

DARIUSZ R. MAŃKOWSKIPracownia Ekonomiki Nasiennictwa i Hodowli Roślin
Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa, IHAR — Radzików

Postęp biologiczny w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce

Część I. Przegląd ilościowych metod oceny postępu hodowlanego i odmianowego

Biological progress in breeding, seed technology and production of potato in Poland Part I. Review of quantitative methods applied to estimate of breeding and cultivar progress

Praca jest pierwszą częścią opracowania prezentującego wyniki oceny postępu biologicznego w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce. Ze względu na niejednorodność terminologię związaną z postępowaniem biologicznym, zaproponowano ujednoczone definicje postępu biologicznego, hodowlanego i postępu odmianowego w roślinach rolniczych. W pracy przedstawiono wyniki dotychczasowych prac nad oceną postępu odmianowego i hodowlanego w ziemniaku. Opisano również różne metody wykorzystywane do ilościowej oceny postępu odmianowego i hodowlanego w badaniach nad różnymi roślinami rolniczymi.

Słowa kluczowe: postęp biologiczny, postęp hodowlany, postęp odmianowy, postęp technologiczny, ziemniak

The work is the first part of the paper presenting the results of estimation of biological progress in breeding, seed technology and production of potato in Poland. The divergence of terminology related to biological progress made the author propose standardized definitions for biological, breeding and cultivar progress in crops. The results of attempts made hitherto to assess the reading progress are presented. Various methods used for quantitative estimation of breeding and cultivar progress are described.

Key words: biological progress, breeding progress, cultivar progress, technological progress, potato

WSTĘP

Postęp to ciąg procesów i zmian zmierzających ku stanowi coraz doskonalszemu, coraz lepszemu. Jest to ciągły rozwój, polepszanie się i doskonalenie (np. postęp gospodarczy, postęp społeczny, postęp ekonomiczny, itp.). To także osiągnięcie kolejnego etapu rozwoju (np. postęp w badaniach naukowych, itp.).

W rolnictwie, szeroko rozumiany postęp jest ważnym kierunkiem zmierzającym do poprawy efektywności gospodarowania. Postęp w rolnictwie kojarzy się z osiągnięciem wyższego poziomu produkcyjnego, powodującego uzyskanie określonych efektów jakościowych i ilościowych (np. postęp w plenności odmian, postęp w hodowli odpornościowej, postęp w biotechnologii roślin i zwierząt, itp.), jak również uczynienia pracy ludzkiej lżejszą i wydajniejszą (np. postęp techniczny, postęp technologiczny, postęp organizacyjny, itp.). W produkcji rolniczej związane jest to na ogół z osiągnięciem szybszych przyrostów plonów roślin uprawnych w stosunku do tempa wzrostu nakładów. W rolnictwie mamy do czynienia z różnymi rodzajami postępu (np. technicznym, technologicznym, ekonomicznym, organizacyjnym i biologicznym), które współdziałają ze sobą i wpływają na efektywność pracy rolnika.

Spośród różnych rodzajów postępu, w rolnictwie znaczącą rolę odgrywa postęp biologiczny, czyli zmiany zachodzące w roślinach i zwierzętach hodowlanych, wynikające z celowej działalności człowieka (hodowla, biotechnologia), bądź też z wpływu otoczenia. Polega on przede wszystkim na poprawie cech użytkowych organizmów roślinnych i zwierzęcych.

W niniejszej pracy podjęto próbę oceny postępu biologicznego w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce. Praca została podzielona na części odpowiadające poszczególnym omawianym zagadnieniom: metodyka oceny postępu hodowlanego i odmianowego, ocena ilościowego postępu hodowlanego i odmianowego na podstawie doświadczeń odmianowych, ocena ilościowego postępu odmianowego w nasiennictwie i produkcji polowej ziemniaka, ocena jakościowego postępu odmianowego w doświadczeniach odmianowych i w produkcji polowej, ocena postępu technologicznego w produkcji polowej ziemniaka oraz próba oceny udziału wyznaczonych składowych w postępie biologicznym w doświadczeniach odmianowych i w produkcji polowej ziemniaka.

CEL PRACY

Analiza dostępnych informacji o postępie biologicznym w ziemniaku wskazuje na znaczne braki w ocenie postępu biologicznego w okresie powojennym w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce. Przeprowadzone dotychczas badania i analizy były fragmentaryczne i jednocześnie wykonywane według różnej, często nieporównywalnej metodyki. Niedostępne są kompleksowe oceny, obejmujące zagadnienie postępu biologicznego, począwszy od hodowcy, poprzez moment rejestracji odmian, nasiennictwo (transmisję postępu biologicznego z hodowli do produkcji), aż do końcowego etapu, jakim jest produkcja polowa ziemniaka.

Celem niniejszej pracy, która mogłaby poszerzyć obecny stan wiedzy, jest przede wszystkim oszacowanie wielkości postępu biologicznego w hodowli, nasiennictwie i produkcji polowej ziemniaka w Polsce w okresie powojennym.

Aby zrealizować powyższy cel, w pracy zostaną przedstawione następujące zadania szczegółowe:

- Zaproponowanie metody oceny wielkości postępu biologicznego w warunkach doświadczalnych i produkcyjnych.
- Oszacowanie ilościowego oraz jakościowego postępu hodowlanego i odmianowego w hodowli oraz na etapie rejestracji nowych odmian ziemniaka w Polsce w latach 1957–2003.
- Oszacowanie stopnia transmisji ilościowego postępu odmianowego z hodowli do produkcji polowej, realizowanego przez nasiennictwo ziemniaka w latach 1994–2003.
- Oszacowanie stopnia wykorzystania ilościowego oraz jakościowego postępu odmianowego w polowej produkcji ziemniaka w Polsce w latach 1986–2003.
- Ocena wielkości postępu technologicznego w doświadczeniach ścisłych COBORU oraz w uprawie polowej ziemniaka w Polsce w latach 1986–2003.
- Wykorzystanie zmian potencjału plonowania do oceny udziału oszacowanych składowych postępu biologicznego.

Część pierwsza niniejszej pracy ma za zadanie przedstawić, na podstawie dostępnej literatury, ogólne zagadnienia związane z postępowaniem biologicznym, hodowlanym i odmianowym oraz metody stosowane do ilościowej oceny postępu hodowlanego i odmianowego.

POSTĘP BIOLOGICZNY

Postęp jest nieodłącznym czynnikiem determinującym ogólny rozwój w każdej dziedzinie działalności człowieka, w tym także w rolnictwie. Spośród wielu zdefiniowanych podziałów postępu rolniczego, jakie można spotkać w literaturze, na uwagę zasługuje podział zaproponowany przez Runowskiego (1997):

- postęp biologiczny — udoskonalenie organizmów roślinnych i zwierzęcych oraz zwiększanie liczby odmian i gatunków roślin i zwierząt użytecznych dla człowieka;
- postęp techniczny — proces doskonalenia techniki wytwarzania, polegający na wprowadzaniu do produkcji rolniczej ulepszonych i doskonalszych środków technicznych;
- postęp technologiczny — wprowadzanie nowych technologii produkcji;
- postęp organizacyjny — proces zmian w organizacji gospodarstwa i organizacji pracy prowadzących do bardziej efektywnego wykorzystania postępu technicznego, technologicznego i biologicznego oraz do poprawy ekonomicznych wyników gospodarstwa;
- postęp społeczno-ekonomiczny — zmiany w zakresie stosunków społecznych i ustroju rolnego.

W literaturze można spotkać szereg definicji i nazw postępu biologicznego. Często zamiennie używa się określeń: postęp biologiczny — postęp hodowlany — postęp odmianowy — postęp genetyczny (Runowski, 1997). Nie ułatwia to podania jednoznacznej definicji postępu, jak i utrudnia interpretację analiz wykonanych przez różnych autorów.

Terminologia dotycząca postępu wnoszonego przez nowe odmiany nie jest ujednolicona. Postęp ten może być obliczany na etapie doświadczeń, reprodukcji nasiennej, bądź produkcji towarowej i może obejmować plony oraz inne skwantyfikowane cechy wartości gospodarczej odmian (Krzymuski i in., 1993).

Runowski (1997) proponuje następujące podejście do definicji postępu biologicznego, hodowlanego i odmianowego: „W odniesieniu do hodowli roślin efektami postępu biologicznego są nowe metody krzyżowania i selekcji, nowe sposoby korygowania genotypu roślin i uzyskiwanie nowych odmian. Zawężone w ten sposób pojęcie postępu biologicznego w rolnictwie pokrywa się z rozumieniem postępu hodowlanego w hodowli roślin. Postęp hodowlany jest pojęciem wielokryterialnym, często z tego powodu niejednakowo rozumianym. Z pewnym uproszczeniem można go określić jako sumę różnych elementów wartości gospodarczej i użytkowej wnoszonej przez nowe odmiany. Funkcjonuje również pojęcie postępu odmianowego. W ujęciu ogólnym jest ono tożsame z postępowaniem hodowlanym. Czasem postęp odmianowy rozumie się jako połączenie efektów postępu krajowej hodowli (postęp hodowlany) i wpływu stosowania odmian zagranicznych. Postęp odmianowy ma szerszy zakres terytorialny i czasowy”.

