

Zmienność morfologiczna populacji *Anthoxanthum odoratum* (Poaceae) na siedliskach o zróżnicowanym stopniu antropogenicznego przekształcenia

MARIA DRAPIKOWSKA, ZBIGNIEW CELKA, PIOTR SZKUDLARZ i BOGDAN JACKOWIAK

DRAPIKOWSKA, M., CELKA, Z., SZKUDLARZ, P. AND JACKOWIAK, B. 2011. Morphological variability of *Anthoxanthum odoratum* (Poaceae) population in the habitats of the varied degree of anthropogenic transformation. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 18(2): 281–293. Kraków. PL ISSN 1640-629X.

ABSTRACT: Populations of *Anthoxanthum odoratum* from Wielkopolska Lowland growing in different habitats (natural, semi-natural and synanthropic) were examined in respect of 24 morphological traits of panicle. Morphological diversity of *Anthoxanthum odoratum* populations were not correlated with habitats they occupied.

KEY WORDS: *Anthoxanthum odoratum*, morphology, variation, habitat

M. Drapikowska, Katedra Ekologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94C, PL-61-691 Poznań; e-mail: mariadra@up.poznan.pl
Z. Celka, P. Szkudlarz, B. Jackowiak, Zakład Taksonomii Roślin, Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Umultowska 89, PL-61-614 Poznań, Polska; e-mail: zcelka@amu.edu.pl, szkudl@amu.edu.pl, bogjack@amu.edu.pl

WSTĘP

Anthoxanthum odoratum (tomka wonna), jest szeroko rozpowszechnionym gatunkiem euroazjatyckim (HULTÉN & FRIES 1986), który w innych regionach świata, szczególnie w Ameryce Północnej (MACK 2000) i Australii (CSURHES & EDWARDS 1998) zaliczany jest do gatunków inwazyjnych. W Polsce *A. odoratum* występuje w dość szerokim zakresie siedlisk: od świetlistych lasów i borów poprzez łąki i suche murawy, do siedlisk silnie przekształconych (place, przydroża). Zaliczany jest do euapofitów, czyli gatunków rodzimych, które w pełni przystosowały się do warunków panujących na siedliskach powstałych i utrzymujących się w wyniku działalności ludzkiej. Zgodnie z koncepcją opisującą ekspansję jako proces wieloetapowy, gatunek ten znajduje się w Polsce w fazie ekspansji ekologicznej (JACKOWIAK 1999).

Zakłada się, że populacje *Anthoxanthum odoratum*, zajmując coraz silniej przekształcone przez człowieka siedliska, podlegały presji selekcyjnej, co mogło spowodować pojawienie się między nimi różnic strukturalnych (morfologicznych). Zjawisko to było już wcześniej

wielokrotnie omawiane w literaturze, szczególnie w odniesieniu do gatunków roślin zajmujących siedliska ekstremalnie przekształcone.

Celem przeprowadzonych badań było poznanie zróżnicowania morfologicznego populacji tomki wonnej zajmujących ciąg siedlisk: od naturalnych, poprzez półnaturalne do synantropijnych. Aby uniknąć nałożenia się wpływu czynników geograficznych i ekologicznych, badania przeprowadzono na materiale pochodzącym z tego samego regionu fizjograficznego.

MATERIAŁ I METODY

Przeanalizowano 10 populacji ze zróżnicowanych pod względem siedliskowym stanowisk położonych w zachodniej Polsce (Tab. 1, Ryc. 1). Zbiorów *Anthoxanthum odoratum* dokonano w dobrze wykształconym borze sosnowym, nasadzeniu sosnowym, na przydrożu borowym oraz na suchej i podmokłej łące.

