

AGNIESZKA OSIŃSKA**ZBIGNIEW LAUDAŃSKI**

Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Metody statystyczne w ocenie materiałów kolekcyjnych soi

Część I. Analiza porównawcza cech użytkowych form kolekcyjnych soi

Statistical methods in evaluation of soybean collection materials

Part I. Comparative analysis of agronomic traits of soybean collection forms

W roku 1999 przeprowadzono obserwacje cech użytkowych 300 form soi, zgromadzonych w kolekcji Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie. Oceniane obiekty kolekcji soi reprezentowały znaczny zakres zmienności obserwowanych cech. Odmiana wzorcowa Aldana w naszych warunkach klimatycznych wykazywała najwyższą wartość użytkową. Nie było form istotnie wcześniejszych od wzorca, a spośród ocenianych obiektów tylko dwa (Glenwood i L 79/1) plonowały istotnie lepiej niż wzorzec. W opracowaniu przedstawiono zastosowanie metod statystycznych jak analiza wariancji, analiza skupień, do oceny porównawczej form kolekcyjnych soi. Przedstawione metody pozwoliły wyodrębnić formy o dużej wartości hodowlanej i użytkowej.

Słowa kluczowe: analiza wariancji, analiza skupień, nasiona

In 1999 phenotypic and agronomic traits were observed for 300 genotypes of soybean, collected in the gene bank at Radzików. The evaluated accessions of soybean represented a wide variability range of the examined traits. The standard variety — Aldana — showed the highest agronomic value in our climatic conditions. There were no accessions that were earlier than the standard variety. Among the analyzed accessions only two ones (Glenwood and L 79/1) yielded significantly better than the standard. An application of statistical methods, such as analysis of variance and cluster analysis, was presented in this study for comparison of the soybean collection accessions. These methods allowed distinguishing accessions with high value for breeding and agriculture.

Key words: analysis of variance, cluster analysis, seeds

WSTĘP

Hodowla soi w Polsce ma na celu uzyskanie nowych, ulepszonych odmian i przede wszystkim dostosowanych do krajowych warunków klimatycznych. Musi być ona

wspierana pracami badawczymi, polegającymi na gromadzeniu i porównywaniu zróżnicowanych genotypów pod względem najważniejszych cech użytkowych oraz ocenie ich tolerancji na niskie temperatury w okresie wegetacyjnym, zwłaszcza w czasie wschodów i kwitnienia roślin. W tym celu zgromadzono w IHAR światową i krajową kolekcję odmian soi, dzięki której przeprowadzono badania nad hybrydyzacją roślin oraz wykonano międzyodmianowe krzyżowania, w których jako komponentów użyto odpowiednich genotypów z kolekcji. Kolekcje soi są, dla hodowców tej rośliny, źródłem wartościowych genotypów w tworzeniu nowych linii i odmian hodowlanych.

Celem pracy była próba oceny wartości użytkowej kolekcyjnych form soi pochodzących z różnych regionów świata. Badania objęły, losową grupę form kolekcyjnych soi oraz odmianę Aldana hodowli IHAR. Poddano ocenie grupę dawnych krajowych odmian i populacji soi oraz czołowe odmiany zagraniczne pochodzące z Europy, Azji i Ameryki Północnej. Spośród zgromadzonych form w kolekcji soi wyodrębniono te, które można byłoby wykorzystać jako źródła pożądanych cech w pracach hodowlanych nad nowymi odmianami soi dla warunków klimatycznych Polski.

Przedstawiono propozycję zastosowania analizy skupień metodą k-średnich w ocenie porównawczej form kolekcyjnych soi. W II części opracowania, do oceny zależności między cechami w badanym zbiorze kolekcyjnym, wykorzystano analizę korelacji i analizę czynnikową.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym były nasiona soi pochodzące ze zbiorów kolekcji nasion tego gatunku w Krajowym Centrum Roślinnych Zasobów Genowych IHAR. Przedstawione wyniki są częścią 3-letniego cyklu programu badań prowadzonych przez IHAR, którego celem jest odtworzenie kolekcji nasion soi. Ogólny stan kolekcji soi KCRZG wynosi 935 obiektów. W sezonie wegetacyjnym 1999 roku wysiano 1/3 tych obiektów znajdujących się w długoterminowym przechowywaniu.

Struktura pochodzenia form soi była następująca:

- obiekty pochodzące z krajów europejskich stanowiły 69,92%,
- obiekty pochodzące z krajów azjatyckich 21,63%,
- obiekty pochodzące z Ameryki Północnej 5,41%,
- obiekty nieznanego pochodzenia 3,04%

Do doświadczenia wybrano 300 form kolekcyjnych soi oraz jako wzorzec polską odmianę Aldana. Obiekty oceniano w doświadczeniu jedno-powtórzeniowym z wzorcem systematycznym (Trętowski i Wójcik, 1988), co 10 poletek (15 bloków po 24 obiekty, w tym cztery poletka ze wzorcem) na polu hodowlanym IHAR w Radzikowie, usytuowanym w warunkach klimatu chłodnego Europy Środkowo-Wschodniej.

W niniejszej pracy do analizy statystycznej włączono zmienne charakteryzujące wartość użytkową badanych genotypów z kolekcji soi. Wcześniejsze badania (Szyrmer i Boros, 1988; Boros i in., 1996) wykazały, że w naszych warunkach wartość rolniczą soi wyznaczają takie cechy jak: długość okresu wegetacji, plon nasion, wyleganie, wysokość roślin, masa tysiąca nasion i skład chemiczny nasion. Oprócz zmiennych wymienionych

wyżej, do analizy włączono również: termin kwitnienia, wysokość osadzenia pierwszego strąka, liczbę nasion i strąków z rośliny oraz masę nasion z rośliny i współczynnik zbioru (harvest index), określający udział nasion w masie rośliny. Ze względu na różną ilość wysianych nasion na poletkach i różny stopień wschodów, plon z poletka podano w przeliczeniu na 1000 wschodzących roślin.