Krzymuski (1998) proponuje następującą definicję postępu biologicznego w rolnictwie: „Wzrost wartości użytkowej roślin uprawnych i zwierząt gospodarskich tworzony przez hodowlę i wykorzystywany w produkcji. Oznacza wieloetapowy proces tworzenia i przekazywania do produkcji nowych odmian roślin oraz ras i typów użytkowych zwierząt. Pojęciami bliskoznacznymi, choć odnoszonymi częściej do etapu tworzenia postępu biologicznego, są postęp genetyczny i postęp hodowlany. Natomiast określenie postępu odmianowy dotyczy przeważnie późniejszych etapów, czyli już wytworzonych przez hodowlę odmian oraz ich rozpowszechniania się i efektów w produkcji. Proces tworzenia, przenoszenia (transmisji) i wykorzystania postępu biologicznego można podzielić na trzy główne etapy: hodowlę roślin, reprodukcję materiału siewnego oraz obrót i handel tym materiałem. Wykorzystanie postępu biologicznego w produkcji zależy od powierzchni zasiewanej kwalifikowanym materiałem siewnym, czyli od jego wymiany — nazywanej też odnowieniem. Wymiana polega również na zastępowaniu starszych, przeważnie zdegenerowanych odmian, odmianami nowymi o wyższej wartości gospodarczej”.

Stankiewicz (1999) podaje, że postęp biologiczny, stanowiący część składową postępu rolniczego, jest jedną z najistotniejszych sił napędowych rozwoju rolnictwa. Wiąże się bowiem z doskonaleniem cech genetycznych organizmów żywych w kierunku podniesienia wydajności i jakości produkcji rolniczej. W odniesieniu do hodowli roślin efektem postępu biologicznego są zarówno metody prac hodowlanych, nowe sposoby modyfikowania genotypu roślin i użytkowania nowych odmian, jak również nowe odmiany i gatunki. Tak zawężone pojęcie postępu biologicznego w rolnictwie pokrywa się z pojęciem postępu hodowlanego w hodowli roślin, czyli z sumą różnych elementów wartości gospodarczej i użytkowej wnoszonej przez nowe odmiany do zarejestrowanych zestawów odmian poszczególnych roślin uprawnych.

Krzymuski (1988) definiuje postęp odmianowy jako całokształt zagadnień związanych z hodowlą, importem, reprodukcją nasienną, wykorzystaniem w produkcji oraz oceną nowych odmian. W innych swoich pracach Krzymuski (1984, 1991 d, 1996) definiuje jednak postęp odmianowy jako postęp wnoszony jedynie przez hodowlę krajową, natomiast za postęp hodowlany uznaje postęp odmianowy i postęp wnoszony wraz z wprowadzaniem do produkcji odmian zagranicznych.

Przy takiej rozbieżności definicji należałoby sprecyzować terminologię związaną z postępowaniem w rolnictwie i hodowli roślin. W niniejszej pracy przyjęto następujące definicje postępu:

Postęp biologiczny — całokształt zmian samoczynnych (naturalnych), bądź wynikających z celowej działalności człowieka (antropogeniczny), w organizmach roślinnych i zwierzęcych, wpływający na cechy indywidualne tych organizmów. W sensie rolniczym jest to całokształt zmian wpływających na wartość technologiczno-użytkową roślin i zwierząt gospodarskich. Postęp biologiczny w rolnictwie ma na celu podniesienie wydajności i/lub poprawienie jakości produkcji rolniczej.

Postęp hodowlany w roślinach rolniczych — wszystkie nowe cechy użytkowe, bądź polepszenie cech posiadanych przez roślinę, wnoszone przez nowo wyhodowane rody i odmiany zgłoszone do doświadczeń przedrejestracyjnych.

Postęp odmianowy w roślinach rolniczych — wszystkie nowe cechy użytkowe, bądź polepszenie cech posiadanych przez roślinę, wnoszone przez nowo zarejestrowane odmiany.

Postęp w rolnictwie możemy podzielić ze względu na cechy, których on dotyczy, na postęp ilościowy (mierzony plonem, zawartością suchej masy, zawartością pożądaných substancji, itd.) oraz postęp jakościowy (zmiany odporności roślin, poprawa cech jakościowych, kształtu, wypełnienia, smaku, itd.).

O ile postęp ilościowy można wyliczyć stosując modele matematyczne i statystyczne, o tyle postęp jakościowy można oceniać jedynie uznaniowo (Kamasa, 1983; Oleksiak, 1997 b; Mańkowski i Oleksiak, 2003).

Oszacowanie efektów postępu biologicznego w przypadku różnych gatunków roślin rolniczych, może być, w dłuższym okresie czasu, podstawą do przyszłej strategii w hodowli nowych odmian (Ustun i in., 2001).

POSTĘP HODOWLANY I ODMIANOWY W ZIEMNIAKU

Kamasa (1983) stwierdził, iż postęp biologiczny, utożsamiany przeważnie z postępowaniem hodowlanym, przejawia się w wielu czynnikach, które bezpośrednio lub pośrednio wpływają na plon. Niewątpliwie najważniejszym czynnikiem działającym bezpośrednio na uzyskiwane plony jest plenność odmian uwarunkowana genetycznie. Zespół cech odpornościowych, również uwarunkowanych genetycznie, w sposób pośredni, przez ograniczenie strat plonu, determinuje pełniejsze wykorzystanie plenności. Plon, jako końcowy efekt hodowli i uprawy, jest wypadkową współdziałania tych czynników w określonych warunkach środowiska. Stąd też obserwowana jest duża zmienność plonów w latach, w zależności od zmienności czynników klimatycznych i warunków uprawy. Wahania wysokości osiągniętych plonów są spowodowane istnieniem interakcji pomiędzy genotypem lub odmianą, a środowiskiem (klimatem i warunkami siedliskowymi).

Ocena postępu hodowlanego, zwłaszcza wyrażana przez hodowców, jest często zbyt optymistyczna, ponieważ uwzględnia tylko niektóre cechy interesujące hodowcę i obejmuje zbyt krótki okres czasu.

Istotną sprawą jest również transmisja efektów postępu hodowlanego bezpośrednio do produkcji. Najważniejszym ogniwem tej transmisji jest produkcja kwalifikowanego materiału siewnego ziemniaka (sadzeniaków). Tą tematyką szerzej zajmowali się między innymi: Kamasa (1983), Krzymuski i Wilkos (1986), Krzymuski (1993 a, 1997).

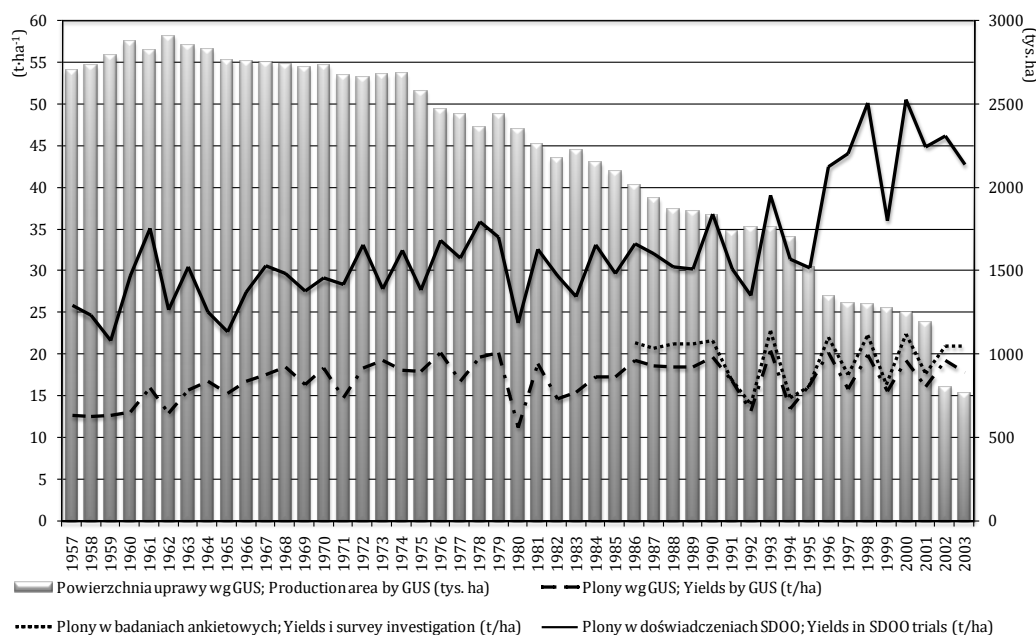
Runowski (1997) stwierdził, że postęp biologiczny jest uważany za jeden z podstawowych czynników wpływających na wzrost poziomu plonów oraz wartości biologicznej, technologicznej i konsumpcyjnej uzyskiwanych produktów rolniczych. Jednak dla wykorzystania PB konieczne jest zapewnienie odpowiednich warunków wzrostu i rozwoju roślin. W nowoczesnych technologiach produkcji stosowanie kwalifikowanego materiału siewnego oraz właściwy dobór odmian do określonego środowiska (układu klimatyczno-glebowego) jest warunkiem niezbędnym do uzyskania wysokich plonów. Uważa się, iż stosowanie nośników PB jest najtańszym z wielu czynników plonotwórczych. Jest to szczególnie ważne w obecnej sytuacji gospodarczej polskiego rolnictwa, gdzie przemysłowe środki produkcji rolniczej są relatywnie drogie. Upowszechnienie nośników PB takich, jak nowe odmiany czy kwalifikowany materiał nasienny, sprzyja poprawie efektywności wykorzystania wszelkich nakładów produkcyjnych.

