

DARIUSZ R. MAŃKOWSKI¹**ZBIGNIEW LAUDAŃSKI**²¹ Pracownia Ekonomiki Nasiennictwa i Hodowli Roślin, Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików² Zakład Biometrii, Wydział Zastosowań Informatyki i Matematyki
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

Postęp biologiczny w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce Część V. Ocena postępu technologicznego w produkcji polowej ziemniaka w latach 1986–2003

Biological progress in breeding, seed technology and production of potato in Poland Part V. Estimation of technological progress in potato field production within the years 1986–2003

Wykorzystując dane produkcyjne pochodzące z badań ankietowych, opisano zmiany zachodzące w agrotechnice uprawy ziemniaka w gospodarstwach rolnych w latach 1986–2003. Dokonano oceny postępu technologicznego w uprawie ziemniaka. Postęp ten uznano za znaczący. Wyraźna poprawa nastąpiła w przygotowaniu stanowiska pod uprawę ziemniaka, wykorzystaniu zabiegów ochrony chemicznej oraz doborze plenniejszych odmian do uprawy. Stwierdzono natomiast niewielkie zmiany w wykorzystaniu kwalifikowanego materiału siewnego oraz nawożenia mineralnego. W badanym okresie systematycznie wzrastał udział w powierzchni produkcji gospodarstw stosujących korzystną dla ziemniaka technologię uprawy.

Słowa kluczowe: interakcja genotypowo-środowiskowa, postęp biologiczny, postęp hodowlany, postęp odmianowy, postęp technologiczny, ziemniak

Data from survey investigation were used for description of changes in potato production on farms within the years 1986–2003. The technological Progress was estimated as significant. Distinct improvements occurred in preparation of soil, chemical control and choice of high yielding cultivars. On the other hand, small changes have been stated in use of qualified seed material and mineral nutrition. In the period of investigation, share of farms using the advantageous cultivation technology grew regularly.

Key words: genotype × environment interaction, biological progress, breeding progress, cultivar progress, technological progress, potato

WSTĘP

Najczęściej jako główne czynniki wpływające na kształtowanie plonu roślin rolniczych wymienia się: czynniki edaficzne (rodzaj gleby, zasobność gleby w składniki pokarmowe, itp.), klimatyczne (opady, nasłonecznienie, temperatura, itp.), agrotechniczne (zmianowanie, nawożenie organiczne i chemiczne, stosowana technologia uprawy, ochrona chemiczna plantacji, itp.), melioracyjne (nawadnianie i odwadnianie) oraz biologiczne — odmiana (Dzieżyc, 1993). Na czynniki klimatyczne rolnik nie ma wpływu, w małym stopniu może oddziaływać na czynniki edaficzne. W przypadku czynników biologicznych wpływ ten ograniczony jest do wyboru dostępnych na rynku odmian. Natomiast w największym stopniu rolnik ma wpływ na czynniki agrotechniczne. Tak więc na wysokość uzyskiwanych plonów można wpływać w znacznej mierze poprzez stosowanie odpowiednich technologii produkcji.

Sawicka i Pszczółkowski (2004) na podstawie analizy zmienności struktury plonu ziemniaka stwierdzili, że czynniki środowiskowe działały bardzo silnie na wysokość plonu handlowego bulw ziemniaka. Jednocześnie plony bulw wykazały się w badaniach wyraźną niestabilnością, ale ich wysokość, przekraczająca znacznie średnie plony krajowe, wskazywała na duży potencjał, możliwy do wykorzystania poprzez optymalizację procesu uprawy. Zmiennością cech ziemniaka wywołowaną różnymi warunkami środowiska zajmowało się wielu badaczy (Ubysz-Borucka, 1977; Trętowski i in., 1989; Sawicka, 1991; Sawicka i Pszczółkowski, 2004).

Roztropowicz (1971) na podstawie analizy przyczyn niskiego plonowania ziemniaków, przeprowadzonej w oparciu o doświadczenia, stwierdza że jednym z podstawowych elementów, na który należy zwracać uwagę w praktyce, jest dostosowanie zabiegów agrotechnicznych do układu warunków polowych.

Analizując zmiany w poziomie agrotechniki w gospodarstwach towarowych w latach 1986–1994 Krzymuski i Laudański (1996) zauważyli, iż niezależnie od zmian pogody wysokość osiągniętych plonów ziemniaka była ściśle uwarunkowana poziomem czynników plonotwórczych (jakość siedliska, nawożenie mineralne, wysadzanie kwalifikowanych sadzeniaków, ochrona chemiczna). Najwyższe plony osiągnęto w ścisłych doświadczeniach odmianowych, w których poziom agrotechniki był wysoki, pośrednie w gospodarstwach państwowych, gdzie poziom agrotechniki nie dorównywał doświadczeniom ścisłym, a najniższe w gospodarstwach indywidualnych, w których poziom agrotechniki był często ograniczony z przyczyn ekonomicznych. Ponadto autorzy zaobserwowali wyraźną współzależność stosowania wysokonakładowych środków produkcji (nawożenia mineralnego, chemicznej ochrony roślin i kwalifikowanego materiału sadzeniakowego), które współdziałając, w największym stopniu decydowały o wysokości uzyskiwanych plonów.

Celem opracowania jest oszacowanie postępu biologicznego w hodowli, nasiennictwie i produkcji polowej ziemniaka w Polsce. Niniejsza praca koncentruje się na ocenie zmian zachodzących w technologii produkcji ziemniaka w Polsce w latach 1986—2003.

MATERIAŁ I METODY

Ocenę postępu technologicznego w produkcji polowej ziemniaka oparto na danych produkcyjnych pochodzących z indywidualnych gospodarstw rolniczych. Badania te prowadzone były przez Pracownię Ekonomiki Nasiennictwa i Hodowli Roślin, Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie. Rozpoczęto je w roku 1986. Badania ankietowe przeprowadzane były w gospodarstwach prowadzących rachunkowość rolną dla potrzeb Instytutu Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej. Ocenę postępu technologicznego oparto na metodyce zaproponowanej przez Laudańskiego i wsp. (2007 a i b).

W pierwszym etapie zidentyfikowano czynniki agrotechniczne wpływające istotnie na osiągnięte plony. W tym celu wykorzystano analizę funkcji regresji wielokrotnej uzyskiwanych plonów względem tych czynników. Poziomy wartości tych czynników zostały sprowadzone do skali wartości wyrażonej od 0 do 5 (dalej zwaną skalą 5-stopniową). Przekształcenia dokonano według wzoru:

$$x'_i = \frac{x_i - x_{\max}}{x_{\max} - x_{\min}} \cdot 5$$

gdzie: x_i — cecha ilościowa; x'_i — cecha wyrażona w skali 5-stopniowej; x_{\max} — maksymalna wartość cechy ilościowej; x_{\min} — minimalna wartość cechy ilościowej.

W kolejnym etapie wykonano analizę czynnikową metodą składowych głównych Hotellinga (Hotelling, 1933; Szczotka, 1977; Wójcik i Laudański, 1989; Timm, 2002), z zastosowaniem rotacji varimax oraz normalizacji Kaisera (Khattree i Naik, 1999; Timm, 2002). Rotacja varimax polega na obrocie kierunków głównych określających składowe główne w taki sposób, aby ładunki cech maksymalnie się różnicowały, przez co uzyskuje się łatwiejszą ich interpretację (Wójcik i Laudański, 1989; Khattree i Naik, 1999; Timm, 2002; SAS Institute Inc., 2004 b; Walesiak i Gatnar, 2009). Normalizacja Kaisera pozwala na identyfikację czynników głównych tłumaczących w największym stopniu zmienność obserwowanych cech (Kaiser, 1958; Khattree i Naik, 1999; Timm, 2002; SAS Institute Inc., 2004 b). Przyjmuje się, że znaczące są te czynniki główne, których wartości własne wynoszą powyżej 1. Zasada ta najczęściej znajduje potwierdzenie w teście osypiska (graficzna prezentacja wartości własnych czynników głównych).

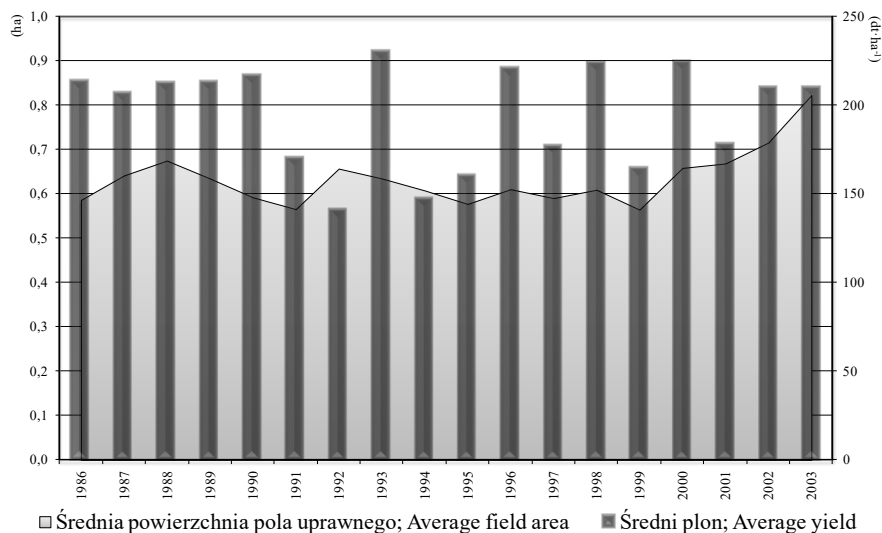
Następnie dla każdej obserwacji, dla wartości czynników głównych przypisano 0 jeżeli wartość była ujemna lub 1, gdy była nieujemna. Zestawiając tak wyznaczone wartości otrzymano zapis w systemie binarnym wariantów technologii uprawy. Następnie za pomocą modelu mieszanego Scheffégo-Calińskiego (Caliński i in., 1998) wyznaczono efekty główne, za pomocą których pogrupowano wyznaczone warianty technologii uprawy na technologie istotnie lepsze od średniej, technologie dające efekty na poziomie średnim oraz technologie dające wyniki istotnie gorsze od średniej środowiskowej. Po uwzględnieniu udziału powierzchniowego tych wariantów technologii uprawy w latach, oceniono czy na przestrzeni lat zachodziły jakieś zmiany oraz czy były one korzystne, czy też nie.

