

TADEUSZ OLEKSIK

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Efekty hodowli pszenicy ozimej Część II. Odmiana jako czynnik plonotwórczy w doświadczeniach i w produkcji

Effects of winter wheat breeding

Part II. Variety as a yield-creating factor in trials and in production

Określono teoretyczne i praktyczne efekty hodowli pszenicy ozimej. Wykorzystano wyniki doświadczeń odmianowych Stacji Doświadczalnych Oceny Odmian (SDOO) i wyniki badań ankietowych gospodarstw rolnych z lat 1986–2001. Zastosowano metodę opartą na ocenie zależności między wiekiem a plonem odmian, bez odnoszenia się do odmiany wzorcowej. Analizowano związek między uzyskiwanymi plonami a rokiem wprowadzenia odmiany do produkcji. Istnieje istotna zależność liniowa plonu pszenicy od wieku uprawianych odmian (czasu jaki upłynął od ich wprowadzenia do uprawy). Wartość średniego efektu hodowlanego 0,69%, czyli $47 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ rocznie, jest zbliżona do wartości uzyskanych przy zastosowaniu metody oceny opartej na wskaźnikach wartości plonotwórczej odmian ($41 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), prezentowanej w I części pracy. Czynnik odmianowy w bezpośredni sposób determinował 42% uzyskanego wzrostu plonów, a jego udział zwiększał się. Średni coroczny przyrost plonu w warunkach produkcyjnych ankietowanych gospodarstw, wynikający bezpośrednio z wprowadzania nowych odmian, po uwzględnieniu zróżnicowania dotyczącego nawożenia mineralnego, warunków glebowych i intensywności ochrony chemicznej, wyniósł $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Słowa kluczowe: hodowla, odmiany, plon ziarna, postęp genetyczny, pszenica ozima

Theoretical and practical effects of winter wheat breeding have been established. The results obtained at the Experimental Variety Trial Stations as well as the inquiry data gathered in production farm in the period 1986–2001 were utilised. A method based on the dependency of yield on age of variety, without referring to a standard variety, was applied. Relationships between yield and a year of variety introduction were analyzed. A linear character of the dependency of yield on the age of variety (number of years after variety release) was revealed. An average value for the breeding effects (0.69% , referring to $47 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) was close to the value established using the method based on indices for a yield-creating value of the varieties ($41 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), presented in part I of the paper. A varietal factor determined 42% of the yield increase, and its significance tended to grow up in the course of time. Average yearly increase of the winter wheat yield in the inquired farms, as achieved owing to the introduction of new varieties, was estimated at the level of $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, after taking into account the differences in mineral fertilization, soil conditions and intensity of chemical treatment.

Key words: breeding, genetic progress, varieties, winter wheat, yield of grain

WSTĘP

Porównanie średnich plonów uzyskiwanych w jednakowych warunkach klimatycznych, glebowych i agrotechnicznych jest stosunkowo prostą metodą oceny odmian już uprawianych i nowych, wprowadzanych do produkcji. W dotychczas publikowanych pracach efekty hodowli oceniano głównie na podstawie plonów uzyskiwanych w doświadczeniach odmianowych zakładanych dla celów rejestracyjnych lub rejonizacyjnych, prowadzonych w ściśle kontrolowanych warunkach (Feyerham, 1989; Feil, 1992; Krzymuski, 1993; Silvey, 1986) lub na podstawie doświadczeń polowych (Drzazga, 2001). Uzyskane w ten sposób wartości informują o efektach teoretycznych, potencjalnie możliwych do uzyskania. Rzeczywiste warunki uprawy pszenicy ozimej w gospodarstwach różnią się jednak zdecydowanie od warunków doświadczeń. Różne są interakcje genotypów ze środowiskiem stąd też i zróżnicowane jest plonowanie poszczególnych odmian w warunkach produkcyjnych znacznie różniących się kulturą roli i poziomem agrotechniki od warunków doświadczeń.

Jednym z głównych zagadnień właściwej oceny efektów hodowli jest wybór odmiany lub grupy odmian wzorcowych. Powstaje pytanie, czy lepiej jest zastosować wzorzec pojedynczy, czy złożony, stały czy może mostowy. Mimo prowadzenia hodowli zachowawczej, odmiany zmieniają się w pewnym stopniu, a tym samym zmieniają się wzorce stanowiące punkt odniesienia przy ocenie wielkości postępu hodowlanego.

