost i rozwój — terminu siewu, gęstości siewu i nawożenia azotem — na kształtowanie się parametrów struktury rośliny i budowy łanu oraz związek z plonowaniem.

TERMIN SIEWU

Zróznicowanie terminu siewu związane jest ściśle ze zmianą długości dnia i temperatury powietrza w okresie początkowego rozwoju roślin. Pszenica wysiana w terminie optymalnym krzewi się przy dniu krótkim (jesień), co powoduje wydłużenie się faz krzewienia i strzelania w źdźbło. Opóźnienie terminu siewu powoduje skutek obniżającej się temperatury spowolnienie tempa wschodów oraz ukazania się kolejnych liści. Pszenica ozima wysiana z miesięcznym opóźnieniem w stosunku do terminu optymalnego zwykle w jesieni nie osiągają fazy krzewienia. Zatem okres wschody-krzewienie tych roślin wydłuża się do wiosny, kiedy długość dnia jest większa o ponad 3 godziny. W tych warunkach rośliny otrzymują informację o charakterze bodźca umożliwiającą przejście do fazy strzelania w źdźbło, co gwałtownie skraca długość fazy krzewienia i prowadzi do redukcji liczby pędów kłosonośnych na roślinie, a w rezultacie do mniejszej obsady kłosów na powierzchni gleby. Długość fazy krzewienia ma również wpływ na morfogenezę pędów kłosonośnych, tj. na inicjację, różnicowanie, segmentację i wałeczkowanie stożków wzrostu.

Opóźnienie terminu siewu powoduje również późniejsze osiągnięcie fazy strzelania w źdźbło. W rezultacie faza strzelania w źdźbło przebiega przy wyższej temperaturze, powodującej jej skrócenie, co niekorzystnie wpływa na wykształcenie kłosek i kwiatków w kłosie (tab. 1).

Mechanizm oddziaływania terminu siewu ma charakter wpływu czynnika środowiska, a więc jego efektu nie można wyeliminować innymi działaniami agrotechnicznymi zawsze

wpływa na budowę i płodność rośliny i łanu. Potwierdzają to liczne badania (Mazurek, Podolska, 1995; Podolska 1997 a; Podolska, Mazurek, 2000; Podolska, Ruszkowski, 1991 a) (tab. 2).

Tabela 1

Długość faz rozwojowych pszenicy ozimej w zależności od terminu siewu i długości dnia (Ruszkowski, 1988)
Duration of growing phases in winter wheat depending on sowing time and day length

Termin siewu Sowing time	Wschody-krzewienie Emergency-tillering		Krzewienie-strzelanie w źdźbło Tillering- shooting		Strzelanie w źdźbło-kłoszenie Shooting - heading	
	czas trwania (dni) duration	długość dnia (godz) length of day (h)	czas trwania (dni) duration	długość dnia (godz.) length of day (h)	czas trwania (dni) duration	długość dnia (godz.) length of day (h)
20.IX	40	9,0	172	12,0	37	15,7
5.X	158	12,8	70	13,9	35	15,9
20.X	139	13,4	33	14,4	33	16,0

Tabela 2

Plon ziarna i cechy struktury plonu pszenicy ozimej w zależności od terminu siewu
Grain yield and yield components of winter wheat depending on sowing time

Plon i cechy struktury plonu Grain yield and yield components	Termin siewu Sowing time			
	optimalny optimum	opóźniony late	późny very late	NIR LSD
Plon w kg/m ² Grain yield per m ²	0,81	0,74	0,65	0,028
Liczba kłosów na m ² Number of heads per m ²	552	508	478	14,8
Liczba ziarn z kłosa Number of kernels per head	30,6	30,6	29,2	1,10
Plon ziarna z kłosa (g) Grain yield per head (g)	1,47	1,44	1,35	0,051
MTZ (g) Weight of 1000 grains (g)	48,0	47,2	45,6	0,60

Tabela 3

Wpływ terminu siewu na procentowy udział w łanie pszenicy ozimej roślin o różnej wysokości i stopniu rozkrzewienia (Podolska, Ruszkowski 1991 a)

Effect of sowing time on the frequency of plants with different height and tillering in winter wheat stand