Krzymski (1993 b) zauważa, że nowe odmiany ziemniaka docierają do produkcji znacznie wolniej niż odmiany innych gatunków roślin uprawnych. W związku z tym transmisja PB z hodowli do produkcji ziemniaka jest przesunięta w czasie.

Jak podaje Kamasa (1983) plenność odmian ziemniaka w latach 1900–1954 wzrosła przeciętnie o 10%, a średni plon skrobi o 2%. Już przed ponad stu laty uzyskiwano w doświadczeniach plony na poziomie 40 t z hektara. Analiza wyników z doświadczeń przeprowadzonych w latach 1933–1939 przez Wielkopolski Związek Kół Doświadczalnych wykazała, że poziom plonowania odmian nie różnił się znacząco od uzyskiwanego w doświadczeniach Stacji Doświadczalnych Oceny Odmian (SDOO) Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU). Natomiast przeciętne plony w produkcji znacznie odbiegały od możliwości produkcyjnych odmian.

Średnie plony odmian ziemniaka osiągnęte w latach 1957–2003 w doświadczeniach COBORU znacząco różniły się od średnich plonów uzyskiwanych w produkcji, podawanych przez GUS (rys. 1). Różnica w plonowaniu odmian wyraźnie narastała od połowy lat 90. XX wieku. Wielkość plonów osiągniętych, w latach 1986–2003, w produkcji ziemniaka stanowiła średnio 48,5% plonów z doświadczeń odmianowych. Niewiele wyższy wynik uzyskała w analogicznym okresie pszenica ozima, dla której rzeczony stosunek wyniósł ponad 50% (Oleksiak, 2002).

Arseniuk (2003) zauważył, że elementem przenoszącym osiągnięcia nauki do praktyki rolniczej jest odmiana. Wymaga ona jednak właściwej agrotechniki, która powinna być opracowywana już na etapie tworzenia odmiany. Przy niewłaściwej agrotechnice następuje spadek plonowania każdej, nawet najlepszej odmiany. Tym spadkiem można tłumaczyć różnice w wysokości plonów osiągniętych w doświadczeniach i produkcji rolniczej.



Rys. 1. Powierzchnia uprawy ziemniaka w Polsce (tys. ha) oraz średnie plony ($t \cdot ha^{-1}$) w doświadczeniach SDOO, wg GUS i w badaniach ankietowych, w latach 1957–2003
Fig. 1. Potato area production in Poland (thousands of ha) and average yields ($t \cdot ha^{-1}$) in SDOO trials, by GUS and in survey investigations, in years 1957–2003

Analizując postęp w hodowli roślin rolniczych i jego wykorzystanie w produkcji, Oleksiak (1992) stwierdził, iż polskie odmiany wielu gatunków roślin uprawnych skutecznie konkurowały z odmianami zagranicznymi. Świadczyły o tym zmiany zachodzące w doborze odmian poszczególnych gatunków. Niezadowolające było jednak wykorzystanie efektów postępu hodowlanego. Wysokość plonów w produkcji stanowiła średnio około 60% plonów uzyskiwanych w doświadczeniach (w Europie zachodniej było to blisko 90%). Zasadniczymi przyczynami takiego stanu rzeczy były niski poziom agrotechniki, uniemożliwiający pełne wykorzystanie potencjału plonowania oraz zbyt wolne przenoszenie postępu biologicznego z hodowli, poprzez reprodukcję, aż do produkcji polowej. Autor stwierdził, że wynikało to ze złej organizacji nasiennictwa.

Plonowanie roślin w praktyce rolniczej jest niższe niż w doświadczeniach ścisłych. Różnice w plonach są wynikiem odmiennych, często gorszych warunków siedliskowych, nieprzestrzegania zaleceń agrotechnicznych, niskich nakładów środków produkcji oraz stosowania materiału siewnego o niskiej jakości. Wszystkie te czynniki oraz trudna sytuacja ekonomiczna rolników, którzy ograniczają zużycie wszelkich środków produkcji, kształtują poziom plonów na dużo niższym poziomie niż wynikałoby to z potencjalnych możliwości plonowania posiadanych przez uprawiane odmiany (Runowski, 1997).

Duże wahania w plonowaniu ziemniaków są obserwowane nie tylko w poszczególnych latach, ale i w ciągu tego samego roku pomiędzy rejonami, a nawet pomiędzy gospodarstwami w tym samym rejonie. Do głównych przyczyn powodujących wahania plonów należy zaliczyć warunki agrotechniczno-siedliskowe, pogodę w trakcie trwania wegetacji, stopień nasilenia chorób, w tym głównie zarazy ziemniaczanej oraz poziom zdrowotności sadzeniaków (Roztropowicz, 1971).

Kamasa (1983), w swojej pracy, oceniając postęp hodowlany w ziemniaku w latach 1965–1978, doszedł do następujących wniosków:

- w badanym okresie zaszły znaczące zmiany w krajowym doborze odmian ziemniaka (duży ruch odmianowy);
- wprowadzono pierwsze odmiany o specyficznej odporności na wirulentne biotypy raka ziemniaka i odporne na mątwika ziemniaczanego;
- w badanym okresie zaobserwowano wyraźny wzrost plonów kłębów, przy minimalnym wzroście zawartości skrobi, a także wzrost plonu handlowego odmian jadalnych, przy jednoczesnym pogorszeniu ich smakowości.

Postęp hodowlany, jaki dokonał się w badanym przez autora okresie, nie miał znaczącego wpływu na produkcję ziemniaka. Potencjał wytworzony przez hodowlę nie został wystarczająco wykorzystany w praktyce rolniczej. Prawdopodobną tego przyczyną było nienadążanie produkcji sadzeniaków dla rolnictwa za postępem w hodowli nowych odmian i za zmianami w ich doborze.

Kamasa (1983) wskazywał na potrzebę zmian oraz poprawy organizacji, gospodarowania i technologii we wszystkich ogniwach transmisji postępu hodowlanego z hodowli do produkcji ze szczególnym naciskiem na nasiennictwo ziemniaka.

Krzymuski i Wilkos (1986) ocenili postęp hodowlany na podstawie plonów ziemniaka uzyskanych w latach 1965–1984. Badacze dokonali oceny indywidualnych odmian bez podziału na grupy oraz skonfrontowali postęp potencjalny z jego wykorzystaniem w produkcji. Potencjalny przyrost plonów w badanym okresie (20 lat) wyniósł $3,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, przyrost roczny natomiast utrzymywał się na poziomie 200 kg.

Autorzy na podstawie swoich badań sformułowali następujące wnioski:

- w badanym okresie nastąpiły zmiany w strukturze powierzchni uprawy na rzecz odmian wczesnych;
- postęp hodowlany jaki dokonał się w tym okresie był porównywalny do postępu osiąganego w innych krajach, w związku z czym krajowe odmiany mogły śmiało konkurować z odmianami zagranicznymi;
- polskie nowe odmiany po wpisaniu do rejestru wykazywały w kolejnych latach spadek plonów, co mogło świadczyć o niewłaściwej hodowli zachowawczej i reprodukcji sadzeniaków;
- opóźnienie transmisji postępu odmianowego do produkcji sięgało 10 lat, co wskazywało na kolejne błędy i trudności w produkcji sadzeniaków.

Krzymuski (1993 a) dokonał porównania transmisji postępu hodowlanego ziemniaka do produkcji pomiędzy latami 1971–1975 a początkiem lat 90. W porównywanych okresach liczba badanych nowych rodów nieznacznie wzrosła z średnio 37,6 w latach 1971–1975 do 40 w roku 1992. Można było zaobserwować wyraźniejszy wzrost liczby

zarejestrowanych odmian z 31,6 w latach 1971–1975 do 55 na początku lat 90. Jednocześnie drastycznie zmalała powierzchnia uprawy sadzeniaków z 142 tys. ha w latach 1971–1975, do 16,4 tys. ha w roku 1992. Znacząco zmniejszyła się również powierzchnia uprawy superelit z 1664 ha do 916 ha. Spowodowało to znaczne spowolnienie transmisji postępu hodowlanego ziemniaka do produkcji. Autor stwierdził, że teoretyczny okres wymiany sadzeniaków, wynikający ze stosunku zapotrzebowania na materiał siewny, oszacowanego na podstawie powierzchni uprawy ziemniaka, do produkcji materiału kwalifikowanego, wynosił średnio 8,2 roku w latach 1971–1975. W roku 1992 okres ten wynosił już 82 lata. Brak częstej wymiany sadzeniaków uniemożliwił wykorzystanie potencjału wytworzonego przez hodowlę oraz jego skuteczne przeniesienie do produkcji.

Krzymuski (1996) stwierdził, iż wytworzony przez hodowlę postęp w plonach bulw nie wpływał wyraźnie na wzrost średnich plonów w doświadczeniach COBORU. Tempo rozpowszechniania najnowszych odmian w produkcji, w latach 1986–1993, było dość wolne. W tym okresie znacznie zmniejszył się udział odmian nowych, na korzyść odmian starszych, które dominowały w uprawie. Ponadto wyraźnie zauważalny był już rozłam na dwie gałęzie produkcji ziemniaka — intensywną, z przeznaczeniem na konsumpcję i przetwórstwo spożywcze oraz ekstensywną, z przeznaczeniem na paszę i produkcję skrobi (Krzymuski, 1996). Produkcja intensywna charakteryzowała się powolnym ale systematycznym wzrostem powierzchni uprawy, szczególnie w przypadku ziemniaków przeznaczonych na przetwórstwo. W przypadku produkcji ekstensywnej zauważalny był wyraźny spadek powierzchni uprawy. Autor prognozował zachowanie tych tendencji w kolejnych latach.

