

ZRÓŻNICOWANIE MIĘDZYGATUNKOWE TRZCINNIKÓW [*CALAMAGROSTIS*] W OBRĘBIE SEKCJI *DEYEUXIA*

Beata Paszko

Zakład Systematyki Roślin Naczyniowych, Instytut Botaniki Polskiej Akademii Nauk
im. W. Szafera, Kraków

1 WSTĘP

Holaraktyczny rodzaj *Calamagrostis* Adans., zaliczany do podrodziny Pooideae, plemienia Aveneae Dumort. i podplemienia Alopecurinae Dumort. [1], należy do 10 największych rodzajów wśród traw (Poaceae). Obejmuje około 280 gatunków (w Europie 14) rozmieszczonych na obszarze z klimatem umiarkowanym, ale także w niektórych strefach klimatu zimnego; w tropikach jego przedstawiciele występują tylko w górach [2, 5, 6].

Problemy taksonomiczne w rodzaju wynikają głównie z powodu często występującego zjawiska krzyżowania się gatunków, czemu najczęściej towarzyszy poliploidyzacja i apomiksja [11, 14].

W Polsce występuje 7 gatunków, należących według Tsveleva [15] do trzech sekcji: *Calamagrostis* (*C. villosa*, *C. canescens*), *Deyeuxia* (*C. stricta*, *C. arundinacea*, *C. varia*) i *Pseudophragmites* (*C. epigejos*, *C. pseudophragmites*). Jako ósmy wymieniany jest takson mieszańcowy *C. x hartmaniana* [4, 6, 9, 13].

Zróżnicowanie wewnątrzrodzajowe było przedmiotem studiów wielu taksonomów. Najważniejsze systemy klasyfikacyjne zostały zestawione przez Frey i Paszko [3]. W niniejszej pracy przyjęto system wewnątrzrodzajowy za Tsvelevem [15].

Według Tsveleva [15] najbardziej prymitywne gatunki są zgrupowane w sekcji *Deyeuxia*, większość z nich ma ograniczony obszar występowania i są to rośliny rosnące głównie w lasach. Gatunki o szerokim geograficznym zasięgu oraz rosnące najczęściej w miejscach wilgotnych zgrupowane są w sekcji *Calama-*

grostis. Sekcja *Pseudophragmites* obejmuje gatunki o pochodzeniu śródziemnomorskim, zaawansowane w rozwoju ewolucyjnym, występujące w Eurazji na odsłoniętych miejscach.

Głównym celem niniejszej pracy jest ocena zróżnicowania międzygatunkowego w rodzaju *Calamagrostis* w obrębie sekcji *Deyeuxia*. Omówiono zróżnicowanie międzygatunkowe pomiędzy *Calamagrostis arundinacea*, *C. stricta* i *C. varia*. Do niektórych analiz włączono 3 populacje oznaczone jako *C. x haussknechtiana* (*C. arundinacea* × *C. varia*).

2 MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań zróżnicowania międzygatunkowego w rodzaju *Calamagrostis* zebrano w latach 1997-2002 z obszaru środkowej i południowej Polski, łącznie 18 prób populacyjnych. Materiał obejmuje 5 populacji *C. arundinacea*, 9 populacji *C. varia*, 1 próbę celową *C. stricta* z zielnika KRAM [Instytut Botaniki PAN w Krakowie] oraz 3 populacje *C. x haussknechtiana*. Opis stanowisk, z których zebrano próby populacyjne do badań, przedstawiono w tabeli, z uwzględnieniem ich lokalizacji według numeracji kwadratów ATPOL-a [16] (tabela 1).

Cechy zostały wybrane na podstawie kluczy do oznaczania gatunków oraz oryginalnych prac dotyczących badanych gatunków.

Każdy okaz z populacji, każda populacja oraz gatunek szczegółowo scharakteryzowano pod względem 45 cech ilościowych oraz 5 cech jakościowych (dokładny opis w pracy [7]). Wszystkie badane cechy części wegetatywnych,

jak i generatywnych użyte w niniejszej pracy zestawiono w tabeli (tabela 2).

Przy analizie danych zastosowano metody jak w pracy [8]. W niniejszej pracy wykorzystano dodatkowo analizę skupień (CA – *cluster analysis*) oraz analizę dyskryminacyjną.

Tabela 1. Wykaz materiałów zielnikowych wykorzystanych jako materiał porównawczy w badaniach taksonomicznych z uwzględnieniem ich lokalizacji według numeracji kwadratów ATPOL-a (Zając 1978). Objaśnienia skrótów: A – *C. arundinacea*, S – *C. stricta*, haus – *C. × haussknechtiana*, va – *C. varia*.