Celem tej pracy jest określenie nie tylko teoretycznego, ale i praktycznego efektu hodowli pszenicy ozimej i ocena wykorzystania efektów hodowli. Przedstawiono w niej ocenę efektów hodowli bez odnoszenia się do odmiany wzorcowej. Dlatego, oprócz praktycznej oceny efektów i udziału hodowli we wzroście plonowania, praca ma też charakter metodyczny. Zastosowano nową metodę oceny opartą na ocenie zależności między wiekiem a plonem odmian.

MATERIAŁ I METODY

W pracy wykorzystano dwa źródła danych. Przy ocenie efektów hodowli wykorzystano wyniki doświadczeń odmianowych Stacji Doświadczalnych Oceny Odmian (SDOO). Dla oszacowania wpływu hodowli na wielkość uzyskiwanych plonów analizowano wyniki plonowania grup odmian wprowadzanych do badań i produkcji w kolejnych latach. Grupę stanowiły odmiany wprowadzone do Rejestru Odmian (RO) w tym samym roku. Kolejne lata doświadczeń odmianowych SDOO traktowano jako powtórzenia. Na podstawie wyników z kolejnych lat badań odmianowych (1993–2001) określono zależność regresyjną plonu od roku wprowadzenia odmiany do rejestru (RO).

Analogiczną zależność określono na podstawie wyników produkcyjnych. Ocenę efektów hodowlanych w warunkach produkcyjnych przeprowadzono na podstawie wyników badań ankietowych gospodarstw rolnych. Wykorzystano dane ankietowe z okresu 1986–2001. Łącznie dysponowano danymi ankietowymi z 7244 pól. Analizowano związek między uzyskiwanymi plonami a rokiem wprowadzenia odmiany do uprawy. Oceniono

w jakim stopniu wiek odmiany (czas od wpisania do RO do roku uprawy) wpływał na plony.

Aby wyeliminować zmienność wynikającą ze zróżnicowanych warunków uprawy w poszczególnych latach, zależność plonu od wieku odmiany (zarówno w przypadku danych z doświadczeń SDOO, jak i danych ankietowych z produkcji) analizowana była na podstawie plonów relatywnych. W tym wypadku wielkość plonu odmiany w konkretnym roku określono jako relację plonu rzeczywistego do średniego plonu pszenicy w tym roku.

$$P\% = \left(\frac{Prn}{Ps} \right) \times 100\%$$

$P\%$ — plon relatywny uzyskany na polu n (%),

Prn — plon rzeczywisty uzyskany na polu n ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$),

Ps — plon średni w danym roku w ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

W oparciu o trendy plonów pszenicy w zależności od wieku uprawianych odmian oceniono efekty i praktyczne wykorzystanie prac hodowlanych w doświadczeniach i w produkcji.

WYNIKI I DYSKUSJA

Dla zbadania zależności między plonami pszenicy a rokiem zarejestrowania odmian uwzględniono dane dotyczące 43 odmian, wpisanych do Rejestru po 1982 roku. Analizowano plonowanie 18 grup odmian, wydzielonych na podstawie roku wpisania do Rejestru Odmian. Wyniki poszczególnych powtórzeń, czyli kolejnych lat doświadczeń, przedstawiono w tabeli 1. Mimo znacznych różnic w warunkach pogodowych wyniki są ze sobą zbieżne i pozwalają na stwierdzenie wzrostu plonowania pszenicy ozimej w wyniku wprowadzania do produkcji nowych odmian. Obliczono współczynniki korelacji między plonem a rokiem rejestracji odmiany. Mimo że w analizowanym okresie były też lata o nietypowym przebiegu pogody, charakteryzujące się dużą zmiennością temperatury i opadów w okresie wegetacji, to jednak dla wszystkich lat wartości współczynników korelacji były wysokie i mieściły się w przedziale 0,503–0,785. Wartość współczynnika korelacji obliczonego dla średnich wartości plonu w wieloleciu wynosi 0,8286, czyli czynniki odmianowe decydujące o wyższym potencjale odmian wyjaśniały zmienność plonowania w 68,7%.