Według Krzymuskiego (1997), w latach 1991–1995, postęp w hodowli ziemniaka był znaczny, ale nie wpłynął na wzrost plonów w doświadczeniach odmianowych. Występujący już od pewnego czasu regres w nasiennictwie ziemniaka, w wyżej wymienionym okresie znacznie się pogłębił. Powierzchnia plantacji kwalifikowanych sadzeniaków w roku 1995 wynosiła — 8,1 tys. ha, podczas gdy w najlepszych latach (1979–1980) było to 160 tys. ha. Teoretyczny średni okres wymiany sadzeniaków wzrósł w 1995 roku do 60 lat. W badanym okresie następował również znaczący spadek powierzchni uprawy ziemniaka w Polsce.

Runowski (1997) stwierdził, że cechą postępu biologicznego jest to, że jego efekty w produkcji pojawiają się ze znacznym opóźnieniem. Rozpiętość pomiędzy osiągnięciami hodowli a zastosowaniem ich w praktyce zależy w znacznym stopniu od poziomu kultury rolnej i wiedzy producentów oraz od poziomu kosztów nośników PB.

Ilościowy postęp odmianowy ziemniaka w produkcji rolniczej w latach 1986–2001 był znaczny i wynosił 239 kg rocznie, czyli 1,6% średnich plonów (Mańkowski i Oleksiak, 2003). Postęp odmianowy w tym okresie nie szedł jednak w parze ze stosowaną technologią produkcji, stąd też nie obserwowano wzrostu średnich plonów uzyskiwanych w produkcji. Niezadowolające było też wykorzystanie potencjału plonotwórczego odmian, mierzone relacją plonów uzyskiwanych w gospodarstwach towarowych do plonów z doświadczeń odmianowych (Mańkowski i Oleksiak, 2003).

Kamasa (2003) podaje, iż według stanu na dzień 30 marca 2003 roku polski rejestr odmian ziemniaka liczył 117 oryginalnych odmian, z których 83 było krajowej hodowli, a pozostałe zagranicznej (głównie holenderskiej i niemieckiej). Uwzględniając podział na dwa główne kierunki użytkowania, 71% odmian stanowiły odmiany jadalne (najwięcej odmian średnio wczesnych). W grupie odmian skrobiowych (29%) przeważały odmiany o dłuższym okresie wegetacji. W pięcioleciu 1999–2003 nastąpił bardzo duży dopływ nowych odmian ziemniaka. W tym okresie zarejestrowano 33 odmiany krajowe i 26 odmian zagranicznych.

Łuniewski (1996) analizując sytuację w hodowli i nasiennictwie ziemniaka w Polsce stwierdził, iż nasze krajowe odmiany górują nad odmianami zagranicznymi przede wszystkim odpornością na choroby wirusowe, zarazę ziemniaka i bioty py raka.

Pomimo istniejącego postępu biologicznego plony ziemniaka w Polsce wyglądają bardzo skromnie w porównaniu z plonami ziemniaków w krajach zachodnich. Przykładowo w 2002 roku średnie plony ziemniaka w Unii Europejskiej wynosiły 35,2 t·ha⁻¹, podczas gdy średnie plony w Polsce w tym okresie wyniosły 19,3 t·ha⁻¹ (Arseniuk, 2003).

Próbę spojrzenia na postęp hodowlany w ziemniaku, w latach 1946–2007, podjęli Chotkowski i Stypa (2007). Dokonali oni oceny zmian w hodowli ziemniaka przez analizę ruchu odmianowego z uwzględnieniem udziału poszczególnych polskich stacji hodowli ziemniaka, wysokości plonowania oraz efektów hodowli odpornościowej. Na podstawie uzyskanych wyników autorzy stwierdzili, że w badanym okresie (1946–2007):

- polska hodowla ziemniaka notowała sukcesy adekwatne do znaczenia ziemniaka w polskim rolnictwie;
- rocznie wprowadzano średnio 3–4 nowe odmiany;
- prace hodowlane skupiały się głównie na odmianach średnio wczesnych, średnio późnych i późnych;
- odmiany skrobiowe stanowiły około 30% liczby nowo rejestrowanych odmian;
- odnotowano wyraźny postęp w plonowaniu, zawartości skrobi oraz innych ważnych cechach gospodarczych i biologicznych ziemniaka.

ILOŚCIOWE METODY SZACOWANIA POSTĘPU HODOWLANEGO I ODMIANOWEGO

W literaturze dotyczącej postępu biologicznego można spotkać szereg różnych podejść do problemu jego ilościowej estymacji. Stosowane metody oceny są bardzo różne i zależą w głównej mierze od rodzaju i pochodzenia analizowanych danych.

Oceny postępu hodowlanego i odmianowego dokonuje się często na podstawie ścisłych doświadczeń odmianowych i stosuje się zwykłą analizę funkcji regresji liniowej ($y = a + b \cdot x$) plonów względem lat rejestracji badanych odmian (Kamasa, 1983; Calderini i in., 1995; Schuster i in., 1977, 1982; Fisher i in., 1998; Sayre i in., 1998; Slafer i Peltonen-Sainio, 2001; Ustun i in., 2001; Trethowan i in., 2002). W przypadku ścisłych doświadczeń rzadko stosuje się funkcję regresji wielomianowej drugiego stopnia ($y = a + b \cdot x + c \cdot x^2$) (Hesselbach, 1985; Ustun i in., 2001). W literaturze można również odnaleźć prace, w których autorzy wykorzystali analizę regresji wielokrotnej i analizę wariancji do oceny

potencjału plonotwórczego, a co za tym idzie do oceny postępu genetycznego w roślinach uprawnych (Teklu i Tefera, 2005).

Różnice w obserwowanych wartościach cech ilościowych wynikające z występowania interakcji genotypowo-środowiskowych oraz z różnych warunków przeprowadzania doświadczeń mogą utrudniać i zaciemniać obraz wykonanych analiz. Dlatego też, zależnie od ilości dostępnych danych i od okresu jaki obejmuje analiza, często wykorzystuje się metody oparte na porównaniach efektów poszczególnych odmian z wzorcem stałym, wzorcem zbiorowym, bądź wzorcem pomostowym. Zastosowanie jednego z wyżej wymienionych wzorców pozwala wyeliminować lub zminimalizować zmienność, wynikającą ze zróżnicowanych warunków środowiskowych pomiędzy latami (Oleksiak i in., 2004).

Metodę oceny postępu odmianowego opartą na ocenie procentowego potencjału doboru w latach zaproponowała Silvey (1978 a, 1978 b, 1981, 1986). Potencjał doboru wyznacza się według poniższego wzoru:

$$Pd_r = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot Y_{ir}^{(\%C)})}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (1)$$

gdzie: Pd_r — potencjał doboru w roku r [%]; P_i — udział i -tej odmiany w całej powierzchni uprawy gatunku w roku r [%]; $Y_{ir}^{(\%C)}$ — plon i -tej odmiany w procentach wzorca w r -tym roku [%].

Tak wyznaczone wartości porównuje się między latami i ocenia się kierunek trendu. Rosnący w czasie potencjał doboru świadczy o postępie, natomiast malejący o regresie (Oleksiak, 1997 a).

Metodę opartą na porównaniu efektów poszczególnych odmian ze zbiorowym zmiennym wzorcem ważonym (ZZWW — EFEK) zaproponowali Krzymuski i Kaczyński (1980). Autorzy wyznaczyli wskaźnik postępu odmianowego jako różnicę średniego plonu odmian wprowadzonych po raz pierwszy do obrotu w rozpatrywanym roku oraz średniego plonu pozostałych odmian (wzorca zbiorowego) według wzoru:

$$W_{PO} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} - \frac{\sum_{j=1}^s y_j}{s} \quad (2)$$

gdzie: W_{PO} — wskaźnik postępu odmianowego; x_i , y_i — średnie plony odmian (odpowiednio nowych i starych) w roku; n — liczba nowych odmian; s — liczba odmian starych.

Autorzy zaznaczyli jednak, iż może się zdarzyć, że w określonym roku nowe odmiany będą plonowały powyżej lub poniżej swoich potencjalnych możliwości. Wyniki takie nie odpowiadałyby wówczas rzeczywistemu postępowi i dlatego autorzy zaproponowali, aby analizę postępu biologicznego wykonywać tą metodą na podstawie kilkuletnich obserwacji.

Zaproponowana metoda nie umożliwiała jednak oszacowania efektu ulepszenia odmiany w hodowli zachowawczej. Efekt ten szacuje się przez obliczenie efektywności doboru odmian. Efektywność doboru odmian wyznacza się na podstawie plonów odmian w doświadczeniach oraz zmian ich procentowego udziału w doborze krajowym. Można wyróżnić planowaną efektywność doboru odmian (EF_p), obliczaną na podstawie plonów

odmiany w dwóch latach poprzedzających decyzje rejonizacyjne i stanowiące ich podstawę oraz realizowaną efektywność doboru odmian (EF_r), wyznaczaną na podstawie plonów w danym roku, którego decyzje nie dotyczą.

$$EF_p = \frac{1}{100} \cdot \sum_{i=1}^{n+s+w} \left(\frac{x_{(k-1)i} - \bar{x}_{(k-1)} + x_{(k-2)i} - \bar{x}_{(k-2)}}{2} \right) \cdot (y_{ki} - y_{(k-1)i}) \quad (3)$$

$$EF_r = \frac{1}{100} \cdot \sum_{i=1}^{n+s+w} (x_{ki} - \bar{x}_k) \cdot (y_{ki} - y_{(k-1)i}) \quad (4)$$

gdzie: EF_p — potencjalna efektywność doboru odmian; EF_r — realizowana efektywność doboru odmian; x — średnie plony odmiany w roku; y — procentowy udział odmiany w doborze w roku; n — liczba nowych odmian w doborze; s — liczba starych odmian w doborze; w — liczba odmian wycofanych; k — rozpatrywany rok.