Z każdej populacji zebrano od 30 do 35 pędów generatywnych, pobieranych z wyraźnie oddzielonych przestrzennie kęp (osobników). Poszczególne okazy przeanalizowano pod względem 24 cech morfologicznych kwiatostanów (Tab. 2). Cechy te zostały wybrane na podstawie prac dotyczących morfologii (ROSTAŃSKI 1996) oraz zmienności rodzaju *Anthoxanthum* (PEREIRA i in. 2007; DRAPIKOWSKA i in. 2008). Wyniki pomiarów biometrycznych opracowano statystycznie. Obliczono średnie wartości poszczególnych cech, minimum i maximum, odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności. W celu zbadania istotności różnic pomiędzy średnimi wartościami cech zastosowano analizę wariancji ANOVA. Analizę składowych głównych PCA wykonano w celu zbadania związków pomiędzy osobnikami należącymi do

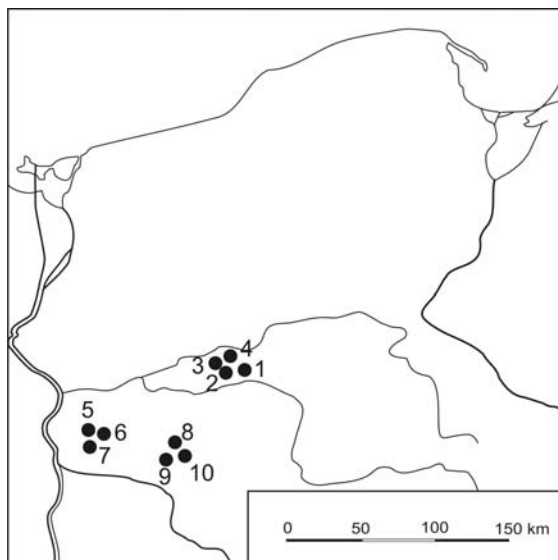
Tabela 1. Wykaz badanych stanowisk *Anthoxanthum odoratum*

Table 1. List of the studied localities of *Anthoxanthum odoratum*

Numer populacji/ Population number	Stanowisko/ Locality	Siedlisko/ Habitat	Data zbioru/ Sampling date	Współrzędne geograficzne/ Geographic coordinates
1	Puszcza Notecka/ Notecka Forest	bór sosnowy/ pine forest (A)	21.05.2008	N 52°46'42,6" E 16°27'05,5"
9	Sandr Nowotomyski/ Nowotomyski Sandur	bór sosnowy/ pine forest (A)	14.05.2008	N 52°10'58,9" E 16°05'05,1"
8	Sandr Nowotomyski/ Nowotomyski Sandur	nasadzenie sosnowe/ pine plantation (B)	14.05.2008	N 52°12'29,2" E 16°04'31,9"
2	Puszcza Notecka/ Notecka Forest	łąka sucha/ dry meadow (C)	21.05.2008	N 52°46'51,6" E 16°27'59,3"
7	Puszcza Rzepińska/ Rzepińska Forest	łąka podmokła/ wet meadow (D)	29.05.2008	N 52°14'27,6" E 15°02'28,4"
10	Sandr Nowotomyski/ Nowotomyski Sandur	łąka podmokła/ wet meadow (D)	14.05.2008	N 52°00'22,8" E 16°06'28,1"
3	Puszcza Notecka/ Notecka Forest	przydroże/ roadside (E)	21.05.2008	N 52°46'39,6" E 16°26'35,8"
4	Puszcza Notecka/ Notecka Forest	przydroże/ roadside (E)	21.05.2008	N 52°46'39,8" E 16°26'35,3"
5	Puszcza Rzepińska/ Rzepińska Forest	przydroże/ roadside (E)	29.05.2008	N 52°15'52,7" E 15°03'36,7"
6	Puszcza Rzepińska/ Rzepińska Forest	przydroże/ roadside (E)	29.05.2008	N 52°15'51,2" E 15°03'43,1"

Tabela 2. Lista analizowanych cech *Anthoxanthum odoratum*
Table 2. List of analysed traits of *Anthoxanthum odoratum*