Na podstawie wartości współczynników regresji dla plonów relatywnych poszczególnych grup wiekowych odmian można stwierdzić, że różnice w plonowaniu między grupami wiekowymi odmian, w kolejnych latach, wahały się od 29,4 do 61,6 kg, a średnia wartość wzrostu plonowania w doświadczeniach odmianowych wynosiła 0,69%, czyli $47 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Obliczona w ten sposób wartość średniego efektu hodowlanego jest nieco większa od wartości uzyskanych przy zastosowaniu metody oceny opartej na zbonitowaniu wartości plonotwórczej odmian ($41 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), prezentowanej w I części pracy (Oleksiak, 2002).

Tabela 1

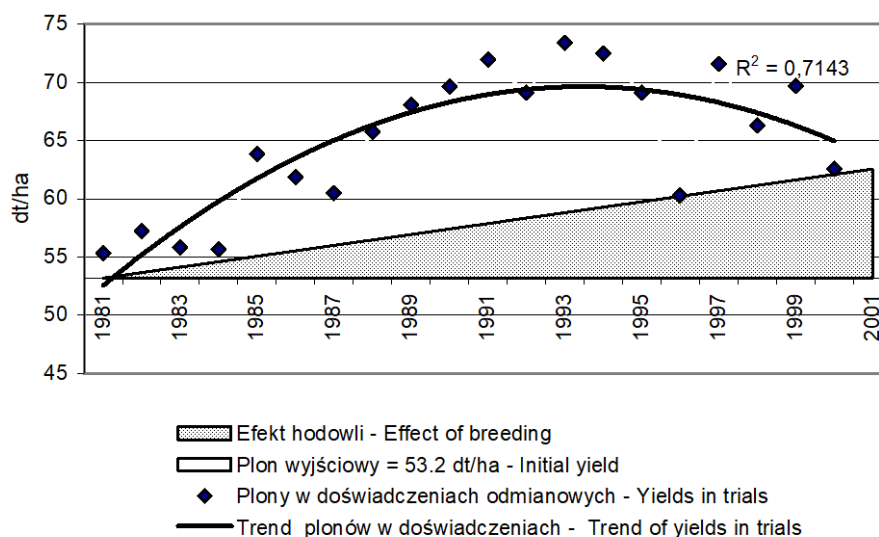
Plony pszenicy ozimej w stosunku do plonu wzorca zbiorowego (średnia ze wszystkich badanych odmian) w kolejnych latach po rejestracji odmian
Yield of wheat in relation to a common standard (average for all tested varieties) in the consecutive years after registration of the varieties

Grupy odmian wg roku rejestracji Groups of varieties depending on registration year	Lata doświadczeń Years of trials									Średnia dla grupy Average for group
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	
1982	90,1	90,7	91,3	92,1	93,6	86,0	89,0	91,0	90,0	90,4
1983	96,7	94,6	88,4	92,9	88,4					92,2
1985	100,0	101,5	102,6	99,1	98,7	98,0	99,5	104,0	108,0	101,3
1986	103,0	99,9	95,9	92,5	88,7					96,0
1988	94,5	100,1	98,9							97,8
1989	102,8	99,8	104,2	100,2	102,1	98,0	102,5	100,0	104,0	101,5
1990	97,9	98,0	97,1	97,8	100,2					98,2
1991	98,2	98,8	99,9	103,0	98,7	103,0	101,0	105,0	104,0	101,3
1992	98,9	100,4	98,6	99,1	97,8	96,7	96,5	99,0	100,5	98,6
1993	102,4	102,2	100,7	96,7	97,0	102,0	101,0	99,0	105,0	100,7
1994		99,8	101,1	103,9	103,5	101,0	102,0	99,0	100,3	101,3
1995			106,2	100,8	102,2	103,3	99,5	103,5	103,5	102,7
1996				102,9	101,2	104,0	99,5	108,5	103,0	103,2
1997					104,0	101,0	101,0	102,0	101,3	101,9
1998						98,8	100,0	98,3	99,3	99,1
1999							102,7	102,0	104,7	103,1
2000								108,7	111,7	110,2
2001									109,0	109,0
a	0,5367	0,5456	0,8502	0,6905	0,7898	0,738	0,453	0,4581	0,4704	0,6864
R ²	25,3%	44,8%	51,5%	61,6%	58,5%	53,9%	39,9%	27,4%	25,9%	68,7%
r	0,5034	0,6690	0,7174	0,7845	0,7646	0,7342	0,6319	0,5231	0,5090	0,8286
Efekt hodowli Breeding effect kg·ha ⁻¹	37,1	40,0	61,6	47,7	47,6	52,8	30,0	31,9	29,4	47,0
Wzorzec zbiorowy Common standard dt·ha ⁻¹	69,1	73,4	72,5	69,1	60,3	71,6	66,3	69,7	62,6	68,3