Po przeprowadzonej analizie statystycznej, z wykorzystaniem pakietów statystycznych Agro oraz Systat, podjęto próbę oceny wartości użytkowej form kolekcyjnych soi pod względem 13 wymienionych wyżej cech.

Analizę statystyczną wykonano w następujących etapach:

- I etap — Analiza wariancji dla oceny zróżnicowania badanych form (Wójcik i Laudański, 1989; Zieliński, 1999). Średnie poprawione uzyskane za pomocą tej analizy wykorzystano w pozostałych metodach analitycznych.
- II etap — Analiza skupień metodą k-średnich dla określenia podobieństwa, ze względu na wiele cech, wszystkich obiektów doświadczenia (5 skupień).

Analiza wariancji

Analiza wariancji była pierwszą procedurą zastosowaną w interpretacji danych statystycznych. Testy tej analizy były podstawowym narzędziem do oceny porównawczej wyników uzyskanych w doświadczeniu kolekcyjnym soi w 1999 roku. Liczba badanych obiektów — 296 (z 301 wyeliminowano 5 obiektów, których nasiona nie wzeszły), oraz zastosowana metoda (doświadczenie jednopowtórzeniowe z wzorcem systematycznym) determinowały zastosowanie metod obliczeniowych. W analizach wykorzystano program Agro. Zastosowane w tym programie algorytmy analizy danych nieortogonalnych, z wykorzystaniem teorii operatorów rzutowych pozwalają na skuteczną interpretację wyników wielu typów doświadczeń (Laudański, 1996). W tabeli 1 przedstawiono podstawowe charakterystyki uzyskane w analizie wariancji dla wszystkich badanych cech.

WYNIKI I DYSKUSJA

Precyzja doświadczenia w ocenie różnic między średnimi analizowanych cech była różna. Mimo, że ocena zróżnicowania badanych obiektów dla niektórych cech była obciążona bardzo dużym lub dużym błędem, odrzucono hipotezy zerowe o braku takiego zróżnicowania dla każdej cechy. Największe wartości ilorazów F_{emp} uzyskano dla następujących cech: długość okresu wegetacji (31,33), termin kwitnienia (29,27) oraz odporność na wyleganie (22,05), najmniejsze natomiast dla plonu nasion z poletka (2,98).

Obiekty różniły się istotnie odpornością na wyleganie, przy czym nie było obiektów istotnie lepszych od wzorca. Form wylegających w stopniu większym niż odmiana wzorcowa było 95.

Długość okresu wegetacji była zróżnicowana i wynosiła od 101 dni dla form najwcześniejszych do 166 dni dla obiektów najpóźniejszych. Średnia dla wzorca wynosiła 117 dni przy średniej ogólnej 137 dni. Nie było odmian istotnie wcześniejszych od wzorca, natomiast istotnie późniejszych od wzorca było aż 160.

Tabela 1

Analiza wariancji dla cech użytkowych kolekcji soi
Analysis of variance for useful traits of soybean collection

Cecha Trait	Średni kwadrat Mean square		F _{emp} obiekty F _{emp} accessions	Średnia precyzja doświadczenia Mean precision of experiment	Średnia ogólna układu Total average	Średnia wzorca Aldana Mean of standard Aldana	Współczynnik zmienności Coefficient of variation	NIR (P=0,05) Studenta LSD	NIR (P=0,05) Tukeya LSD Tukey's
	Obiekty Accessions	Błąd Error							
Odporność na wyleganie (°) Resistance to lodging (°)	6,125	0,278	22,05**	13,22%	6,26	8,50	8,41%	1,67	4,23
Długość okresu wegetacji (dni) Growth period length (days)	287,507	9,178	31,33**	3,48%	136,67	116,94	2,22%	9,59	24,31
Termin kwitnienia (dni) Time of flowering (days)	18,054	0,617	29,28**	2,94%	41,98	36,92	1,87%	2,48	6,30
Plon z 1000 wschodzących roślin (kg) Yield from 1000 plants (kg)	1,624	0,546	2,98**	72,59%	1,60	3,11	46,21%	2,34	5,93
Zawartość białka w nasionach (%) Protein content in seeds (%)	2,783	0,442	6,30**	2,58%	40,40	40,32	1,65%	2,10	5,33
Zawartość tłuszczu w nasionach (%) Oil content in seeds (%)	1,855	0,266	6,97**	4,24%	19,11	19,84	2,70%	1,63	4,14
Wysokość roślin (cm) Height of plant (cm)	293,840	47,011	6,25**	12,92%	83,39	84,12	8,22%	21,70	55,02
Wysokość osadzenia I-go strąka (cm) Height of the first pod setting (cm)	9,229	2,133	4,33**	23,86%	9,62	7,90	15,19%	4,62	11,72
Liczba strąków z rośliny Number of pods per plant	184,774	22,051	8,38**	29,15%	25,31	26,21	18,55%	14,86	37,68
Liczba nasion z rośliny Number of seeds per plant	594,555	77,298	7,69**	32,03%	43,12	47,76	20,39%	27,82	70,56
Masa nasion z rośliny (g) Seed yield per plant (g)	19,809	3,041	6,51**	33,93%	8,07	9,26	21,59%	5,52	13,99
Masa tysiąca nasion (g) Weight of 1000 seeds (g)	784,643	158,428	4,95**	10,42%	189,75	193,21	6,63%	39,83	101,01
HI Harvest Index	0,005	0,002	3,52**	18,18%	0,34	0,40	11,57%	0,12	0,31

Obserwowano małe zróżnicowanie form pod względem terminu kwitnienia (współczynnik zmienności wynosił 1,87%). Średnia długość terminu kwitnienia u odmiany Aldana wynosiła 37 dni, a średnia ogólna 42 dni.