Skrót populacji	Opis stanowiska	Liczba okazów
A-12	Gorce, przy szlaku ze Średniego Gronia na Makowicę, 20.08.1997, leg. B. Paszko [49°30' N; 20°22' E] EG 22	30
A-45	Tatry, u wejścia do doliny Strażyskiej, 05.08.1999, leg. B. Paszko [49°16' N; 19°56' E] DG 59	25
A-55	Ligota koło Pleszewa, las przy drodze z miejscowości Ligota k. Pleszewa do leśniczówki Stary Las, 27.06.2001, leg. B. Paszko [51°46' N; 17°40' E] CD 73	30
A-60	Tatry, Dolina Jaworzynki, 02.09.2001, leg. B. Paszko [49°15' N; 19°59' E] EG 50	10
A-65	Tatry, Czuba Goryczkowa, poniżej szczytu, 04.09.2001, leg. B. Paszko [49°14' N; 19°57' E] DG 59	18
haus-7	Pieniny, przy ścieżce z przełęczy Sosnów do Krościenka n/D na brzegu strumienia, w pobliżu pierwszych zabudowań, 19.08. 1997, leg. B. Paszko [49°25' N; 20°26' E] EG 33	25
haus-23	Tatry, Sarnia Skała, w pasie kosodrzewiny po prawej stronie szlaku z Czerwonej Przełęczy, 05.09.1997, leg. B. Paszko [49°15' N; 19°56' E] DG 59	25
haus-60	Tatry, Dolina Jaworzynki, 02.09.2001, leg. B. Paszko [49°15' N; 19°59' E] EG 50	9
va-8	Pieniny, Zamkowa Góra – szczyt, 19.08.1997 [49°25' N; 20°25' E] EG 33	30
va-13	Łąkcica – urwisko nad szosą nad Dunajcem między Krościenkiem n/D a Łąkcicą, 18.08.1997 [49°25' N; 20°25' E] EG 33	26
va-14	Pieniny, wąwóz Homole, dno wąwozu, 21.08.1997 [49°24' N; 20°32' E] EG 34	30
va-22	Tatry, Dolina Strażyska, Skała Jelinka, powyżej pasa kosodrzewiny, 03.09.1997 [49°16' N; 19°56' E] DG 59	30
va-33	Wietrznicza k. Tylmanowej, 21.07.1998 [49°31' N; 20°24' E] EG 23	28

Skrót populacji	Opis stanowiska	Liczba okazów
va-34	Pieniny, Wąwóz Sobczański, 24.07.1998 [49°24' N; 20°24' E] EG 33	29
va-35	Pieniński Pas Skałkowy, Krępachy, 23.07.1998 [49°25' N; 20°08' E] EG 31	25
va-36	Pieniński Pas Skałkowy, Oblazowa, 23.07.1998 [49°25' N; 20°07' E] EG 31	30
va-60	Tatry, Dolina Jaworzynki, 02.09.2001 [49°15' N; 19°59' E] EG 50	31
S-00	<i>C. stricta</i> z różnych stanowisk z terenu Polski [KRAM]	25

Tabela 2. Cechy morfologiczne i ich skróty, wyodrębnione na podstawie analiz zróżnicowania wewnątrzgatunkowego *Calamagrostis varia*.

Skrót cechy	Opis cechy
LGL	Długość plewy dolnej [mm]
LGW	Szerokość plewy dolnej [mm]
LGNA	Liczba nerwów na plewie dolnej
UGL	Długość plewy górnej [mm]
UGW	Szerokość plewy górnej [mm]
UGNA	Liczba nerwów na plewie górnej
LL	Długość plewki dolnej [mm]
LNA	Liczba nerwów na plewce dolnej
PL	Długość plewki górnej [mm]
PNA	Liczba nerwów na plewce dolnej
CHL	Długość włosków na kallusie [mm]
RL	Długość rudimentu (pozostałość po drugim kłosku) [mm]
RHL	Długość rudimentu z włoskami [mm]
AL	Długość ości [mm]
AWNINS	Osadzenie ości (mierzone od nasady plewki dolnej do miejsca osadzenia ości) [mm]
LGW/LGL	Stosunek szerokości plewy dolnej do jej długości
UGW/UGL	Stosunek szerokości plewy górnej do jej długości
UGL/LGL	Stosunek długości plewy górnej do długości plewy dolnej
PL/LL	Stosunek długości plewki górnej do długości plewki dolnej
LL/LGL	Stosunek długości plewki dolnej do długości plewy dolnej
CHL/LL	Stosunek długości włosków na kallusie do długości plewki dolnej
CHL/LGL	Stosunek długości włosków na kallusie do długości plewy dolnej
RAWNINS = AWNINS/LL	Relatywne osadzenie ości na plewce dolnej (wyrażone w %)
AS	Kształt ości: kolankowato zgięta i skręcona u nasady – 1, prosta i nieskręcona u nasady – 0

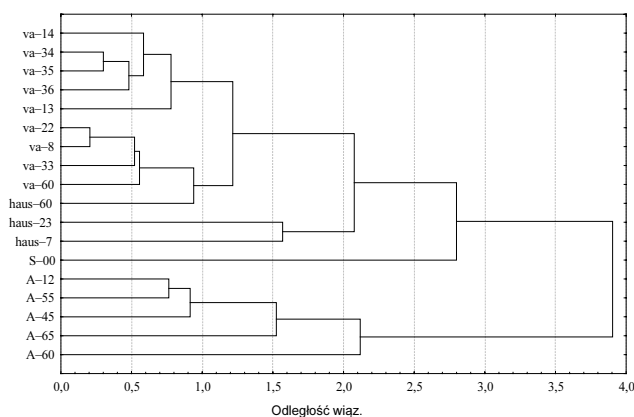
Analiza skupień jest metodą tzw. klasyfikacji bez nadzoru (ang. *unsupervised learning*). Jest to metoda dokonująca grupowania elementów we względnie jednorodne klasy. Podstawą grupowania w większości algorytmów jest podobieństwo pomiędzy elementami – wyrażone przy pomocy funkcji podobieństwa.