Metoda ZZWW — EFEK została dobrze opisana i była często stosowana w badaniach rejonizacyjnych odmian roślin uprawnych (Bilski i in., 1979; Krzymuski i Kaczyński, 1980; Kamasa, 1983; Krzymuski i Wilkos 1985, 1986; Krzymuski, 1988).

W 1993 roku Krzymuski i wsp. zaproponowali inną metodę, opartą na zbiorowym zmiennym wzorcu ważonym (ZZWW). Polegała ona na obliczeniu średniego plonu zarejestrowanych odmian na podstawie wyników z doświadczeń odmianowych, ważonego procentowym udziałem tych odmian w produkcji. W każdym roku określa się plon średni na podstawie danych z obecnego roku i z roku poprzedniego. Postęp odmianowy (autorzy zamiennie używali terminu „postęp genetyczny”) wyznacza się według wzoru:

$$PG_r = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{ir} \cdot P_{ir}) - \sum_{i=1}^n (Y_{ir} \cdot P_{i(r-1)})}{100} \quad (5)$$

gdzie: PG_r — postęp odmianowy („postęp genetyczny”) w roku r ; P_{ir} — udział i -tej odmiany w całej powierzchni uprawy gatunku w roku r ; $P_{i(r-1)}$ — udział i -tej odmiany w całej powierzchni uprawy gatunku w roku poprzedzającym rok r ; Y_{ir} — plon i -tej odmiany w roku r ; n — liczba badanych odmian.

Postać wzoru (5) jest uproszczona i ma zastosowanie tylko wtedy, gdy w badanym roku uprawiane były wyłącznie te same odmiany co w roku poprzednim. W praktyce sytuacja taka zdarza się niezmiernie rzadko. W pozostałych przypadkach zastosowanie ma pełna forma wzoru (Oleksiak i in., 2004):

$$PG_r = \left[\left(\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{ir}^{(\%)}) \cdot P_{ir}}{\sum_{i=1}^n P_{ir}} \right) - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{ir}^{(\%)}) \cdot P_{i(r-1)}}{\sum_{i=1}^n P_{i(r-1)}} \right) \right] \cdot Y_r \quad (6)$$

gdzie: PG_r — postęp odmianowy („postęp genetyczny”) w roku r ; P_{ir} — udział i -tej odmiany w całej powierzchni uprawy gatunku w roku r ; $P_{i(r-1)}$ — udział i -tej odmiany w całej powierzchni uprawy gatunku w roku poprzedzającym rok r ; $Y_{ir}^{(\%)}$ — plon i -tej odmiany w procentach średniego plonu gatunku w roku r ; Y_r — średni plon gatunku w roku r ; n — liczba badanych odmian.

Oszacowane w ten sposób wartości postępu odmianowego z kilku lat można uogólnić za pomocą równania regresji liniowej. Możliwość stosowania tej metody jest jednak ograniczona długością okresu prowadzenia badań, który nie może być krótszy niż 5 lat. Ponadto, często nie udaje się wyznaczyć statystycznie istotnego trendu zmian w postępie odmianowym.

Metodę ZZWW stosowano w wielu pracach (Krzymuski, 1989, 1991 a, 1991 b, 1991 c, 1994, 1996, 1997; Krzymuski i in., 1993; Krzymuski i Laudański, 1994, 1996; Oleksiak, 1997 a; Runowski, 1997; Krzeczowska i Krzymuski, 1998; Krzymuski i Krzeczowska, 1998; Arseniuk i in., 2004), jednak wyniki osiągnięte z zastosowania tej metody jest trudno porównać z wynikami osiągniętymi przy zastosowaniu innych metod.

Jedną z najlepszych, metod oceny ilościowego postępu biologicznego w roślinach rolniczych, zaproponowali Feyerherm i Paulsen (1984). Metoda ta, zwana potocznie „metodą Feyerherma”, oparta jest na wyznaczeniu indeksów DYA_i (differential yielding ability — efektu różnicującego potencjału plonotwórczego) według wzoru:

$$DYA_i = \sum_{r=1}^{N_{ic}} \frac{(Y_{ir} - Y_{cr})}{N_{ic}} \quad (7)$$

gdzie: DYA_i — indeks różnicującego potencjału plonotwórczego i -tej odmiany; N_{ic} — liczba lat w których badano i -tą odmianę oraz wzorzec c ; Y_{ir} — plon i -tej odmiany w r -tym roku; Y_{cr} — plon wzorca c w r -tym roku.

Indeksy DYA_i były wyznaczane dla poszczególnych regionów, uwzględnianych w badaniach. Następnie różnice pomiędzy indeksami DYA_i w tych regionach były sprawdzane za pomocą testu F analizy wariancji. Jeżeli nie stwierdzano istotnego zróżnicowania indeksów pomiędzy regionami, do dalszej analizy wyznaczano indeks łączny ze wszystkich regionów, natomiast gdy stwierdzano istotne różnice pomiędzy regionami, dzielono badane obszary za pomocą wielokrotnego testu Duncana na mniejsze grupy jednorodne i dalsze analizy wykonywano oddzielnie, w ramach poszczególnych grup.

Następnie dla tak ustalonego indeksu DYA_i wyznaczano błąd standardowy według wzoru:

$$SE(DYA_i) = \sqrt{\frac{MSE}{N_{ic}}} \quad (8)$$

gdzie: $SE(DYA_i)$ — błąd standardowy oceny wartości indeksu DYA_i ; N_{ic} — liczba lat w których badano odmianę i oraz wzorzec c ; MSE — średni kwadrat odchyłeń dla błędu wyznaczany w teście F analizy wariancji.

Kolejnym krokiem w tej metodzie jest wyznaczenie średnich wartości indeksu różnicującego potencjału plonotwórczego dla poszczególnych lat. Indeks średni wyznaczano według wzoru:

$$\overline{DYA}_r = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot DYA_i)}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (9)$$

gdzie: \overline{DYA}_r — średni indeks różnicujący potencjał plonotwórczy; P_i — procentowy udział i -tej odmiany w powierzchni uprawy gatunku.

Błąd standardowy dla indeksu średniego \overline{DYA}_r wyznaczano ze wzoru:

$$SE(\overline{DYA}_r) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_i \cdot P_j \cdot C(DYA_i; DYA_j)}{\sum_{i=1}^n P_i}} \quad (10)$$

gdzie: $SE(\overline{DYA}_r)$ — błąd standardowy dla indeksu średniego \overline{DYA}_r ; $C(DYA_i; DYA_j)$ — kowariancja pomiędzy indeksami DYA_i oraz DYA_j ; $i \neq j$.

W ostatnim kroku prezentowanej metody, dla badanego regionu wyznaczano różnicę pomiędzy badanymi latami. Różnicę tą wyrażano jako dystans o rozkładzie t-Studenta wyznaczany według wzoru:

$$t_D = \left| \frac{\overline{DYA}_{r_1} - \overline{DYA}_{r_2}}{\sqrt{[SE(\overline{DYA}_{r_1})]^2 + [SE(\overline{DYA}_{r_2})]^2}} \right| \quad (11)$$

gdzie: t_D — dystans obrazujący różnicę pomiędzy wynikami uzyskanymi dla dwóch lat; \overline{DYA}_{r_1} — średni indeks \overline{DYA}_r w roku 1; \overline{DYA}_{r_2} — średni indeks \overline{DYA}_r w roku 2; $SE(\overline{DYA}_{r_1})$ — błąd średniego indeksu \overline{DYA}_r w roku 1; $SE(\overline{DYA}_{r_2})$ — błąd średniego indeksu \overline{DYA}_r w roku 2.

Na podstawie wyznaczonego dystansu szacowano wielkość faktycznego postępu biologicznego w obrębie badanego gatunku roślin pomiędzy dwoma latami (okresami). Metoda ta była wielokrotnie modyfikowana i wykorzystywana do szacowania postępu biologicznego, odmianowego i hodowlanego w obrębie większości gatunków roślin uprawnych (Oleksiak, 1997 a, 2001, 2002, 2003; Mańkowski i Oleksiak, 2003; Arseniuk i in., 2004; Oleksiak i in., 2004).

Ocena PB w produkcji na podstawie doświadczeń ścisłych w niewielkim tylko stopniu oddaje rzeczywistość. Istnieje zatem potrzeba gromadzenia rzeczywistych danych z gospodarstw rolnych (np. za pomocą badań ankietowych lub prowadząc doświadczenia produkcyjne). Tego typu informacje charakteryzują się jednak bardzo dużą zmiennością i są obciążone dużym błędem systematycznym, związanym w głównej mierze z odmiennymi uwarunkowaniami geograficzno-glebowymi oraz z różnicami w poziomie kultury gospodarowania w gospodarstwach rolnych (Mańkowski, 2003; Oleksiak i in., 2004). W celu zminimalizowania wspomnianego błędu systematycznego, do oceny postępu biologicznego włącza się ocenę interakcji genotypowo-środowiskowej ($G \times E$). Jest ona jedną z podstawowych analiz przeprowadzanych w przypadku danych z tzw. doświadczeń łańcuchowych czy też produkcyjnych (ang. on-farm) (Eskridge i in., 1993; Evans i Fisher, 1999; Sumith de i Abey Siriwardena, 2001; Mekbib, 2003).