W doświadczeniach SDOO główny czynnik wzrostu plonów stanowią nowe odmiany. Zbyt dużym uproszczeniem byłoby założenie, że wzrost plonów jest spowodowany wyłącznie przyjmowaniem do badań coraz plenniejszych odmian. Zmiany w plonowaniu wynikały zarówno z czynników odmianowych, jak i zmieniających się warunków uprawy. W stosunku do okresu wyjściowego plony w badaniach odmianowych w okresie 1982–2001 wzrosły średnio o 1,23 t·ha⁻¹, z czego przyrost z tytułu postępu hodowlanego wyniósł 0,52 t·ha⁻¹. Rzeczywiste zmiany plonowania lepiej opisuje funkcja drugiego stopnia, ponieważ w ostatnich latach wzrost plonowania był wyraźnie mniejszy. Jak wynika z rysunku 1, czynnik odmianowy w bezpośredni sposób determinuje 42% wzrostu plonów i wykazuje tendencję wzrostową, resztę stanowią czynniki przyrodniczo-agrotechniczne i efekty współdziałania.

Stwierdzona wartość efektu odmianowego pszenicy ozimej jest niższa niż wartości podawane przez Nalborczyka (1996), według którego wzrost produktywności roślin w latach 1971–1990 był w 52% zasługą postępu biologicznego. Podobne są oceny

czynników wzrostu plonowania roślin w USA. Według Duvicka (1986) ponad 50% wzrostu plonów głównych roślin uprawnych to wynik hodowli. Znacznie niższy, bo 28% udział hodowli we wzroście plonowania pszenicy wykazały podobne badania prowadzone w Meksyku (Bell, 1995).

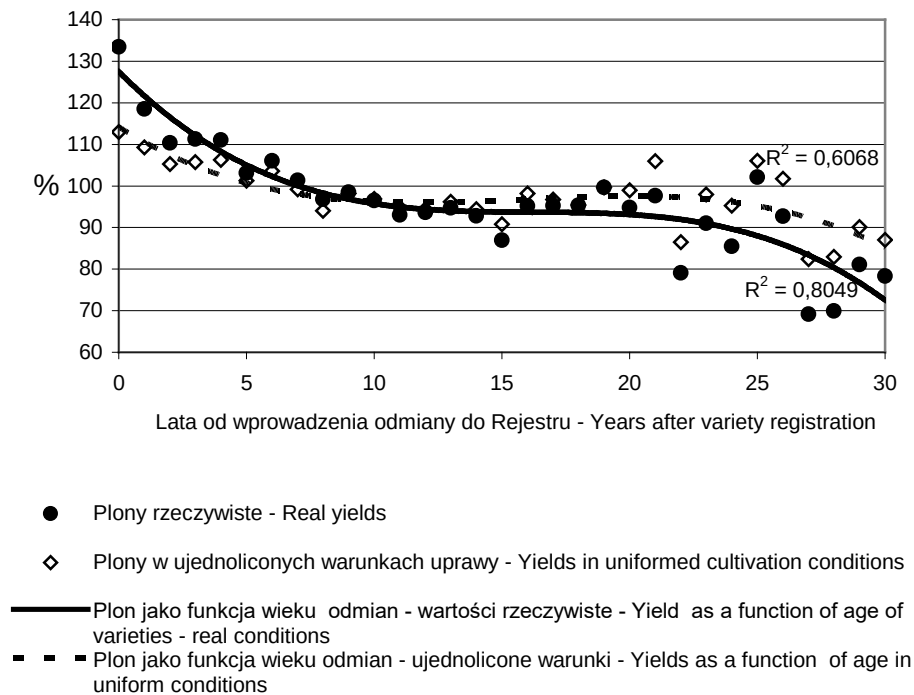


Rys. 1. Udział hodowli we wzroście plonów pszenicy na podstawie danych ze Stacji Doświadczalnych Oceny Odmian

Fig. 1. The contribution of a breeding effect to increase wheat yield, based on the data from the Experimental Station of Variety Testing

