

WIESŁAW PILARCZYK**IRENA MUCHA¹**Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych
Akademii Rolniczej w Poznaniu¹ Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wielka

Porównanie zmienności mierzalnych cech morfologicznych wybranych gatunków traw w badaniach OWT

Comparison of variability of measurable (continuous) characteristics of selected grass species in DUS testing

W pracy porównano zmienność mierzalnych cech morfologicznych stosowanych w badaniach OWT (odrębność, wyrównanie, trwałość) traw. Wykorzystano wyniki doświadczeń z odmianami kostrzewy czerwonej, wiechliny łąkowej i życicy trwałej z lat 1998–2001. Obserwowane cechy dotyczyły źdźbeł, liści flagowych i kwiatostanów. Jako miarę zmienności przyjęto współczynniki zmienności i do ich porównania zastosowano nieparametryczny test S Friedmana. Ogólnie, niezależnie od gatunku, cechy dotyczące źdźbła były istotnie mniej zmienne niż cechy dotyczące liści. Cechy dotyczące kwiatostanu charakteryzowały się pośrednią zmiennością. Stwierdzono również występowanie istotnych różnic między zmiennościami występującymi w poszczególnych latach.

Słowa kluczowe: badania OWT, cechy mierzalne, test Friedmana, wyrównanie, zmienność

Variability of measurable characteristics appearing in DUS (distinctness, uniformity and stability) trials on three species of grass was compared. The data have been derived from the assessments carried out on a number of varieties of Red fescue, Kentucky bluegrass and Perennial ryegrass species from 1998 to 2001. The characteristics concerned the stem, flag leaves and inflorescence of single plants. The variability was measured with the use of coefficient of variability. Nonparametric Friedman's test was used for analysis of the differences. In general (independently of species), the characteristics concerning the stem were significantly less variable than those concerning the leaves. The characteristics concerning the inflorescence were of moderate variability. Significant differences caused by years were also noticed.

Key words: DUS testing, measured characteristics, nonparametric Friedman's test, uniformity, variability

WSTĘP

Zgodnie z Konwencją Międzynarodowego Związku Ochrony Nowych Odmian Roślin (International Union for the Protection of New Varieties of Plants — UPOV) każda nowa odmiana dowolnego gatunku roślin przed jej zarejestrowaniem i dopuszczeniem do obrotu materiałem nasiennym, a także przed udzieleniem ochrony wyłącznego prawa musi przejść cykl badań zwanych badaniami OWT (odrębność, wyrównanie, trwałość). W badaniach tych odmiana musi wykazać, że jest odrębna od wszystkich znanych odmian, że jest odpowiednio wyrównana oraz, że zachowuje swoje właściwości z pokolenia na pokolenie, czyli jest trwała. Konwencja UPOV określa także, że cechy stosowane w badaniach OWT odmian powinny być niezależne od wpływu środowiska doświadczalnego lub podlegające mu w stopniu jak najniższym.

Odmiany traw, z racji obcopylności, charakteryzują się stosunkowo dużą zmiennością wewnętrzną, a cechy mierzalne przeważające w ocenie OWT tej grupy roślin są w znacznym stopniu modyfikowane przez środowisko. Stopień wyrównania zarejestrowanych w Polsce krajowych i zagranicznych odmian traw jest zróżnicowany w zależności od gatunku (Mucha, Pilarczyk, 2001). Wyrównanie badanych odmian oceniane jest zatem relatywnie, w porównaniu z wzorcem, który zasadniczo stanowią wszystkie odmiany zarejestrowane wcześniej. Odmiana wpisywana do Rejestru Odmian lub do Księgi Ochrony Wyłącznego Prawa nie może być mniej wyrównana.

W tym opracowaniu podjęto próbę porównania zmienności cech mierzalnych stosowanych w ocenie odrębności wyrównania i trwałości odmian traw na podstawie trzech najliczniejszych odmianowo gatunków: życicy trwałej, kostrzewy czerwonej i wiechliny łąkowej.

MATERIAŁ I METODY

Analizie poddano wyniki doświadczeń prowadzonych w celu stwierdzenia odrębności, wyrównania i trwałości odmian (OWT) w Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian w Słupi Wielkiej w latach 1998–2001. Doświadczenia te prowadzone corocznie, oddzielnie dla każdego gatunku, obejmują wszystkie odmiany zarejestrowane i zgłoszone do rejestru. Każda odmiana reprezentowana jest przez 60 roślin wysianych punktowo i rozlosowanych w sześciu blokach kompletnych. Do analizy przyjęto odmiany, które miały ciągłość w badaniach, występowały w doświadczeniach przez wszystkie cztery lata i dodatkowo uzyskały status rejestrowy.