Klasa wysokości roślin High class	Termin siewu — Sowing time			Typ rośliny Plant type	Termin siewu — Sowing time		
	optymalny optimum	opóźniony late	późny very late		optymalny optimum	opóźniony late	późny very late
% udział roślin w łanie % share of plants in stand							
Wysokie — High >90 cm	42	14	0	1-pędowe 1-shoot	52	70	85
Średnie — Medium 90–81	39	48	18	2-pędowe 2-shoot	36	30	15
Niskie — Low 80–71 cm	19	38	54	3-pędowe 3-shoot	12	0	0
Bardzo niskie — Very low < 70 cm	0	0	28				

Termin siewu obok zmian cech struktury plonu rośliny wpływa również na budowę łanu. Wraz z opóźnieniem terminu siewu zmniejsza się średnia wysokość roślin oraz udział w łanie roślin wysokich, które charakteryzują się większą produktywnością. Maleje również udział roślin rozkrzewionych na korzyść jednopędowych (tab. 3, 4, 5). Zmiany te prowadzą do uzyskania mniejszego plonu ziarna z jednostki powierzchni (Mazurek, Podolska, 1995 b; Podolska 1995, 1999; Podolska, Mazurek, 1999; Podolska, Ruszkowski, 1991 a).

Tabela 4

Masa ziarna z kłosa (g) pszenicy ozimej w zależności od typu i wysokości rośliny oraz rodzaju pędu (Podolska, 1999)

Grain weight per head (g) of winter wheat depending on plant type, plant height and shoot number

Typ rośliny Plant type	Pęd Shoot	Termin siewu Sowing time								
		optymalny optimal			opóźniony late			późny very late		
		typ roślin plant type								
		wysokie high	średnie medium	niskie low	wysokie high	średnie medium	niskie low	wysokie high	średnie medium	niskie low
1-pędowa	G	2,2	1,6	1,2	1,9	1,5	1,1	2,1	1,4	0,7
2-pędowa	G	1,6	1,4	1,4	2,0	1,1	0,8		1,0	
	B ₁	1,1	1,2	0,2	1,2	0,9	0,6		0,8	
3-pędowa	G		2,2							
	B ₁		1,4							
	B ₂		1,3							

Objaśnienia; Explanation:

G — Pęd główny; G — Main shoot

B₁ — Pierwszy pęd boczny; B₁ — First lateral shoot

B₂ — Drugi pęd boczny; B₂ — Second lateral shoot

Tabela 5

Liczba ziaren w kłosie pszenicy ozimej w zależności od typu i wysokości rośliny oraz rodzaju pędu (Podolska, 1999)

Number of grains per head of winter wheat depending on plant type, plant height and shoot number

Typ rośliny Plant type	Pęd Shoot	Termin siewu Sowing time								
		optymalny optimum			opóźniony late			późny very late		
		typ rośliny plant type								
		wysokie high	średnie medium	niskie low	wysokie high	średnie medium	niskie low	wysokie high	średnie medium	niskie low
1-pędowa	G	43	37	27	38	31	23	40	34	19
2-pędowa	G	34	32	30	38	21	18		36	
	B ₁	20	23	15	24	18	17		32	
3-pędowa	G		38							
	B ₁		29							
	B ₂		16							

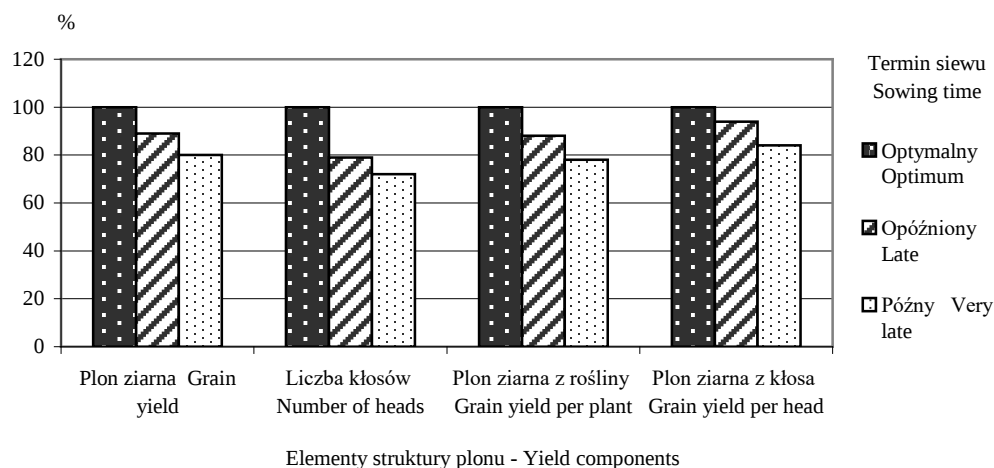
Objaśnienia; Explanation:

G — Pęd główny; G — Main shoot

B₁ — Pierwszy pęd boczny; B₁ — First lateral shoot

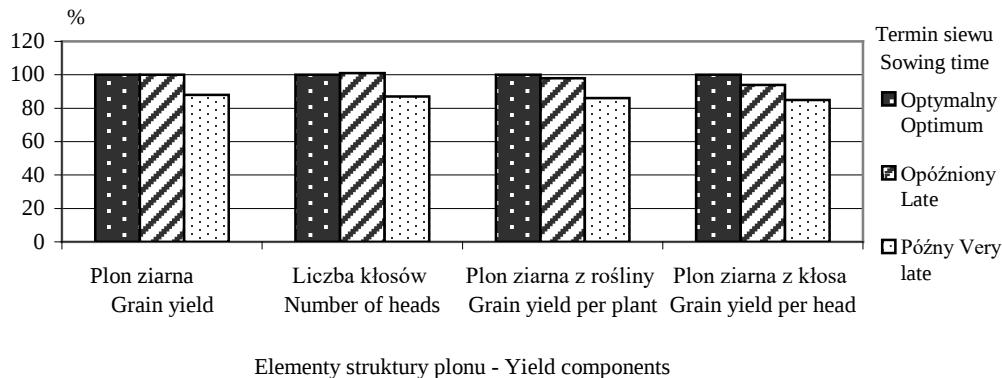
B₂ — Drugi pęd boczny; B₂ — Second lateral shoot

Badania własne wskazują na istnienie zróżnicowania odmian co do wrażliwości na długość dnia. Odmiany o mniejszej wrażliwości charakteryzują się małymi zmianami cech struktury plonu przy wysiewie w opóźnionym terminie (rys. 2). U odmian o większej wrażliwości wraz z każdym opóźnieniem siewu zmniejszeniu ulega liczba kłosów, plon ziarna z rośliny, plon ziarna z kłosa, co skutkuje zmniejszeniem plonu ziarna z jednostki powierzchni (rys. 1).



Rys. 1. Plon i cechy struktury plonu odmian pszenicy ozimej wrażliwych na opóźnienie terminu siewu w % terminu optymalnego (Podolska)

Fig. 1. Yield and yield components of winter wheat cultivars sensitive to the delayed sowing (optimum time = 100%)



Rys. 2. Plon i cechy struktury plonu odmian pszenicy ozimej mniej wrażliwych na opóźnienie terminu siewu (w % terminu optymalnego) (Podolska)

Fig. 2. Yield and yield components of winter wheat cultivars less sensitive to the delayed sowing (optimum time = 100%)

GĘSTOŚĆ SIEWU

Obok długości dnia również natężenie i penetracja światła w łanie pszenicy ozimej wpływa na przebieg procesów fotomorfogenezy i decyduje o efektywności fotosyntezy. W przypadku dużego zagęszczenia roślin, wzajemne zacielenie się liści powoduje ograniczenie ilości światła przypadającego na jednostkę ich powierzchni, w wyniku tego obserwuje się redukcję krzewienia i liczby kłosków w kłosie. Zwiększenie obsady roślin na jednostce powierzchni gleby ogranicza ilość światła dostępnego poszczególnym osobnikom, co prawdopodobnie nasila ich wzajemne oddziaływania konkurencyjne i zmienia wartości struktury plonu i architektury łanu (Nalborczyk, 1991).

Wraz ze wzrostem gęstości siewu zmniejsza się masa ziarna z rośliny i z kłosa oraz MTZ, ale zwiększa liczba kłosów na jednostce powierzchni (tab. 6). Zagęszczenie liczby roślin na jednostce powierzchni oddziałuje na budowę łanu poprzez zmiany wysokości roślin i rozkrzewienie produkcyjne. Równolegle z zagęszczaniem roślin zwiększa się udział w łanie roślin o skróconych pędach, charakteryzujących się mniejszą liczbą ziaren w kłosie i masą pojedynczego ziarna w porównaniu do roślin wysokich, co w konsekwencji prowadzi najpierw do zmniejszenia się korzystnego oddziaływania na plon obsady kłosów, a następnie do zaniku tego oddziaływania i spadku plonu z jednostki powierzchni (Podolska, 1999; Podolska, Ruszkowski, 1991, 1991 b, Ruszkowski, 1988 a).