Analiza funkcji dyskryminacyjnej została zastosowana do rozstrzygnięcia, które zmienne dyskryminują gatunki w obrębie sekcji *Deyeuxia* w rodzaju *Calamagrostis*. Główna idea leżąca u podstaw analizy funkcji dyskryminacyjnej to rozstrzygnięcie, czy grupy różnią się ze względu na średnią pewnej zmiennej, a następnie wykorzystanie tej zmiennej do przewidywania przynależności do grupy. Analiza ta została użyta również jako metoda klasyfikująca, pozwalająca ocenić procent poprawnych klasyfikacji indywidualnych okazów do wyróżnionych taksonów [10, 12]. Wszystkie analizy jedno- i wielowymiarowe danych morfologicznych przeprowadzono przy użyciu pakietu *STATISTICA PL* [12].

3 WYNIKI

3.1 Analiza skupień

W pierwszym etapie przeprowadzono analizę skupień dla wszystkich 18 badanych prób populacyjnych metodą UPGMA z wykorzystaniem odległości euklidesowych na podstawie wyłącznie cech ilościowych związanych z wielkością kłosek.



Rys. 1. Dendrogram podobieństwa 18 populacji z rodzaju *Calamagrostis* (sekcja *Deyeuxia*) w oparciu o 23 cechy związane z wielkością kłosek (odległość Euklidesa/UPGMA). Objasnienia skrótów: A – *C. arundinacea*, S – *C. stricta*, haus – *C. × haussknechtiana*, va – *C. varia*.

Dendrogram z analizy skupień pokazuje podobieństwa pomiędzy poszczególnymi próbami populacyjnymi. Na dendrogramie widać dwa duże skupienia (rys. 1).

Pierwsze duże skupienie obejmuje 5 prób *C. arundinacea* (A-12, A-45, A-55, A-60, A-65). Drugie duże skupienie obejmuje łącznie 9 prób populacyjnych *C. varia* (va-14, va-34, va-36, va-13, va-35, va-22, va-8, va-62, va-33), 3 próby populacyjne *C. × haussknechtiana* (haus-7, haus-23, haus-61) oraz jedną próbę populacyjną *C. stricta* (S-00) (rys. 1)

3.2 Analiza wariancji

Wyniki analizy wariancji dla różnych układów taksonów w obrębie sekcji *Deyeuxia* przedstawiono w tabeli (tabela 3). Wszystkie wartości statystyki *F* wyższe od 500 zostały zacieńowane.

Calamagrostis arundinacea, *C. varia* oraz *C. stricta* należące do sekcji *Deyeuxia* różnią się bardzo istotnie pod względem dwóch cech, a mianowicie długości plewki górnej (PL) oraz długości ości (AL). Wartości statystyki *F* dla tych cech dla różnych układów tych trzech gatunków są bardzo wysokie. Wszystkie trzy różnią się również między sobą pod względem długości plew i plewek (LGL, UGL, LL, PL), długości włosków na kallusie (CHL), stosunkiem długości włosków na kallusie do długości plewy dolnej (CHL/LGL) oraz do długości plewki dolnej (CHL/LL), jak też stosunkiem długości plewki górnej do długości plewki dolnej (PL/LL).

Najbardziej różnią się między sobą *Calamagrostis varia* i *C. arundinacea*. 11 cech dla tego układu ma wartości statystyki *F* większe od 500. Różnią się one bardzo istotnie pod względem następujących cech: długości włosków na kallusie (CHL), długości ości (AL), względnej długości włosków na kallusie w stosunku do długości plewki dolnej (CHL/LL) oraz w stosunku do długości plewy dolnej (CHL/LGL) oraz długości plew i plewek (LGL, UGL, LL, PL). Pozostałe cechy, z wyjątkiem stosunku długości plewy górnej do dolnej (UGL/LGL), również wykazują bardzo istotne różnice między tymi dwoma gatunkami (tabela 3).

Najsłabiej między sobą różnią się *Calamagrostis varia* i *C. stricta*. Tylko dwie cechy charakteryzują się statystyką *F* o wartości

większej od 500: długość plewki górnej (PL) oraz długość ości (AL). Gatunki te nie wykazują istotnych różnic między sobą pod względem aż sześciu cech: szerokości plewy górnej (UGW), długości rudimentu (RL), odległości od nasady plewki dolnej do miejsca osadzenia ości (AWNINS), stosunku długości plewy górnej do dolnej (UGL/LGL) oraz stosunku długości włosków na kallusie do długości plewki dolnej i plewy dolnej (CHL/LL, CHL/LGL) (tabela 3).

Calamagrostis x haussknechtiana w stosunku do *C. arundinacea* różni się bardzo pod względem trzech cech: długości włosków na kallusie (CHL) oraz stosunku długości włos-

ków na kallusie do długości plewki dolnej i plewy dolnej (CHL/LL, CHL/LGL). Obydwa taksony wykazują różnice również pod względem długości rudimentu z włoskami (RHL), długości ości (AL) oraz stosunku długości plewek (PL/LL). Nie wykazują istotnych różnic między sobą lub różnią się bardzo słabo pod względem aż trzynastu cech: długości i szerokości plew (LGL, LGW, UGL, UGW), długości plewek (LL, PL), długości rudimentu (RL), osadzeniu ości (AWNINS, RAWNINS), kształtu plew (LGW/LGL, UGW/UGL), stosunku długości plew (UGL/LGL), stosunku długości plewki dolnej do długości plewy dolnej (LL/LGL) (tabela 3).

