

**DARIUSZ R. MAŃKOWSKI**<sup>1</sup>**ZBIGNIEW LAUDAŃSKI**<sup>2</sup>**MAŁGORZATA FLASZKA**<sup>3</sup><sup>1</sup> Pracownia Ekonomiki Nasiennictwa i Hodowli Roślin, Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa IHAR — PIB Radzików<sup>2</sup> Zakład Biometrii, Wydział Zastosowań Informatyki i Matematyki, SGGW Warszawa<sup>3</sup> Katedra Doświadczalnictwa i Bioinformatyki, Wydział Rolnictwa i Biologii, SGGW Warszawa

## Propozycja metody oceny postępu biologicznego i technologicznego w uprawie roślin na przykładzie pszenicy ozimej

### **Proposal of a method for assessment of biological and technological progress in crops cultivation on the example of winter wheat**

W pracy, na podstawie danych produkcyjnych, zidentyfikowane cztery główne czynniki odpowiedzialne za kształtowanie się efektywności uprawy pszenicy ozimej. Przeprowadzono szczegółową analizę struktury tych czynników oraz analizę trendów zmian wartości tych czynników w latach badań. Dodatkowo przeanalizowano zmiany w czynnikach nakładowych jakie miały miejsce w badanym okresie. Przeprowadzono również analizę zmian w efektywności technologii produkcji pszenicy ozimej oraz w efektywności doboru odmian do uprawy tego gatunku.

**Słowa kluczowe:** postęp biologiczny, postęp technologiczny, EFA

In this work, based on production data, four main factors were identified responsible for profitability of winter wheat cultivation. A detailed analysis of structure of these factors was performed and trends of changes in the factors' values in the years of study were assayed. Additionally, changes in the costs factors were analyzed which occurred during this period. The changes in efficiency of winter wheat production technology and efficiency of selection of varieties were also examined.

**Key words:** biological progress, technological progress, EFA

### WSTĘP

W rolnictwie, szeroko rozumiany postęp jest ważnym czynnikiem produkcji zmierzającym do poprawy efektywności gospodarowania. Postęp w rolnictwie kojarzy się z osiągnięciem wyższego poziomu produkcyjnego, powodującego uzyskanie określonych efektów jakościowych i ilościowych, jak również uczynienia pracy ludzkiej lżejszą i wydajniejszą. W produkcji rolniczej związane jest to na ogół z osiągnięciem szybszych przyrostów plonów roślin uprawnych w stosunku do tempa wzrostu nakładów. W rolni-

ctwie mamy do czynienia z różnymi rodzajami postępu, które współdziałają ze sobą i wpływają na efektywność pracy rolnika. Można tu wymienić (Runowski, 1997; Mańkowski, 2009):

- 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 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 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 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 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 rzadziej od wymienionych wcześniej modeli regresyjnych 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 połączoną z analizą wariancji do oceny potencjału plonotwórczego odmian, rodów i linii hodowlanych, 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 (Oleksiak i in., 2004; Mańkowski, 2009). Zastosowanie jednego z wyżej wymienionych wzorców pozwala wyeliminować lub zminimalizować zmienność, wynikającą ze zróżnicowanych warunków środowiskowych pomiędzy latami (Silvey, 1978 a, 1978 b, 1981, 1986; Bilski i in., 1979; Krzymuski i Kaczyński, 1980; Kamasa, 1983; Feyerherm i Paulsen, 1984; Krzymuski i Wilkos 1985, 1986; Krzymuski, 1988, 1993; Oleksiak, 1997, Oleksiak i in., 2004).

Celem niniejszego opracowania, na bazie wieloletnich danych ankietowych pochodzących z indywidualnych gospodarstw rolnych prowadzących produkcję towarową pszenicy ozimej, było zaprezentowanie metod poszukiwania struktury czynników agrotechnicznych oraz ocena ich wpływu na poziom produkcji oraz przedstawienie nowatorskiego podejścia do oceny efektów tzw. postępu odmianowego i postępu technologicznego w produkcji pszenicy ozimej.

#### MATERIAŁ I METODY

Do analiz wykorzystano dane produkcyjne pochodzące z badań ankietowych gospodarstw indywidualnych. Badania te prowadzone były przez Pracownię Ekonomiki Nasiennictwa i Hodowli Roślin, Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowego Instytutu Badawczego w Radzikowie. Rozpoczęto je w roku 1986 i były prowadzone w gospodarstwach prowadzących rachunkowość rolną na potrzeby Instytutu Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej. Rocznie ankietowano od 420 do 620 indywidualnych gospodarstw rolniczych. Ankiety wypełniane były przez inspektorów rachunkowości rolnej IERiGŻ. Każda ankieta w postaci karty obejmowała jedno gospodarstwo, a każdy wiersz tej ankiety dotyczył jednego pola, czyli uprawy jednej odmiany jednego gatunku roślin uprawnych (Mańkowski, 2008). Dane z badań ankietowych odnośnie pszenicy ozimej przedstawiały informacje dotyczące 3 980 pól uprawnych i ich przygotowania, o powierzchni pojedynczego pola nie przekraczającej 10 ha i łącznej powierzchni 7 320 ha, z okresu lat 1992–2003.

Do badań wykorzystano dane charakteryzujące czynniki na poziomie pola uprawnego i jego przygotowania (tab. 1). Badane czynniki agrotechniczne miały charakter cech ilościowych oraz cech skategoryzowanych. Zmienne skategoryzowane były wyrażone w skali porządkowej. Natomiast zmienne ilościowe były wyrażone w skali ciągłej (np. nawożenie mineralne, ilość wysiewu) lub skokowej (np. liczba zabiegów ochrony chemicznej).

Zmienne ilościowe do dalszych analiz przekształcono do formy zmiennych skategoryzowanych (tab. 1) w taki sposób aby ich wartości liczbowe odpowiadały kolejnym poziomom cechy. W ten sposób wszystkie czynniki tworzyły dane skategoryzowane porządkowe.