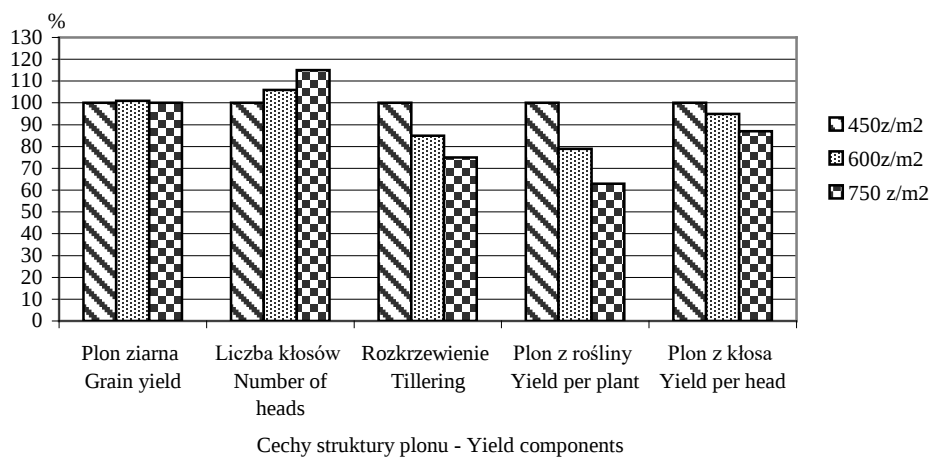
Tabela 6

Plon i struktura plonu pszenicy ozimej w zależności od gęstości siewu (Podolska i Ruszkowski, 1991 c)
Grain yield and yield structure of winter wheat depending on sowing density (Podolska, Ruszkowski 1991 c)

Ilość wysiewu ziaren na m ² Seed density grain/m ²	Plon i komponenty plonu Grain yield and yield components						
	plon ziarna grain yield (g·m ⁻²)	liczba roślin na m ² number of plants per m ²	liczba kłosów na m ² number of heads per m ²	krzewistość produkcyjna productive tillering	plon ziarna z rośliny (g) grain yield per plant (g)	plon ziarna z kłosa (g) grain yield per head (g)	MTZ (g) Weight of 1000 grains (g)
150	603	129	373	2,89	4,67	1,62	40,7
300	623	257	432	1,68	2,42	1,44	40,8
450	643	377	477	1,26	1,71	1,35	41,1
600	618	485	533	1,10	1,27	1,15	40,9
750	601	572	624	1,09	1,05	0,96	40,6
900	548	675	708	1,05	0,81	0,77	39,9
1050	573	757	776	1,02	0,76	0,74	39,6
NIR; LSD $\alpha = 0,05$	3,7	10,1	12,2	0,14	0,13	0,13	r.n

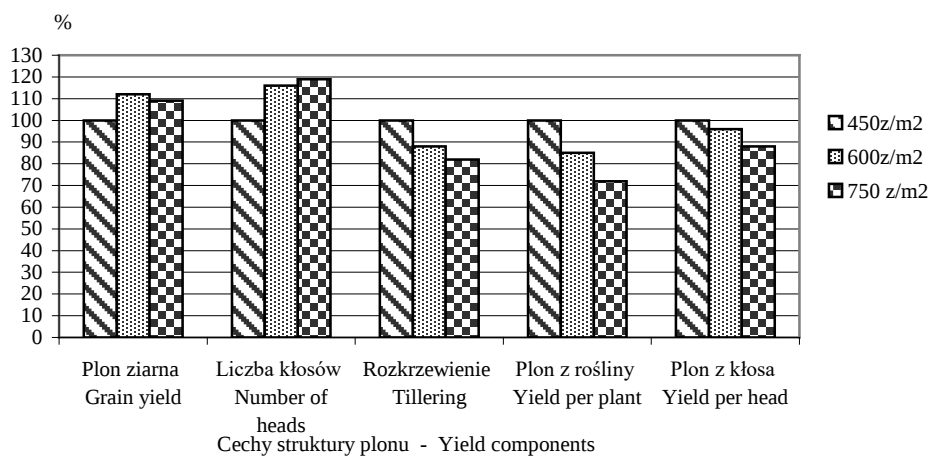
W licznych badaniach stwierdzono specyficzne wymagania odmian, co do ilości wysiewu. Prawdopodobnie wiąże się to ze zróżnicowanymi wymaganiami świetlnymi odmian pszenicy wyrażonymi wrażliwością na zacielenie lub na natężenie światła padającego na liście rośliny. Wydaje się, że odmiany nie wykazujące spadku plonu ziarna przy zagęszczonym siewie, mają mniejsze wymagania w stosunku do natężenia światła, dlatego w warunkach częściowego zacielenia zmiany w krzewistości i liczbie kłosków w kłosie są u nich stosunkowo niewielkie. Odmiany o większych wymaganiach przy dużej