Do obliczeń wykorzystano System SAS® (SAS Institute Inc., 2004 a, 2004 b). Wykresy prezentujące geograficzne rozmieszczenie wartości cech sporządzono w programie STATISTICA 5.0 (StatSoft Inc., 1997).

WARUNKI PANUJĄCE W PRODUKCJI ZIEMNIAKA W LATACH 1986–2003

Postęp technologiczny w produkcji polowej ziemniaka ma niebagatelny wpływ na osiągnięte plony, jest jednak bardzo trudny do oszacowania. Jego ocena wymaga bardzo szczegółowych informacji o warunkach środowiskowych i o poziomie agrotechniki każdego badanego pola uprawnego. Dlatego też ocenę postępu technicznego i technologicznego wykonano w oparciu o dane produkcyjne pochodzące z indywidualnych gospodarstw rolnych.

W badaniach ankietowych w latach 1986–2003 opisano łącznie 14 847 pól uprawnych (co roku badano od 420 do 620 indywidualnych gospodarstw rolnych). Średnia wielkość pola uprawnego wahała się od 0,56 ha do 0,82 ha, a średnie plony od $14,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ do $23 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (rys. 1). Analizując średnie plony w badanym okresie w ujęciu geograficznym (rys. 2) można zauważyć, że najwyższe plony ziemniaków osiągnęto w rejonie południowo-centralnej Polski, a najniższe w rejonie północno-centralnym.

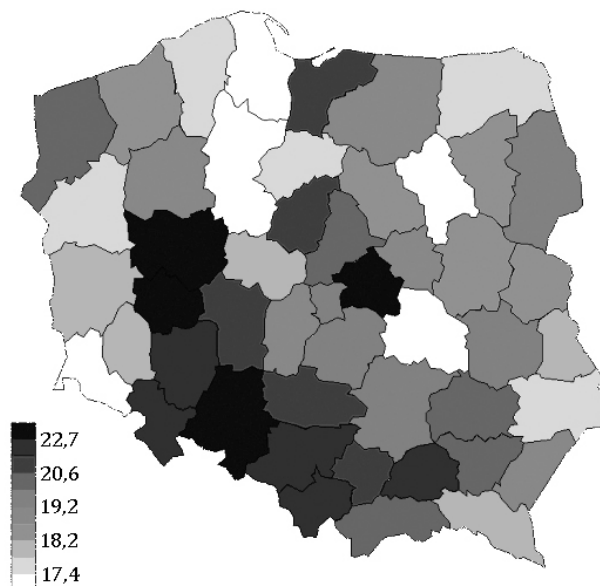


Rys. 1. Średnia powierzchnia pola uprawnego i średni plon ziemniaka w badaniach ankietowych w latach 1986–2003

Fig. 1. Average field area and average potato yield in the survey investigation within the years 1986–2003

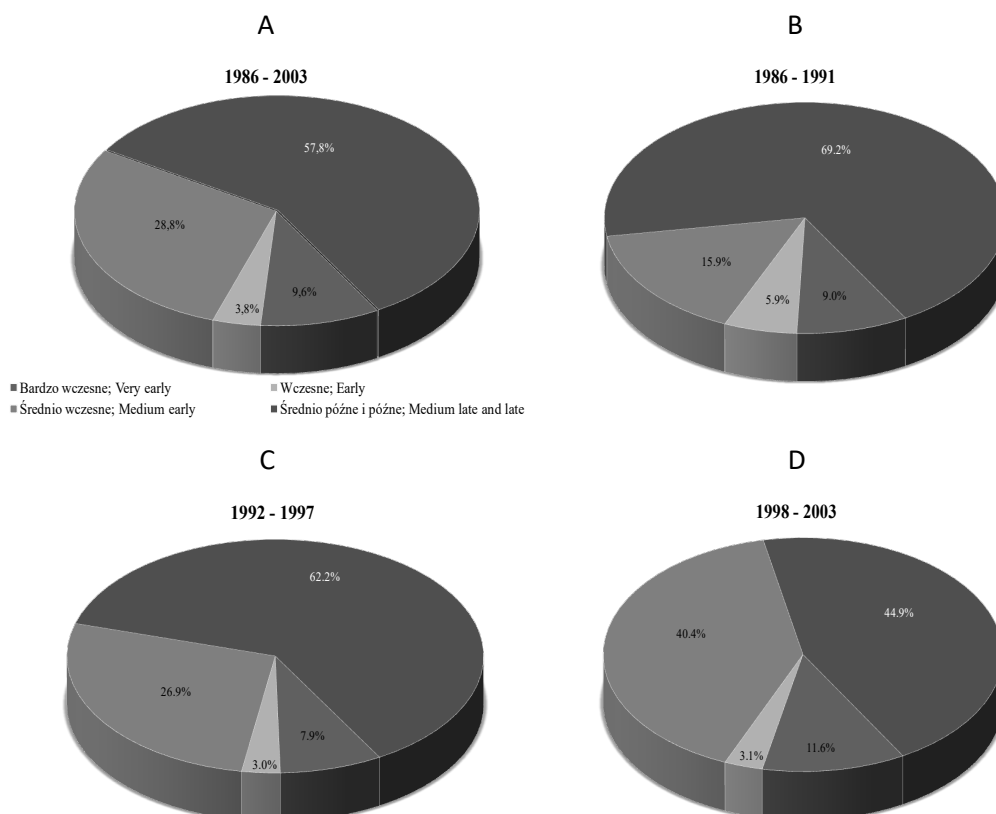
W latach 1986–2003 średni udział odmian średnio późnych i późnych w powierzchni uprawy gatunku wynosił w badaniach ankietowych 57,8%, średnio wczesnych — 28,8%, wczesnych — 3,9%, a bardzo wczesnych — 9,67% (rys. 3 A). Obserwując dynamikę zmian w strukturze grup wczesności odmian, po rozbiciu badanego okresu na trzy okresy

sześćioletnie (rys. 3 B, C, D), można zauważyć, iż w początkowym okresie zmniejszył się udział w produkcji polowej odmian z grupy wczesnych (spadek o 2,91%), natomiast zwiększył się udział odmian średnio wczesnych (o około 11,01%). W końcowym okresie badań udział odmian średnio późnych i późnych uległ wyraźnemu zmniejszeniu (o około 17,3%), przy jednoczesnym wzroście udziału odmian bardzo wczesnych (o około 3,66%) oraz średnio wczesnych (o około 13,51%).



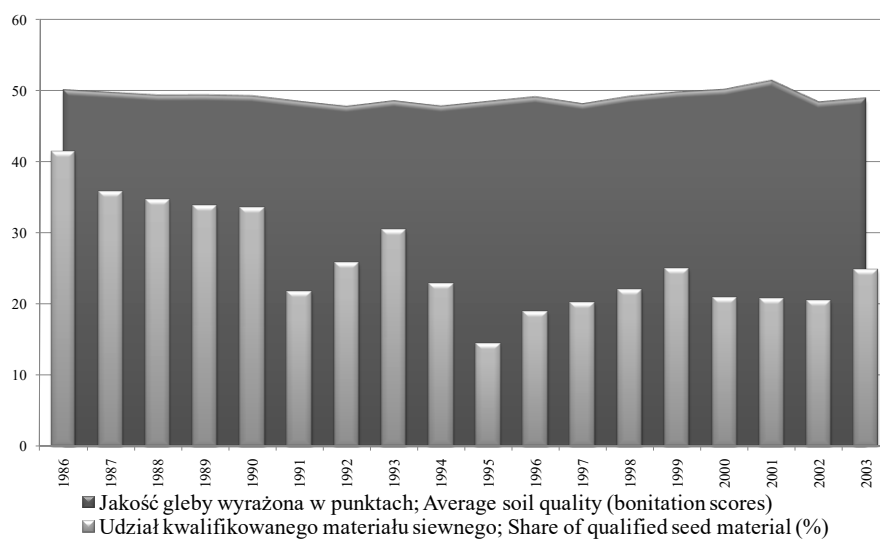
Rys. 2. Średnie plony ziemniaków ($t \cdot ha^{-1}$) w badaniach ankietowych. Polska według starego podziału administracyjnego (49 województw)
Fig. 2. Average potato yields ($t \cdot ha^{-1}$) in the survey investigation. Poland in old administrate division (49 voivodeships)

Jakość siedliska, w ankietowanych gospodarstwach indywidualnych, wyrażona w punktach waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej (Witek, 1981), nie ulegała w badanym okresie wyraźnym zmianom (rys. 4). W rejonie południowej i południowo-wschodniej Polski (rys. 5) ziemniaki uprawiano przeważnie na glebach o średnio najwyższej jakości, natomiast w rejonie północnej i północno-wschodniej Polski na stanowiskach o średnio najniższej jakości. W badanym okresie zaobserwowano spadek wykorzystania kwalifikowanego materiału siewnego (sadzeniaków) (rys. 4). Materiał kwalifikowany w roku 1986 wykorzystywało około 41,4% ankietowanych rolników, a w roku 2003 jedynie 24,7%. Największy udział kwalifikowanych sadzeniaków obserwowano w zachodniej części Polski, a najniższy w części północno-wschodniej (rys. 6).