Tabela 3. Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji przeprowadzonej dla różnych kombinacji gatunków *Calamagrostis* sp. w obrębie sekcji *Deyeuxia* dla wszystkich cech kłósków. Wszystkie wartości statystyki *F* istotne na poziomie $p < 0,001$ wytłuszczone.

Cecha	Statystyka <i>F</i> dla <i>C. arundinacea</i> , <i>C. varia</i> i <i>C. stricta</i>	Statystyka <i>F</i> dla <i>C. varia</i> i <i>C. arundinacea</i>	Statystyka <i>F</i> dla <i>C. arundinacea</i> i <i>C. stricta</i>	Statystyka <i>F</i> dla <i>C. varia</i> i <i>C. stricta</i>	Statystyka <i>F</i> dla <i>C. varia</i> i <i>C. x haussknechtiana</i>	Statystyka <i>F</i> dla <i>C. arundinacea</i> i <i>C. x haussknechtiana</i>
LGL	761,84	1186,14	566,36	183,36	198,83	3,32
LGW	324,32	639,86	62,68	11,96	105,57	14,10
UGL	829,29	1281,85	663,14	199,93	191,72	8,63
UGW	248,97	485,88	63,16	2,43	127,09	1,30
LL	770,62	1054,68	619,06	361,99	329,89	0,03
PL	1894,88	2543,16	1770,49	849,56	210,69	77,39
RL	113,47	217,50	57,50	2,17	148,38	16,62
RHL	419,98	709,50	0,37	315,36	168,98	282,70
CHL	2722,91	5438,73	454,21	183,29	96,41	1078,15
AWNINS	37,95	74,90	8,28	2,24	13,46	0,18
AL	3247,61	5033,99	2421,59	740,19	75,08	393,06
LGW/LGL	224,74	55,19	401,79	343,42	28,63	2,38
UGW/UGL	296,09	156,25	501,90	361,65	16,11	4,62
UGL/LGL	8,00	6,91	13,45	6,79	3,54	6,11
PL/LL	549,25	559,55	855,22	380,63	8,53	163,44
LL/LGL	23,64	29,33	4,07	24,83	1,58	10,56
CHL/LL	3462,63	6834,04	1837,38	3,66	22,60	1308,01
CHL/LGL	3320,36	6516,34	2015,69	1,27	13,59	1553,83
RAWNINS	87,67	27,38	241,27	109,25	8,13	0,16

Calamagrostis x haussknechtiana różni się od *C. varia* pod względem dwóch cech: długości plewki dolnej (LL) oraz długości plewki górnej (PL). Taksony te różnią się między sobą również długością i szerokością plew (LGL, LGW, UGL, UGW). Nie wykazują istotnych różnic między sobą lub różnią się bardzo słabo pod względem aż dziesięciu cech: osadzenia ości (AWNINS, RAWNINS), długości ości (AL), kształtu plew (LGW/LGL, UGW/UGL), stosunku długości

plew i plewek (UGL/LGL, PL/LL) oraz stosunku długości włosków na kallusie do długości plewki dolnej i plewy dolnej (CHL/LL, CHL/LGL) (tabela 3).

3.3 Analiza składowych głównych (PCA)

Analizę PCA przeprowadzono dla prób populacyjnych *Calamagrostis varia*, *C. arundinacea* oraz *C. stricta* dla 19 cech. Z analizy skła-

dowych głównych wynika, że pierwsze trzy składowe wyjaśniają łącznie około 70% zmienności (odpowiednio 47,93, 11,65 i 10,85 dla PC1, PC2 i PC3) (tabela 4).

Tabela 4. Wyniki analizy składowych głównych (PCA) dla *Calamagrostis varia*, *C. arundinacea* oraz *C. stricta* – wyjaśniana wariancja oraz ładunki czynnikowe dla 19 cech i trzech czynników. Pogrubioną czcionką zaznaczono wartości korelacji cech z czynnikami o $r \geq 0,70$. Skróty nazw cech w tabeli 2.

Wyjaśn. war. (%)	Czynnik 1 47,93	Czynnik 2 11,65	Czynnik 3 10,85
Cecha	Ładunki czynnikowe		
LGL	0,71	0,60	0,15
LGW	0,79	-0,01	0,27
UGL	0,71	0,62	0,20
UGW	0,73	0,05	0,32
LL	0,68	0,58	0,35
PL	0,76	0,57	0,10
RL	0,38	0,34	0,35
RHL	-0,63	0,36	0,41
CHL	-0,89	-0,05	0,21
AWNINS	0,32	0,06	0,79
AL	0,82	0,51	-0,09
LGW/LGL	-0,05	-0,90	0,12
UGW/UGL	-0,17	-0,88	0,08
UGL/LGL	0,05	0,16	0,32
PL/LL	0,51	0,37	-0,34
LL/LGL	-0,14	-0,13	0,41
CHL/LL	-0,91	-0,26	0,06
CHL/LGL	-0,91	-0,28	0,12
RAWNINS	-0,12	-0,38	0,62