obsadzie roślin istotnie redukują nie tylko krzewienie produkcyjne, ale również produktywność kłosa, co powoduje spadek plonowania (Mazurek, Podolska 1995 a, Podolska, 1997; Podolska, Mazurek, 2000 a; Podolska i in., 2001) (rys. 3, 4, 5).



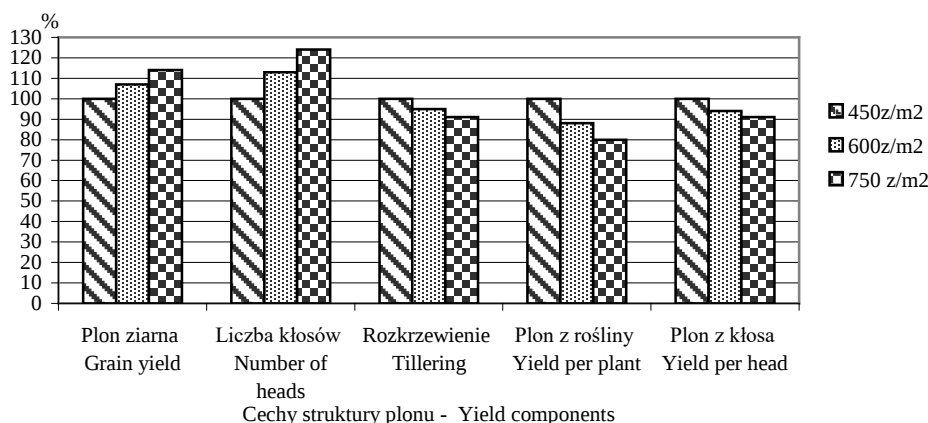
Rys. 3. Plon i cechy struktury plonu odmian pszenicy ozimej o dużych wymaganiach świetlnych (Podolska)

Fig. 3. Yield and yield components of winter wheat cultivars with high light requirements



Rys. 4. Plon i cechy struktury plonu odmian pszenicy ozimej o średnich wymaganiach świetlnych (Podolska)

Fig. 4. Yield and yield components of winter wheat cultivars with average light requirements



Rys. 5. Plon i cechy struktury plonu odmian pszenicy ozimej o małych wymaganiach świetlnych (Podolska)

Fig. 5. Yield and yield components of winter wheat cultivars with low light requirements

NAWOŻENIE AZOTEM

Nawożenie azotem jest uznane za jeden z podstawowych czynników plonotwórczych, co wiąże się z dużą labilnością zawartości przyswajalnych form azotu w glebie oraz niezbędną tego składnika w procesie asymilacji. Zatem jego dostępność limituje wzrost roślin, czyli kształtowanie się powierzchni asymilacyjnej i organów generatywnych, decydujących o plonowaniu (tab. 7). Dostępność azotu również korzystnie wpływa na kształtowanie cech struktury plonu i właściwej architektury łanu. Wpływając przede wszystkim na liczbę kłosów i plon ziarna z kłosa oraz zwiększając wyrównanie wysokości pędów kłosonośnych i ich produktywność (Podolska, Mazurek, 1999).