Uwzględniono wszystkie cechy mierzalne, dla których pomiary wykonywano na pojedynczych roślinach, zgodnie z odpowiednimi metodykami UPOV (TG/4/7 1980, TG/67/4 1980, TG/33/6 1990). W tabeli 1 podano wykaz cech wraz z obowiązującymi skrótami nazw. W pomiarach wartości tych cech stosowane były różne jednostki fizyczne, zatem porównanie takich, mianowanych miar zmienności jak np. wariancja czy odchylenie standardowe było niecelowe. Przyjęto więc jako miary zmienności współczynniki zmienności. Obliczenia wykonano łącznie dla wszystkich odmian w gatunku oraz oddzielnie dla odmian krajowych i zagranicznych. Liczbę odmian uwzględnionych

w analizie podano w tabeli 2. W celu sprawdzenia stopnia zależności wyników od środowiska doświadczalnego, porównano także zmienności występujące w poszczególnych latach badań.

Tabela 1

Wykaz cech mierzonych (+) w poszczególnych gatunkach oraz wykaz skrótów ich nazw
List of observed (+) characteristics and abbreviations of their names for various species

Cecha Trait	Skrót nazwy Abbreviation	Gatunek Species		
		kostrzewa czerwona Red fescue	wiechlina łąkowa Kentucky bluegrass	życica trwała Perennial ryegrass
Długość najdłuższego źdźbła Length of longest stem	DNZ	+	+	+
Długość górnego międzywęźla Length of upper internode	DGM	+	+	-
Długość liścia flagowego Length of flag leaf	DLF	+	+	+
Szerokość liścia flagowego Width of flag leaf	SLF	+	+	+
Długość kwiatostanu Length of inflorescence	DK	+	+	+
Liczba kłosek w kwiatostanie Inflorescence: number of spikelets	LKK	-	-	+

Główna trudność na jaką trafia się przy analizie danych dotyczących współczynników zmienności jest związana z nieznaną ich rozkładu. Wiadomo, że rozkład ten jest bardzo złożony. Czasami, szczególnie gdy badacz dysponuje dużymi próbami, można wykorzystać dość dobrze poznane rozkłady asymptotyczne (Bobrowski, 1986). W tym podejściu możliwe jest testowanie hipotez dotyczących wielkości współczynników zmienności oraz różnic między nimi. Może ono być stosowane, gdy próby na podstawie których obliczono współczynniki zmienności są duże a same współczynniki małe. Szczególnie ten drugi warunek często nie jest spełniony dla analizowanych tu danych doświadczalnych. Inne podejście umożliwiające testowanie hipotez o jednorodności współczynników zmienności zostało zaproponowane przez Benneta (1976), zobacz także Czajka i Kaczmarek (2002). Także w tym podejściu wykorzystuje się asymptotyczny rozkład statystyki testowej.

W tym opracowaniu do porównania współczynników zmienności cech mierzalnych obserwowanych w badaniach OWT zastosowano nieparametryczny test Friedmana (Friedman, 1937, Miller, 1966). Po odrzuceniu hipotezy zerowej porównano także parami zmienność poszczególnych cech oraz lat.

Wartość statystyki S Friedmana dla klasyfikacji dwukierunkowej, bloki razy badany czynnik, obliczano według standardowego wzoru

$$S = \frac{12b}{k(k+1)} \sum_{j=1}^k R_j^2 - 3b(b+1) \quad (1)$$

gdzie b jest liczbą bloków, k jest liczbą poziomów badanego czynnika, a R_j^2 jest sumą rang jakie otrzymał j -ty poziom badanego czynnika, przy czym rangowanie obserwacji

wykonywano niezależnie w każdym bloku. Statystyka ta ma, przy prawdziwości hipotezy o braku różnic między poziomami badanego czynnika i przy $b \rightarrow \infty$ asymptotyczny rozkład χ -kwadrat z $(k-1)$ stopniami swobody. Z rozkładu χ -kwadrat można korzystać już przy liczbie bloków co najmniej 5. Dla mniejszych doświadczeń, można korzystać z tablic opracowanych przez Hollandera i Wolfe (1973).

Po odrzuceniu hipotezy zerowej można porównywać poziomy badanego czynnika parami, obliczając wartość najmniejszej różnicy istotnej:

$$NRI = \sqrt{\frac{bk(k+1)}{12}} q(\alpha, k, \infty) \quad (2)$$

gdzie $q(\alpha, k, \infty)$ jest wartością tablicową studentyzowanego rozstępu odczytaną na poziomie α , dla k średnich i nieskończonej liczby stopni swobody.