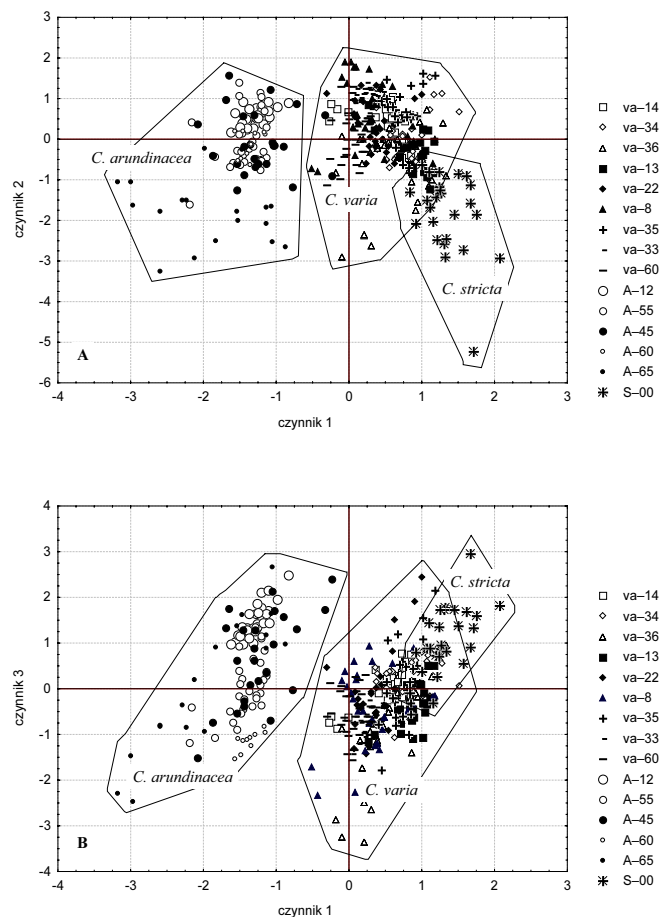
Pierwsza składowa główna jest skorelowana z dziewięcioma cechami, z sześcioma dodatnio: długością i szerokością plew (LGL, LGW, UGL, UGW), długością plewki górnej (PL) oraz długością ości (AL), zaś ujemnie z trzema cechami: długością włosków na kallusie oraz stosunkiem długości włosków na kallusie do długości plewki dolnej oraz do długości plewy dolnej (CHL/LL, CHL/LGL) (tabela 4).

Druga składowa główna jest skorelowana, ujemnie z dwiema cechami kształtu plew: ze stosunkiem ich szerokości do ich długości (LGW/LGL, UGW/UGL). Drugą składową można nazwać czynnikiem kształtu plew. Trzecia składowa główna skorelowana jest dodatnio z jedną cechą: z osadzeniem ości (AWNINS) (tabela 4).

Pierwsza składowa segreguje bardzo wyraźnie *Calamagrostis varia* oraz *C. arundinacea*, co jest widoczne na diagramach rozrzutu czynnika 1 względem czynnika 2 oraz 3 (rys. 2 A i B).

Calamagrostis arundinacea charakteryzuje się w stosunku do *C. varia* większymi wartościami cech, takich jak: długość i szerokość plew (LGL, LGW, UGL, UGW), długość plewki górnej oraz długość ości (PL, AL), zaś mniejszymi wartościami cech, takich jak: długość włosków na kallusie (CHL) oraz względna ich długość w stosunku do długości plewy dolnej oraz w stosunku do długości plewki dolnej (CHL/LGL, CHL/LL).

Wszystkie trzy składowe segregują *Calamagrostis stricta* od *C. varia* i *C. arundinacea* (rys. 2 A i B).



Rys. 2 A i B. Analiza składowych głównych (PCA) – diagram rozrzutu *Calamagrostis varia*, *C. arundinacea* oraz *C. stricta* względem czynnika 1 i 2 (A) oraz 1 i 3 (B).

3.4 Analiza dyskryminacji

Wszystkie cechy wzięte do analizy charakteryzują się bardzo dużą mocą dyskryminacyjną, o czym świadczą wartości Lambdy Wilksa bliskie wartości 0,00.

Największy wkład do pierwszej funkcji dyskryminującej ma długość ości (AL), włosków na kallusie (CHL) oraz stosunek ich długości do

długości plewy i plewki dolnej (CHL/LGL, CHL/LL). Druga funkcja jest wyznaczona przez długość plewki górnej (PL), długość włosków na kallusie (CHL) oraz kształt plew (LGW/LGL, UGW/UGL). Największy cząstkowy udział w trzeciej funkcji dyskryminacyjnej ma długość plew i plewki dolnej (LGL, UGL, LL) (tabela 5).

Tabela 5. Wyniki kanonicznej analizy dyskryminacji (CDA) dla gatunków *Calamagrostis* w obrębie sekcji *Deyeuxia*. Współczynniki struktury czynnikowej. Skróty nazw cech w tabeli 2.