Stwierdzono różnorodność form w reakcji na warunki klimatyczne, w których przeprowadzono doświadczenie. Uwidoczniło się to między innymi wysokością roślin soi. Cztery obiekty były istotnie wyższe od odmiany Aldana (średnia — 84 cm), natomiast 7 było istotnie niższych. Zakres zmienności wynosił od 23,6 — do 132,4.

Średnia wysokość osadzania pierwszego strąka wynosiła dla wzorca 7,9 cm przy średniej ogólnej 9,6 cm i zakresie od 1,1 — do 18,9.

Ocena zawartości białka i tłuszczu w nasionach była obarczona stosunkowo niskim błędem odpowiednio 2,6% i 4,2%. Obserwowano małą zmienność dla tych cech (współczynniki zmienności były najmniejsze). Wartości graniczne dla obiektów kolekcji wynosiły, białko od 36,3 — do 48,2 a tłuszcz od 15,3 — do 24,3.

Mimo, że ocena plonu z 1000 roślin była obciążona najwyższym błędem, zaobserwowano istotne różnice pomiędzy obiektami. Należy zaznaczyć, że 2 obiekty (Glenwood i L79/1) plonowały istotnie lepiej niż wzorzec.

Pozostałe badane cechy są związane z produktywnością. Dla większości tych cech (oprócz masy tysiąca nasion) stwierdzono dużą zmienność. Średnia liczba strąków na roślinie dla wzorca wynosiła 26,2 przy średniej ogólnej 25,3. U 6 form stwierdzono istotnie większą od wzorca liczbę strąków na roślinie. Zakres zmienności dla liczby nasion z rośliny wynosił od 2,1 do 288,2 przy średniej ogólnej 43,1. Siedem obiektów przewyższało wzorzec (średnia u Aldana 47,8). Spośród badanych form 3 przewyższały wzorzec (9,3 g) masą nasion z rośliny. Średnia ogólna układu wynosiła 8,1.

Analiza skupień

Testowane 295 form kolekcyjnych wraz z odmianą wzorcową zostało sklasyfikowanych metodą analizy skupień na arbitralnie ustaloną liczbę 5 grup według cech o podobnej wartości gospodarczej, poprzez minimalizację zmienności wewnątrz skupień i maksymalizację zmienności między skupieniami (Anonim, 1997). Interpretacja wyników uzyskanych tą metodą opierała się na porównywaniu średnich oraz współczynników zmienności dla każdego skupienia i dla każdej zmiennej (tab. 2), aby oszacować, na ile poszczególne skupienia są od siebie różne. Podobieństwo wewnątrz grup oraz różnice pomiędzy nimi, pod względem 13 ocenianych cech przedstawiają wykresy (rys. 1 A — 1, 2, 3, 4, 5 i 1 B — 1, 2, 3, 4, 5). Pięć kolejnych skupień stanowiło odpowiednio: 60, 88, 2, 120, 26 obiektów.

Grupę I stanowiły odmiany o krótkim okresie wegetacji, wysokich roślinach, dużej zawartości białka w nasionach i wysokiej masie tysiąca nasion. Obiekty z tej grupy charakteryzował niski plon oraz niska liczba strąków i nasion z rośliny. Można przypuszczać, że były to formy grubonasienne.

W grupie II znalazły się formy późno kwitnące, podatne na wyleganie, wysokie i wysoko osadzające pierwsze strąki. Nasiona miały dużą zawartość tłuszczu, niską masę tysiąca nasion oraz masę nasion z rośliny i niski współczynnik HI.

Najmniej liczna, dwuobiektoowa grupa III (odmiana Von Burklin-Wolfs i linia 1055/86) wyróżniała się wysokim plonem nasion z 1000 roślin, masą tysiąca nasion, wysoką masą i liczbą nasion oraz liczbą strąków z rośliny. Formy z tego skupienia były najplenniejsze, grubonasiennne, o niskiej zawartości tłuszczu w nasionach oraz o roślinach niskich, nisko osadzających pierwsze strąki. Do grupy tej należały formy odporne na wyleganie. Grupę tę ze względu na bardzo długi okres wegetacji można określić jako bardzo późną.

W najliczniejszej IV grupie znalazły się obiekty wcześniej dojrzewające o średnich wartościach pozostałych cech.

Tabela 2

**Charakterystyka form kolekcyjnych soi w 5 grupach wyznaczonych analizie skupień
(metodą k-średnich)**
**Characterization of soybean collection forms in 5 groups distinguished by cluster analysis
(k-means method)**