W warunkach produkcyjnych analizowano zależność plonów od wieku odmiany, czyli od liczby lat od roku wpisania odmiany do rejestru. W przypadku danych produkcyjnych zróżnicowanie warunków uprawy było duże z wyraźną preferencją nowych odmian. Dlatego przeprowadzono dwie równoległe analizy. Określono zależność plonów odmian w dwóch wersjach; bez uwzględniania i z uwzględnieniem wpływu głównych czynników agrotechnicznych. Główne czynniki plonotwórcze i ich wpływ na kształtowanie się plonu określono na podstawie analizy regresji wieloczynnikowej. Na tej podstawie określono wielkość plonów przy uśrednionych warunkach nawożenia mineralnego, chemicznej ochrony roślin i jakości gleby.

Na podstawie analizy regresji stwierdzono istotną zależność liniową plonu pszenicy od wieku uprawianych odmian (czasu jaki upłynął od ich wprowadzenia do uprawy). Jeśli analizujemy wszystkie dostępne dane dla okresu wieloletniego to zależność tę najlepiej opisuje funkcja trzeciego stopnia — po początkowej wyraźnej niżce plonów następuje ich stabilizacja, a następnie dalszy regres (rys. 2 a). Dla odmian starszych, powyżej 15 lat, wiek przestaje być czynnikiem istotnie różnicującym plon.

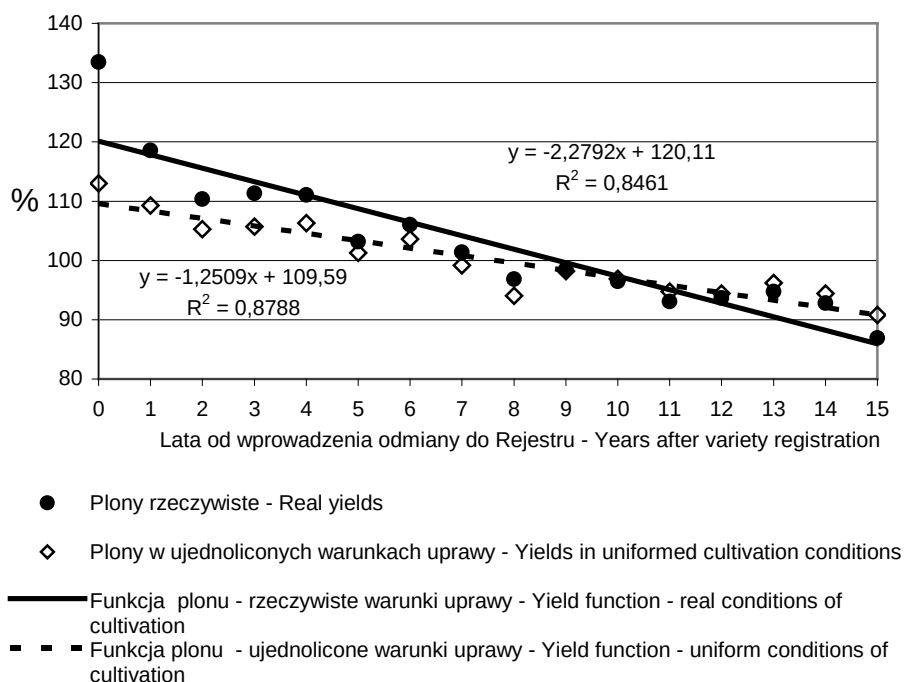


Rys. 2 a. Zależność plonu od wieku uprawianych odmian pszenicy w warunkach produkcyjnych
Fig. 2 a. Dependence of yield on age of cultivated wheat varieties in production conditions

Dane dotyczące plenności odmian w późniejszym okresie użytkowania są ponadto mało reprezentatywne ze względu na niewielkie liczebności poszczególnych grup wiekowych. Dlatego szczegółową analizę ograniczono do 15 lat użytkowania odmian (rys. 2 b). Ograniczona w ten sposób baza danych obejmowała plony z 86,4% pól. Średni przyrost plonu wynikający bezpośrednio z wieku stosowanych odmian wynosił 2,28% rocznie dla wariantu nieuwzględniającego zróżnicowania innych elementów agrotechniki i 1,25% przy uwzględnieniu zróżnicowania w nawożeniu mineralnym, w warunkach glebowych i intensywności ochrony chemicznej.