Numer cechy/ Trait number	Cecha/ Trait description
Wiecha/ Panicle	
1	Długość wiechy/ Panicle length
2	Liczba węzłów/ Number of nodes
3	Długość pierwszego międzywęźla/ Length of the first internode
4	Długość drugiego międzywęźla/ Length of the second internode
5	Długość trzeciego międzywęźla/ Length of the third internode
6	Długość czwartego międzywęźla/ Length of the fourth internode
7	Długość piątego międzywęźla/ Length of the fifth internode
Kłosek/ Spikelet	
8	Długość kłoska na odgałęzieniu drugim od góry wiechy/ Length of a spikelet on the second branching from a panicle top
9	Liczba kłosek na odgałęzieniu drugim od góry wiechy/ Number of spikelets on the second branching from a panicle top
10	Długość kłoska na odgałęzieniu środkowym/ Length of a spikelet on the middle branching
11	Liczba kłosek na odgałęzieniu środkowym/ Number of spikelets on the middle branching
12	Długość kłoska na odgałęzieniu dolnym/ Length of a spikelet on the bottom branching
13	Liczba kłosek na odgałęzieniu dolnym/ Number of spikelets on the bottom branching
Plewy/ Glumes	
14	Długość plewy dolnej kwiata na odgałęzieniu środkowym/ Length of a bottom glume from the spikelet on the middle branching
15	Szerokość plewy dolnej kwiata na odgałęzieniu środkowym/ Width of a bottom glume from the spikelet on the middle branching
16	Długość plewy górnej kwiata na odgałęzieniu środkowym/ Length of an upper glume from the spikelet on the middle branching
17	Szerokość plewy górnej kwiata na odgałęzieniu środkowym/ Width of an upper glume from the spikelet on the middle branching
Plewki/ Lemmas and paleas	
18	Długość plewki górnej sterylnej kwiata na odgałęzieniu środkowym/ Length of a sterile flower palea from the spikelet on the middle branching
19	Długość do kolanka ości plewki górnej sterylnej kwiata/ Length to the awn node of a sterile flower palea
20	Długość od kolanka ości plewki górnej sterylnej kwiata/ Length from the awn node of a sterile flower palea
21	Długość plewki dolnej sterylnej kwiata/ Length of a sterile flower lemma
22	Długość ości plewki dolnej sterylnej kwiata/ Length of the awn of a sterile flower lemma
23	Długość plewki dolnej kwiata na odgałęzieniu środkowym/ Length of lemma from the spikelet on the middle branching
24	Długość plewki górnej kwiata na odgałęzieniu środkowym/ Length of palea from the spikelet on the middle branching