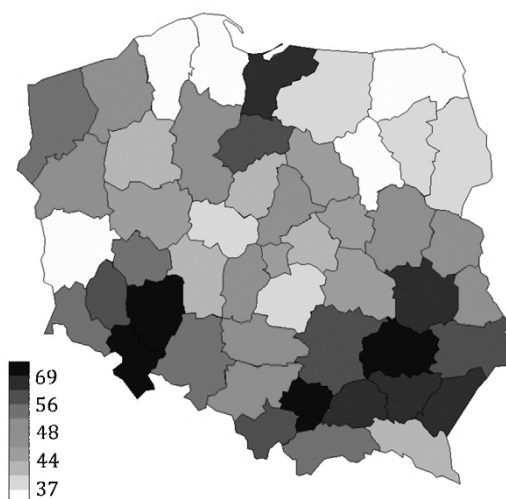
Rys. 3. Udział odmian należących do poszczególnych grup wczesności w powierzchni uprawy ziemniaka w latach 1986–2003 oraz w poszczególnych sześciolatkach w tym okresie
Fig. 3. Participation of cultivars classified to different groups of earliness on the area of potato cultivation in the years 1986–2003 and in successive six-years intervals of the period

W latach 1986–2003, w ankietowanych gospodarstwach indywidualnych, rolnicy uprawiali głównie odmiany znajdujące się w rejestrze odmian roślin uprawnych, przy czym były to w większości odmiany znajdujące się w rejestrze dłużej niż 5 lat. Jednak z upływem lat stopniowo wzrastał udział odmian nowych (zarejestrowanych co najwyżej 5 lat wcześniej). Niestety średnio ok. 10% uprawianych przez rolników odmian było odmianami bardzo starymi, wykreślonymi już z rejestru odmian roślin uprawnych (rys. 7). Średni wiek odmiany (okres od momentu rejestracji do roku w którym uprawiano daną odmianę) wynosił w tym okresie 13–16 lat.



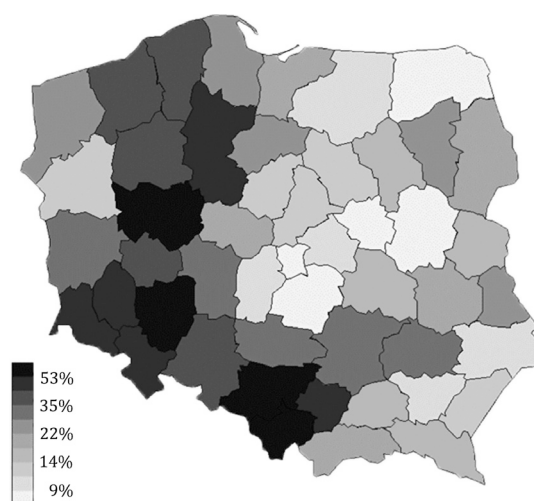
Rys. 4. Średnia jakość gleby w punktach waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej oraz procentowy udział kwalifikowanego materiału siewnego ziemniaka w badaniach ankietowych w latach 1986–2003

Fig. 4. Average soil quality (bonitation scores) and percentage share of qualified seed material in the survey investigation within the years 1986–2003

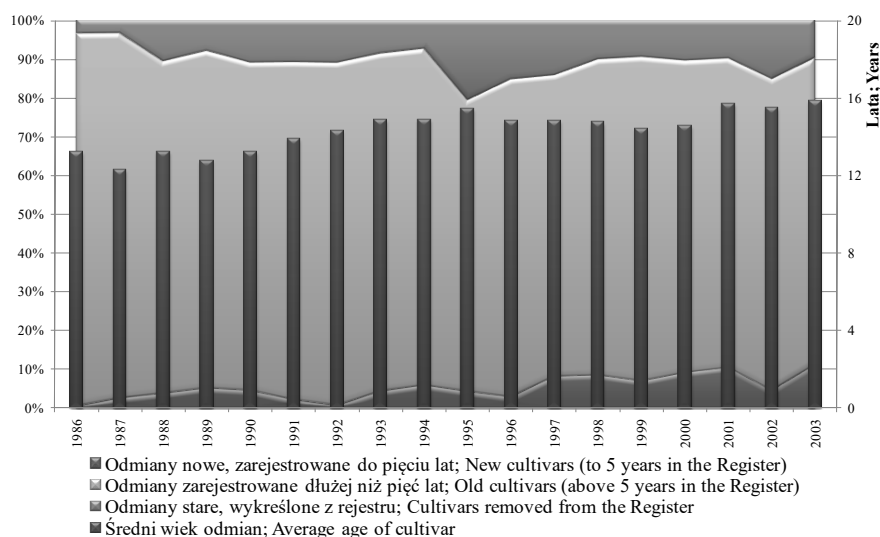


Rys. 5. Średnia jakość gleby wyrażona w punktach waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej w badaniach ankietowych. Polska według starego podziału administracyjnego (49 województw)

Fig. 5. Average soil quality bonitation scores in the survey investigation. Poland in old administrate division (49 voivodeships)

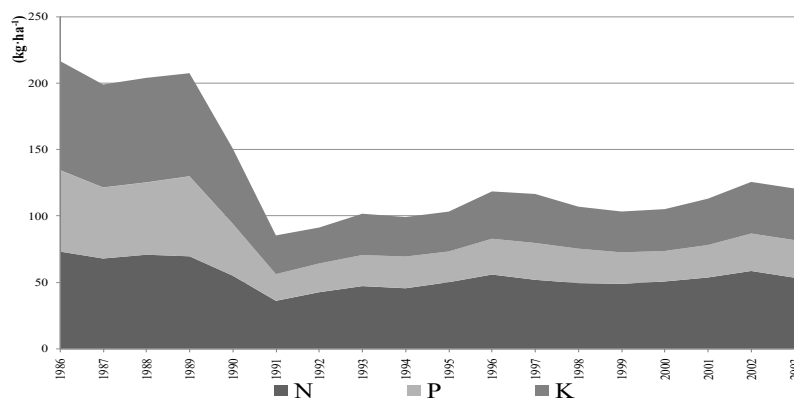


Rys. 6. Średni udział kwalifikowanego materiału siewnego ziemniaka w produkcji polowej ziemniaka w badaniach ankietowych. Polska według starego podziału administracyjnego (49 województw)
Fig. 6. Average percentage of qualified seed in the survey investigation. Poland in old administrative division (49 voivodeships)



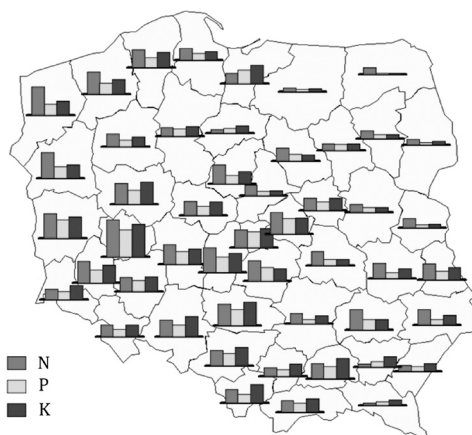
Rys. 7. Średni wiek odmian (określający okres od momentu zarejestrowania danej odmiany do momentu jej uprawy na ankietowanym polu) oraz udział w ogólnej powierzchni uprawy odmian nowych (do 5 lat od momentu wpisania do rejestru), starych (powyżej 5 lat od momentu wpisania do rejestru) i odmian wykreślonych z rejestru a pozostających w uprawie w latach 1986–2003
Fig. 7. Average age of cultivar (indicating the period from the time of registration of the cultivar to its growing on a surveyed farm) and participation of new cultivars (to 5 years in the Register), old cultivars (above 5 years in the Register) and cultivars removed from the Register but maintained in cultivation within the years 1986–2003

Dawki nawożenia mineralnego (N, P i K) w badanym okresie ulegały znacznym zmianom (rys. 8). W latach 1986–1989 wysokość nawożenia wynosiła około 220 kg NPK·ha⁻¹. Gwałtowny spadek (do poziomu około 80 kg NPK·ha⁻¹) nastąpił w roku 1991. W ostatnich latach badań (2000–2003) nawożenie mineralne utrzymywało się na poziomie ok. 116 kg NPK·ha⁻¹, przy czym największy udział miało nawożenie azotowe (około 54 kg N·ha⁻¹), a najmniejszy udział nawożenie fosforem (około 26 kg P·ha⁻¹). Obserwując geograficzny rozkład średnich poziomów nawożenia mineralnego (rys. 9) można zaobserwować, iż najwyższe dawki N, P i K stosowano w Polsce południowo-zachodniej, a najniższe w rejonie północno-wschodnim.



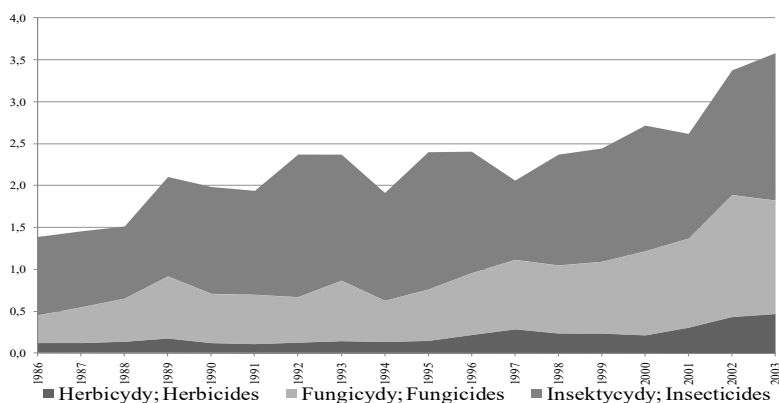
Rys. 8. Średni poziom nawożenia mineralnego wyrażony w kg czystego składnika na ha, w badaniach ankietowych, w latach 1986–2003

Fig. 8. Average level of mineral fertilization, expressed in kg of pure element per ha, according to the survey investigation of the years 1986–2003



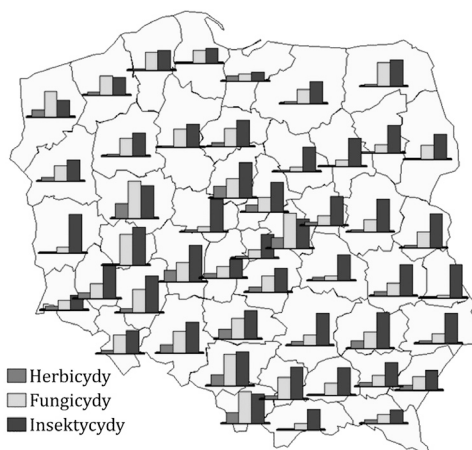
Rys. 9. Średnie nawożenie N, P, K w badaniach ankietowych. Polska według starego podziału administracyjnego (49 województw)

Fig. 9. Average N, P and K fertilization in the survey investigation. Poland in old administrative division (49 voivodeships)