Uznajemy, że poziom j -ty oraz l -ty badanego czynnika różni się istotnie na poziomie α , jeśli zachodzi warunek

$$|R_j - R_l| > NRI \quad (3)$$

Zastosowany test jest testem jednoczesnym, zatem zachowany jest ogólny poziom istotności dla wszystkich porównań.

WYNIKI

Przypomnijmy, że wartościami na których wykonywano obliczenia, były współczynniki zmienności. Opisaną powyżej metodę zastosowano w taki sposób, że badanym czynnikiem doświadczalnym były bądź to cechy obserwowane w doświadczeniach OWT, bądź lata badań. W pierwszym przypadku blokami były kombinacje lat z odmianami, a w drugiej sytuacji kombinacje cechy razy odmiany. W celu porównania, czy otrzymane wyniki są takie same dla odmian krajowych i zagranicznych, obliczenia wykonano w trzech wariantach:

- dla wszystkich badanych odmian,
- dla odmian krajowych,
- dla odmian zagranicznych.

I tak w tabeli 2 zestawiono wartości statystyk S Friedmana otrzymane dla różnych badanych gatunków traw oraz rozważanych wariantów. We wszystkich gatunkach zróżnicowanie cech było istotne. Wystąpiły także istotne różnice między porównywanymi latami i wtedy, we wszystkich przypadkach z jednym wyjątkiem, prawdopodobieństwa prawdziwości hipotezy zerowej o braku różnic były mniejsze od 0,001. Wyjątek stanowią dane dla wiechliny łąkowej, przy oddzielnej analizie dla odmian krajowych i zagranicznych, gdyż wtedy nie wystąpiło zróżnicowanie między latami na poziomie istotności $\alpha = 0,01$, a przy odmianach krajowych nawet na poziomie $\alpha = 0,05$.

Najbardziej wyrównane okazały się cechy mierzone na źdźbłach, czyli: długość najdłuższego źdźbła mierzona u odmian wszystkich trzech rozpatrywanych gatunków oraz długość górnego międzywęźla mierzona u odmian kostrzewy czerwonej i wiechliny łąkowej. Najmniej wyrównane były odmiany pod względem cech mierzonych na liściu flagowym — długość oraz szerokość liścia flagowego. Ta prawidłowość wystąpiła we

wszystkich trzech gatunkach, a w obrębie gatunków we wszystkich przyjętych wariantach obliczeń. Wydaje się, że w trakcie prac hodowlanych nad odmianą, prowadzonych zarówno w kraju jak i za granicą, selekcja pod kątem długości źdźbła jest łatwiejsza i bardziej dokładna niż pod kątem wielkości liścia. Inną przyczyną jest niewątpliwie fakt, że pomiary na liściu, zwłaszcza pomiar jego szerokości, przy małych wartościach mogą być obciążone większym błędem względnym.

Tabela 2

Wartości statystyki S Friedmana oraz istotności p dla rozpatrywanych gatunków
The values of Friedman S statistics and significance levels p for all species

Gatunek Species	Liczba odmian No. of varieties	Porównanie cech Comparison of traits			Porównanie lat Comparison of years		
		S	st. swob. d. f.	p	S	st. swob. d. f.	p
Kostrzewa czerwona Red fescue							
Odmiany: łącznie – all var.	19	236,92	4	0,000	99,50	3	0,000
Krajowe Domestic	6	75,07	4	0,000	23,49	3	0,000
Zagraniczne Foreign	13	162,97	4	0,000	97,74	3	0,000
Wiechlina łąkowa Kentucky bluegrass							
Odmiany: łącznie – all var.	17	202,67	4	0,000	14,55	3	0,002
Krajowe Domestic	8	91,00	4	0,000	5,67	3	0,130
Zagraniczne Foreign	9	113,18	4	0,000	9,96	3	0,019
Życica trwała Perennial ryegrass							
Odmiany: łącznie – all var.	36	447,73	4	0,000	104,56	3	0,000
Krajowe Domestic	12	149,17	4	0,000	24,50	3	0,000
Zagraniczne Foreign	24	298,96	4	0,000	105,78	3	0,000

Generalnie dla wszystkich rozpatrywanych gatunków, różnice między poziomem wyrównania cech źdźbła a poziomem wyrównania cech liścia były istotne w każdym z trzech wariantów obliczeń; dla wszystkich odmian razem i oddzielnie dla odmian krajowych i zagranicznych. Cecha długość kwiatostanu zajmowała we wszystkich trzech gatunkach pozycję pośrednią. W większości przypadków wykazała istotnie mniejsze zróżnicowanie niż cechy liścia ale istotnie większe niż cechy źdźbła. Cecha dodatkowa dla życicy trwałej — liczba kłosek w kwiatostanie — pod względem wyrównania stanowiła w przypadku odmian krajowych grupę jednorodną z długością kwiatostanu, w przypadku natomiast odmian zagranicznych była to cecha istotnie lepiej wyrównana (tab. 3 i 4).