W roku 2004 Oleksiak i wsp. zaproponowali modyfikację „metody Feyerherma”. Zmodyfikowana metoda składała się z następujących kroków:

Budowa wzorca do porównań

W przypadku badań obejmujących długi okres czasu, wzorca do porównań nie można było oprzeć na jednej odmianie (wzorzec pojedynczy). Dlatego zaproponowano zastosowanie wzorca pomostowego, zbudowanego z kilku odmian, w taki sposób, by w każdym roku badań występowały obserwacje przynajmniej dla dwóch odmian wchodzących w skład wzorca. Braki danych ekstrapolowano.

O ile w przypadku doświadczeń ścisłych ważnym jest aby panować nad jak największą liczbą czynników wpływających na badaną roślinę, o tyle w produkcji polowej na znaczną większość takich czynników badacz nie ma wpływu. Genotypy często wykazują interakcję ze zmieniającymi się warunkami otoczenia. Interakcja ta może uzewnętrznić się zarówno w warunkach polowych, jak i w doświadczeniach ścisłych. Aby uniezależnić wyniki od wpływu tych losowych czynników oraz interakcji genotypowo-środowiskowej konieczna

jest ocena stabilności cech badanych odmian. W przypadku porównań z wzorcem wystarczy, aby wzorzec zbudowany był z odmian charakteryzujących się stabilnością badanych cech. W celu oceny stabilności plonowania i wyboru właściwych odmian do budowy wzorca przeprowadzono analizę interakcji genotypowo-środowiskowej ($G \times E$) badanych odmian. W przypadku roślin rolniczych wyróżnić można dwa rodzaje stabilności cech (Becker i Léon, 1988) — stabilność w sensie biologicznym (średnia wartość cechy praktycznie nie zmienia się w zmieniających się warunkach środowiska) oraz stabilność w sensie rolniczym (średnia wartość obserwowanej cechy zmienia się proporcjonalnie ze współczynnikiem korelacji $r = 1$, do przeciętnej reakcji określonej na podstawie średniej środowiskowej tej cechy).

Metody statystyki matematycznej pozwalają na szacowanie stabilności cech w sensie rolniczym. Istnieje szereg modeli interakcji genotypowo-środowiskowej, spośród których do najczęściej używanych można zaliczyć model mieszany Shukli wraz z modelem regresji łącznej Eberharta-Russella-Shukli (Eberhart i Russell, 1966; Shukla, 1972; Piepho, 1996, 1999; Maragi i Kang, 1997; Mądry, 2003; Mądry i Kang, 2005) oraz model mieszany Scheffégo-Calińskiego wraz z modelem regresji łącznej Calińskiego-Kaczmarka (Scheffé, 1959; Caliński, 1966; Caliński i in., 1979, 1997; Kaczmarek, 1986; Mądry i Rajfura, 2003; Mądry i Kang, 2005).

Ponieważ w zmodyfikowanej „metodzie Feyerherma” (Oleksiak i in., 2004) analizę stabilności plonowania odmian wykonuje się na podstawie danych pochodzących najczęściej bezpośrednio z produkcji polowej, przed analizą należy wyłączyć efekty wpływu warunków uprawy na obserwowane plony. W tym celu dokonuje się „poprawienia” plonów metodą regresyjną (Oleksiak i in., 2004). Analizę interakcji $G \times E$ wykonuje się na plonach „poprawionych”.

Wzorzec pomostowy budują te odmiany, które w wyniku przeprowadzonej analizy interakcji $G \times E$ zostały uznane za plonujące stabilnie w sensie rolniczym.

Wyznaczenie indeksów potencjału plonotwórczego dla poszczególnych odmian

Po wyznaczeniu plonów dla wzorca pomostowego można przejść do wyznaczenia indeksów potencjału plonotwórczego dla wszystkich odmian objętych badaniami. W tym celu wyznacza się indeksy $CDYA_i$ (ang. cultivar differential yielding ability), które na podstawie średniej dla wieloleci wielkości odchylenia od wzorca, określały zdolność plonotwórczą poszczególnych odmian. Wartości $CDYA_i$ obliczono według wzoru:

$$CDYA_i = \frac{1}{N_{ic}} \cdot \sum_{r=1}^{N_{ic}} (Y_{ir} - Y_{cr}) \quad (12)$$

gdzie: $CDYA_i$ — indeks i -tej odmiany ($t \cdot ha^{-1}$); Y_{ir} — plon i -tej odmiany w r -tym roku ($t \cdot ha^{-1}$); Y_{cr} — plon wzorca w r -tym roku ($t \cdot ha^{-1}$); N_{ic} — liczba lat, w których badano odmiany.

Wyznaczenie indeksów potencjału plonotwórczego dla gatunku w danym roku

Po uwzględnieniu procentowego udziału poszczególnych odmian w produkcji lub udziału w ogóle badanych odmian wyznacza się indeksy gatunku w poszczególnych latach według wzoru:

$$SDYA_r = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot CDYA_i)}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (13)$$

gdzie: $SDYA_r$ — indeks gatunku (ang. species differential yielding ability) w roku r ($t \cdot ha^{-1}$); P_i — udział i -tej odmiany w produkcji lub w ogóle badanych odmian w roku r (%); n — liczba odmian badanych w r -tym roku.

Dla wyznaczonych indeksów $SDYA_r$ przeprowadza się analizę regresji liniowej w czasie, na podstawie której identyfikuje się trendy zmian tych efektów. Trendy te określają postęp hodowlany, bądź postęp odmianowy w ujęciu ilościowym (Mańkowski i Oleksiak, 2003; Oleksiak i in., 2004).

Do oceny ilościowego postępu hodowlanego i odmianowego w dalszych częściach niniejszej pracy wykorzystano zmodyfikowaną „metodę Feyerherma” (Oleksiak i in., 2004). Pozwala ona na ocenę efektów postępu hodowlanego i odmianowego na podstawie danych pochodzących z różnych źródeł (doświadczeń odmianowych, nasiennictwa, czy też produkcji polowej — badań ankietowych). Ponadto wyniki oceny postępu hodowlanego i odmianowego uzyskane tą metodą, pochodzące z różnych źródeł są w pełni porównywalne i pozwalają na kompleksowe podejście do tematyki postępu w hodowli roślin.

DYSKUSJA I PODSUMOWANIE

Zagadnienia związane z postępowaniem biologicznym są bardzo złożone. Może o tym świadczyć różne rozumienie i definiowanie takich pojęć, jak postęp biologiczny, hodowlany, odmianowy czy genetyczny. Można spotkać wiele podejść do tego zagadnienia. Różnorodność ta nie wpływa jednak pozytywnie na stan wiedzy w tym zagadnieniu. W przypadku ziemniaka niewiele jest prac, które obejmują długi okres jego uprawy i opisują równocześnie zagadnienie postępu biologicznego, obejmującego plenność, jakość czy zmiany w efektach hodowli, nasiennictwie i uprawie polowej. Zdecydowana większość opracowań dotyczy bądź to krótkich okresów czasu, bądź tylko wybranych zagadnień związanych z postępowaniem biologicznym.

Niniejsze opracowanie powstało z zamiarem szerszego spojrzenia na zagadnienia związane z postępowaniem biologicznym.

Analiza średnich plonów ziemniaka podawanych przez GUS (rys. 1) wykazała, że w latach 1957–2003 oscylowały one w granicach 12–20 $dt \cdot ha^{-1}$. W tym okresie występowały wyraźne wahania plonów, ale brak było wyraźnego trendu ich zmian. W przypadku plonów uzyskiwanych w doświadczeniach odmianowych, prócz wyraźnych wahań w latach, dało się dostrzec trend wzrostowy. Rosła więc dysproporcja pomiędzy plonami w doświadczeniach a plonami uzyskiwanymi przez rolników. Pod koniec lat 50. XX wieku średnie plony w produkcji wynosiły 12,7 $dt \cdot ha^{-1}$, w tym samym czasie plony w doświadczeniach SDOO (Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian) były na poziomie 24,1 $dt \cdot ha^{-1}$. Tak więc różnica w uzyskiwanych plonach wynosiła około 47%. Na początku XXI wieku średnia wysokość plonów w produkcji wynosiła 17,8 $dt \cdot ha^{-1}$, a w doświadczeniach SDOO 44,6 $dt \cdot ha^{-1}$. Różnica wzrosła więc do około 60%. Średnio w latach 1986–2003 plony podawane przez GUS wynosiły 17,8 $dt \cdot ha^{-1}$, plony uzyskiwane w gospodarstwach produkcyjnych objętych badaniami ankietowymi wynosiły 19,5 $dt \cdot ha^{-1}$, natomiast plony w doświadczeniach odmianowych wynosiły 37,7 $dt \cdot ha^{-1}$. Różnica pomiędzy plonami podawanymi przez GUS a plonami z doświadczeń wynosiła w tym