Rys. 10. Średnia liczba zabiegów ochrony chemicznej stosowanych w uprawie ziemniaka, w badaniach ankietowych, w latach 1986–2003

Fig. 10. Average number of chemical protection treatments in potato cultivation, according to the survey investigation within the years 1986–2003



Rys. 11. Średnia liczba zabiegów chemicznej ochrony roślin herbicydami, fungicydami i insektycydami w badaniach ankietowych. Polska według starego podziału administracyjnego (49 województw)

Fig. 11. Average number of chemical protection treatments (fungicides, herbicides and pesticides) in potato cultivation, according to the survey investigation. Poland in old administrate division (49 voivodeships)

W badanym okresie można zaobserwować wzrost liczby zabiegów ochrony chemicznej w uprawie polowej ziemniaka (rys. 10). W początkowym okresie ankietowani rolnicy stosowali średnio 1,4 zabiegów chemicznej ochrony roślin w sezonie wegetacji, z czego 0,94 zabiegu insektycydami. Wraz z upływem lat obserwowano systematyczny wzrost liczby zabiegów. W końcowym okresie badań ankietowych, na polu ziemniaków rolnicy stosowali już średnio 3,6 zabiegów ochrony chemicznej, z czego 1,8 zabiegów

insektycydami, 1,4 zabiegów fungicydami i 0,4 zabiegu herbicydami. Geograficzne rozmieszczenie średniej liczby zabiegów ochrony chemicznej przedstawiono na rysunku 11. Można zaobserwować, iż średnio największą liczbę zabiegów ochrony chemicznej odnotowano w południowo-zachodniej i w centralnej Polsce.

POSTĘP TECHNOLOGICZNY

Ocena technologii uprawy

Do oceny technologii uprawy wykorzystano wyniki badań z lat 1992–2003. Obejmowały one dane o 7 561 polach uprawnych, na których uprawiano najliczniej występujące odmiany ziemniaków.

Pośród badanych cech związanych z uprawą ziemniaka, część stanowiły cechy ilościowe (plon, dawki nawożenia mineralnego, itp.), inne z kolei były traktowane jako cechy jakościowe (np. rodzaj materiału siewnego, odczyn gleby, rodzaj przedplonu, itp.). Do analiz wybrano tylko te cechy, które istotnie wpływały na osiągnięte plony. W celu ujednoczenia danych i sprowadzenia poszczególnych cech do wartości porównywalnych przewartościowano warianty cech jakościowych oraz lata uprawy (obrazujące wpływ warunków klimatycznych) na wartości średnich plonów. W analizach wykorzystano następujące cechy:

- Obornik — liczba lat, jaka upłynęła od ostatniego nawożenia obornikiem pola uprawnego do momentu przeprowadzenia ankiety, ($\bar{x} = 0,18$; $SD = 0,80$; min = 0,00; max = 15,00);
- Ilość wysiewu — wyrażona w $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, ($\bar{x} = 2476,12$; $SD = 315,43$; min = 1200,00; max = 4285,00);
- NPK — dawka nawożenia mineralnego N, P i K, wyrażona w kg czystego składnika na hektar, ($\bar{x} = 111,10$; $SD = 103,75$; min = 0,00; max = 540,00);
- Termin sadzenia — liczba dni, które upłynęły od pierwszego stycznia do dnia sadzenia, ($\bar{x} = 113,83$; $SD = 9,30$; min = 63,00; max = 155,00);
- Termin zbioru — liczba dni, które upłynęły od pierwszego stycznia do dnia zbioru, ($\bar{x} = 257,01$; $SD = 14,88$; min = 152,00; max = 316,00);
- Pestycydy — łączna liczba zabiegów ochrony chemicznej fungicydami, herbicydami oraz insektycydami, ($\bar{x} = 2,53$; $SD = 1,57$; min = 0,00; max = 10,00);
- Przedplon — rodzaj przedplonu, przeliczony na średnie plony dla każdego przedplonu, w badaniach ankietowych rozróżniano 19 klas przedplonów, ($\bar{x} = 190,28$; $SD = 13,00$; min = 171,01; max = 225,19);
- Materiał siewny — rodzaj i stopień kwalifikacji materiału siewnego wyrażony w skali sześciostopniowej, przeliczony na średnie plony dla każdego ze stopni kwalifikacji, ($\bar{x} = 194,06$; $SD = 14,11$; min = 186,43; max = 243,82);
- Odczyn gleby — wyrażony w skali pięciostopniowej, przeliczony na średnie plony dla każdego z poziomów tej cechy, ($\bar{x} = 194,17$; $SD = 7,37$; min = 181,24; max = 206,61);

- Odmiana — średnie plony uzyskiwane dla danych odmian; w analizach uwzględniono 82 odmiany oraz grupy nieznanymi odmian krajowych i zagranicznych, ($\bar{x} = 195,44$; $SD = 15,46$; min = 158,48; max = 292,85);
- Jakość stanowiska — wyrażona w punktach waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej (Witek, 1981); wyróżniono 8 poziomów tej cechy, ($\bar{x} = 49,15$; $SD = 19,26$; min = 18,00; max = 100,00);
- Lata uprawy — poszczególne lata reprezentowały unikalne i losowe układy warunków klimatycznych, wpływających istotnie na osiągnięte plony; wartość lat wyrażono średnimi plonami uzyskiwanymi w danym roku, ($\bar{x} = 189,67$; $SD = 31,96$; min = 140,84; max = 229,82).

Tak określone wartości cech przeliczono na skalę 5-stopniową.

Prawidłowy dobór cech przyczynowych dla plonowania ziemniaka potwierdziła przeprowadzona analiza regresji wielokrotnej (tab. 1). Z danych przedstawionych w tabeli 1 wynika, że każdy z analizowanych czynników miał istotny wpływ na plony ziemniaka.

Tabela 1

Wyniki analizy regresji wielokrotnej cech warunkujących plony ziemniaka w badaniach ankietowych
Results of multiple regression analysis of variables which determined potato yielding in the survey investigation

Model regresji wielokrotnej — Multiple regression model					
czynnik factor	ocena parametru parameter estimation	błąd standardowy standard error	statystyka t t statistic		
Stała regresji — Intercept	-0,08982	0,08124	-1,11 ^{NS}		
Rok — Year	0,13722	0,00352	38,99**		
Odmiana Cultivar	0,25864	0,02889	8,95**		
Jakość siedliska — Soil quality	0,02282	0,00564	4,05**		
Odczyn gleby — Soil pH	0,02279	0,00432	5,27**		
Przedplon — Forecrop	0,02682	0,00559	4,80**		
Obornik — Manure	-0,09181	0,02368	-3,88**		
Nawożenie NPK — NPK fertilization	0,11890	0,00764	15,56**		
Sadzeniaki — materiał siewny — Seed material	0,04189	0,00537	7,80**		
Ilość wysiewu — Seed rate	0,06853	0,01266	5,41**		
Termin sadzenia — Sowing date	-0,05094	0,01352	-3,77**		
Pestycydy — Pesticides	0,13184	0,00888	14,85**		
Termin zbioru — Harvest date	0,08143	0,01453	5,61**		
Analiza wariancji dla modelu — Models ANOVA					
źródło source	stopnie swobody degrees of freedom	suma kwadratów sum of squares	średnie kwadraty mean squares	statystyka F F statistic	
Model — Model	12	13935223	1161269	286,73**	
Błąd — Error	7548	30569980	4050,07688		
Razem — Total	7560	44505204			
<i>R</i> modelu Models <i>R</i>	0,5596	<i>R</i> ² modelu Models <i>R</i> ²	0,3131	Poprawiony <i>R</i> ² modelu Models adjusted <i>R</i> ²	0,3120

* Istotne przy $\alpha = 0,05$; ** Istotne przy $\alpha = 0,01$; ^{NS} — Nieistotne;

* Significant at $\alpha = 0.05$; ** Significant at $\alpha = 0.01$; ^{NS} — Not significant

W kolejnym etapie wykonano analizę czynnikową metodą składowych głównych wyodrębniania czynników, by następnie zastosować rotację varimax z normalizacją Kaisera dla czterech pierwszych składowych (tab. 2). Wyodrębnione cztery czynniki

główne wyjaśniały łącznie 51,18% zmienności. Wyznaczono także oceny wartości czynnikowych, które posłużyły do oceny ważności poszczególnych czynników metodą analizy regresji wielokrotnej plonu względem tych ocen. Oceny wartości czynnikowych posłużyły także do określenia dla każdego czynnika dwóch poziomów w taki sposób, że jeżeli wartość czynnika głównego była ujemna, wówczas przypisywano mu liczbę 0, jeżeli wartość czynnika głównego była nieujemna, wówczas nadawano mu liczbę 1. Zestawiając wszystkie cztery czynniki główne uzyskano $2^4=16$ wariantów (od 0 do 15) technologii produkcji.

Tabela 2

Czynniki główne wyznaczone w analizie czynnikowej dla cech opisujących technologię uprawy ziemniaka w badaniach ankietowych
Principal factors calculated in factor analysis for the variables describing potato cultivation technology in the survey investigation

Czynniki główne Principal factors	Wartości własne Eigen values		
	ogółem total	procent wariacji variance percent	skumulowany procent wariacji cumulated variance percent
1	2,17376129	19,76	19,76
2	1,34549043	12,23	31,99
3	1,11054086	10,10	42,09
4	1,00037415	9,09	51,18
5	0,98866346	8,99	60,17
6	0,93903805	8,54	68,71
7	0,77598977	7,05	75,76
8	0,72337099	6,58	82,34
9	0,69981371	6,36	88,70
10	0,63822386	5,80	94,50
11	0,60473343	5,50	100,00

Czcionką pogrubioną zaznaczono czynniki główne wskazane przy zastosowaniu kryterium Kaisera
 Principal factors chosen using Kaiser criterion have been bolded

Na podstawie macierzy czynników (tab. 3) stwierdzono, że pierwszą grupę (czynnik pierwszy) tworzyły takie czynniki agrotechniczne, jak odmiana, nawożenie NPK, jakość materiału siewnego (sadzeniaków) oraz liczba zabiegów pestycydami. Można uznać, że były to składniki nakładowe. Drugą grupę (czynnik drugi) stanowiły przede wszystkim jakość siedliska (gleby) oraz przedplon. To z kolei były składniki określające warunki siedliska. Trzecią grupę (czynnik trzeci) stanowiły termin sadzenia i termin zbioru, czyli elementy związane z długością okresu wegetacji. Natomiast czwartą grupę (czynnik czwarty) tworzyły takie cechy jak odczyn gleby oraz ilość wysiewu, czyli cechy związane z warunkami uprawy.