Tabela 1

**Analizowane zmienne dotyczące pola uprawnego i jego przygotowania oraz uprawianej odmiany pszenicy ozimej — wartości oryginalne, przekształcenie do postaci skategoryzowanej i uzyskane po transformacji nieobciążone wartości analizowanych kategorii cech**  
**Analyzed variables concerning field, its preparation and winter wheat cultivars — original values, categorical values of original features and their unbiased forms expressed in yield scale**

| Nazwa zmiennej<br>Variable name              | Zmienne oryginalne<br>Original variables                              |  | Skala zmiennych po przekształceniu do zmiennych skategoryzowanych nominalnych<br>Variable scale after transformation to nominal categorical variables |  | Zróżnicowanie średniego plonu <sup>1</sup> dla poziomów analizowanego czynnika<br>Diversification of the mean yield <sup>1</sup> for the analyzed levels of factor |        |                               |
|--|---|--|---|--|--|--------|-------------------------------|
|  | rodzaj zmiennej<br>variable's type                                    | skala pomiarowa<br>measure scale                                       | liczba poziomów<br>no. of levels  | poziomy levels   | min.   | max.   | wartość średnia<br>mean value |
| 1  | 2   | 3  | 4   | 5  | 6  | 7      | 8                             |
| Przedplon<br>Forecrop                        | zmienna skategoryzowana<br>porządkowa<br>ordinal categorical variable | skala od 0 do 18<br>scale from 0 to 18                                 | 19  | 0- pszenica ozima / winter wheat; 1- pszenica jara / spring wheat; 2- jęczmień ozimy / winter barley; 3- jęczmień jary / spring barley; 4- żyto / rye; 5- owies / oat; 6- pszenżyto ozime / winter triticale; 7 ziemniak / potato; 8- burak cukrowy / sugar beet; 9- rzepak ozimy / winter rape; 10- kukurydza / maize; 11- okopowe pastewne / root plants; 12- mieszanka zbożowa / mixture of cereals; 13- strączkowe na nasiona / legumes for seed; 14- strączkowe na zielonkę / legumes for green mass; 15 -koniczyny / clovers; 16- lucerna / alfalfa; 17- trawy / grasses; 18- inne / other | 34,192   | 47,834 | 40,038                        |
| Obornik<br>Manure                            | zmienna ilościowa skokowa<br>discrete quantitative variable;          | liczba lat od ostatniego nawożenia<br>no. of years from the last usage | 16  | 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 10; 11; 12; 14; 15; 19; 20  | 17,511   | 68,587 | 40,066                        |
| Jakość gleby (klasa)<br>Soil quality (class) | zmienna skategoryzowana<br>porządkowa<br>ordinal categorical variable | klasa bonitacyjna<br>soil class  | 6   | I; II; IIIa; IIIb; IVa; IVb; V; VI   | 28,969   | 44,819 | 40,061                        |
| Odczyn gleby<br>Soil pH                      | zmienna skategoryzowana<br>porządkowa<br>ordinal categorical variable | skala od 1 do 5<br>scale from 1 to 5                                   | 5   | 1 bardzo kwaśny / highly acidic; 2 kwaśny / acidic; 3 lekko kwaśny / slightly acidic; 4 obojętny / neutral; 5 zasadowy / alkaline  | 37,776   | 45,130 | 40,061                        |

| 1                               | 2  | 3  | 4   | 5  | 6      | 7      | 8      |
|---------------------------------|--|--|-----|--|--------|--------|--------|
|                                 |  |  |     | 0; 11; 14,7; 16; 16,4; 17; 18; 18,8; 19; 20; 21; 21,2; 23; 24; 25; 25,5; 26; 26,2; 27; 28; 28,8; 29; 30; 31; 32; 32,9; 33; 34; 35; 37; 37,2; 37,3; 37,5; 37,7; 38; 38,8; 38,9; 39; 40; 41; 42; 42,5; 43; 43,1; 44,4; 44,7; 45; 46; 46,6; 46,7; 47; 48; 48,5; 48,6; 49; 49,3; 49,5; 49,6; 50; 51; 51,1; 51,2; 52; 53; 53,8; 54; 54,4; 54,8; 55; 56; 56,5; 56,6; 56,7; 57; 57,1; 58; 58,2; 59; 59,3; 60; 61; 62; 62,3; 63; 64; 64,7; 65; 65,5; 66; 66,9; 67; 67,3; 67,7; 68; 68,8; 69; 69,9; 70; 70,7; 71; 71,7; 72; 72,2; 72,4; 73; 73,4; 74; 75; 76; 77; 77,6; 78; 78,8; 80; 81; 81,3; 82; 83; 84; 85; 86; 86,6; 87; 88; 89; 90; 90,6; 91; 92; 92,5; 93; 93,9; 94; 94,6; 95; 95,5; 96; 97; 98; 99; 100; 100,4; 101; 102; 103; 104; 104,3; 105; 105,4; 105,7; 106; 106,3; 106,4; 107; 108; 108,5; 108,6; 108,7; 109; 110; 110,7; 111; 111,2; 112; 113; 113,3; 113,6; 114; 115; 116; 117; 118; 118,5; 119; 120; 121; 121,6; 122; 123; 123,1; 124; 124,3; 124,5; 125; 125,3; 126; 126,5; 127; 127,2; 127,3; 128; 128,5; 128,6; 129; 130; 131; 131,4; 132; 132,5; 133; 134; 135; 136; 137; 138; 138,8; 139; 140; 141; 141,5; 142; 142,3; 143; 143,3; 144; 144,5; 145; 146; 146,1; 146,6; 147; 148; 149; 149,3; 150; 151; 152; 152,6; 153; 153,5; 154; 155; 155,3; 156; 156,5; 157; 157,1; 158; 159; 159,4; 160; 160,3; 161; 162; 162,2; 162,5; 163; 164; 164,2; 164,5; 165; 166; 167; 167,5; 168; 168,1; 168,3; 169; 170; 170,2; 170,5; 171; 172; 172,2; 172,4; 172,8; 173; 173,2; 174; 175; 176; 177; 178; 179; 179,6; 180; 181; 182; 182,8; 183; 183,9; 184; 185; 186; 186,7; 187; 187,5; 188; 189; 190; 190,5; 191; 191,9; 192; 192,6; 193; 194; 195; 196; 197; 198; 198,1; 198,5; 199; 199,8; 200; 201; 202; 202,5; 202,9; 203; 203,7; 204; 205; 206; 207; 208; 209; 210; 211; 212; 212,3; 213; 214; 215; 216; 217; 217,8; 218; 218,7; 219; 220; 220,5; 221; 222; 223; 224; 225; 226; 227; 228; 229; 229,1; 230; 231; 232; 233; 233,3; 234; 234,5; 235; 236; 237; 238; 238,7; 239; 240; 241; 242; 243; 243,2; 244; 245; 246; 247; 248; 249; 250; 250,5; 251; 252; 253; 253,3; 253,6; 254; 255; 255,3; 256; 257; 257,7; 258; 259; 260; 261; 262; 263; 264; 265; 266; 267; 268; 270; 271; 272; 273; 275; 276; 277; 278; 279; 280; 282; 283; 284; 286; 287; 288; 290; 291; 292; 293; 294; 295; 296; 296,2; 297; 298; 299; 300; 301; 301,7; 301,8; 304; 305; 306; 308; 309; 310; 311; 312; 313; 314; 316; 318; 319; 320; 321; 322; 326; 328; 330; 331; 332; 334; 335; 336; 338; 340; 341; 342; 345; 346; 347; 350; 352; 355; 357; 359; 360; 362; 363; 364; 365; 367; 370; 371; 372; 373; 382; 383; 388; 402; 403; 408; 425; 461; 462; 490; 540; 549; 570 |        |        |        |
| Nawożenie NPK NPK fertilization | zmienna ilościowa ciągła continuous quantitative variable; | w kg czystego składnika na 1 ha in kg of pure substance per 1 ha | 481 |  | 10,040 | 73,047 | 40,075 |