Tabela 7

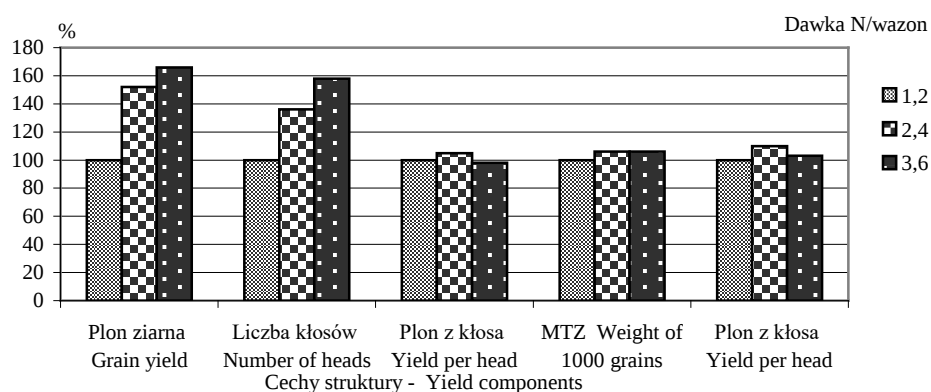
Plon i cechy struktury plonu pszenicy ozimej w zależności od dawki nawożenia azotem (Podolska i in., 2002)

Grain yield and yield components of winter wheat depending on nitrogen fertilization

Dawka N/ha kg N fertilization dose (kg)	Plon ziarna w t/ha Yield per ha (tons)	Liczba kłosów Number of heads	Plon ziarna z kłosa (g) Yield per head (g)	MTZ Weight of 1000 grains
0	3,7	496	0,74	37,14
40	4,6	508	0,91	38,81
80	5,5	514	1,07	38,23
120	6,6	516	1,27	38,45
160	6,3	517	1,22	37,35
200	6,3	520	1,21	37,08

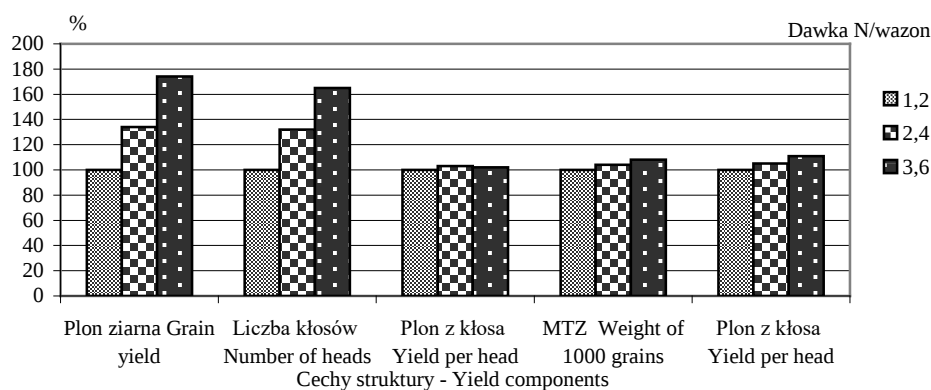
Wieloletnie badania z uwzględnieniem dużej liczby odmian wskazują, że odmiany pszenicy ozimej wykazują zróżnicowane możliwości efektywnego wykorzystania zwiększonych dawek azotu. W rezultacie wydzielono dwie grupy odmian efektywnie

wykorzystujących średnie i duże dawki azotu (rys. 6, 7) (Podolska, Mazurek, Stypuła, 2001).



Rys. 6. Plon i cechy struktury plonu odmian pszenicy ozimej efektywnie wykorzystujących średnie dawki nawożenia azotem (Podolska)

Fig. 6. Grain yield and yield components of winter wheat cultivars efficiently utilizing medium fertilization dose



Rys. 7. Plon i cechy struktury plonu odmian pszenicy ozimej efektywnie wykorzystujących duże dawki nawożenia azotem (Podolska)

Fig. 7. Grain yield and yield components of winter wheat cultivars efficiently utilizing high fertilization dose

PODSUMOWANIE

Omówione czynniki agrotechniczne bardzo silnie oddziałują na wzrost i rozwój wszystkich odmian pszenicy ozimej, co powoduje istotne zmiany podstawowych cech plonotwórczych, tj. obsady kłosów oraz ich płodności, decydującej o liczbie i ich masie. Mechanizm oddziaływania terminu siewu i częściowo gęstości siewu odbywa się poprzez zmianę warunków środowiska (temperatura, długość dnia, natężenie światła), w których

przebiega wzrost i rozwój natomiast oddziaływanie nawożenia azotem ma charakter bezpośredni związany z odżywianiem roślin, a następnie z tworzeniem dużej powierzchni asymilacyjnej umożliwiającej intensyfikację gromadzenia masy.