W ramach każdej z wyodrębnionych technologii uprawy wyznaczono wartości średnie dla wybranych cech (tab. 4) oraz przeprowadzono analizę wariancji plonów, która wykazała istotną (wartość $F = 142,63^{**}$) zmienność porównywanych technologii. Średnie i wyznaczone grupy jednorodnie przedstawiono na rysunku 12. Wyodrębnione technologie uprawy zostały pogrupowane pod względem średnich plonów w 7 grup jednorodnych. Najwyższe średnie plony obserwowano przy wykorzystaniu technologii '15', '13' oraz '12', a najniższe w przypadku technologii '0', '1' i '2'.

Macierz czynników głównych wyznaczonych w analizie czynnikowej
Principal factor matrix from the factor analysis

Czynnik Factor	Rotowane czynniki główne Rotated principal factors			
	1	2	3	4
Odmiana Cultivar	0,57648	0,09514	0,16132	0,13865
Jakość siedliska Soil quality	0,00750	0,78474	-0,13533	-0,04909
Odczyn gleby Soil pH	0,25860	0,03884	0,00812	0,80097
Przedplon Forecrop	0,07799	0,77315	-0,08241	0,10227
Obornik Manure	0,21648	0,31635	0,13335	-0,03918
Nawożenie NPK NPK fertilization	0,63922	-0,01844	-0,16901	-0,23174
Materiał siewny Seed material	0,55734	0,09247	-0,06811	0,07587
Ilość wysiewu Seed rate	0,41756	0,03801	0,07622	-0,52855
Termin sadzenia Sowing date	-0,28046	-0,16280	0,71258	0,10263
Pestycydy Pesticides	0,68097	0,11582	-0,08045	0,01374
Termin zbioru Harvest date	0,10962	0,01882	0,83279	-0,12109

Wyróżniono znaczące wartości współczynników korelacji (powyżej 0,5 i poniżej 0,5)
 Significant values of correlation coefficients (over 0.5 and below 0.5) have been bolded

Wyniki analizy regresji wielokrotnej (tab. 5), przeprowadzonej dla wybranych cech plonotwórczych w każdej z wyodrębnionych technologii uprawy, pozwoliły na ocenę wpływu analizowanych cech na średnie plony dla każdej z technologii. Poszczególne lata, wyrażone średnimi plonami ziemniaka w danym roku, reprezentowały różne, losowe układy warunków klimatycznych.

Na podstawie przeprowadzonej analizy (tab. 5) stwierdzono następujące istotne zależności pomiędzy plonami ziemniaków, osiąganymi w poszczególnych technologiach uprawy a analizowanymi czynnikami uprawy:

- W technologii uprawy ‘0’ istotną zależność z plonem stwierdzono dla cech: warunki klimatyczne (lata uprawy), nawożenie NPK, ilość wysiewu, data sadzenia i ochrona chemiczna plantacji.
- W technologii ‘1’ — warunki klimatyczne (lata uprawy), odczyn gleby, nawożenie NPK, jakość sadzeniaków oraz ilość wysiewu.
- W technologii ‘2’ — warunki klimatyczne (lata uprawy), wartość odmiany, nawożenie NPK i ochrona chemiczna plantacji.

Tabela 4

Wartości średnie wybranych cech przeliczone na skalę 0–5 dla wyodrębnionych technologii uprawy
Means values of some variables for the distinguished cultivation technologies (transformed to 0–5 bonitation)

Technologia uprawy Cultivation technology	Lata uprawy Years of cultivation	Odmiana Cultivar	Jakość stanowiska Soil quality	Odczyn gleby Soil pH	Przedplon Forecrop	Obornik manure	Nawożenie NPK NPK fertilization
'0'	2,6188	1,9856	1,4194	1,2577	0,8851	0,0123	0,8848
'1'	2,9021	2,0191	1,2756	3,2959	1,2174	0,0093	0,4695
'2'	2,5038	2,0404	1,1350	1,3973	0,7250	0,0203	0,5373
'3'	2,5672	2,0784	1,1203	3,1477	0,9857	0,0173	0,2928
'4'	2,7868	2,0368	2,9575	1,2848	2,4903	0,0421	0,8911
'5'	2,9845	2,0621	2,8770	3,3297	2,7844	0,0262	0,5526
'6'	2,6752	2,0779	2,5826	1,2829	2,5753	0,0673	0,4832
'7'	2,7285	2,1087	2,4395	3,3557	2,7483	0,0441	0,2615
'8'	2,6565	2,1279	1,2977	1,9510	1,2100	0,0125	1,7829
'9'	2,8738	2,2051	1,2055	3,8678	1,4063	0,0168	1,4708
'10'	2,6991	2,1838	1,1906	2,0191	0,9269	0,0228	1,5932
'11'	2,7257	2,2969	1,1475	3,9147	1,1060	0,0289	1,2521
'12'	2,8266	2,1800	2,9643	2,0799	2,6757	0,0940	1,7518
'13'	3,0194	2,1975	2,8006	3,8793	2,8895	0,1427	1,3713
'14'	2,6900	2,2482	2,7029	2,1709	2,5257	0,3125	1,5889
'15'	3,0809	2,3660	2,5018	3,7822	2,8139	0,2446	1,3582
Ogółem — Total	2,7712	2,1384	1,9761	2,6260	1,8728	0,0696	1,0339
Odchylenie standardowe między technologiami Standard deviation between technologies	0,1650	0,1071	0,7923	1,0383	0,8606	0,0897	0,5442
Współczynnik zmienności Coefficient of variation	5,95%	5,01%	40,09%	39,54%	45,95%	128,89%	52,64%
Technologia uprawy Cultivation technology	Materiał siewny Seed material	Ilość wysiewu Seed rate	Termin sadzenia Sowing date	Pestycydy Pesticides	Termin zbioru Harvest date	Płony Yields	
'0'	0,1587	1,9896	2,5419	0,8195	2,9247	1,3210	
'1'	0,2432	1,6817	2,6037	0,8365	2,7947	1,3279	
'2'	0,1510	2,1505	3,0924	0,7533	3,3991	1,2529	
'3'	0,1688	1,7454	3,2038	0,8468	3,3097	1,3629	
'4'	0,2809	2,0527	2,4344	0,9063	2,9416	1,5423	
'5'	0,3936	1,6905	2,5065	0,9444	2,8357	1,5073	
'6'	0,2067	2,1773	3,0018	0,8784	3,4507	1,3922	
'7'	0,2879	1,6946	3,1176	1,0339	3,3321	1,4193	
'8'	0,9266	2,3917	2,3081	1,9175	3,0868	1,7492	
'9'	1,2382	1,9915	2,3041	1,7952	2,8991	1,7140	
'10'	0,9183	2,4496	2,9778	1,5481	3,4683	1,6888	
'11'	1,3712	2,1034	3,0118	1,6075	3,4414	1,7214	
'12'	1,3086	2,5477	2,2851	1,9242	3,0541	1,8693	
'13'	1,6324	2,0197	2,2393	2,0312	2,9942	1,9368	
'14'	1,0975	2,5995	2,8491	1,7743	3,4730	1,6994	
'15'	1,6384	2,0043	2,8434	1,8185	3,4770	1,8935	
Ogółem — Total	0,7514	2,0806	2,7075	1,3397	3,1801	1,5874	
Odchylenie standardowe między technologiami Standard deviation between technologies	0,5682	0,2982	0,3392	0,4936	0,2599	0,2241	
Współczynnik zmienności Coefficient of variation	75,62%	14,33%	12,53%	36,85%	8,17%	14,12%	

Tabela 5

Wyniki analizy funkcji regresji wielokrotnej plonów, uzyskiwanych w wyodrębnionych technologiach uprawy, względem czynników plonotwórczych
Results of multiple regression analysis of yields obtained with the distinguished cultivation technologies versus yield components