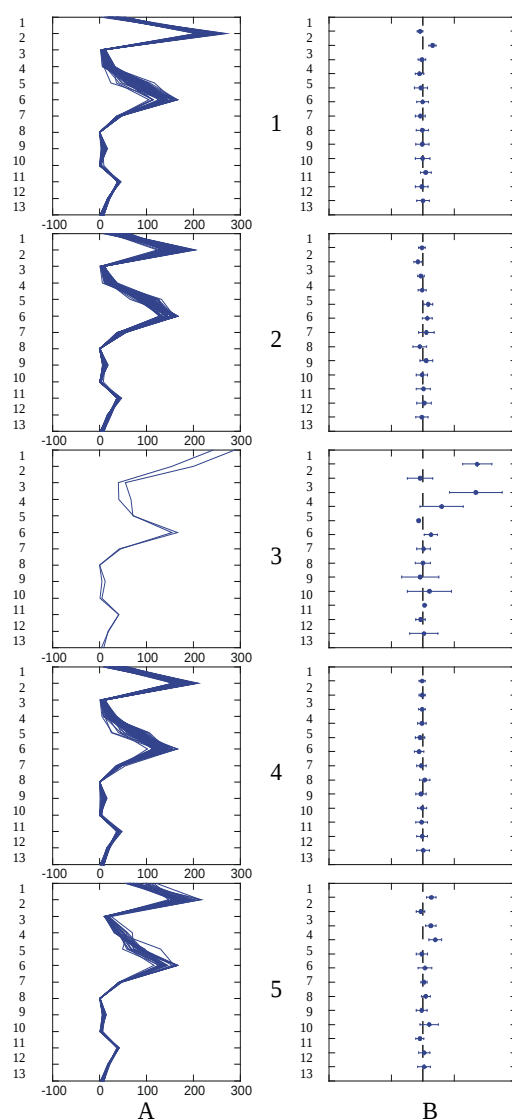
Cecha Trait	Minimum Minimum					Średnie Means				
Numer grupy Group number	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Odporność na wyleganie (°) Resistance to lodging (°)	1,00	0,50	4,00	0,50	1,50	5,82	5,39	6,25	5,94	6,29
Długość okresu wegetacji (dni) Growth period length (days)	104,69	126,69	153,69	101,69	115,69	140,11	151,20	159,82	131,69	145,61
Termin kwitnienia (dni) Time of flowering (days)	36,67	36,92	41,92	34,92	40,92	41,53	45,06	43,42	42,07	43,61
Plon z 1000 wschodzących roślin (kg) Yield from 1000 plants (kg)	0,03	0,01	0,99	0,00	0,34	1,29	1,22	2,67	1,19	2,61
Zawartość białka w nasionach (%) Protein content in seeds (%)	38,34	36,42	40,82	36,29	36,64	41,32	40,63	40,97	40,02	39,47
Zawartość tłuszczu w nasionach (%) Oil content in seeds (%)	16,38	15,63	18,06	15,33	17,23	18,74	19,25	18,47	18,81	19,24
Wysokość roślin (cm) Height of plant (cm)	23,62	64,87	71,12	25,12	48,87	78,00	98,85	71,50	75,29	80,12
Wysokość osadzenia I-go strąka (cm) Height of the first pod setting (cm)	2,90	6,15	5,15	1,15	5,90	9,65	11,60	8,65	9,05	9,39
Liczba strąków z rośliny Number of pods per plant	5,86	6,19	40,61	4,76	31,34	19,21	23,32	53,55	23,16	43,77
Liczba nasion z rośliny Number of seeds per plant	4,41	2,06	241,64	8,06	54,36	30,77	38,89	264,92	39,04	77,19
Masa nasion z rośliny (g) Seed yield per plant (g)	1,34	0,32	39,97	1,16	9,39	7,18	6,38	47,62	7,28	13,81
Masa 1000 nasion (g) Weight of 1000 seeds (g)	205,46	122,96	153,96	155,96	146,96	233,83	166,29	176,83	185,73	179,12
HI Harvest Index	0,13	0,09	0,29	0,16	0,24	0,32	0,29	0,32	0,35	0,36

c.d. Tabela 2

Cecha Trait	Maximum Maximum					Współczynnik zmienności Coefficient of variation				
Numer grupy Group number	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Odporność na wyleganie (°) Resistance to lodging (°)	9,25	9,50	8,50	8,75	8,75	44,85	47,87	50,88	43,43	41,97
Długość okresu wegetacji (dni) Growth period length (days)	165,94	165,94	165,94	165,94	165,94	10,03	7,48	5,42	8,41	11,02
Termin kwitnienia (dni) Time of flowering (days)	46,42	57,92	44,92	54,92	47,92	6,69	10,05	4,88	6,42	3,94
Plon z 1000 wschodzących roślin (kg) Yield from 1000 plants (kg)	9,05	8,14	4,35	5,02	6,91	109,30	90,98	89,14	74,79	67,05
Zawartość białka w nasionach (%) Protein content in seeds (%)	46,07	46,74	41,12	48,17	41,59	4,19	5,64	0,51	4,72	3,29
Zawartość tłuszczu w nasionach (%) Oil content in seeds (%)	21,83	24,33	18,88	22,33	22,06	7,52	8,31	3,14	6,49	6,44
Wysokość roślin (cm) Height of plant (cm)	117,12	132,37	71,87	106,12	129,37	24,10	12,97	0,74	17,92	19,63
Wysokość osadzenia I-go strąka (cm) Height of the first pod setting (cm)	16,65	18,90	12,15	15,65	14,15	32,44	26,81	57,23	28,18	27,69
Liczba strąków z rośliny Number of pods per plant	32,96	37,76	66,49	36,79	70,04	34,36	27,62	34,17	28,54	22,44
Liczba nasion z rośliny Number of seeds per plant	55,69	65,19	288,21	59,84	120,86	39,91	34,84	12,43	31,66	24,78
Masa nasion z rośliny (g) Seed yield per plant (g)	12,53	10,22	55,27	11,72	25,04	37,47	39,18	22,72	33,38	27,59
Masa 1000 nasion (g) Weight of 1000 seeds (g)	270,71	203,96	199,71	211,21	216,71	7,04	10,76	18,29	7,19	10,53
HI Harvest Index	0,47	0,44	0,36	0,46	0,47	21,88	27,59	15,63	17,14	13,89

Obiekty w V grupie były najbardziej odporne na wyleganie, późne, o najniższej zawartości białka w nasionach i wysokiej zawartości tłuszczu w nasionach. Należały do tej grupy formy drobnonasienne (niska masa tysiąca nasion) o wysokim plonie nasion z 1000 roślin). W porównaniu do innych grup posiadały najwyższy udział nasion w całkowitej masie roślin.