Ryc. 1. Miejsca poboru prób w zachodniej Polsce

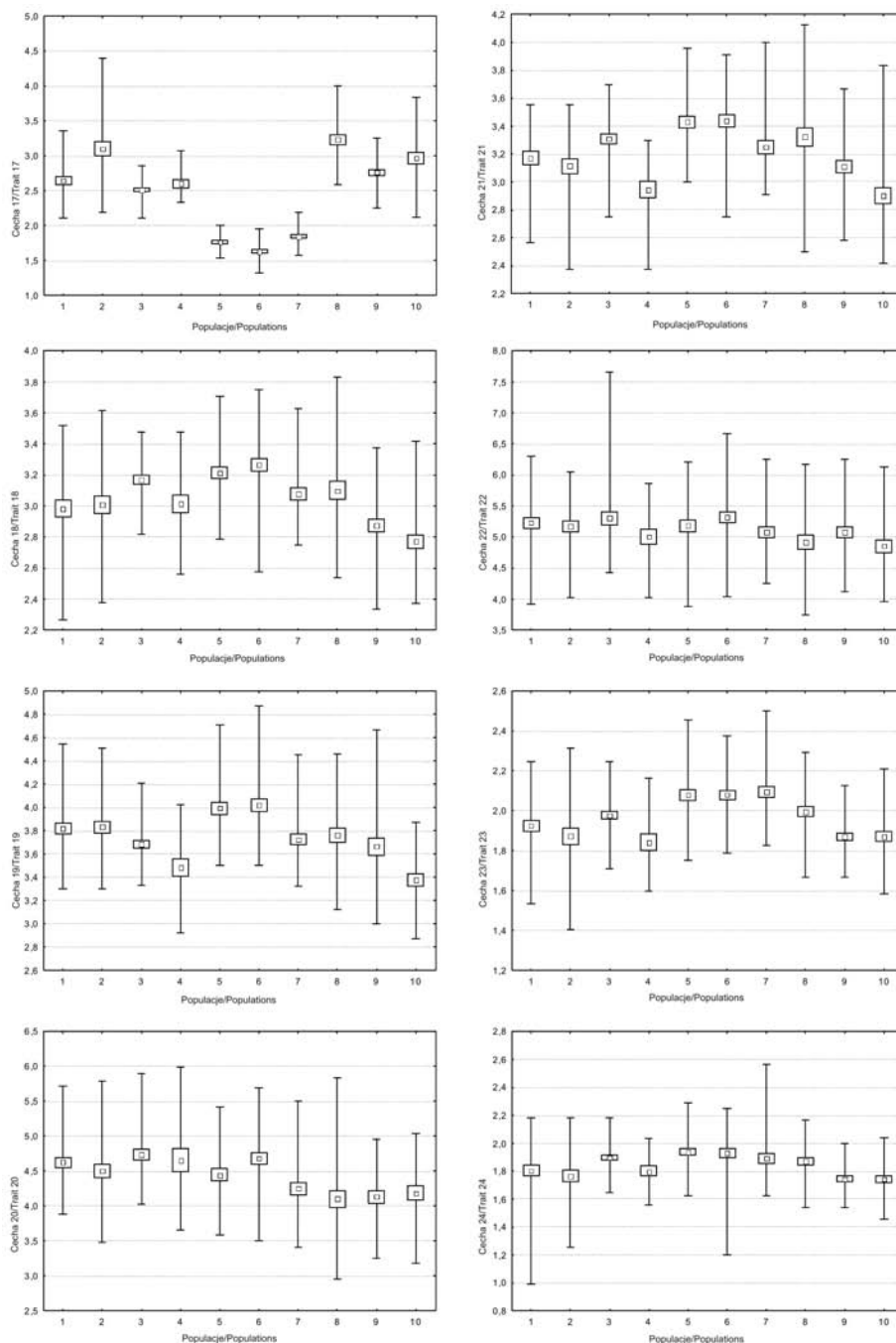
Fig. 1. Sample collection sites in western Poland

poszczególnych populacji, nie przyjmując żadnych wstępnych założeń (SNEATH & SOKAL 1973). Następnie wybrano cechy morfologiczne, które były wysoko skorelowane z pierwszymi dwiema składowymi głównymi i wprowadzono je do kanonicznej analizy dyskryminacyjnej CDA (procedura krokowa postępująca) (SNEATH & SOKAL 1973). Analiza ta została zastosowana do zbadania różnic morfologicznych pomiędzy wydzielonymi grupami (populacji z różnych siedlisk) oraz oceny mocy dyskryminacyjnej wybranego zespołu cech. Analizy numeryczne wykonano przy użyciu programu STATISTICA 8.