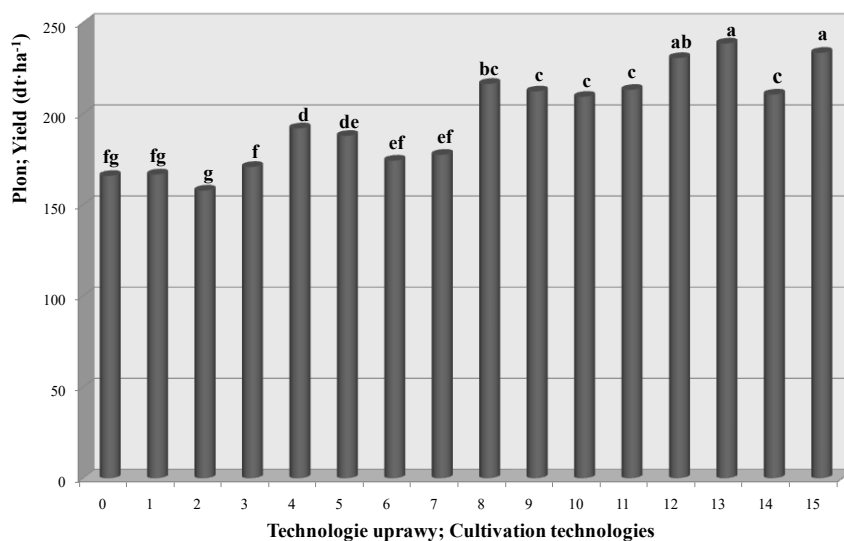
Numer technologii uprawy Number of cultivation technology	Ocena parametrów Parameter estimation														Model regresji wielokrotnej Multiple regression model			
	Stała Intercept	Lata uprawy Years of cultivation	Odmiana Cultivar	Jakość siedliska Soil quality	Odczyn gleby Soil pH	Przedplom Forecrop	Obornik Manure	Nawożenie NPK NPK fertilization	Materiał siewny Seed material	Ilość wysiewu Seed rate	Termin sadzenia sowing date	Pestycydy Pesticides	Termin zbioru Harvest date	Statystyka F F statistic	R modelu Models R	R ² modelu Models R ²	Poprawiony R ² modelu Models adjusted R ²	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
'0'	B*** Stat. t	-41,65 -0,84	14,42 9,52	27,37 1,24	2,79 0,73	-1,29 -0,49	-1,14 -0,31	14,07 0,39	11,29 2,74	8,78 1,79	17,23 2,35	17,42 2,54	21,32 3,95	2,21 0,36	11,10**	0,4790	0,2295	0,2088
'1'	B*** Stat. t	-4,71 -0,10	13,71 8,82	0,81 0,04	4,43 1,13	5,48 2,17	1,19 0,38	-35,80 -0,92	24,46 5,05	9,05 2,01	27,27 3,95	11,35 1,68	8,07 1,52	3,33 0,58	12,79**	0,5035	0,2535	0,2337
'2'	B*** Stat. t	-6,94 -0,12	15,52 13,88	34,16 2,15	3,82 1,11	1,53 0,71	-5,35 -1,52	-30,89 -1,73	13,51 3,69	0,51 0,11	9,00 1,33	8,05 1,02	17,08 3,55	-3,00 -0,31	22,89**	0,5247	0,2753	0,2633
'3'	B*** Stat. t	-26,04 -0,46	18,95 15,91	29,50 2,01	13,60 3,55	0,33 0,15	4,58 1,51	-1,92 -0,09	7,77 1,50	10,63 2,37	26,54 4,29	-13,26 -1,80	14,87 3,13	13,78 1,38	27,77**	0,5738	0,3292	0,3173
'4'	B*** Stat. t	-77,19 -1,42	7,23 4,18	55,93 2,49	5,46 1,74	4,00 1,43	2,44 0,71	-17,75 -0,96	20,11 4,35	4,10 0,91	28,83 3,57	-1,71 -0,23	19,59 3,58	5,66 0,87	8,03**	0,4278	0,1830	0,1602
'5'	B*** Stat. t	-188,42 -3,64	16,43 9,76	67,31 3,37	6,84 2,39	0,40 0,14	5,22 1,52	-50,70 -1,93	28,11 6,67	14,64 4,15	26,60 4,15	-5,57 -0,81	12,97 2,47	31,61 5,37	18,36**	0,5870	0,3446	0,3258

c.d. Tabela 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
'6'	B***	124,13	11,75	58,21	6,57	1,40	4,42	-16,29	2,42	-2,93	-9,02	-17,40	6,50	-19,04	9,10**	0,4244	0,1801	0,1603
	Stat. t	1,90	7,82	3,18	2,51	0,54	1,26	-1,37	0,48	-0,60	-1,29	-2,27	1,39	-1,93				
'7'	B***	145,50	12,65	-0,50	4,69	8,08	7,35	-18,28	6,32	-0,93	13,93	-16,49	6,11	4,47	10,49**	0,4329	0,1874	0,1696
	Stat. t	2,21	9,08	-0,03	1,95	3,09	2,29	-1,21	1,08	-0,25	2,24	2,16	1,42	0,39				
'8'	B***	-112,16	18,19	60,71	3,50	-3,05	-1,79	83,78	8,59	3,35	8,26	6,59	21,18	19,98	12,32**	0,5257	0,2764	0,2539
	Stat. t	1,98	8,93	3,29	0,68	0,82	0,45	-1,77	1,95	1,26	1,03	0,78	4,59	2,25				
'9'	B***	-94,38	22,98	42,84	0,34	8,60	6,29	34,78	16,62	2,61	11,47	-8,28	12,06	17,23	17,32**	0,6012	0,3614	0,3431
	Stat. t	-2,05	11,09	3,05	0,07	2,26	1,73	1,02	3,67	1,19	1,20	-1,05	2,58	2,69				
'10'	B***	-83,58	20,93	45,08	-1,05	3,65	-2,72	-29,24	16,24	4,56	7,59	-8,57	14,89	25,60	21,73**	0,5753	0,3310	0,3158
	Stat. t	-1,28	12,96	3,40	0,24	1,08	-0,71	-1,36	4,20	2,05	1,09	-0,82	3,30	2,26				
'11'	B***	43,32	21,66	6,03	7,59	5,05	6,83	-23,84	20,03	8,37	23,36	-10,06	25,48	-10,11	23,73**	0,6338	0,4017	0,3848
	Stat. t	0,65	11,92	0,55	1,46	1,47	1,92	-1,07	5,39	4,41	2,74	-1,09	5,92	-0,90				
'14'	B***	181,23	13,19	17,27	-0,46	2,66	5,10	-6,65	12,19	4,03	-8,23	-16,05	10,20	-10,09	5,91**	0,3931	0,1545	0,1284
	Stat. t	2,10	6,26	1,12	0,13	0,69	1,16	-1,17	2,83	1,43	-1,03	-1,46	2,05	-0,80				
'15'	B***	37,48	15,24	35,16	-0,77	2,68	9,50	5,25	13,77	5,15	19,85	-21,47	11,69	1,45	11,19**	0,5276	0,2784	0,2535
	Stat. t	0,50	6,81	3,28	-0,21	0,67	2,13	0,72	3,12	2,22	2,13	-2,15	2,25	0,12				

*** Współczynnik regresji / stała regresji; Czcionką pogrubioną oznaczono wartości istotne statystycznie przy $\alpha = 0,05$

*** Regression coefficient / intercept; Values significant at $\alpha = 0.05$ bolded.



Rys. 12. Wykres wartości średnich plonów dla wyodrębnionych technologii uprawy. Grupy jednorodnie wyodrębniono w oparciu o test Tukeya-Kramera dla danych nieortogonalnych, przy $\alpha = 0,05$. Średnie z jednakowymi literami nie różnią się między sobą w sposób istotny

Fig. 12. Plot of mean yields for the distinguished cultivation technologies. Homogenous groups separated using the Tukey-Kramer test for non-orthogonal data at $\alpha = 0.05$. Means with the same letters are not significantly different

- W technologii '3' — warunki klimatyczne (lata uprawy), wartość odmiany, jakość siedliska, materiał siewny, ilość wysiewu, a także ochrona chemiczna plantacji.
- W technologii '4' — warunki klimatyczne (lata uprawy), wartość odmiany, nawożenie NPK, ilość wysiewu oraz ochrona chemiczna plantacji.
- W technologii '5' — warunki klimatyczne (lata uprawy), odmiana, jakość siedliska, nawożenie NPK, materiał siewny, ilość wysiewu, ochrona chemiczna plantacji i termin zbioru.
- W technologii '6' — warunki klimatyczne (lata uprawy), odmiana, jakość siedliska i termin sadzenia.
- W technologii '7' — warunki klimatyczne (lata uprawy), odczyn gleby, przedplon, ilość wysiewu i termin sadzenia.
- W technologii '8' — warunki klimatyczne (lata uprawy), wartość odmiany, ochrona chemiczna plantacji oraz termin zbioru.
- W technologii '9' — warunki klimatyczne (lata uprawy), odmiana, odczyn gleby, nawożenie NPK, ochrona chemiczna plantacji oraz termin zbioru.
- W technologii '10' — warunki klimatyczne (lata uprawy), odmiana, nawożenie NPK, materiał siewny, ochrona chemiczna plantacji i termin zbioru.

- W technologii '11' — warunki klimatyczne (lata uprawy), nawożenie NPK, jakość sadzeniaków, ilość wysiewu oraz ochrona chemiczna plantacji.
- W technologii '12' — warunki klimatyczne (lata uprawy), materiał siewny, ochrona chemiczna plantacji i termin zbioru.
- W technologii '13' — warunki klimatyczne (lata uprawy), nawożenie NPK, materiał siewny, ochrona chemiczna plantacji i termin zbioru.
- W technologii '14' — warunki klimatyczne (lata uprawy), nawożenie mineralne NPK i ochrona chemiczna plantacji.
- W technologii '15' — warunki klimatyczne (lata uprawy), wartość odmiany, przedplon, nawożenie NPK, jakość materiału siewnego, ilość wysiewu, termin sadzenia oraz ochrona chemiczna plantacji.

Wyznaczone, na podstawie średnich wartości czynników plonotwórczych (tab. 4), technologie produkcji można scharakteryzować w następujący sposób:

'0' — odmiany słabej wartości, stanowisko słabe, gleba kwaśna, słaby przedplon, obornik stosowany w roku uprawy ziemniaka, niskie nawożenie NPK, materiał siewny niskiej jakości, optymalny termin sadzenia, niska liczba zabiegów ochrony chemicznej, optymalny termin zbioru.

'1' — odmiany średniej wartości, stanowisko słabe, lekko kwaśny odczyn gleby, słaby przedplon, obornik stosowany w roku uprawy ziemniaka, niskie nawożenie NPK, materiał siewny słabej jakości, obniżona ilość wysiewu, optymalny termin sadzenia, mała liczba zabiegów ochrony chemicznej, optymalny termin zbioru.

'2' — odmiany średniej wartości, słabe stanowisko, gleba kwaśna, słaby przedplon, obornik stosowany w roku uprawy ziemniaka, niskie nawożenie NPK, materiał siewny bardzo słabej jakości, optymalna ilość wysiewu, optymalny termin sadzenia, mała liczba zabiegów ochrony chemicznej, optymalny termin zbioru.

'3' — odmiany średniej wartości, słabe stanowisko, gleba lekko kwaśna, słaby przedplon, obornik stosowany w roku uprawy ziemniaka, niskie nawożenie NPK, materiał siewny słabej jakości, obniżona ilość wysiewu, optymalny termin sadzenia, mała liczba zabiegów pestycydami, optymalny termin zbioru.

'4' — odmiany średniej wartości, stanowisko średniej jakości, gleba kwaśna, przedplon średniej wartości, obornik stosowany w roku uprawy ziemniaka, niskie nawożenie NPK, materiał siewny słabej jakości, optymalna ilość wysiewu, optymalny termin sadzenia, mała liczba zabiegów pestycydami, optymalny termin zbioru.