Relatywnie, średni wzrost plonów pszenicy ozimej wynikający z wprowadzenia do uprawy nowej odmiany jest znacznie większy w warunkach produkcyjnych niż w warunkach doświadczeń. Większe są różnice między grupami wiekowymi, szybciej następuje obniżanie się plonowania wraz z wiekiem odmian. Powodem większych różnic w praktyce może być gorsza wartość siewna nasion. W doświadczeniach odmianowych corocznie są to wyłącznie nasiona w najwyższych stopniach odsiewu; w ankietowanych gospodarstwach produkcyjnych nasiona kwalifikowane stanowiły ogółem 43,7%. W warunkach polskiego rolnictwa nasiona kwalifikowane pszenicy ozimej stanowią zaledwie 12,6%. Stąd można by wnioskować, że w przeciętnych warunkach gospodarowania

w Polsce, efekty odmłodzenia doboru uprawianych odmian i wprowadzania do uprawy nowych odmian, poprzez zwiększenie udziału kwalifikowanego materiału siewnego, mogą być jeszcze większe niż wynika to z analizy danych ankietowych. Oczywiście, przy założeniu że podobnie jak to ma miejsce w przypadku ankietowanych gospodarstw, wzrostowi udziału nasion kwalifikowanych towarzyszyć będzie poprawa poziomu agrotechniki umożliwiającą wykorzystanie rosnącego potencjału plonotwórczego odmian.



Rys. 2 b. Zależność plonu od wieku uprawianych odmian pszenicy w warunkach produkcyjnych
Fig 2 b. Dependence of yields on age of cultivated wheat varieties in production conditions

W analizowanym okresie, w przeciwieństwie do doświadczeń odmianowych, zmiany w plonowaniu pszenicy w produkcji (poza wahaniami sezonowymi) zarówno według danych GUS, jak i według danych z badań ankietowych były niewielkie. Praktyczna agrotechnika pszenicy znacznie odbiegała od minimalnych zaleceń uprawowych. W stosunku do początkowego pięciolecia analizowanego okresu, znacznie zmniejszyła się wielkość nawożenia mineralnego, a w związku z rosnącym udziałem zbóż w zasiewach, stale pogarszał się dobór przedplonów.

W badaniach ankietowych gospodarstw rolnych, reprezentujących poziom agrotechniki wyższy niż średnia krajowa, w roku 2001 na plantacjach pszenicy stosowano 78 kg azotu na hektar, a łączne nawożenie NPK wynosiło 166 kg czystego składnika. Dla porównania w doświadczeniach odmianowych średnia dawka azotu na hektar wynosiła 94 kg, a łączne nawożenie NPK 198 kg czystego składnika. W tym samym roku średnie nawożenie

mineralne na 1 hektar użytków rolnych w kraju wyniosło niespełna 89 kg. Według tych samych badań ankietowych w 2001 na 99% powierzchni upraw pszenicy stosowano herbicydy, a na 71% także środki grzybobójcze, z tym że już tylko na 39% przeprowadzono 2 zabiegi ochrony, czyli zaprawianie materiału siewnego i oprysk fungicydem. Rośnie udział przedplonów zbożowych, stanowią one 42,7%, z czego 70% to przedplony po zbożach ozimych, uznawane za najgorsze. Średnia wartość rolnicza gleb przeznaczanych pod pszenicę wynosiła 67 punktów w 100° skali IUNG. Dla porównania w SDOO analogiczny wskaźnik wynosił 75.

W odróżnieniu od SDOO, w gospodarstwach towarowych głównie stabilizował plonowanie czynnik odmianowy wraz ze zwiększającą się intensywnością chemicznej ochrony roślin, nie tyle powodując wzrost plonów, lecz raczej przeciwdziałając ich zmniejszaniu. Poziom stosowanej agrotechniki, jak i udział nasion kwalifikowanych w zasiewach umożliwia utrzymanie istniejącego dystansu w wykorzystaniu postępu genetycznego między SDOO a produkcją towarową. Wiek uprawianych odmian pszenicy ozimej w ankietowanych gospodarstwach od kilku lat nie ulega większym wahaniom i mieści się w zakresie 8–10 lat.