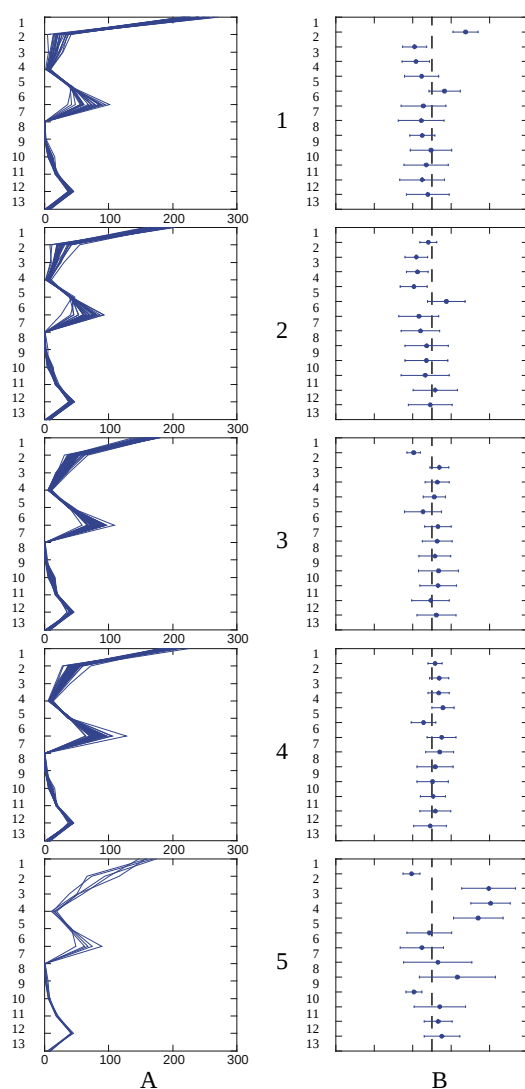
Najbardziej interesujące obiekty ze względu na produktywność roślin i uzyskiwany plon nasion z 1000 roślin znajdowały się w grupach III i V. Grupa III składała się z odmiany niemieckiej Von Burklin-Wolfs i polskiej linii 1055/86. W V grupie najwięcej odmian pochodziło z Niemiec (38,46%), krajów dawnego ZSRR (19,23%), Polski (15,38%), Chin i Kanady (po 7,69%), Francji (3,85%) oraz 7,69% z nieznanego pochodzenia.



- | | |
|--|---|
| 1. Liczba nasion z rośliny — Number of seeds per plant | 8. HI — Harvest Index |
| 2. Masa tysiąca nasion — Weight of 1000 seeds | 9. Wysokość osadzenia I-go strąka — Height of the first pod setting |
| 3. Masa nasion z rośliny — Seed yield per plant | 10. Plon z 1000 wschodzących roślin — Yield from 1000 plants |
| 4. Liczba strąków z rośliny — Number of pods per plant | 11. Zawartość białka w nasionach — Protein content in seeds |
| 5. Wysokość roślin — High of plant | 12. Zawartość tłuszczu w nasionach — Oil content in seeds |
| 6. Długość okresu wegetacji — Growth period length | 13. Wyleganie — Lodging |
| 7. Termin kwitnienia — Time of flowering | |

Rys. 1. Porównanie zmienności (A) i podobieństwo form kolekcyjnych soi (B) w 5 grupach badanej kolekcji soi

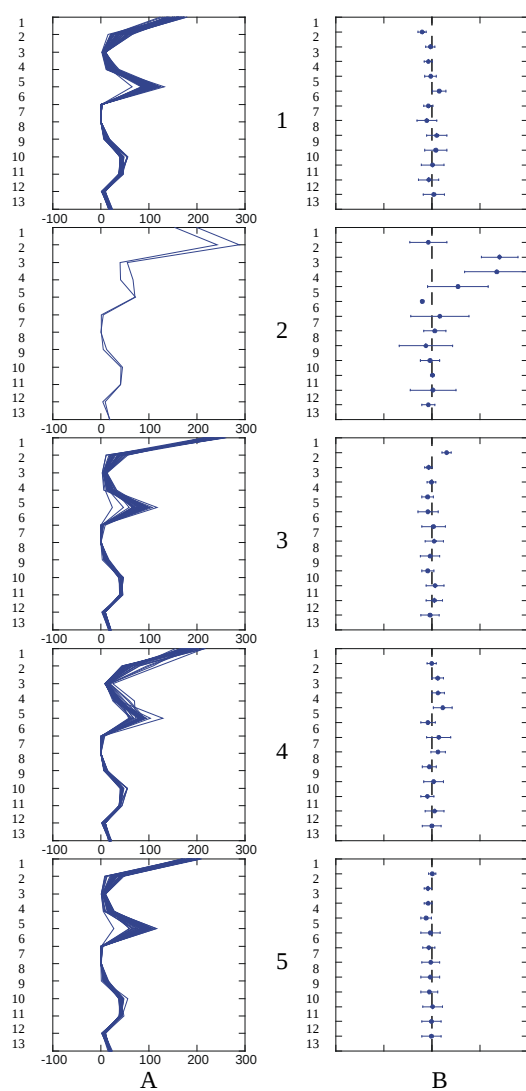
Fig. 1. Comparison of variability (A) and similarity of soybean forms (B) in 5 groups of the examined soybean collection



- | | |
|--|---|
| 1. Liczba nasion z rośliny — Number of seeds per plant | 8. HI — Harvest Index |
| 2. Masa tysiąca nasion — Weight of 1000 seeds | 9. Wysokość osadzenia I-go strąka — Height of the first pod setting |
| 3. Masa nasion z rośliny — Seed yield per plant | 10. Plon z 1000 wschodzących roślin — Yield from 1000 plants |
| 4. Liczba strąków z rośliny — Number of pods per plant | 11. Zawartość białka w nasionach — Protein content in seeds |
| 5. Wysokość roślin — High of plant | 12. Zawartość tłuszczu w nasionach — Oil content in seeds |
| 6. Długość okresu wegetacji — Growth period length | 13. Wyleganie — Lodging |
| 7. Termin kwitnienia — Time of flowering | |

Rys. 2. Porównanie zmienności (A) i podobieństwo form kolekcyjnych soi (B) w 5 grupach form wczesnych

Fig. 2. Comparison of variability (A) and similarity of soybean forms (B) in 5 groups of early forms