'5' — odmiany o średniej wartości, stanowisko średniej jakości, gleba lekko kwaśna, przedplon średniej wartości, obornik stosowany w roku uprawy ziemniaka, niskie nawożenie NPK, materiał siewny słabej jakości, obniżona ilość wysiewu, optymalny termin sadzenia, mała liczba zabiegów pestycydami, optymalny termin zbioru.

'6' — odmiany średniej wartości, stanowisko średniej jakości, gleby kwaśne, przedplon średniej jakości, obornik stosowany w roku uprawy ziemniaka, niskie nawożenie NPK, materiał siewny słabej jakości, optymalna ilość wysiewu, optymalny termin sadzenia, mała liczba zabiegów ochrony chemicznej, optymalny termin zbioru.

'7' — odmiany średniej wartości, stanowisko średniej jakości, gleba lekko kwaśna, przedplon średniej wartości obornik stosowany w roku uprawy ziemniaka, niskie

nawożenie NPK, materiał siewny słabej jakości, obniżona ilość wysiewu, optymalny termin sadzenia, obniżona liczba zabiegów pestycydami, optymalny termin zbioru.

‘8’ — odmiany średniej wartości, niska jakość stanowiska, gleba kwaśna, słaby przedplon, obornik stosowany w roku uprawy ziemniaka, obniżone nawożenie NPK, materiał siewny słabej jakości, optymalna ilość wysiewu, optymalny termin sadzenia, średnia liczba zabiegów ochrony chemicznej, optymalny termin zbioru.

‘9’ — odmiany średniej wartości, niska jakość stanowiska, obojętny odczyn gleby, przedplon słabej wartości, obornik stosowany w roku uprawy ziemniaka, obniżone nawożenie NPK, materiał siewny słabej jakości, obniżona ilość wysiewu, optymalny termin sadzenia, obniżona liczba zabiegów ochrony chemicznej, optymalny termin zbioru.

‘10’ — odmiany średniej wartości, stanowisko o niskiej jakości, gleba o odczynie lekko kwaśnym, przedplon o niskiej wartości, obornik stosowany w roku uprawy ziemniaka, obniżone nawożenie NPK, materiał siewny o niskiej jakości, optymalna ilość wysiewu, optymalny termin sadzenia, obniżona liczb zabiegów pestycydami, optymalny termin zbioru.

‘11’ — odmiany o średniej wartości, stanowisko słabe, gleba o odczynie obojętnym, przedplon słabej jakości, obornik stosowany w roku uprawy ziemniaka, niskie nawożenie NPK, materiał siewny słabej jakości, optymalna ilość wysiewu, optymalny termin sadzenia, obniżona liczba zabiegów ochrony chemicznej, optymalny termin zbioru.

‘12’ — odmiany średniej wartości, stanowisko średniej jakości, gleba o odczynie lekko kwaśnym, przedplon o średniej wartości, obornik stosowany w roku uprawy ziemniaka, obniżone nawożenie NPK, materiał siewny o słabej jakości, optymalna ilość wysiewu, optymalny termin sadzenia, optymalna liczba zabiegów ochrony chemicznej, optymalny termin zbioru.

‘13’ — odmiany o średniej wartości, stanowisko średniej jakości, gleba o odczynie obojętnym, przedplon średniej wartości, obornik stosowany w roku uprawy ziemniaka, niskie nawożenie NPK, materiał siewny słabej jakości, optymalne: ilość wysiewu, termin sadzenia, liczba zabiegów pestycydami i termin zbioru.

‘14’ — odmiany o średniej wartości, stanowisko średniej jakości, gleba lekko kwaśna, przedplon o średniej wartości, obornik stosowany w roku uprawy ziemniaka, obniżone nawożenie NPK, materiał siewny niskiej jakości, optymalna ilość wysiewu, optymalny termin sadzenia, obniżona liczba zabiegów ochrony chemicznej, optymalny termin zbioru.

‘15’ — odmiany o średniej wartości, średnia jakość stanowiska, obojętny odczyn gleby, przedplon średniej wartości, obornik stosowany w roku uprawy ziemniaka, niskie nawożenie NPK, materiał siewny o obniżonej jakości, optymalna ilość wysiewu, optymalny termin sadzenia, obniżona liczba zabiegów ochrony chemicznej, optymalny termin zbioru.

W wyniku przeprowadzonej dla plonu analizy interakcji technologiczno-środowiskowej w układzie technologie uprawy × lata (tab. 6), technologie podzielono, ze względu na wartości ocen efektów głównych, na trzy grupy:

— Grupę technologii o efektach istotnie lepszych od średniej środowiskowej stanowiły:

‘8’ (efekt główny = +2,121**), ‘9’ (ef. gł. = +1,469*), ‘10’ (ef. gł. = +1,392*), ‘11’ (ef.

- gł. = +1,458*), '12' (ef. gł. = +3,169**), '13' (ef. gł. = 3,641**), '14' (ef. gł. = +1,514*), '15' (ef. gł. = +3,222**).
- Grupę technologii o efektach istotnie słabszych od średniej środowiskowej stanowiły: '0' (efekt główny = -2,930**), '1' (ef. gł. = -3,396**), '2' (ef. gł. = -3,518**), '3' (ef. gł. = -2,238**), '5' (ef. gł. = -1,468**), '6' (ef. gł. = -2,187**), '7' (ef. gł. = -1,804**).
 - Jedynie technologia uprawy „4” nie różniła się istotnie od średniej środowiskowej.

Tabela 6

Podsumowanie analizy interakcji genotypowo-środowiskowej dla wariantu technologie uprawy × lata
Summary of G×E interaction for the cultivation technology × years variant

Technologie uprawy Cultivation technologies	Ocena efektu głównego Main effect estimation	Statystyka F dla efektu głównego F statistic for main effect	Statystyka F dla interakcji F statistic for interaction	Współczynnik regresji interakcyjnej Interaction regression coefficient	Statystyka F dla regresji interakcyjnej F statistic for interaction regression
'0'	-2,930	90,87**	1,26 ^{NS}	—	—
'1'	-3,396	166,69**	0,61 ^{NS}	—	—
'2'	-3,518	132,79**	2,60**	-0,064	0,38 ^{NS}
'3'	-2,238	34,14**	3,24**	0,073	0,31 ^{NS}
'4'	-0,443	0,75 ^{NS}	3,36**	-0,513	47,19**
'5'	-1,468	9,99**	2,04*	-0,026	0,03 ^{NS}
'6'	-2,187	17,02**	5,37**	-0,375	5,97*
'7'	-1,804	28,45**	1,31 ^{NS}	—	—
'8'	2,121	19,92**	2,64**	0,180	1,34 ^{NS}
'9'	1,469	6,52*	2,25**	0,477	13,06**
'10'	1,392	8,13*	4,56**	0,258	2,98 ^{NS}
'11'	1,458	8,79*	4,25**	0,296	4,25 ^{NS}
'12'	3,169	35,96**	2,87**	-0,125	0,49 ^{NS}
'13'	3,641	52,43**	1,57 ^{NS}	—	—
'14'	1,514	9,40*	2,44**	-0,164	0,99 ^{NS}
'15'	3,222	53,33**	1,09 ^{NS}	—	—

* Istotne przy $\alpha = 0,05$; ** Istotne przy $\alpha = 0,01$; ^{NS} — Nieistotne

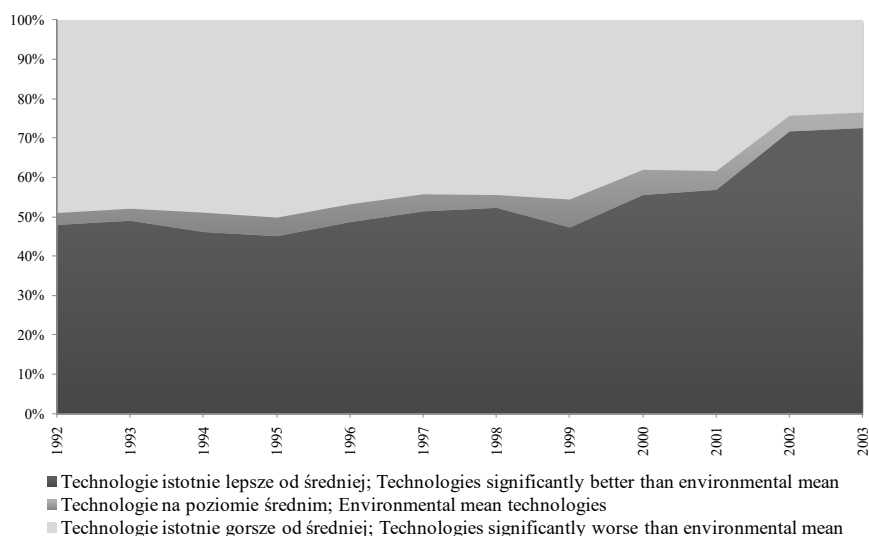
* Significant at $\alpha = 0.05$; ** Significant at $\alpha = 0.01$; ^{NS} — Not significant

Technologie '0', '1', '7', '13' i '15' uznano za technologie gwarantujące stabilne plony na przestrzeni lat uprawy (brak istotnej interakcji genotypowo-środowiskowej). Pozostałe wykazały istotną interakcję ze środowiskiem. Przy czym technologia '9' okazała się niestabilna i intensywna (istotna regresja interakcyjna i dodatni współczynnik regresji), to znaczy, że w latach o korzystniejszym układzie warunków klimatycznych pozwalała ona na uzyskiwanie relatywnie wyższych plonów ziemniaka. Natomiast technologia '4' i technologia '6' okazały się niestabilne i ekstensywne (istotna regresja interakcyjna i ujemny współczynnik regresji), czyli pozwalały na uzyskiwanie relatywnie wyższych plonów w gorszych latach uprawy. Zmienności plonowania w grupie niestabilnych technologii nie udało się opisać istotną funkcją regresji interakcyjnej, możemy je więc określić mianem technologii nieprzewidywalnych w reakcji na zmienne warunki klimatyczne.