W praktyce, przy aktualnej agrotechnice na poziomie ankietowanych gospodarstw, wartość wzrostu plonowania, jako jednorocznego efektu hodowli uzyskana dla grupy uwzględniającej wszystkie gospodarstwa, wyniosła 50 kg/ha/rok. Wartość ta stanowi wynik łącznego oddziaływania czynnika genetycznego i uwarunkowaną zdolnością kiełkowania, czystością i zdrowotną wartością somatyczną nasion. Uwzględnienie do porównań jedynie tych pól, gdzie stosowano kwalifikowany materiał siewny umożliwiło wyeliminowanie wpływu czynników wynikających z niższej jakości nasion niekwalifikowanych stosowanych w produkcji. Stąd łączny efekt nasion i odmiany wyniósł 50 kg, z czego efekt wyższej wartości nasion — 10 kg/ha/rok, a efekt odmiany — 40 kg/ha/rok. Przy powierzchni zasiewów pszenicy ozimej w roku 2001 wynoszącej 1,994 mln ha i średniej cenie skupu w sezonie 2001/02, czyli 506,5 PLN/t średnioroczny efekt gospodarczy hodowli tego gatunku wynosi około 40 mln PLN. Przyrost zbiorów pszenicy może być znacznie większy pod warunkiem usprawnienia zaopatrzenia w kwalifikowany materiał siewny jak i poprawę stosowanej agrotechniki. Podobnego efektu można oczekiwać intensyfikując zaopatrzenie w kwalifikowany materiał siewny i tym samym obniżając wiek uprawianych odmian o jeden rok.

WNIOSKI

1. Wartość średniego efektu hodowlanego wynosi 0,69% czyli $47 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ rocznie i jest nieco większa od wartości uzyskanych przy zastosowaniu metody oceny opartej na bonitowaniu wartości plonotwórczej odmian ($41 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), prezentowanej w I części pracy.
2. W latach 1982–2001 plony w badaniach odmianowych zwiększały się średnio o $1,23 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, z czego przyrost z tytułu postępu hodowlanego wyniósł $0,52 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Czynniki odmianowy w bezpośredni sposób determinował wzrost plonów w 42%, a jego relatywny udział w ostatnich latach wzrasta.

3. W warunkach produkcyjnych, stwierdzono istotną zależność liniową plonu pszenicy ozimej od wieku uprawianych odmian.
4. Średni coroczny przyrost plonu ziarna pszenicy, wynikający bezpośrednio z wprowadzania nowych odmian do produkcji, po uwzględnieniu zróżnicowania wywołanego nawożeniem mineralnym, warunkami glebowymi i intensywnością ochrony chemicznej, wyniósł $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Przy uwzględnieniu obecnej powierzchni zasiewów pszenicy ozimej i cen skupu ziarna odpowiada to 40 mln PLN.

LITERATURA

- Bell M. A., Fischer R. A., Byerlee D., Sayre K. 1995. Genetic and agronomic contributions to yield gains: A case study for wheat. *Field Crops Research* 44: 55 — 65.
- Drzazga T., Spis L. 2001. Postęp genetyczny w plonowaniu pszenicy jarej w Polsce. *Biul. IHAR* 218/219: 195 — 201.
- Duvick D. N. 1986. Plant breeding: past achievements and expectations for the future. *Economic Botany* 40 (3): 289 — 297.
- Feil B. 1992. Breeding progress in small grain cereals — a comparison of old and modern cultivars. *Plant Breeding*, 108: 1 — 11.
- Feyerham A. M., Kemp K. E., Paulsen G. M. 1989. Genetic contribution to increased wheat yields in the USA between 1979 and 1984 *Agron. J.* 81: 242 — 245.
- Krzymuski J., Laudański Z., Oleksiak T. 1993. Metody oceny postępu genetycznego. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo* Nr 223: 49 — 56.
- Nalborczyk E., 1996. Prognoza badań rolniczych warunkujących rozwój rolnictwa i gospodarki żywnościowej na początku XXI wieku. Materiały na konferencję naukową Nauka w Polsce w perspektywie XXI wieku. 10–11 października 1996 r., Komitet Prognoz "Polska w XXI wieku" przy Prezydium PAN.
- Oleksiak T. 2002. Efekty hodowli pszenicy ozimej. Część I. Zmiany potencjału plonowania odmian. *Biul. IHAR* 223/234: 67 — 75.
- Silvey V. 1986. The contribution of new varieties to cereal yields in England and Wales between 1947 and 1983. *Journal of the National Institute of Agricultural Botany* 17: 155 — 168.