okresie 53%, a różnica pomiędzy plonami uzyskiwanymi w gospodarstwach produkcyjnych a plonami z doświadczeń SDOO wynosiła około 48%. Oleksiak (1992) zaznacza, że średni stosunek plonów uzyskiwanych w produkcji do plonów uzyskiwanych w doświadczeniach w krajach Europy Zachodniej wynosi blisko 90%. Arseniuk (2003) tłumaczył różnice pomiędzy plonami uzyskiwanymi w produkcji polowej i w doświadczeniach odmianowych niewłaściwą agrotechniką, która może powodować spadek plonowania nawet najlepszych odmian. Tak więc w parze z postępowaniem, wnoszonym przez nowe, lepsze i plenniejsze odmiany, powinien iść postęp w technologii i technice produkcji polowej. Oleksiak (1992), prócz zbyt niskiego poziomu agrotechniki, do przyczyn tak słabego wykorzystania potencjału plonotwórczego odmian dodaje zbyt wolne przenoszenie postępu odmianowego wytworzonego przez hodowlę do produkcji polowej. Ponadto wyżej wymieniony autor stwierdza, że przyczyną zbyt słabego przenoszenia efektów hodowli może być zła organizacja nasiennictwa. Do wymienionych przyczyn różnic w plonowaniu odmian w doświadczeniach i w produkcji polowej ziemniaka Runowski (1997) dodaje złą sytuację finansową rolników, która ogranicza nakłady na produkcję, a także stosowanie materiału siewnego złej jakości. Zimnoch-Guzowska i wsp. (2006) wskazują dodatkowo na duże rozdrobnienie produkcji ziemniaka (średnia powierzchnia pola ziemniaków według GUS wynosi 0,52 ha) oraz słabą ochronę chemiczną zwłaszcza przed zarazą ziemniaczaną i stonką ziemniaczaną.

Wahania plonów ziemniaka, obserwowane zarówno w produkcji polowej, jak i w doświadczeniach odmianowych, mogły być powodowane różnymi warunkami pogodowymi, agrotechniczno-siedliskowymi oraz nasileniem chorób w czasie trwania wegetacji. Na te i inne przyczyny wahań plonowania ziemniaka wskazuje Roztropowicz (1971). Dodatkowym czynnikiem, powodującym zmienność w wysokości uzyskiwanych plonów, może być interakcja genotypowo-środowiskowa ($G \times E$). Istnienie interakcji $G \times E$ dla znajdujących się w uprawie odmian ziemniaka potwierdziły badania prowadzone między innymi przez COBORU, czy Mańkowskiego (2003).

Przy takiej złożoności ocena postępu odmianowego, czy też hodowlanego w ziemniaku jest bardzo trudna. Po pierwsze należy podzielić postęp odmianowy i hodowlany na postęp ilościowy — związany ze zmianami wielkości cech mierzalnych (np. plon) oraz postęp jakościowy — związany ze zmianami cech jakościowych, często nie dających się jednoznacznie zmierzyć (odporność na choroby, wartość użytkowa, itp.).

Ocena ilościowa postępu hodowlanego i odmianowego, wymaga dobrania właściwej metody. W literaturze opisanych jest wiele podejść. Każde z nich posiada swoje zalety i wady, każde ma również jakieś ograniczenia. Przedstawione w niniejszej pracy metody pozwalają na ocenę różnicy w podejściu badacza do oceny ilościowego postępu odmianowego i hodowlanego.

Zmodyfikowana „metoda Feyerherma” (Feyerherm i in., 1989; Oleksiak i in., 2004), zaproponowana do oceny ilościowego postępu hodowlanego i odmianowego, umożliwia wyznaczenie potencjałów plonotwórczych pojedynczych odmian (indeksy $CDYA_i$) na podstawie danych z wielolecia oraz wyznaczenie potencjałów plonotwórczych (indeksy $SDYA_r$) całego gatunku lub wybranych grup odmian w danym roku. Wyznaczone dla

indeksów *SDYA*, trendy liniowe pozwalają na ocenę charakteru zmian zachodzących w badanych odmianach. Rodzaj tych zmian może świadczyć o postępie, bądź regresie w ilościowej ocenie odmian i efektów hodowli.

Wykorzystanie, w analizach danych pochodzących z badań produkcyjnych (ankietowych), plonów „poprawionych”, nie obciążonych efektem towarzyszących czynników uprawy, pozwala na uniezależnienie wyników wykonywanych analiz od zmiennych warunków technologicznych i agrotechnicznych w produkcji polowej. Ponadto zastosowanie wzorca zbiorowego o charakterze pomostowym (z ekstrapolacją brakujących danych) pozwala na wykorzystanie jednego wzorca dla całego analizowanego okresu oraz dla różnych zbiorów danych (z doświadczeń odmianowych, z produkcji nasiennej oraz z badań ankietowych, czyli produkcji polowej).

LITERATURA

- Arseniuk E. 2003. Nowy wizerunek polskiego ziemniaka. W: Ziemniaki — nowe wyzwania. Warszawa, Agro Serwis: 3 — 8.
- Arseniuk E., Krzymuski J. (red.), Martyniak J., Oleksiak T. 2004. Historia hodowli i nasiennictwa na ziemiach Polskich w XX wieku. Rośliny rolnicze. Poznań, IHAR Radzików.
- Becker H. C., Léon J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding*, 10: 1 — 23.
- 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.
- Bilski E., Krzymuski J., Szymczyk R. 1979. Zastosowanie elektronicznej techniki obliczeniowej w niektórych pracach nad rejonizacją odmian roślin uprawnych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*: 323 — 336.
- Calderini D. F., Dreccer M. F., Slafer G. A. 1995. Genetic improvement in wheat yield and associated traits. A re-examination of previous results and the latest trends. *Plant Breeding*, 114: 108 — 112.
- Caliński T. 1966. On the distribution of the F-type statistic in the analysis of a group of experiments. *J. Roy. Stat. Soc. Series B*, 28: 526 — 542.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1979. Analiza interakcji genotypowo-środowiskowej. Cz. 3. Zastosowanie analizy regresji oraz analizy składowych głównych. IX Coll. Metodol. Z Agrobiom. PAN, Warszawa: 5 — 28.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1997. A multivariate approach to analysis genotype-environment interactions. In: Krajewski P., Kaczmarek Z. (ed.), *Advances in Biometrical Genetics*. Poznań: 3 — 14.
- Chotkowski J., Stypa I. 2007. Ocena postępu hodowlanego w produkcji ziemniaka w Polsce w latach 1946–2007. *Biul. IHAR* 245: 181 — 189.
- Eberhart S. A., Russel W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*, 6: 36 — 40.
- Eskridge K. M., Smith O. S., Byrne P. E. 1993. Comparing test cultivars using reliability functions of test-check differences from on-farm trials. *Theor. Appl. Gen.* 87: 60 — 64.
- Evans L. T., Fisher R. A. 1999. Yield potential: its definition, measurement and significance. *Crop Sci.* 39: 1544 — 1551.
- Feyerherm A. M., Paulsen G. M., Sebaugh J. L. 1984. Contribution of genetic improvement to recent wheat yield increases in the USA. *Agronomy Journal*, 76: 985 — 990.
- Fisher R. A., Rees D., Sayre K. D., Lu Z.-M., Condon A. G., Larque Saavedra A. 1998. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. *Crop Sci.*, 38: 1467 — 1475.
- Hesselbach J. 1985. Breeding progress with winter barley (*Hordeum vulgare* L.). *Z. Pflanzenzüchtg.* 94: 101 — 110.