Układ grup jednorodnych dla wszystkich wariantów był podobny. Można założyć, że niewielkie przesunięcia w grupach wynikały z indywidualnego poziomu wyrównania poszczególnych odmian. Mniej zdecydowany podział cech na grupy jednorodne w przy-

padku krajowych odmian kostrzewy czerwonej był w dużym stopniu spowodowany małą liczebnością odmian w tej grupie.

Tabela 3

Sumy rang oraz istotność różnic między cechami. Kostrzewa czerwona i wiechlina łąkowa
Sums of ranks and significance of differences between characteristics. Red fescue and Kentucky bluegrass

Cecha Trait	Kostrzewa czerwona Red fescue			Wiechlina łąkowa Kentucky bluegrass		
	odmiany krajowe i zagraniczne (19) all varieties	odmiany krajowe (6) domestic varieties	odmiany zagraniczne (13) foreign varieties	odmiany krajowe i zagraniczne (17) all varieties	odmiany krajowe (8) domestic varieties	odmiany zagraniczne (9) foreign varieties
DNZ	104,0 a	30,0 a	74,0 a	114,0 a	55,0 a	59,0 a
DGM	139,0 a	49,0 ab	90,0 a	121,0 a	57,0 a	64,0 a
DK	238,0 b	73,0 bc	165,0 b	200,0 b	99,0 b	101,0 ab
SLF	307,0 c	95,0 cd	212,0 bc	249,0 b	111,0 b	138,0 bc
DLF	352,0 c	113,0 d	239,0 c	336,0 c	158,0 c	178,0 c
NRI						
LSD	63,4	35,6	52,4	60,0	41,1	43,6

Ta sama litera (a lub b, lub c) oznacza brak różnicy istotnej na poziomie $\alpha = 0,01$

The same letter (a or b or c) means the lack of significant difference at $\alpha = 0.01$ level

Tabela 4

Sumy rang oraz istotność różnic między cechami. Życica trwała
Sums of ranks and significance of differences between characteristics. Perennial ryegrass

Cecha Trait	Odmiany krajowe i zagraniczne (36) All varieties	Odmiany krajowe (12) Domestic varieties	Odmiany zagraniczne (24) Foreign varieties
DNZ	170,0 a	59,0 a	111,0 a
LKK	310,0 b	100,0 ab	210,0 b
DK	426,0 c	143,0 b	283,0 c
SLF	599,0 d	197,0 c	402,0 d
DLF	655,0 d	221,0 c	434,0 d
NRI			
LSD	87,3	50,4	71,3

Ta sama litera (a lub b, lub c) oznacza brak różnicy istotnej na poziomie $\alpha = 0,01$

The same letter (a or b or c) means the lack of significant difference at $\alpha = 0.01$ level

Przebieg pogody w latach rozpatrywanego czterolecia miał istotny wpływ na poziom zmienności cech (tab. 5).

Spośród trzech rozpatrywanych gatunków najmniej wrażliwa na zmienne warunki pogody okazała się wiechlina łąkowa, gatunek wolno rozwijający się w roku siewu ale charakteryzujący się dobrą zimotrwałością i odpornością na trudne warunki siedliskowe w odniesieniu do wody. Istotna różnica w poziomie wyrównania odmian tego gatunku została stwierdzona tylko między sezonami wegetacyjnymi 2000 i 2001 oraz 1998 i 2000 dla wariantu obejmującego wszystkie odmiany.

Dla kostrzewy łąkowej najbardziej korzystny okazał się sezon wegetacyjny 1999, zaś najmniej korzystnym był sezon 2000. Rozpatrywane oddzielnie odmiany krajowe i zagra-

niczne stworzyły nieco inne układy. Poziom wyrównania odmian krajowych był podobny w sezonach wegetacyjnych 1998, 1999 i 2001, istotnie gorszy tylko w roku 2000. Natomiast dla odmian zagranicznych podobne wyniki uzyskano w latach 1998, 2000 i 2001, wyraźnie lepszy był tylko rok 1999.