- | | |
|--|---|
| 1. Liczba nasion z rośliny — Number of seeds per plant | 8. HI — Harvest Index |
| 2. Masa tysiąca nasion — Weight of 1000 seeds | 9. Wysokość osadzenia I-go strąka — Height of the first pod setting |
| 3. Masa nasion z rośliny — Seed yield per plant | 10. Plon z 1000 wschodzących roślin — Yield from 1000 plants |
| 4. Liczba strąków z rośliny — Number of pods per plant | 11. Zawartość białka w nasionach — Protein content in seeds |
| 5. Wysokość roślin — High of plant | 12. Zawartość tłuszczu w nasionach — Oil content in seeds |
| 6. Długość okresu wegetacji — Growth period length | 13. Wyleganie — Lodging |
| 7. Termin kwitnienia — Time of flowering | |

Rys. 3. Porównanie zmienności (A) i podobieństwo form kolekcyjnych soi (B) w 5 grupach form późnych

Fig. 3. Comparison of variability (A) and similarity of soybean forms (B) in 5 groups of late forms

Formy z grupy I i IV ze względu na krótki okres wegetacji można uprawiać w warunkach Polski centralnej. Stanowiły one około 60% całej kolekcji soi. Obiekty z wymienionych grup pochodziły głównie z Niemiec, Polski, z republik byłego ZSSR, Szwecji, Rumunii, Węgier oraz Chin. Większość z nich (z wyjątkiem obiektów pochodzących z Chin) wywodziła się z krajów o zbliżonych warunkach klimatycznych do Polski.

W obrębie wydzielonych podzbiorów wczesnych i późnych obiektów kolekcji soi przeprowadzono również analizę podobieństwa metodą k-średnich w wyniku, której w każdym z tych podzbiorów wyłoniono po 5 skupień obiektów według cech o podobnej wartości gospodarczej. Dane liczbowe prezentujące charakterystykę uzyskanych skupień przedstawiono dla form wczesnych w tabeli 3 i na rysunkach 2 A (1, 2, 3, 4, 5); 2 B (1, 2, 3, 4, 5), a dla późnych w tabeli 4 oraz na rysunkach 3 A (1, 2, 3, 4, 5); 3 B (1, 2, 3, 4, 5).

Tabela 3

Porównanie cech użytkowych form kolekcyjnych soi 5 grup wczesniej dojrzewających
Comparison of useful traits of soybean collection forms for 5 groups of early maturity

Cecha Trait	Minimum Minimum					Średnie Means				
Numer grupy Group number	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Odporność na wyleganie (°) Resistance to lodging (°)	1,00	0,50	0,50	1,50	4,50	4,96	5,30	6,18	5,30	6,95
Termin kwitnienia (dni) Time of flowering (days)	36,92	37,67	34,92	36,92	40,92	40,34	42,04	41,46	42,06	42,42
Plon z 1000 wschodzących roślin (kg) Yield from 1000 plants (kg)	0,06	0,00	0,23	0,10	0,57	0,71	0,93	1,34	1,35	2,45
Zawartość białka w nasionach (%) Protein content in seeds (%)	38,34	38,14	36,42	36,29	37,09	41,13	41,32	39,07	39,13	39,68
Zawartość tłuszczu w nasionach (%) Oil content in seeds (%)	16,48	16,03	16,56	17,63	17,88	18,52	18,46	19,22	18,92	19,32
Wysokość roślin (cm) Height of plant (cm)	35,87	25,12	58,87	64,12	48,87	69,50	65,97	80,97	83,89	68,32
Wysokość osadzenia I-go strąka (cm) Height of the first pod setting (cm)	5,15	3,40	5,15	6,15	5,90	8,98	8,38	9,99	9,19	6,70
Liczba strąków z rośliny Number of pods per plant	6,19	8,16	16,96	16,41	37,86	16,81	17,49	26,34	23,98	50,10
Liczba nasion z rośliny Number of seeds per plant	4,41	8,06	30,51	27,54	65,61	25,38	26,90	46,94	46,76	89,75
Masa nasion z rośliny (g) Seed yield per plant (g)	1,34	1,16	5,00	5,52	10,21	6,01	4,86	7,86	9,14	14,29
Masa tysiąca nasion (g) Weight of 1000 seeds (g)	213,46	156,71	137,71	179,71	146,96	237,22	184,73	164,28	194,46	161,36
HI Harvest Index	0,13	0,16	0,26	0,28	0,24	0,31	0,31	0,37	0,37	0,37

c.d. Tabela 3

Cecha Trait	Maksimum Maximum					Współczynnik zmienności Coefficient of variation				
Numer grupy Group number	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Odporność na wyleganie (°) Resistance to lodging (°)	9,00	8,75	8,75	8,75	8,75	60,28	58,11	44,66	43,58	32,23
Termin kwitnienia (dni) Time of flowering (days)	44,92	46,42	45,92	44,92	44,92	7,09	6,71	5,81	4,66	3,72
Plon z 1000 wschodzących roślin (kg) Yield from 1000 plants (kg)	1,92	5,02	4,48	4,13	4,80	85,92	115,05	58,21	65,93	67,76
Zawartość białka w nasionach (%) Protein content in seeds (%)	44,27	46,97	45,12	41,57	41,59	3,60	4,28	4,48	2,96	4,76
Zawartość tłuszczu w nasionach (%) Oil content in seeds (%)	21,66	22,31	21,23	20,66	21,16	6,97	7,53	5,57	3,86	6,94
Wysokość roślin (cm) Height of plant (cm)	100,87	92,12	108,62	127,37	89,12	24,79	23,53	12,51	13,49	21,77
Wysokość osadzenie I-go strąka (cm) Height of the first pod setting (cm)	15,40	13,40	16,15	15,65	8,15	30,29	33,77	26,43	22,63	14,03
Liczba strąków z rośliny Number of pods per plant	28,31	29,46	37,49	39,64	59,16	35,57	27,39	20,31	19,31	15,41
Liczba nasion z rośliny Number of seeds per plant	48,16	54,56	67,21	72,19	115,99	40,31	36,28	17,41	17,58	22,82
Masa nasion z rośliny (g) Seed yield per plant (g)	11,70	10,14	11,48	13,62	18,46	40,60	40,33	20,23	17,51	22,39
Masa tysiąca nasion (g) Weight of 1000 seeds (g)	270,71	202,71	179,71	223,96	173,96	7,29	6,28	5,86	4,91	6,45
HI Harvest Index	0,43	0,44	0,46	0,46	0,47	25,81	19,35	13,51	13,51	27,03