Cecha	Pierw1	Pierw2	Pierw3
LGL	-0,24	-0,25	-0,57
LGW	-0,19	0,00	-0,46
UGL	-0,26	-0,26	-0,55
UGW	-0,15	-0,05	-0,49
LL	-0,24	-0,34	-0,66
PL	-0,42	-0,44	-0,47
CHL	0,58	-0,38	-0,25
AL	-0,59	-0,33	-0,26
LGW/LGL	0,08	0,34	0,08
UGW/UGL	0,13	0,31	0,02
PL/LL	-0,24	-0,22	0,30
CHL/LL	0,67	-0,05	0,30
CHL/LGL	0,64	-0,10	0,28
Skumulowana proporcja wyjaśnianej wariancji	0,78	0,96	1,00

Jak widać, pierwsza funkcja odpowiada za 78% wyjaśnianej wariancji; co oznacza, że 78% całej mocy dyskryminacyjnej jest wyjaśniane przez tę funkcję. Druga i trzecia funkcja odpowiada tylko za odpowiednio 18% oraz 4% wyjaśnianej wariancji. Z tabeli z wartościami średnich zmiennych kanonicznych (tabela 6) oraz z wykresu rozrzutu wartości kanonicznych *pierwiastka 1* względem *pierwiastka 2* oraz *3* (rys. 3 A i B) wynika, że w obrębie sekcji *Deyeuxia* najwyraźniej pierwsza funkcja dyskryminuje *C. arundinacea* od pozostałych gatunków, druga funkcja wyodrębnia *C. stricta*, natomiast trzecia funkcja rozróżnia *C. x haussknechtiana*, jednak wielkość tej dyskryminacji jest znacznie mniejsza.

W analizie dyskryminacji utworzono tzw. macierz klasyfikacji. Opisuje ona rzeczywistą klasyfikację obiektów, na podstawie przyjętego zestawu cech użytych w analizie dyskryminacji (tabela 7). W pierwszej kolumnie arkusza wyników umieszczono procent przypadków, które

zostały poprawnie zaklasyfikowane w każdej grupie przez aktualne funkcje klasyfikacyjne. W tym przypadku dokładność klasyfikacji jest bardzo wysoka, waha się ona w granicach 84% do 100%. Najmniejszą poprawność klasyfikacji mają *C. x haussknechtiana* oraz *C. varia*, ale są to taksony, których zakresy zmienności częściowo zachodzą na siebie (rys. 2, 3 i 4; tabela 8).

Tabela 6. Wyniki kanonicznej analizy dyskryminacji (CDA) dla gatunków *Calamagrostis* w obrębie sekcji *Deyeuxia*. Średnie zmiennych kanonicznych.

	Pierw1	Pierw2	Pierw3
<i>C. varia</i>	2,05	-0,37	0,57
<i>C. x haussknechtiana</i>	2,03	-1,98	-2,02
<i>C. arundinacea</i>	-6,65	0,31	-0,04
<i>C. stricta</i>	3,73	7,19	-1,00

Tabela 7. Wyniki analizy dyskryminacji. Macierz klasyfikacji dla 456 badanych okazów do czterech wyróżnionych taksonów w obrębie sekcji *Deyeuxia* na podstawie 19 cech związanych z wielkością kłosek otrzymana z analizy dyskryminacyjnej.

	Procent poprawnych klasyfikacji	<i>C. varia</i>	<i>C. x haussknechtiana</i>	<i>C. arundinacea</i>	<i>C. stricta</i>
<i>C. varia</i>	95,38	248,00	12,00	0,00	0,00
<i>C. x haussknechtiana</i>	76,27	14,00	45,00	0,00	0,00
<i>C. arundinacea</i>	100,00	0,00	0,00	112,00	0,00
<i>C. stricta</i>	100,00	0,00	0,00	0,00	25,00
Razem	94,30	262,00	57,00	112,00	25,00

4 KLUCZ DO OZNACZANIA GATUNKÓW Z SEKCJI *DEYEUXIA*

1. ość prosta *C. stricta*
- 1*. ość kolankowato zgięta i skręcona u nasady 2
2. włoski u nasady plewki dolnej sięgające najwyżej do połowy jej długości *C. arundinacea*
- 2*. włoski u nasady plewki dolnej sięgające od połowy jej długości lub nawet lekko ją przewyższają 3
3. plewka dolna długości około 3,5 mm *C. varia*
- 3*. plewka dolna długości około 4,2 mm. *C. x haussknechtiana*