- Kaczmarek Z. 1986. Analiza doświadczeń wielokrotnych zakładanych w blokach niekompletnych. Roczniki AR w Poznaniu, Rozprawy Naukowe, Poznań.
- Kamasa J. 1983. Postęp odmianowy ziemniaka w Polsce. Praca doktorska, Słupia Wielka, COBORU.
- Kamasa J. 2003. Charakterystyka rejestru odmian ziemniaka. W: Ziemniaki — nowe wyzwania. Warszawa, Agro Serwis: 21 — 24.
- Krzeczkowska A., Krzymuski J. 1998. Postęp odmianowy oraz zmiany w agrotechnice i produkcji buraka cukrowego w Polsce w latach 1994–1996. Biuletyn IHAR, Nr 207: 153 — 162.
- Krzymuski J. 1984. Efektywność plonotwórcza postępu odmianowego. Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych, 305: 179 — 182.
- Krzymuski J. 1988. Ocena postępu odmianowego w plonach głównych ziemniaków w skali kraju. Biuletyn Oceny Odmian, Tom XIII Z. 19: 13 — 23.
- Krzymuski J. 1989. Potencjalna i rzeczywista efektywność postępu biologicznego w produkcji zbóż w Polsce. Biuletyn IHAR, Nr 171–172: 29 — 38.
- Krzymuski J. 1991 a. Postęp biologiczny w buraku cukrowym w świetle wyników doświadczalnych i produkcyjnych. Biuletyn IHAR, Nr 178: 3 — 10.
- Krzymuski J. 1991 b. Postęp odmianowy w produkcji zbóż w Polsce. Część I. Problematyka, zakres, materiał i metody badań. Biuletyn IHAR, Nr 177: 3 — 8.
- Krzymuski J. 1991 c. Postęp odmianowy w produkcji zbóż w Polsce. Część II. Wyniki doświadczeń ekstrapolowane do produkcji. Biuletyn IHAR, Nr 177: 9 — 16.
- Krzymuski J. 1991 d. Postęp w hodowli odmian i jego wykorzystanie w produkcji. Cz. I. Zboża, okopowe, oleiste. Biuletyn IHAR, Nr 180: 65 — 73.
- Krzymuski J. 1993 a. Ekonomiczne aspekty nasiennictwa. Biul. IHAR 188: 187 — 193.
- Krzymuski J. 1993 b. O sytuacji w postępie biologicznym. Hodowla Roślin i Nasiennictwo, 2: 1 — 5.
- Krzymuski J. 1994. Postęp odmianowy w plonach zbóż w latach 1991–1993. Biul. IHAR 192: 69 — 78.
- Krzymuski J. 1996. Zmiany w uprawie i w produkcji ziemniaka. Cz. I. Postęp biologiczny. Biul. IHAR 197: 273 — 282.
- Krzymuski J. 1997. Postęp w hodowli odmian i jego wykorzystanie w produkcji w latach 1991–1995. Cz. I. Główne ziemniaki — zboża podstawowe, ziemniak, burak cukrowy i rzepak ozimy. Biul. IHAR 201: 5 — 13.
- Krzymuski J. 1998. Postęp biologiczny w rolnictwie. W: Woś A. (red.), Encyklopedia Agrobiznesu. Warszawa, Fundacja Innowacja — Wyższa Szkoła Społeczno-Ekonomiczna.
- Krzymuski J., Kaczyński L. 1980. Efektywność postępu odmianowego w zbożach w latach 1996–1997. Biul. Oc. Odm. Zesz. 2 (12): 47 — 65.
- Krzymuski J., Krzeczkowska A. 1998. Postęp odmianowy w plonach zbóż w latach 1994–1996. Biul. IHAR 207: 3 — 13.
- Krzymuski J., Ludański Z. 1994. Optymalizacja częstotliwości wymiany odmian i nasion zbóż. Część 3. Postęp odmianowy. Biul. IHAR 189: 133 — 139.
- Krzymuski J., Ludański Z. 1996. Ilościowe wskaźniki postępu genetycznego pszenicy ozimej i żyta. Biul. IHAR 200: 47 — 52.
- Krzymuski J., Ludański Z., Oleksiak T. 1993. Metody oceny postępu genetycznego. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, 223: 49 — 56.
- Krzymuski J., Wilkos S. 1985. Ilościowe wskaźniki postępu i wartości odmian. KUR-PAN I PTB: 47 — 85.
- Krzymuski J., Wilkos S. 1986. Postęp odmianowy w ziemniaku i jego wykorzystanie. Biuletyn Instytutu Ziemniaka, 34: 13 — 23.
- Łuniewski H. 1996. Aktualna sytuacja w hodowli i nasiennictwie ziemniaka w Polsce. Hodowla Roślin i Nasiennictwo, 1: 20 — 22.
- Mańkowski D. R. 2003. Ocena postępu w uprawie ziemniaka w Polsce w latach 1986–2001. Cz. I. Analiza stabilności plonowania wybranych odmian ziemniaka. Biul. IHAR 228: 185 — 191.
- Mańkowski D. R., Oleksiak T. 2003. Ocena postępu w uprawie ziemniaka w Polsce w latach 1986–2001. Cz. II. Postęp hodowlany w uprawie ziemniaka. Biul. IHAR 228: 193 — 203.
- Maragi R., Kang M. S. 1997. SAS–STABLE: Stability analysis of balanced and unbalanced data. Agron. J., 90: 929 — 932.

- Mądry W. 2003. Analiza statystyczna miar stabilności na podstawie danych w klasyfikacji genotypy \times środowiska. Cz. II. Model mieszany Shukli i model regresji łącznej. *Colloquium Biometryczne*, 33: 207 — 220.
- Mądry W., Kang M. S. 2005. Scheffe-Caliński and Shukla Models: Their interpretation and usefulness in stability and adaptation analyses. *Journal of Crop Improvement*, 14(1/2): 325 — 369.
- Mądry W., Rajfura A. 2003. Analiza statystyczna miar stabilności na podstawie danych w klasyfikacji genotypy \times środowiska. Cz. I. Model mieszany Scheffego-Calińskiego i model regresji łącznej. *Colloquium Biometryczne*, 33: 181 — 205.
- Mekbib F. 2003. Yield stability in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Euphytica*, 130: 147 — 153.
- Oleksiak T. 1992. Postęp w hodowli roślin i jego wykorzystanie w produkcji. *Biul. IHAR* 181/182: 61 — 72.
- Oleksiak T. 1997 a. Efekty postępu w hodowli rzepaku ozimego w Polsce. *Biul. IHAR* 201: 27 — 44.
- Oleksiak T. 1997 b. Wpływ czynników agrotechnicznych na plonowanie rzepaku. *Biul. IHAR* 201: 45 — 60.
- Oleksiak T. 2001. Postęp w hodowli żyta i jego praktyczne wykorzystanie w produkcji w Polsce w latach 1986–2000. *Biul. IHAR* 220: 171 — 178.
- Oleksiak T. 2002. Efekty hodowli pszenicy ozimej. Cz. I. Zmiany potencjału plonowania odmian. *Biul. IHAR* 223/224, 67 — 75.
- Oleksiak T. 2003. Efekty hodowli pszenicy ozimej. Cz. II. Odmiana jako czynnik plonotwórczy w doświadczeniach i produkcji. *Biul. IHAR* 228, 11 — 19.
- Oleksiak T., Mańkowski D. R., Ludański Z. 2004. Metoda oceny postępu hodowlanego w warunkach produkcyjnych. *Colloquium Biometryczne*, 34a: 109 — 121.
- Piepho H. P. 1996. Analysis of genotype-by-environment interaction and phenotypic stability. In: Kang M. S., Gauch H. G. (ed.), *Genotype-by-Environment Interaction*. CRC Press, Boca Raton, FL: 151 — 174.
- Piepho H. P. 1999. Stability Analysis using SAS system. *Agron. J.*, 91: 154 — 160.
- Roztropowicz S. 1971. Analiza przyczyn wahań w plonach ziemniaków oraz ich niskiego poziomu w skali kraju i województw. *Biuletyn Instytutu Ziemniaka*, 7: 145 — 170.
- Runowski H. 1997. Postęp biologiczny w rolnictwie. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Sayre K. D., Singh R. P., Huerta-Espino J., Rajaram S. 1998. Genetic progress in reducing losses to leaf rust in CIMMYT-Derived Mexican spring wheat cultivars. *Crop Sci.*, 38: 654 — 659.
- Scheffé 1959. *The analysis of variance*. J. Wiley & Sons, New York.
- Schuster W., Schreiner W., Leonhäuser H., Zschoche K.-H. 1982. Über die Ertragssteigerung bei einigen Kulturpflanzen in den letzten 30 Jahren in der Bundesrepublik Deutschland. *Z. Acker- und Pflanzenbau (J. Agronomy & Crop Science)*, 151: 368 — 387.
- Schuster W., Schreiner W., Müller G. R. 1977. Über die Ertragssteigerung bei einigen Kulturpflanzen in den letzten 24 Jahren in der Bundesrepublik Deutschland. *Z. Acker- und Pflanzenbau (J. Agronomy & Crop Science)*, 145: 119 — 141.
- Shukla G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype \times environment components of variability. *Heredity*, 29: 237 — 245.
- Silvey V. 1978 a. The contribution of new varieties to increasing cereal yield in England and Wales. *J. Natn. Inst. Agric. Bot.*, 14: 367 — 384.
- Silvey V. 1978 b. Methods of analyzing NIAB variety trial data over many sites and several seasons. *J. Natn. Inst. Agric. Bot.*, 14: 385 — 400.
- Silvey V. 1981. The contribution of new wheat, barley and oat varieties to increasing cereal yield in England and Wales 1947-78. *J. Natn. Inst. Agric. Bot.*, 15: 399 — 412.
- Silvey V. 1986. The contribution of new varieties to cereal yields in England and Wales between 1947 and 1983. *J. Natn. Inst. Agric. Bot.*, 17: 155 — 168.
- Slafer G. A., Peltonen-Sainio P. 2001. Yield trends of temperate cereals in high latitude countries from 1940 to 1998. *Agricultural and Food Science in Finland*, 10: 121 — 131.
- Stankiewicz D. 1999. Rola postępu biologicznego w rolniczej produkcji roślinnej. *Informacja nr 672, Sejm RP*.
- Sumith de Z. Abeyasiriwardena D. 2001. Statistical analysis of on-farm yield trials for testing adaptability of rice. *Euphytica*, 121: 215 — 222.

- Teklu Y., Tefera H. 2005. Genetic improvement in grain yield potential and associated agronomic traits of tef (*Eragrostis tef*). *Euphytica*, 141: 247 — 254.
- Trethowan R. M., van Ginkel M., Rajaram S. 2002. Progress in breeding wheat for yield and adaptation in global drought affected environments. *Crop Sci.*, 42: 1441 — 1446.
- Ustun A., Allen F. L., English B. C. 2001. Genetic progress in soybean of the U.S. Midsouth. *Crop Sci.*, 41: 993 — 998.
- Zimnoch-Guzowska E., Flis B., Pawlak A. 2006. Strategiczne kierunki hodowli ziemniaka. W: Ulepszanie roślin uprawnych dla zróżnicowanych agroekosystemów. Materiały z Sympozjum Naukowego z okazji 55-lecia IHAR. IHAR, Radzików.