Oszacowanie postępu technologicznego

Każdą z trzech grup technologii uprawy, wydzielonych ze względu na wartości ocen efektów głównych w analizie interakcji genotypowo-środowiskowej (G×E) dla układu technologii uprawy × lata (tab. 6), zważono jej udziałem w powierzchni uprawy ziemniaka w produkcji polowej (badania ankietowe) w poszczególnych latach badań (1992–2003). W ten sposób uzyskano obraz zmian w strukturze udziału w powierzchni uprawy tych grup technologii (rys. 13).

W celu ustalenia trendów zmian udziałów poszczególnych grup technologii w powierzchni uprawy polowej, w kolejnych latach, przeprowadzono analizę regresji liniowej (tab. 7).



Rys. 13. Udział grup technologii w powierzchni uprawy w latach 1992–2003

Fig. 13. Cultivation technology groups participation in total area of potato cultivation within the years 1992–2003

Z roku na rok wzrastał udział technologii uprawy o wyższych efektach niż średnia środowiskowa, czyli technologii pozwalających uzyskać wyższe plony od średniej. Udział ten zwiększał się średnio o 2,1%. Równolegle następował systematyczny spadek udziału technologii uprawy o efektach gorszych od średniej środowiskowej, czyli takich, które dawały plony niższe od średniej. Ich udział spadał średnio o 2,2% rocznie. Udział technologii uprawy dających średnie plony, czyli o efektach nie różniących się istotnie od średniej środowiskowej, nie uległ większym zmianom i utrzymywał się na poziomie około 4% w latach 1992–2003.

Tabela 7

Analiza funkcji regresji dla udziałów grup technologii uprawy w łącznej powierzchni uprawy polowej w kolejnych latach
Regression analysis for cultivation technology groups participation in whole potato cultivation area in the following years

Grupa technologii uprawy Cultivation technology group	Statystyka F dla modelu Model F statistic	R^2	Poprawiony R^2 Adjusted R^2	Stała regresji Intercept		Współczynnik regresji Regression coefficient	
				wartość value	statystyka t t statistic	wartość value	statystyka t t statistic
Technologie istotnie lepsze od średniej środowiskowej Technologies significantly better than environmental mean	19,25**	0,6582	0,6240	0,4002	11,39**	0,0210	4,39**
Technologie nie różniące się w sposób istotny od średniej środowiskowej Technologies not significantly different from environmental mean	1,90 ^{NS}	0,0987	0,0086	0,0390	5,10**	0,0011	1,05 ^{NS}
Technologie istotnie gorsze od średniej środowiskowej Technologies significantly worse than environmental mean	29,90**	0,7495	0,7245	0,5608	18,91**	-0,0220	-5,47**

* Istotne przy $\alpha = 0,05$; ** Istotne przy $\alpha = 0,01$; ^{NS} — Nieistotne;

* Significant at $\alpha = 0.05$; ** Significant at $\alpha = 0.01$; ^{NS} — Not significant

DYSKUSJA I PODSUMOWANIE

Na podstawie wybranych cech przeprowadzono analizę czynnikową, mającą na celu wskazanie głównych grup czynników, które w największym stopniu tłumaczyłyby obserwowaną zmienność. W wyniku przeprowadzonej analizy wskazano cztery czynniki główne, które łącznie wyjaśniały 51,2% obserwowanej zmienności (wariancji). Czynniki główne obrazowały czynniki nakładowe (pierwszy czynnik), warunki siedliskowe (czynnik drugi), długość okresu wegetacji (czynnik trzeci) oraz warunki uprawy (czynnik czwarty). Na podstawie oceny wartości tych czynników, dla każdej obserwacji, podzielono je na 16 grup, które odpowiadały różnym wariantom technologii uprawy ziemniaka. W wyniku przeprowadzonej analizy wariancji potwierdzono istotne zróżnicowanie wyznaczonych wariantów technologii uprawy pod względem efektów ich działania w postaci uzyskiwanych plonów ziemniaka.

Podziału wariantów technologii uprawy na trzy grupy, ze względu na stosunek do średnich efektów tych wariantów, dokonano na podstawie wyników analizy interakcji $G \times E$. Następnie oszacowano udziały technologii o efektach istotnie lepszych niż efekty średnie w ogólnej powierzchni uprawy ziemniaka w danym roku w ramach ankietowanych

gospodarstw. Zmiany udziału tej grupy technologii uprawy, w analizowanym okresie, wskazywały na postęp technologiczny w produkcji polowej ziemniaka. Udział lepszych technologii uprawy, dających istotnie lepsze efekty, wzrastał w latach 1992–2003 w tempie 2,1% rocznie.

Krzymuski i Laudański (1996) stwierdzili, że niezależnie od pogody plony ziemniaka, w latach 1986–1994, uwarunkowane były ściśle poziomem czynników plonotwórczych. Zauważyli oni, że spadek poziomu agrotechniki natychmiast powodował spadek plonów ziemniaka. Ponadto stwierdzili rosnące z roku na rok znaczenie poziomu agrotechniki w wysokości uzyskiwanych plonów, zarówno w doświadczeniach, jak i produkcji polowej.

Krzymuski i wsp. (1993) stwierdzili, że ziemniak w gospodarstwach indywidualnych jest technologicznie „zaniedbywany”. Jako szczególnie negatywne elementy stosowanej technologii produkcji autorzy wskazywali sadzeniaki nie pochodzące z kwalifikowanej produkcji nasiennej oraz niedostateczny poziom ochrony roślin.

Na podstawie dotychczasowych badań można stwierdzić, że rolnicy uprawiają plenniejsze odmiany (Mańkowski i Laudański, 2009 a), wprowadzają do uprawy odmiany wyróżniające się wyższą odpornością na główne patogeny (Mańkowski i Laudański, 2009 b) oraz, że z roku na rok poprawia się stosowana przez rolników agrotechnika. W tym samym czasie (1986–2003) średnie plony ziemniaka obserwowane w ankietowanych gospodarstwach wahały się w granicach 16,3–22,89 t·ha⁻¹, nie wykazując przy tym istotnego trendu zmiany wartości. Tak więc udział wymienionych czynników plonotwórczych nie wpływał w istotny sposób na obserwowane plony ziemniaka.

LITERATURA

- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., Krajewski P., Siatkowski I. 1998. SERGEN — Analiza serii doświadczeń odmianowych i genetyczno hodowlanych. Program komputerowy, Poznań, IGR.
- Dziężyc J. 1993. Czynniki plonotwórcze — plonowanie roślin. Warszawa, Wydawnictwa Naukowe PWN.
- Hotelling, H. 1933. Analysis of a Complex of Statistical Variables into Principal Components. *Journal of Educational Psychology*, 24: 417 — 441; 498 — 520.
- Kaiser, H. F. 1958. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika* 23: 187 — 200.
- Khattree R., Naik D. N. 1999. *Applied Multivariate Statistics with SAS Software*. 2nd Edition. New York, USA: SAS Publishing, SAS Institute Inc., John Wiley & Sons Inc.
- Krzymuski J., Laudański Z. 1996. Zmiany w uprawie i w produkcji ziemniaka. Cz. II. Agrotechnika. *Biul. IHAR* 197: 283 — 290.
- Krzymuski J., Laudański Z., Oleksiak T. 1993. Metody oceny postępu genetycznego. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu*, 223: 49 — 56.
- Laudański Z., Mańkowski D. R., Sieczko L. 2007 a. Próba oceny technologii uprawy pszenicy ozimej na podstawie danych ankietowych gospodarstw indywidualnych. Część 1. Metoda wyodrębniania technologii uprawy. *Biul. IHAR* 244: 33 — 43.
- Laudański Z., Mańkowski D. R., Sieczko L. 2007 b. Próba oceny technologii uprawy pszenicy ozimej na podstawie danych ankietowych gospodarstw indywidualnych. Część 2. Ocena technologii uprawy. *Biuletyn IHAR*, Nr 244: 45 — 57.
- Mańkowski D. R., Laudański Z. 2009 a. Postęp biologiczny w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce. Część 3. Ocena ilościowego postępu odmianowego w nasiennictwie oraz w produkcji polowej ziemniaka. *Biul. IHAR* 253: 259 — 275.

- Mańkowski D. R., Laudański Z. 2009 b. Postęp biologiczny w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce. Część 4. Ocena postępu odmianowego pod względem odporności na patogeny. *Biul. IHAR* 254: 83 — 93.
- Roztropowicz S. 1971. Analiza przyczyn wahań w plonach ziemniaków oraz ich niskiego poziomu w skali kraju i województw. *Biul. Inst. Ziemn.* 7: 145 — 170.
- SAS Institute Inc. 2004 a. SAS 9.1 Companion for Windows. SAS Publishing, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- SAS Institute Inc. 2004 b. SAS/STAT 9.1 User's Guide. SAS Publishing, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Sawicka B. 1991. Studia nad zmiennością wybranych cech oraz degeneracją różnych odmian ziemniaka w rejonie białkopodlaskim. *Rozpr. Habilit.*, 141, Wyd. AR Lublin.
- Sawicka B., Pszczółkowski P. 2004. Fenotypowa zmienność struktury plonu odmian ziemniaka w warunkach środkowo-wschodniej Polski. *Biul. IHAR* 232: 53—66.
- StatSoft Inc. 1997. STATISTICA for Windows [Computer program manual]. Tulsa, OK: SttSoft Inc.
- Szczotka F. A. 1977. Podstawy analizy czynnikowej. *Listy Biometryczne*: 39—41.
- Timm N. H. 2002. Applied multivariate analysis. New York, USA, Springer Verlag Inc.
- Trętowski J., Boligłowa E., Bombik A. 1989. Zmienność plonu i zawartości skrobi u odmian ziemniaka różnych grup wczesności. *Zesz. Probl. PNR* 382: 70—77.
- Ubysz-Borucka L. 1977. Fenotypowa zmienność ziemniaka. *Zesz. Probl. PNR*, 191.
- Walesiak M., Gatnar E. (red.) 2009. Statystyczna analiza danych z wykorzystaniem programu R. Warszawa: PWN.
- Witek T. (red.) 1981. Waloryzacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski według gmin. Puławy, IUNG.
- Wójcik A. R., Laudański Z. 1989. Planowanie i wnioskowanie statystyczne w doświadczalnictwie. Warszawa: PWN.