W I grupie form wczesnych znalazły się obiekty wylegające o wysokiej zawartości białka w nasionach oraz wysokiej masie tysiąca nasion. Formy z tej grupy wcześnie zaczynały kwitnienie, lecz najniżej plonowały w porównaniu do obiektów ze wszystkich skupień. W grupie II znalazły się formy niskie i późno kwitnące. Nasiona obiektów tego skupienia miały dużą zawartość białka a niską tłuszczu. Formy z tej grupy były niskopienne ze względu na niską masę nasion z rośliny oraz niski plon nasion z 1000 roślin. W trzecim skupieniu liczącym 38 obiektów znalazły się rośliny, które wysoko osadzały pierwsze strąki o niskiej masie tysiąca nasion. Nasiona tych obiektów zawierały mało białka.

Rośliny z grupy IV, najbardziej licznej (42 obiekty), były wysokie, wysoko osadzały pierwsze strąki i były podatne na wyleganie. Formy z tego skupienia miały nasiona o niskiej zawartości białka i wysoki współczynnik HI.

Rośliny form z grupy V były najbardziej odporne na wyleganie, późno kwitnące, nasiona zawierały dużo tłuszczu. Rośliny były niskie, nisko osadzały pierwsze strąki oraz wydawały wysoki plon nasion z 1000 roślin. W grupie piątej znalazły się formy, które cechowała wysoka masa nasion, liczba nasion i strąków z rośliny oraz wysoki

współczynnik HI. Rośliny cechowała również niska masa tysiąca nasion (formy o drobnych nasionach).

Na szczególną uwagę zasługuje grupa piąta ze względu na wysoką produktywność roślin oraz wysoki plon nasion z 1000 roślin. Grupa ta jednak była mało liczna — składała się z pięciu obiektów. Trzy z pięciu form, pochodziło z Republiki dawnego ZSRR, czwarta z Polski, a piąta, ostatnia była nieznanego pochodzenia. W hodowli jakościowej dla podwyższenia zawartości białka w nasionach, można wykorzystać formy z grupy I i II. Ciekawą z punktu widzenia prac hodowlanych nad soją może okazać się grupa III i IV ze względu na wysokie osadzanie pierwszych strąków na roślinie. Wysokość ta jest bardzo ważną cechą ściśle związaną z technologią zbioru nasion soi (Szyrmer i Fedorowska, 1975; Kowalczyk, 1986).

W grupie I form późnych było 48 obiektów, które późno zaczynały kwitnienie. Charakteryzowały się one wysokimi roślinami, osadzającymi również wysoko pierwsze strąki.

Tabela 4

Porównanie cech użytkowych form kolekcyjnych soi późno dojrzewających
Comparison of useful traits of soybean collection for the forms of late maturity

Cecha Trait	Minimum Minimum					Średnie Means				
Numer grupy Group number	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Odporność na wyleganie (°) Resistance to lodging (°)	0,50	4,00	2,00	1,50	2,00	5,18	6,25	6,62	6,67	5,87
Termin kwitnienia (dni) Time of flowering (days)	38,92	41,92	36,67	39,92	36,92	45,78	43,42	42,48	44,88	43,15
Plon z 1000 wschodzących roślin (kg) Yield from 1000 plants (kg)	0,01	0,99	0,03	0,34	0,03	0,97	2,67	1,73	2,51	1,03
Zawartość białka w nasionach (%) Protein content in seeds (%)	36,69	40,82	38,64	38,04	37,69	40,98	40,97	41,54	39,87	41,00
Zawartość tłuszczu w nasionach (%) Oil content in seeds (%)	15,63	18,06	16,38	15,86	15,33	19,36	18,47	18,76	19,04	18,98
Wysokość roślin (cm) Height of plant (cm)	64,87	71,12	23,62	57,87	26,37	102,91	71,50	81,94	81,93	86,55
Wysokość osadzenia I-go strąka (cm) Height of the first pod setting (cm)	6,15	5,15	2,90	6,15	1,15	12,32	8,65	10,10	9,79	10,13
Liczba strąków z rośliny Number of pods per plant	11,29	40,61	5,86	25,26	4,76	23,46	53,55	20,19	36,83	18,47
Liczba nasion z rośliny Number of seeds per plant	2,06	241,64	10,46	43,54	7,61	38,74	264,92	33,14	62,91	30,53
Masa nasion z rośliny (g) Seed yield per plant (g)	-0,32	39,97	2,82	8,42	1,10	5,95	47,62	7,80	11,84	5,79
Masa tysiąca nasion (g) Weight of 1000 seeds (g)	122,96	153,96	213,71	154,71	168,21	157,17	176,84	234,86	187,62	189,44
HI Harvest Index	0,13	0,29	0,19	0,17	0,09	0,26	0,32	0,32	0,35	0,29