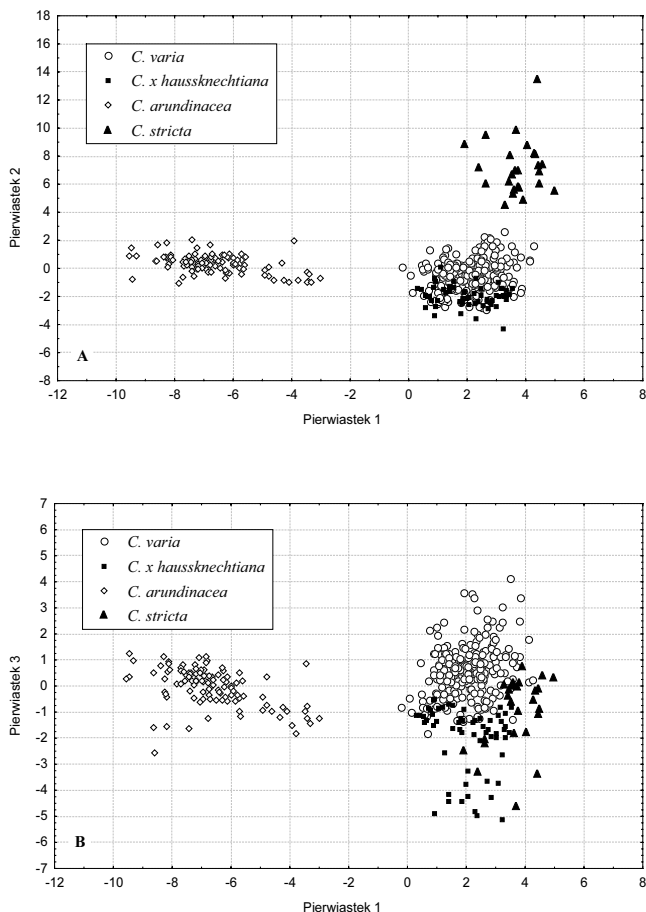
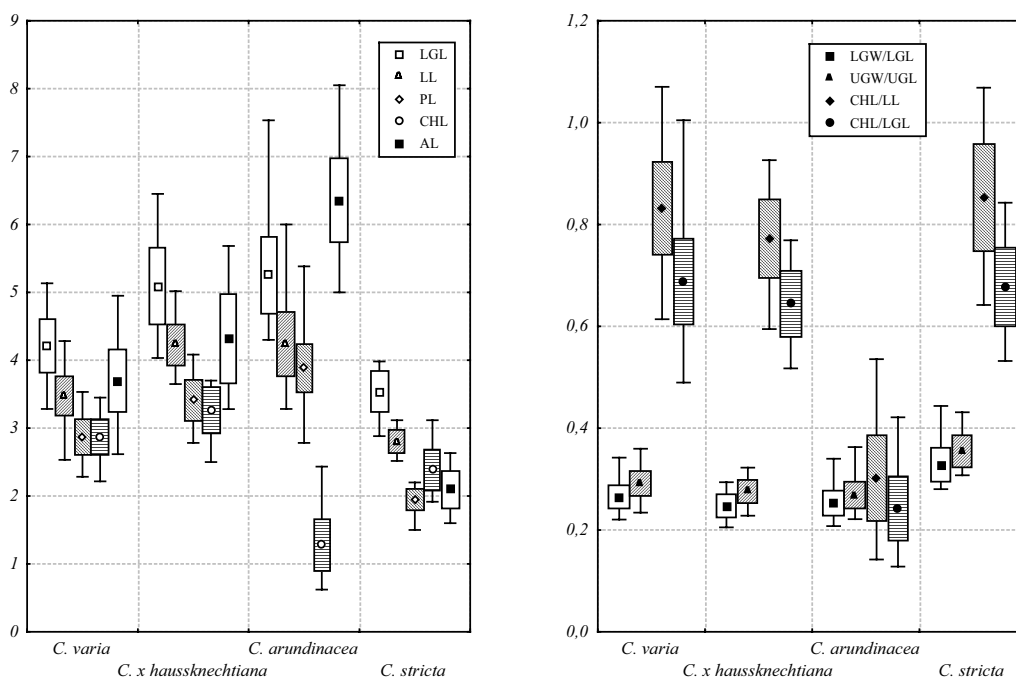


Tabela 8. Zakresy zmienności (min-maks, średnia arytmetyczna (x)) wybranych cech morfologicznych dla poszczególnych taksonów w obrębie sekcji *Deyeuxia*. Wielkości podano w mm. N – liczba kłosek.

Cecha (N)	<i>C. arundinacea</i> (336)	<i>C. x haussknechtiana</i> (189)	<i>C. varia</i> (840)	<i>C. stricta</i> (75)
	min-maks (x)	min-maks (x)	min-maks (x)	min-maks (x)
LGL (mm)	4,00-7,60 (5,25)	3,75-6,65 (5,07)	3,25-5,35 (4,20)	2,75-4,10 (3,54)
UGL (mm)	3,85-7,10 (5,09)	3,60-6,15 (4,85)	3,05-5,20 (4,05)	2,55-4,00 (3,38)
LL (mm)	3,15-6,10 (4,24)	3,40-5,25 (4,22)	2,40-4,55 (3,47)	2,30-3,25 (2,80)
PL (mm)	2,75-5,45 (3,89)	2,35-4,35 (3,41)	2,25-3,75 (2,87)	1,45-2,30 (1,95)
CHL (mm)	0,53-3,00 (1,28)	2,00-4,25 (3,27)	2,10-3,60 (2,86)	1,80-3,25 (2,39)
AL (mm)	4,25-8,50 (6,35)	2,75-6,00 (4,29)	2,35-5,30 (3,69)	1,25-2,65 (2,10)
LGW/LGL	0,16-0,35 (0,25)	0,19-0,34 (0,25)	0,20-0,36 (0,27)	0,27-0,45 (0,33)
UGW/UGL	0,22-0,37 (0,27)	0,21-0,36 (0,28)	0,21-0,38 (0,29)	0,29-0,46 (0,35)
CHL/LL	0,12-0,65 (0,30)	0,52-1,10 (0,78)	0,55-1,15 (0,83)	0,63-1,16 (0,85)
CHL/LGL	0,12-0,51 (0,24)	0,42-0,87 (0,65)	0,47-1,04 (0,69)	0,51-0,91 (0,68)

Rys. 3 A i B. Analiza dyskryminacji – diagram rozrzutu *Calamagrostis varia*, *C. arundinacea*, *C. stricta* oraz *C. x haussknechtiana* względem funkcji dyskryminacyjnej 1 i 2 (A) oraz 1 i 3 (B).