| 1  | 2  | 3  | 4   | 5  | 6      | 7      | 8      |
|--|--|--|-----|--|--------|--------|--------|
| Odmiana<br>Cultivar  | zmienna<br>skategory-<br>zowana<br>porządko-<br>wa<br>ordinal<br>categorical<br>variable | nazwa odmiany<br>cultivar's name   | 20  | -1 inna zagraniczna / other foreign; 0 inna krajowa / other domestic; 1 Grana; 4 Begra; 7 Salwa; 9 Gama; 13 Emika; 14 Jawa; 18 Alba; 21 Parada; 24 Almari; 25 Kamila; 31 Juma; 32 Kobra (Kobra Plus); 35 Roma; 37 Mikon; 41 Elena; 45 Sakwa; 48 Korwetta; 65 Zyta  | 34,203 | 47,368 | 40,155 |
| Rodzaj<br>materiału<br>siewnego<br>Seed's class  | zmienna<br>skategory-<br>zowana<br>porządko-<br>wa<br>ordinal<br>categorical<br>variable | klasa odsiewu od 1<br>do 6<br>class of seed from<br>1 to 6   | 6   | 1 przed bazowy / prebase; 2 bazowy / base; 3 kwalifikowany 1-ego rozmnożenia / qualified 1 <sup>st</sup> generation; 4 kwalifikowany 2-ego rozmnożenia / qualified 2 <sup>nd</sup> generation; 5 niekwalifikowany z zakupu lub wymiany / unqualified from purchase or exchange; 6 niekwalifikowany z własnego rozmnożenia / unqualified from own production  | 36,932 | 49,232 | 40,046 |
| Ilość wysiewu<br>Sowing rate   | zmienna<br>ilościowa<br>ciągła<br>continuous<br>quantita-<br>tive<br>variable            | materiał siewny w<br>kg<br>seeds in kg   | 168 | 140; 150; 160; 167; 170; 175; 176; 177; 180; 185; 189; 190; 200; 202; 204; 205; 207; 208; 209; 210; 211; 212; 213; 213.3; 214; 215; 216; 217; 218; 220; 222; 224; 225; 226; 227; 228; 229; 230; 231; 233; 234; 235; 236; 237; 238; 239; 240; 242; 243; 244; 245; 246; 247; 248; 249; 249.4; 250; 252; 254; 255; 257; 259; 260; 261; 262; 263; 264; 265; 266; 266.7; 267; 268; 269; 270; 271; 272; 272.2; 273; 274; 275; 276; 277; 278; 279; 280; 281; 282; 283; 283.8; 285; 286; 287; 288; 289; 290; 291; 292; 293; 294; 295; 296; 297; 297.3; 298; 299; 300; 301; 302; 303; 304; 305; 306; 307; 308; 309; 310; 312; 313; 314; 315; 317; 318; 319; 320; 321; 322; 323; 324; 324.3; 325; 326; 329; 330; 332; 333; 334; 335; 336; 337; 338; 340; 341; 343; 345; 348; 350; 353; 354; 356; 357; 360; 364; 365; 366; 370; 371; 373; 375; 380; 382; 383; 384; 389; 390; 400; 407; 410; 420 | 12,345 | 72,210 | 40,057 |
| Termin siewu<br>Sowing date  | zmienna<br>ilościowa<br>skokowa<br>discrete<br>quantita-<br>tive<br>variable             | liczba dni od 1<br>stycznia<br>no. of days from<br>January 1 <sup>st</sup>                           | 76  | 225; 231; 240; 241; 242; 243; 244; 245; 246; 247; 248; 249; 250; 251; 252; 253; 254; 255; 256; 257; 258; 259; 260; 261; 262; 263; 264; 265; 266; 267; 268; 269; 270; 271; 272; 273; 274; 275; 276; 277; 278; 279; 280; 281; 282; 283; 284; 285; 286; 287; 288; 289; 290; 291; 292; 293; 294; 295; 296; 297; 298; 299; 300; 301; 302; 303; 304; 305; 306; 307; 308; 309; 310; 312; 315; 318   | 19,957 | 59,060 | 40,052 |
| Liczba<br>zabiegów<br>ochrony<br>chemicznej<br>No. of<br>applications of<br>chemical<br>protection | zmienna<br>ilościowa<br>skokowa<br>discrete<br>quantita-<br>tive<br>variable             | krotność zabiegów<br>ochrony<br>chemicznej<br>treatment<br>multiplicity of<br>chemical<br>protection | 7   | 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6  | 29,557 | 55,338 | 40,140 |