c.d. Tabela 4

Cecha Trait	Maksimum Maximum					Współczynnik zmienności Coefficient of variation			
Numer grupy Group number	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV
Odporność na wyleganie (°) Resistance to lodging (°)	9,25	8,50	9,25	8,75	9,50	49,42	50,88	30,97	35,68
Termin kwitnienia (dni) Time of flowering (days)	57,92	44,92	46,42	54,92	55,92	9,92	4,88	5,86	8,98
Plon z 1000 wschodzących roślin (kg) Yield from 1000 plants (kg)	2,29	4,35	9,05	8,14	3,88	69,07	89,14	100,00	70,92
Zawartość białka w nasionach (%) Protein content in seeds (%)	46,74	41,12	46,07	44,39	48,17	5,81	0,51	4,57	3,46
Zawartość tłuszczu w nasionach (%) Oil content in seeds (%)	24,33	18,88	21,13	22,33	23,96	8,88	3,14	7,68	7,93
Wysokość roślin (cm) Height of plant (cm)	132,37	71,87	117,12	129,37	115,87	12,24	0,74	22,68	16,33
Wysokość osadzenie I-go strąka (cm) Height of the first pod setting (cm)	18,90	12,15	16,65	14,15	16,15	27,84	57,23	31,58	23,08
Liczba strąków z rośliny Number of pods per plant	37,76	55,49	32,96	70,04	27,66	27,15	34,17	31,85	27,40
Liczba nasion z rośliny Number of seeds per plant	65,19	288,21	66,69	120,86	47,86	37,76	12,43	36,36	30,03
Masa nasion z rośliny (g) Seed yield per plant (g)	10,22	55,27	12,53	25,04	9,72	42,86	22,72	32,95	31,93
Masa tysiąca nasion (g) Weight of 1000 seeds (g)	178,96	199,71	260,21	216,71	208,71	8,44	18,29	6,12	7,86
HI Harvest Index	0,44	0,36	0,47	0,44	0,42	30,77	15,63	218,75	17,14

Nasiona miały dość wysoką zawartość białka i tłuszczu. Obiekty z tej grupy wydawały niski plon oraz miały niską masę tysiąca nasion i masę nasion z rośliny. Niewielki był również udział masy nasion w masie rośliny (współczynnik HI). W grupie II znalazły się tylko dwa obiekty. Były to formy niskie, nisko osadzające pierwsze strąki. Grupa wyróżniała się wysokim plonem nasion z 1000 roślin, dużą liczbą i masą nasion z rośliny i strąków oraz niską zawartością tłuszczu w nasionach. Następna, III grupa liczyła 32 obiekty, które cechowała wysoka zawartość białka w nasionach oraz najwyższa wśród grup późnych masa tysiąca nasion (formy grubonasienne). Obiekty te dość szybko, jak na formy późne, wchodziły w okres kwitnienia. W IV grupie znalazły się obiekty niewylegające o niskiej zawartości białka w nasionach, wysokim plonie nasion z 1000 roślin oraz wysokim udziale nasion w masie rośliny. Rośliny form z tej grupy były wysokie i wysoko osadzały pierwsze strąki. Grupę V cechowała niska masa nasion, liczba nasion oraz liczba strąków z rośliny.

Na uwagę wśród form późnych zasługują grupy: II, III i IV, które mimo że późno dojrzewały wydawały dość wysoki plon nasion z 1000 roślin (szczególnie grupa II i IV). Obiekty II grupy były najbardziej wartościowe, ze względu na ich wysoką produktywność

i plon nasion z 1000 roślin. Formy z grupy trzeciej mogą być również przydatne w hodowli jakościowej soi ze względu na wysoką zawartość białka w nasionach oraz ze względu na dość wczesne kwitnienie. Grupy I, III i V są ciekawe ze względu na wysokie osadzanie pierwszych strąków.

WNIOSKI

1. Oceniane obiekty kolekcji soi reprezentowały duży zakres zmienności wartości obserwowanych cech.
2. Odmiana wzorcowa Aldana w naszych warunkach klimatycznych wykazywała najwyższą wartość użytkową. Nie było form istotnie wcześniejszych od wzorca, a spośród 300 ocenianych obiektów tylko dwa (Glenwood i L79/1) plonowały istotnie lepiej.
3. Zastosowane metody statystyczne pozwoliły wyodrębnić z kolekcji soi formy o dużej wartości hodowlanej, które mogą być źródłem korzystnych cech dla nowych polskich odmian soi:
 - wśród form wczesnych na uwagę zasługują obiekty z V grupy ze względu na wysoką produktywność z rośliny i wysoki plon z 1000 roślin. Obiekty z grupy I i II można wykorzystać w hodowli jakościowej, natomiast obiekty z III i IV grupy w pracach hodowlanych mających na celu podwyższenie wysokości osadzania pierwszych strąków na roślinie.
 - wśród form późnych na uwagę zasługują obiekty z pięciu grup. Formy II, III, IV grupy wydawały wysoki plon z 1000 roślin. Obiekty z I, III, V skupienia wyróżniały się wysokim osadzaniem pierwszych strąków na roślinie (formy z III grupy mogą być również przydatne w hodowli jakościowej ze względu na wysoką zawartość białka w nasionach).
4. Zastosowana analiza skupień metodą k-średnich, może być użyta jako standardowe postępowanie przy ocenie klasyfikacyjnej wieloobektowych materiałów kolekcyjnych.

LITERATURA

- Anonim 1997. Statistica PL dla Windows. Tom III: Statystyka II.
- Boros L., Szyrmer J., Sawicki J. 1996. Wartość użytkowa odmian wyhodowanych w IHAR Radzików. Biul. IHAR, 198: 97 — 95.
- Kowalczyk J. 1986. Problemy mechanizacji zbioru nasion soi. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol. 297: 380 — 388.
- Laudański Z. 1996. Zastosowania operatorów rzutowania w analizowaniu danych nieortogonalnych. Teoria algorytmów i przykłady. SGGW, Warszawa.
- Szyrmer J., Federowska B. 1975. Kierunki badań i hodowli roślin soi. Biul. IHAR, 126/127, 3/4: 3 — 7.
- Trętowski J. Wójcik A. R. 1988. Metodyka doświadczeń rolniczych. WSRP, Siedlce.
- Wójcik A. R., Laudański Z. 1989. Planowanie i wnioskowanie statystyczne w doświadczalnictwie. PWN, Warszawa.
- Zieliński T. 1999. Jak pokochać statystykę, czyli statystyka do poduszki. StatSoft, Kraków.