Różna reakcja odmian na zmienność omówionych czynników agrotechnicznych wskazuje na niejednakowe wymagania odmian pszenicy.

Ujawnienie się potencjału plonotwórczego odmiany jest możliwe jedynie w warunkach dostosowania terminu, gęstości siewu i dawki nawożenia do jej wymagań.

LITERATURA

- Listowski A. 1985. Biologiczne podstawy produktywności roślin. Sesja Naukowa "Podstawy produktywności roślin". IUNG, Puławy: 7 — 20.
- Mazurek J., Podolska G. 1995. Plon i cechy struktury plonu odmian i rodów pszenicy ozimej w zależności od terminu siewu. Biul. IHAR 194/195: 61 — 67.
- Mazurek J., Podolska G. 1995 a. Wpływ ilości wysiewu na plonowanie i strukturę plonu nowych odmian pszenicy ozimej. Biul. IHAR 194/195: 69 — 75.
- Mazurek J., Podolska G. 1995 b. The model of canopy architecture of winter wheat depending on sowing time. *Fragm. Agron. Conference of the European Society for Agronomy and Polish Society of Agrotechnical Sciences* 2 (46): 188 — 189.
- Nalborczyk E. 1991. Produkcyjność łanów roślin uprawy polowej. *Fragm. Agron. Zesz. Spec.* 2: 5 — 13.
- Podolska G. 1995. Badania nad architekturą łanu pszenicy ozimej. Biul. IHAR 194/195: 99 — 113.
- Podolska G. 1997. Reakcja odmian i rodów pszenicy ozimej na wybrane czynniki agrotechniczne. Cz. I. Wpływ gęstości siewu na plon i strukturę plonu nowych odmian i rodów pszenicy ozimej. Biul. IHAR 204: 157 — 162.
- Podolska G. 1997 a. Reakcja odmian i rodów pszenicy ozimej na wybrane czynniki agrotechniczne. Cz. II. Wpływ terminu siewu na plon i strukturę plonu nowych odmian i rodów pszenicy ozimej. Biul. IHAR 204: 163 — 168.
- Podolska G. 1999. Budowa i wydajność łanu pszenicy ozimej w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych i modelu rośliny (rozprawa habilitacyjna). Pam. Puł. 116.
- Podolska G., Krasowicz St., Sułek A. 2002. Opracowanie technologii produkcji pszenicy chlebowej z uwzględnieniem nowych odmian. Raport Końcowy z realizacji tematu badawczego. IUNG, Puławy.
- Podolska G., Mazurek J. 1999. Budowa rośliny i łanu pszenicy ozimej w warunkach zróżnicowanego terminu siewu i sposobu nawożenia azotem. Cz. II Plonowanie, struktura plonu i budowa łanu. Pam. Puł. 118: 491 — 505.
- Podolska G., Mazurek J. 2000. Reakcja nowych odmian pszenicy ozimej na termin siewu. Biul. IHAR 214: 55 — 62.
- Podolska G., Mazurek J. 2000 a. Reakcja nowych odmian pszenicy ozimej na gęstość siewu. Biul. IHAR 214: 63 — 67.
- Podolska G., Mazurek J., Stypuła G. 2001. Określenie wymagań agrotechnicznych nowych rodów pszenicy ozimej. Biul. IHAR 220: 23 — 33.
- Podolska G., Ruszkowski M. 1991. Wpływ gęstości siewu na strukturę plonu i architekturę łanu pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 2: 53 — 62.
- Podolska G., Ruszkowski M. 1991 a. Wpływ terminu siewu na strukturę plonu i architekturę łanu pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 2: 47 — 52.
- Podolska G., Ruszkowski M. 1991 b. Studia nad modelem łanu pszenicy ozimej. Wpływ gęstości siewu na strukturę plonu i architekturę łanu. *Fragm. Agron.* 31 (3): 57 — 71.
- Ruszkowski M. 1988. Podstawy naukowe i praktyczne koncepcji technologii produkcji zbóż. *Pestycydy.* 1: 33 — 49.
- Ruszkowski M. 1988 a. Obsada a produktywność roślin zbożowych. Konferencja Naukowa IUNG — PAN, Puławy: 7 — 25.