<sup>1</sup> — nieobciążone, ważone estymatory efektów czynnika z modelu obserwacji postaci  $\mu+\alpha_i$  z modelu liniowego dwuczynnikowej analizy wariancji; <sup>1</sup> — unbiased, weighted estimators of the factor effects as the observation of  $\mu+\alpha_i$  model, from linear model of two-way anova

Za ocenę wartości plonotwórczej kategorii (poziomu) rozpatrywanego czynnika przyjęto odpowiadającą wielkość średniego plonu pszenicy (tab. 1), uzyskanego dla poszczególnych poziomów czynnika na podstawie nieobciążonych, ważonych estymatorów efektów czynnika z modelu obserwacji postaci:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk},$$

gdzie drugi czynnik ( $\beta$ ) stanowiły lata badań. W ten sposób oceny  $\mu + \alpha_i$  stanowiły nieobciążone wartości analizowanych kategorii czynnika. Uzyskane w ten sposób oceny mogą posłużyć do badania wpływu poszczególnych czynników na obserwowaną zmienność plonów pszenicy ozimej.

Analizę tak transformowanych danych liczbowych przeprowadzono za pomocą analizy współczynników korelacji liniowej Pearsona, analizy regresji liniowej oraz eksploracyjnej analizy czynnikowej (Szczotka, 1977; Wójcik i Laudański, 1989; Morrison, 1990; Krzyśko, 2000; Rawlings i in., 2001; Timm, 2002; Armitage i Colton, 2005; Laudański i in., 2007; Mańkowski i in., 2009). Obliczenia wykonano w Systemie SAS® w wersji 9.2 z nakładką graficzną SAS® Enterprise Guide 4.3 (SAS Institute Inc., 2009).

#### OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA

W pierwszym rzędzie wyznaczono macierz korelacji analizowanych dziesięciu cech plonotwórczych i plonu pszenicy ozimej (tab. 2).

Na podstawie analizy struktury tejże macierzy korelacji, przeprowadzonej za pomocą eksploracyjnej analizy czynnikowej metodą składowych głównych Hotellinga z normalizacją Kaisera i rotacją varimax, podjęto decyzję o wyodrębnieniu czterech czynników latentnych (hipotetycznych, definiowanych matematycznie) (tab. 3). Zastosowano w tym celu kryterium wartości własnej (Mańkowski i in., 2009; Laudański i in., 2012). Mówi ono o tym, że tylko te czynniki wspólne są istotne, dla których wartość własna, po rotacji jest większa od 1, gdyż tylko wtedy takie czynniki niosą ze sobą więcej informacji niż pojedyncze analizowane cechy (współczynnik korelacji cechy samej ze sobą wynosi 1). Uważa się, że pozostałe wyznaczone czynniki wspólne stanowią tak zwany szum informacyjny. Wyznaczone w ten sposób czynniki odpowiadały za grupy rozpatrywanych podstawowych czynników agrotechnicznych (cech), które były najbardziej z nimi skorelowane (tab. 4).

Pierwszy czynnik, odpowiadający za 19,5% obserwowanej w oryginalnym zbiorze danych zmienności, tworzyły: odmiana, rodzaj materiału siewnego, liczba zabiegów ochrony roślin pestycydami oraz nawożenie NPK. Wszystkie ładunki czynnikowe dla tych cech były dodatnie, co można interpretować jako wprost proporcjonalny wpływ tych cech na kształtowanie się wartości czynnika głównego. Z racji, że wszystkie wymienione cechy powiązane są z **nakładami finansowymi**, które bezpośrednio rolnik musi ponieść (np. dobór i zakup nasion konkretnej odmiany, wybór rodzaju materiału siewnego, zakup i użycie pestycydów, zakup i wysiew nawozów mineralnych) pierwszy czynnik główny możemy określić jako ‘*czynnik nakładowy*’. ‘Czynnik nakładowy’ składał się z dwóch grup cech plonotwórczych (tab. 4) — ‘*biologicznych środków produkcji*’ (odmiana i rodzaj materiału siewnego) oraz ‘*chemicznych środków produkcji*’ (nawożenie NPK i liczba

zabiegów pestycydami). Można więc stwierdzić, że ‘biologiczne środki produkcji’ są odpowiedzialne za wprowadzanie i wykorzystanie postępu odmianowego w badanych gospodarstwach.