Rys. 4. Średnie arytmetyczne [punkty], odchylenia standardowe [ramki], minimum i maksimum [wąsy] dla 6 cech (LGL, LL, PL, CHL, LGW/LGL, UGW/UGL, CHL/LL, CHL/LGL). Skrótów cech w tabeli 2.

5 PODSUMOWANIE

W obrębie sekcji *Deyeuxia* gatunkiem bardzo dobrze wyróżniającym się jest *Calamagrostis arundinacea*. W porównaniu z dwoma innymi gatunkami z tej sekcji, *C. varia* i *C. stricta*, charakteryzuje się dłuższymi i szerszymi plewami, dłuższą plewką górną, dłuższą ością oraz krótszymi włoskami na kallusie. Natomiast *C. varia* i *C. stricta* różnią się głównie długością plewki dolnej i długością ości, zaś dodatkowo *C. stricta* charakteryzuje się najszerszymi plewami i prostą ością.

Po raz pierwszy na terenie Polski stwierdzono występowanie taksonu mieszańcowego *C. x haussknechtiana* (*C. arundinacea* × *C. varia*). Mieszaniec ten wykazuje podobieństwo do *C. varia*.

Calamagrostis arundinacea i *C. varia* łatwo tworzą mieszańce z innymi gatunkami, co może być przyczyną rozmywania granic między nimi (zjawisko introgresji), efektem tego jest zwiększenie zakresu ich zmienności. W przypadku kiedy występują siedliska odpowiednie dla obu gatunków rodzicielskich, a nie dla form pośrednich istnieje większe prawdopodobieństwo wystąpienia introgresywnej hybrydyzacji [11].

Wielowymiarowe analizy numeryczne (ANOVA, PCA, CA, analiza dyskryminacji) okazały się bardzo pomocne przy ocenie istotności różnic pomiędzy taksonami o podobnych zakresach zmienności, jak również do wykrywania mieszańców.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Clayton W.D. & Renvoize S.A. 1986. *Genera graminum. Grasses of the world*. s. 389. Her Majesty's Stationery Office, London.
- 2) Conert H.J. 1989. *Calamagrostis* Adanson – W: H.J. Conert, U. Hamann, W. Schultze-Motel & G. Wagenitz (red.), *Gustav Hegi Illustrierte Flora von Mittel-Europa*. 1(3), s. 357–380.
- 3) Frey L. & Paszko B. 1999. Remarks on the distribution, taxonomy and karyology of *Calamagrostis* species (Poaceae) with special reference to their representatives in Poland. – *Fragm. Flor. Geobot. Suppl.* 7: 33–45.
- 4) Frey L. & Rutkowski L. 2002. Wykaz gatunków. W: L. Frey (red.) *Polska księga traw*, s. 87–95. Instytut Botaniki im. W. Szafera, Polska Akademia Nauk, Kraków.
- 5) Meusel H., Jäger E. & Weinert E. 1965. *Vergleichende Chorologie der Zentraleuropäischen Flora*. s. 583 (Tekst) + s. 258 (Mapy). G. Fischer, Jena.
- 6) Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zając A. & Zając M. 2002. *Flowering plants and pteridophytes of Poland – a checklist*. – s. 442. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków.
- 7) Paszko 2003. Biosystematyka gatunków górskich rodzaju *Calamagrostis* (sekcje *Deyeuxia* i *Calamagrostis* w Polsce – jako podstawa ochrony ich różnorodności. Praca doktorska, Instytut Botaniki PAN, Kraków. s. 186.
- 8) Paszko 2008. Zmienność morfologiczna trzcinnika pstrego [*Calamagrostis varia*]. W: *Zastosowania metod statystycznych w badaniach naukowych*. Statsoft Polska. Kraków. s. 405–412.
- 9) Rutkowski L. 1998. *Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej*. s. 812. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- 10) Sokal R.R. & Rohlf F.J. 1981. *Biometry*. Wyd. 2. s. 859. W.H. Freeman, New York.
- 11) Stace C.A. 1993. *Taksonomia roślin i biosystematyka*. s. 340. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
- 12) StatSoft Inc., 1984–1995. *STATISTICA for Windows*, StatSoft, Inc., Tulsa.
- 13) Szafer W., Kulczyński S. & Pawłowski B. 1988. *Rośliny polskie. Opisy i klucze do oznaczania wszystkich gatunków roślin naczyniowych rosnących w Polsce dziko, bądź też zdziczałych lub częściej hodowanych*. Wyd. 6. s. xxxi + 1020. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- 14) Tateoka T. 1977. Natural hybridization in Japanese *Calamagrostis*. I. Several interspecific combinations in Central Honshu. – *Bot. Mag. Tokyo* 90: 103–128.
- 15) Tsvelev N. 1965. De genere *Calamagrostis* Adans. in URSS notulae systematicae. – *Nov. Sist. Vys. Rast.* 2: 5–50.
- 16) Zając A. 1978. Założenia metodyczne Atlasu rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce. – *Wiadomości botaniczne* 22 (3): 145–155.