Tabela 5

Sumy rang dla lat oraz istotność różnic między latami
Sums of ranks and significance of differences between years

Rok Year	Odmiany Varieties		
	łącznie all together	krajowe domestic	zagraniczne foreign
kostrzewa czerwona Red fescue			
1999	142,0a	63,0a	79,0a
2001	226,0b	65,0a	161,0b
1998	271,5bc	67,5a	204,0b
2000	310,5c	104,5b	206,0b
	NRI; LSD = 55,4	NRI; LSD = 31,1	NRI; LSD = 45,8
wiechlina łukowa Kentucky bluegrass			
2001	192,0a	88,0a	104,0a
1998	195,0a	97,0a	98,0a
1999	214,0ab	100,0a	114,0a
2000	249,0b	115,0a	134,0a
	NRI; LSD = 52,4	brak różnic istotnych	brak różnic istotnych
życica trwała Perennial ryegrass			
2001	349,0a	144,0ab	205,0a
1999	390,0a	112,0a	278,0b
2000	482,5b	173,0b	309,5b
1998	578,5c	171,0b	407,5c
	NRI; LSD = 76,2	NRI; LSD = 44,0	NRI; LSD = 62,2

Ta sama litera (a lub b, lub c) oznacza brak różnicy istotnej na poziomie $\alpha = 0,01$

The same letter (a or b or c) means the lack of significant difference at $\alpha = 0.01$ level

Dla wyrównania odmian życicy trwałej rozpatrywanych łącznie istotnie korzystniejsze były lata 1999 i 2001, mniej korzystny był rok 2000, a najmniej rok 1998. Zbliżone wyniki uzyskano dla grupy odmian zagranicznych, z tym, że nie stwierdzono wtedy istotnej różnicy między rokiem 1999 i 2000, poziom wyrównania odmian w tych dwóch latach był podobny. Wyniki uzyskane dla grupy odmian krajowych odbiegały nieco od dwu poprzednich wariantów, gdyż różnice w poziomie wyrównania odmian między poszczególnymi latami badań były mniej wyraźne, na co mogła mieć wpływ także mniejsza liczebność odmian w tej grupie.

WNIOSKI

1. Stosowane w badaniach odrębności, wyrównania i trwałości odmian traw cechy mierzalne charakteryzują się zróżnicowaną zmiennością.
2. Zarejestrowane odmiany kostrzewy czerwonej, wiechliny łąkowej i życicy trwałej są zdecydowanie najlepiej wyrównane pod względem długości najdłuższego źdźbła, dwu pierwszych gatunków również pod względem długości górnego międzywęźla a życicy trwałej pod względem liczby kłosek. Odmiany wszystkich trzech gatunków są najgorzej wyrównane po względem długości i szerokości liścia flagowego.
3. Przebieg pogody ma istotny wpływ na poziom wyrównania cech mierzalnych. Dlatego, dla zobiektywizowania ocen, badania odrębności wyrównania i trwałości odmian traw powinny trwać co najmniej trzy sezony wegetacyjne, co pozwala na efektywne zastosowanie zalecanej przez UPOV metody COYU (combined over years uniformity). Integralną częścią tej metody jest bowiem modyfikowanie wariancji poziomem przejawu analizowanych cech w latach badań.

LITERATURA

- Bennet B. M. 1976. On an approximate test for homogeneity of coefficients of variation. In: Contributions to applied statistics (ed. W. I. Ziegler). Birkhäuser Verlag, Basel und Stuttgart: 169 — 171.
- Bobrowski D. 1986. Probabilistyka w zastosowaniach technicznych. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Czajka S., Kaczmarek Z. 2003. O testowaniu jednorodności współczynników zmienności. Biul. IHAR 226/227, zesz. 1: 25 — 29.
- Friedman M. 1937. The use of ranks to avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance, J. Amer. Stat. Assoc. 32: 657 — 701.
- Hollander M., Wolfe D. A. 1973. Nonparametric methods in statistics. Willey, New York.
- Miller R. G. 1966. Simultaneous Statistical Inference. McGraw-Hill, New York.
- Mucha I., Pilarczyk W. 2001. Porównanie krajowych i zagranicznych odmian wybranych gatunków traw pod kątem ich wyrównania, Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 474: 169 — 175.
- TG/4/7. 1980. Guidelines for the conduct of test for distinctness, homogeneity and stability — Ryegrass. UPOV Geneva.
- TG/33/6. 1990. Guidelines for the conduct of test for distinctness, homogeneity and stability — Kentucky bluegrass. UPOV Geneva.
- TG/67/4. 1980. Guidelines for the conduct of test for distinctness, homogeneity and stability — Sheep's fescue and Red fescue. UPOV Geneva.