Tabela 2

**Współczynniki korelacji liniowej Pearsona pomiędzy plonem i analizowanymi czynnikami plonotwórczymi**

**Pearson linear correlation coefficients between yield and the analyzed yielding factors**

|   | Plon<br>Yield | Liczba zabiegów<br>pestycydami<br>Number of pesticide<br>treatments | Wartość przed-<br>plonu<br>Forecrop<br>value | Materiał siewny<br>Seed<br>material | Odczyn<br>gleby<br>Soil pH | Odmiana<br>Cultivar | Jakość<br>gleby<br>Soil<br>quality | Liczba<br>lat od<br>użycia<br>obornika<br>Number of years<br>after<br>manuring | Ilość<br>wysiewu<br>Amount<br>of<br>seeding | Nawoże<br>nie NPK<br>NPK fertiliza-<br>tion | Termin<br>siewu<br>Date of<br>sowing |
|---|---------------|---|--|-------------------------------------|----------------------------|---------------------|------------------------------------|--|---|---|--------------------------------------|
| Plon<br>Yield   | 1             |   |  |                                     |                            |                     |                                    |  |   |   |                                      |
| Liczba zabiegów<br>pestycydami<br>Number of pesticide<br>treatments   | 0,374         | 1   |  |                                     |                            |                     |                                    |  |   |   |                                      |
| Wartość przedplonu<br>Forecrop value                                  | 0,287         | 0,286   | 1  |                                     |                            |                     |                                    |  |   |   |                                      |
| Materiał siewny<br>Seed material                                      | 0,280         | 0,304   | 0,194  | 1                                   |                            |                     |                                    |  |   |   |                                      |
| Odczyn gleby<br>Soil pH   | 0,184         | 0,072   | 0,058  | 0,087                               | 1                          |                     |                                    |  |   |   |                                      |
| Odmiana<br>Cultivar   | 0,291         | 0,327   | 0,188  | 0,337                               | 0,098                      | 1                   |                                    |  |   |   |                                      |
| Jakość gleby<br>Soil quality  | 0,192         | 0,033   | 0,084  | 0,049                               | 0,015                      | 0,071               | 1                                  |  |   |   |                                      |
| Liczba lat od użycia<br>obornika<br>Number of years after<br>manuring | 0,167         | 0,208   | 0,231  | 0,163                               | 0,028                      | 0,106               | 0,051                              | 1  |   |   |                                      |
| Ilość wysiewu<br>Amount of seeding                                    | 0,264         | 0,127   | 0,090  | 0,090                               | 0,054                      | 0,081               | 0,081                              | 0,076  | 1   |   |                                      |
| Nawożenie NPK<br>NPK fertilization                                    | 0,541         | 0,375   | 0,260  | 0,265                               | 0,110                      | 0,284               | 0,057                              | 0,175  | 0,191                                       | 1   |                                      |
| Termin siewu<br>Date of sowing  | 0,217         | 0,149   | 0,134  | 0,095                               | 0,100                      | 0,109               | 0,023                              | 0,114  | 0,129                                       | 0,168                                       | 1                                    |

Obliczenia wykonano dla 3 980 obserwacji. Wartość krytyczna współczynnika korelacji Pearsona dla tej liczby obserwacji przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  wynosi 0,03107.

Calculations were made for 3 980 observations. Critical value of Pearson's correlation coefficient for the number of observations at the significance level  $\alpha=0.05$  is equal to 0.03107.

Drugi czynnik, odpowiadający za 12,7% zmienności, budowały: liczba lat do ostatniego użycia obornika oraz wartość przedplonu. Cechy te wpływały wprost proporcjonalnie na kształtowanie się drugiego czynnika głównego. Obydwie cechy związane były z wydarzeniami historycznymi związanymi z polem uprawnym, dlatego też czynnik ten można określić jako ‘historię pola’.



Tabela 3

**Wartości własne czynników wspólnych i ich udział w objaśnianiu obserwowanej zmienności**  
**Common factors eigenvalues and their participation in explanation of the observed variability**

| Nr czynnika<br>Factor number | Początkowe wartości własne<br>Initial eigenvalues |                              |                              | Wartości własne po rotacji<br>Eigenvalues after rotation |                              |                              |
|------------------------------|---|------------------------------|------------------------------|--|------------------------------|------------------------------|
|                              | ogółem<br>total                                   | % wariacji<br>% of variation | % skumulowany<br>cumulated % | ogółem<br>total  | % wariacji<br>% of variation | % skumulowany<br>cumulated % |
| 1                            | 2,446   | 24,461                       | 24,461                       | 1,945  | 19,449                       | 19,449                       |
| 2                            | 1,052   | 10,523                       | 34,984                       | 1,272  | 12,717                       | 32,166                       |
| 3                            | 1,022   | 10,217                       | 45,200                       | 1,255  | 12,552                       | 44,718                       |
| 4                            | 0,982   | 9,820                        | 55,021                       | 1,030  | 10,303                       | 55,021                       |
| 5                            | 0,923   | 9,233                        | 64,254                       |  |                              |                              |
| 6                            | 0,841   | 8,413                        | 72,667                       |  |                              |                              |
| 7                            | 0,780   | 7,801                        | 80,468                       |  |                              |                              |
| 8                            | 0,699   | 6,988                        | 87,456                       |  |                              |                              |
| 9                            | 0,648   | 6,481                        | 93,937                       |  |                              |                              |
| 10                           | 0,606   | 6,063                        | 100,000                      |  |                              |                              |

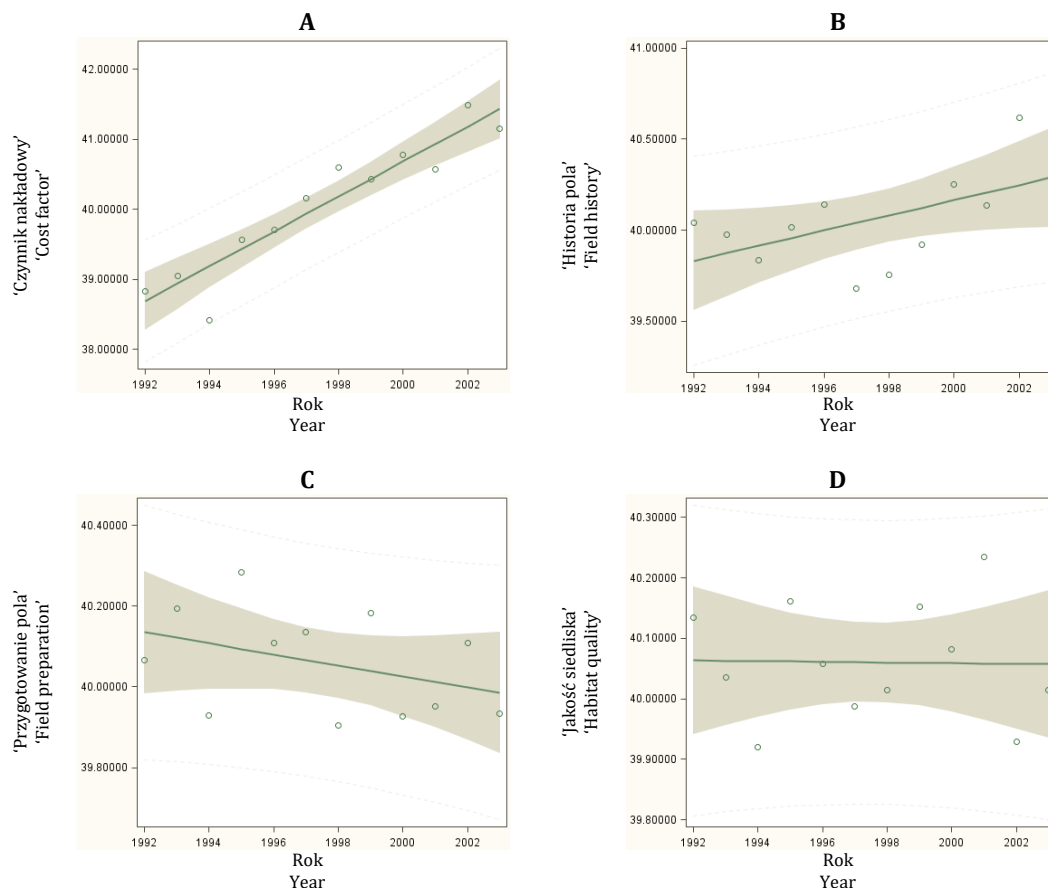
Tabela 4

**Ładunki czynnikowe po rotacji dla analizowanych cech plonotwórczych**  
**Common factor loadings, after rotation, for the analyzed yield influencing features**

| Cecha plonotwórcza<br>Yield influencing features                | Czynnik wspólny<br>Common factor |              |              |              |
|---|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
|   | 1                                | 2            | 3            | 4            |
| Odmiana<br>Cultivar   | <b>0,755</b>                     | -0,036       | -0,005       | 0,068        |
| Materiał siewny<br>Seed material                                | <b>0,707</b>                     | 0,074        | -0,026       | 0,020        |
| Liczba zabiegów pestycydami<br>Number of pesticide treatments   | <b>0,623</b>                     | 0,333        | 0,121        | -0,043       |
| Nawożenie NPK<br>NPK fertilization                              | <b>0,542</b>                     | 0,250        | 0,300        | 0,047        |
| Liczba lat od użycia obornika<br>Number of years after manuring | 0,107                            | <b>0,714</b> | 0,112        | -0,024       |
| Wartość przedplonu<br>Forecrop value                            | 0,321                            | <b>0,554</b> | 0,128        | 0,072        |
| Termin siewu<br>Date of sowing                                  | 0,015                            | 0,231        | <b>0,686</b> | -0,115       |
| Ilość wysiewu<br>Amount of seeding                              | 0,012                            | 0,118        | <b>0,575</b> | 0,359        |
| Odczyn gleby<br>Soil pH   | 0,273                            | -0,456       | <b>0,565</b> | -0,100       |
| Jakość gleby<br>Soil quality                                    | 0,066                            | 0,009        | -0,003       | <b>0,929</b> |

Trzeci czynnik, odpowiedzialny za 12,6% obserwowanej zmienności, budowany był przede wszystkim przez: termin siewu, ilość wysiewu oraz odczyn gleby. Wszystkie te cechy wykazywały wpływ wprost proporcjonalny na kształtowanie się trzeciego czynnika głównego. Cechy te charakteryzowały siew pszenicy ozimej oraz warunki pola związane z jego właściwym utrzymaniem (wapnowanie), dlatego też trzeci czynnik główny możemy określić jako *'przygotowanie pola'*.

Ostatni, czwarty czynnik, opisujący 10,3% zmienności, budowany był przede wszystkim przez jedną cechę — jakość gleby. Czynnik ten przyjmował tym większe wartości im wyższa była jakość gleby, dlatego można go określić mianem ‘jakości siedliska’.



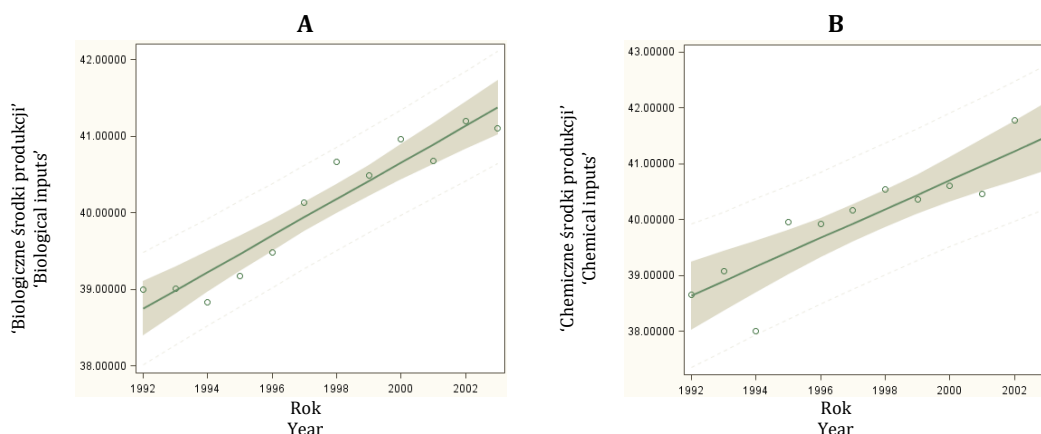
**Rys. 1.** Trendy zmian w czasie wyrażone funkcją regresji liniowej dla: A) zmian wielkości ‘czynnika nakładowego’ w latach [ $R^2 = 0,883$ ;  $\beta_1 = +0,249$ ]; B) ‘historii pola’ w latach [ $R^2 = 0,326$ ;  $\beta_1 = +0,042$ ]; C) ‘przygotowania pola’ [ $R^2 = 0,144$ ;  $\beta_1 = -0,014$ ]; D) ‘jakości siedliska’ [nie istotna]

**Fig. 1.** Trends of change over time expressed as a function of the linear regression for: A) change in size of ‘cost factor’ in the years [ $R^2 = 0.883$ ;  $\beta_1 = +0.249$ ]; B) ‘field history’ in the years [ $R^2 = 0.326$ ;  $\beta_1 = +0.042$ ]; C) ‘field preparation’ [ $R^2 = 0.144$ ;  $\beta_1 = -0.014$ ]; D) ‘habitat quality’ [not significant]

Następnie przeprowadzono szczegółową analizę wartości wyodrębnionych czynników głównych i ich zmian w latach. W tym celu wykonano analizę regresji liniowej dla wartości każdego czynnika względem lat badań 1992–2003 (rys. 1).

W wyniku tych analiz stwierdzono wyraźny, istotny trend wzrostowy ‘czynnika nakładowego’. Świadczy to o tym, że producenci pszenicy ozimej systematycznie ponosili większe wydatki na czynniki produkcji takie jak nawożenie, ochrona chemiczna czy też dobór odmian i materiału siewnego, co z kolei przekładało się na wyższą efektywność produkcji. Podobnie istotny trend wzrostowy stwierdzono w przypadku informacji o ‘historii pola’. Mogło to świadczyć o coraz lepszym doborze przedplonu dla pszenicy ozimej oraz o częstszym stosowaniu nawozów organicznych. Niestety wzrost ten nie był tak znaczący jak to miało miejsce w przypadku ‘czynnika nakładowego’. Trend spadkowy stwierdzono w przypadku ‘przygotowania pola’. Można więc stwierdzić, że z roku na rok przygotowanie pola (wapnowanie, termin siewu i ilość wysiewu) było relatywnie coraz gorsze, co mogło przyczynić się do zmniejszania się efektywności produkcji pszenicy ozimej. Dla ‘jakości siedliska’ nie stwierdzono istotnych zmian w czasie, co może świadczyć o pozostawianiu upraw pszenicy ozimej na podobnych stanowiskach przez kolejne lata objęte badaniami ankietowymi.

Podobne analizy przeprowadzono dla składowych ‘czynnika nakładowego’ (rys. 2) — ‘biologicznych środków produkcji’ (średnia efektywność odmian i rodzaju materiału siewnego wyrażona średnimi plonami przypadającymi na analizowane poziomy tych czynników) oraz ‘chemicznych środków produkcji’ (średnia efektywność nawożenia NPK i zabiegów chemicznej ochrony roślin wyrażona średnimi plonami przypadającymi na analizowane poziomy tych czynników).



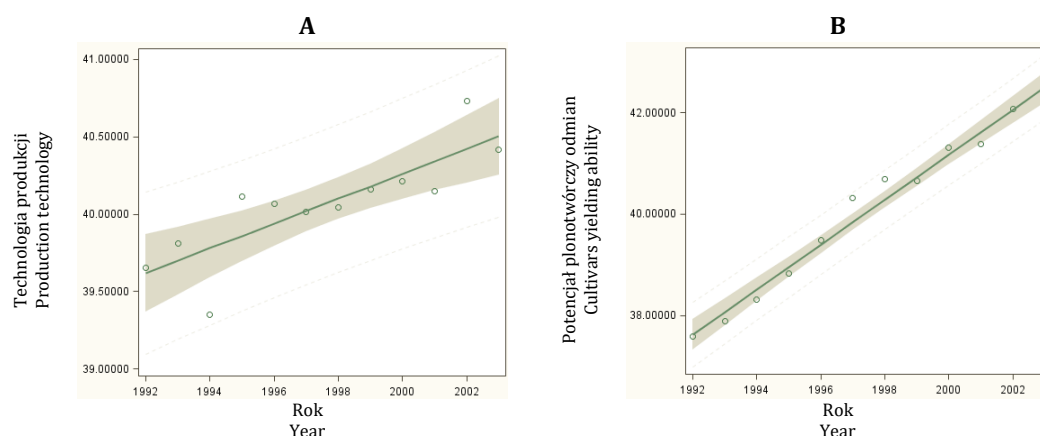
**Rys. 2. Trendy zmian w czasie wyrażone funkcją regresji liniowej dla: A) zmian wielkości ‘biologicznych środków produkcji’ w latach [ $R^2 = 0,906$ ;  $\beta_1 = +0,239$ ]; B) zmian wielkości ‘chemicznych środków produkcji’ w latach [ $R^2 = 0,790$ ;  $\beta_1 = +0,260$ ]**

**Fig. 2. Trends of change over time expressed as a function of the linear regression for: A) change in size of ‘biological inputs’ in the years [ $R^2 = 0.906$ ;  $\beta_1 = +0.239$ ]; B) change in size of ‘chemical inputs’ in the years [ $R^2 = 0.790$ ;  $\beta_1 = +0.260$ ]**

Na podstawie wyników analizy regresji w przypadku obydwu składowych ‘czynnika nakładowego’ stwierdzono istotne trendy wzrostowe. Przy czym obydwa trendy były

prawie równoległe, co można tłumaczyć jako identyczny wkład w obserwowany postęp w wykorzystaniu nakładowych środków produkcji w uprawie pszenicy ozimej w Polsce w latach 1992–2003.

Analizę regresji liniowej względem lat badań poddano również (rys. 3) *potencjał plonotwórczy odmian* (wyrażony ich średnią efektywnością w latach badań wyrażoną średnimi plonami przypadającymi na analizowane poziomy czynnika odmianowego) oraz *średnią efektywność technologii produkcji* (uśrednioną efektywność dla wykorzystania pestycydów, nawożenia NPK, przedplonu, wykorzystania obornika, odczynu gleby, ilości wysiewu i terminu siewu wyrażoną średnimi plonami przypadającymi na analizowane poziomy tych czynników).



**Rys. 3.** Trendy zmian w czasie wyrażone funkcją regresji liniowej dla: A) technologii produkcji w latach [ $R^2 = 0,685$ ;  $\beta_1 = +0,080$ ]; B) potencjału plonotwórczego uprawianych odmian w latach [ $R^2 = 0,978$ ;  $\beta_1 = +0,444$ ]

**Fig. 3.** Trends of change over time expressed as a function of the linear regression for: A) production technology in the years [ $R^2 = 0.685$ ;  $\beta_1 = +0.080$ ]; B) potential of cultivar yielding ability in the years [ $R^2 = 0.978$ ;  $\beta_1 = +0.444$ ]

W przypadku oceny efektywności technologii produkcji stwierdzono istotny trend wzrostowy charakteryzujący się średniorocznymi przyrostami rzędu  $8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  na rok. W przypadku efektywności doboru odmian również stwierdzono istotny trend wzrostowy, lecz cechujący się średniorocznymi przyrostami rzędu  $44,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  na rok.

#### WNIOSKI

1. Na podstawie przeprowadzonych analiz zidentyfikowane cztery czynniki latentne odpowiedzialne w ponad 55% za kształtowanie się efektywności produkcji pszenicy ozimej w Polsce w latach 1992–2003. Były to: ‘czynnik nakładowy’, ‘historia pola uprawnego’, ‘przygotowanie pola uprawnego’ i ‘jakość siedliska’.

2. Stwierdzono istotne trendy wzrostowe dla ‘czynnika nakładowego’ i ‘historii pola’ oraz istotny trend spadkowy w przypadku czynnika charakteryzującego ‘przygotowanie pola upranego’.
3. Stwierdzono istotne, prawie równoległe trendy wzrostowe dla ‘biologicznych środków produkcji’ i ‘chemicznych środków produkcji’ co świadczyło o ich znaczącym i prawie równorzędnym wpływie na kształtowanie się postępu w wykorzystaniu ‘czynnika nakładowego’ w produkcji pszenicy ozimej.
4. W badanym okresie (1992–2003) stwierdzono, występowanie istotnych trendów wzrostowych dla efektywności stosowanej technologii produkcji i doboru odmian. Roczne średnie przyrosty wynosiły dla technologii produkcji pszenicy ozimej  $8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  na rok, a średnie przyrosty dla doboru odmian pszenicy do uprawy wynosiły  $44,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  na rok.

#### LITERATURA

- Armitage P., Colton T. (eds.) 2005. Encyclopedia of Biostatistics. 2nd Edition. John Wiley & Sons Inc., Hoboken.
- Bilski E., Krzymuski J., Szumczyk 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 latests trends. Plant Breeding, 114: 108 — 112.
- Feyerherm A. M., Paulsen G. H. 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.
- Kamasa J. 1983. Postęp odmianowy ziemniaka w Polsce. Praca doktorska, Słupia Wielka, COBORU.
- Krzymski J. 1988. Ocena postępu odmianowego w plonach głównych ziemioplodów w skali kraju. Biuletyn Oceny Odmian, Tom XIII Z. 19: 13 — 23.
- Krzymski J. 1993. O sytuacji w postępie biologicznym. Hodowla Roślin i Nasiennictwo, 2: 1 — 5.
- Krzymski J., Kaczyński L. 1980. Efektywność postępu odmianowego w zbożach w latach 1996–1997. Biuletyn Oceny Odmian, Zeszyt 2 (12): 47 — 65.
- Krzymski J., Wilkos S. 1985. Ilościowe wskaźniki postępu i wartości odmian. KUR-PAN I PTB: 47 — 85.
- Krzymski J., Wilkos S. 1986. Postęp odmianowy w ziemniaku i jego wykorzystanie. Biuletyn Instytutu Ziemniaka, 34: 13 — 23.
- Krzyśko M. 2000. Wielowymiarowa analiza statystyczna. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.
- Laudański Z., Mańkowski D. R., Flaszka M. 2012. Eksploracyjna analiza czynnikowa w badaniach struktury zespołu zmiennych obserwowanych. Biul. IHAR 263: 75 — 89.
- Laudański Z., Mańkowski D. R., Sieczko L. 2007. Próba oceny technologii uprawy pszenicy ozimej na podstawie danych ankietowych gospodarstw indywidualnych. Część 1. Metoda wyodrębniania technologii uprawy. Biul. IHAR, Nr 244: 33–43.
- Mańkowski D. R. 2008. Postęp biologiczny w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce. Rozprawa doktorska, IHAR-PIB, Radzików.
- Mańkowski D. R. 2009. Postęp biologiczny w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce. Część 1. Przegląd ilościowych metod oceny postępu hodowlanego i odmianowego. Biul. IHAR 251: 153–173.

- Mańkowski D. R., Laudański Z., Martyniak D., Flaszka M. 2009. Struktura wielocechowej zmienności odmianowej wiechliny łąkowej (*Poa pratensis* L.). Biul. IHAR 254: 189 — 200.
- Morrison D. F., 1990. Wielowymiarowa analiza statystyczna. PWN, Warszawa.
- Oleksiak T. 1997. Efekty postępu w hodowli rzepaku ozimego w Polsce. Biul. IHAR 201: 27 — 44.
- Oleksiak T., Mańkowski D. R., Laudański Z. 2004. Metoda oceny postępu hodowlanego w warunkach produkcyjnych. Colloquium Biometryczne, 34a: 109 — 121.
- Rawlings J. O., Pantula S. G., Dickey D. A. 2001. Applied regression analysis — a research tool. second edition. New York, USA: Springer-Verlag Inc.
- Runowski H. 1997. Postęp biologiczny w rolnictwie. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- SAS Institute Inc. 2009. SAS/STAT 9.2 User's Guide, Second Edition. SAS Publishing, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- 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.
- 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.
- 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.
- Szczotka F. A. 1977. Podstawy analizy czynnikowej. Listy Biometryczne, Nr 55-59: 1 — 69.
- Teklu Y., Tefera H. 2005. Genetic improvement in grain yield potential and associated agronomic traits of tef (*Eragrostis tef*). Euphytica, 141: 247 — 254.
- Timm N. H. 2002. Applied multivariate analysis. Springer-Verlag Inc., New York, USA.
- 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.
- 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. PWN, Warszawa.