WYNIKI

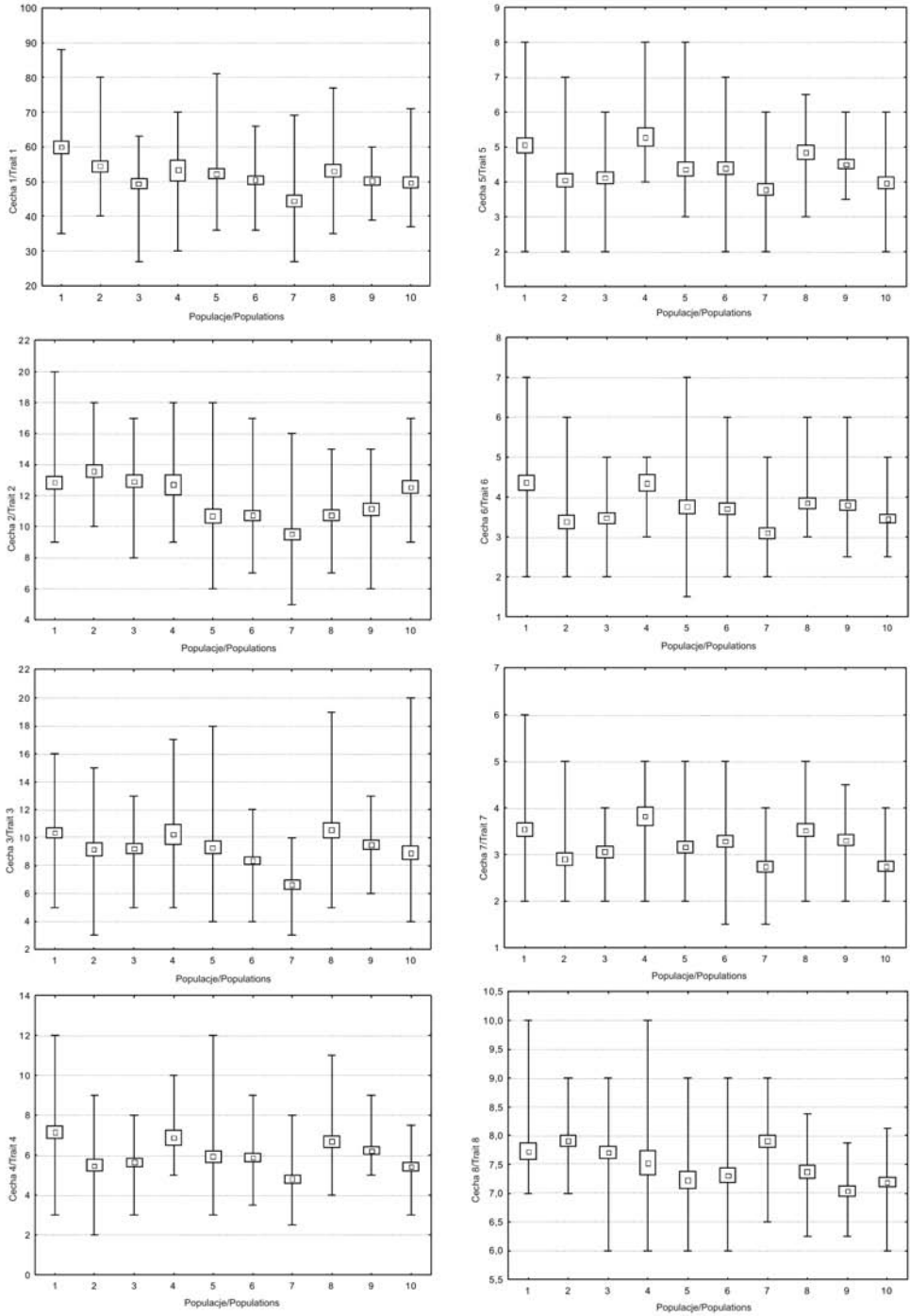
Na podstawie jednoczynnikowej analizy wariancji stwierdzono, że wszystkie zastosowane cechy różnicują istotnie statystycznie populacje *Anthoxanthum odoratum* (Tab. 3). Na wykresach (Ryc. 2) porównano populacje *A. odoratum* pod względem wartości zastosowanych cech. Populacja zebrana na podmokłej łące (7) wyróżniała się ze względu na najniższe średnie wartości następujących cech pokroju wiechy: długość wiechy (1), liczba węzłów (2), długość pierwszego międzywęźla (3) i długość drugiego międzywęźla (4). Ponadto wszystkie populacje zebrane na terenie Sandru Nowotomyskiego, rosnące w nasadzeniu sosnowym (populacja 8), w borze sosnowym (9) i na łące podmokłej (10) nieznacznie różniły się od pozostałych prób średnimi wartościami następujących cech: liczbą kłosek na odgałęzieniu dolnym (13) oraz szerokością plewy dolnej (15).

Na diagramie rozrzutu w układzie dwóch pierwszych składowych głównych (Ryc. 3) populacje tworzą jednorodną grupę, jedynie pojedyncze osobniki z populacji 1, 2 i 4 i 5 i 8 reprezentujących różne siedliska wyróżnione zostały na podstawie PCA2 (dolna część wykresu). Są to rośliny o dłuższych wiechach i międzywęźlach. Natomiast w górnej części



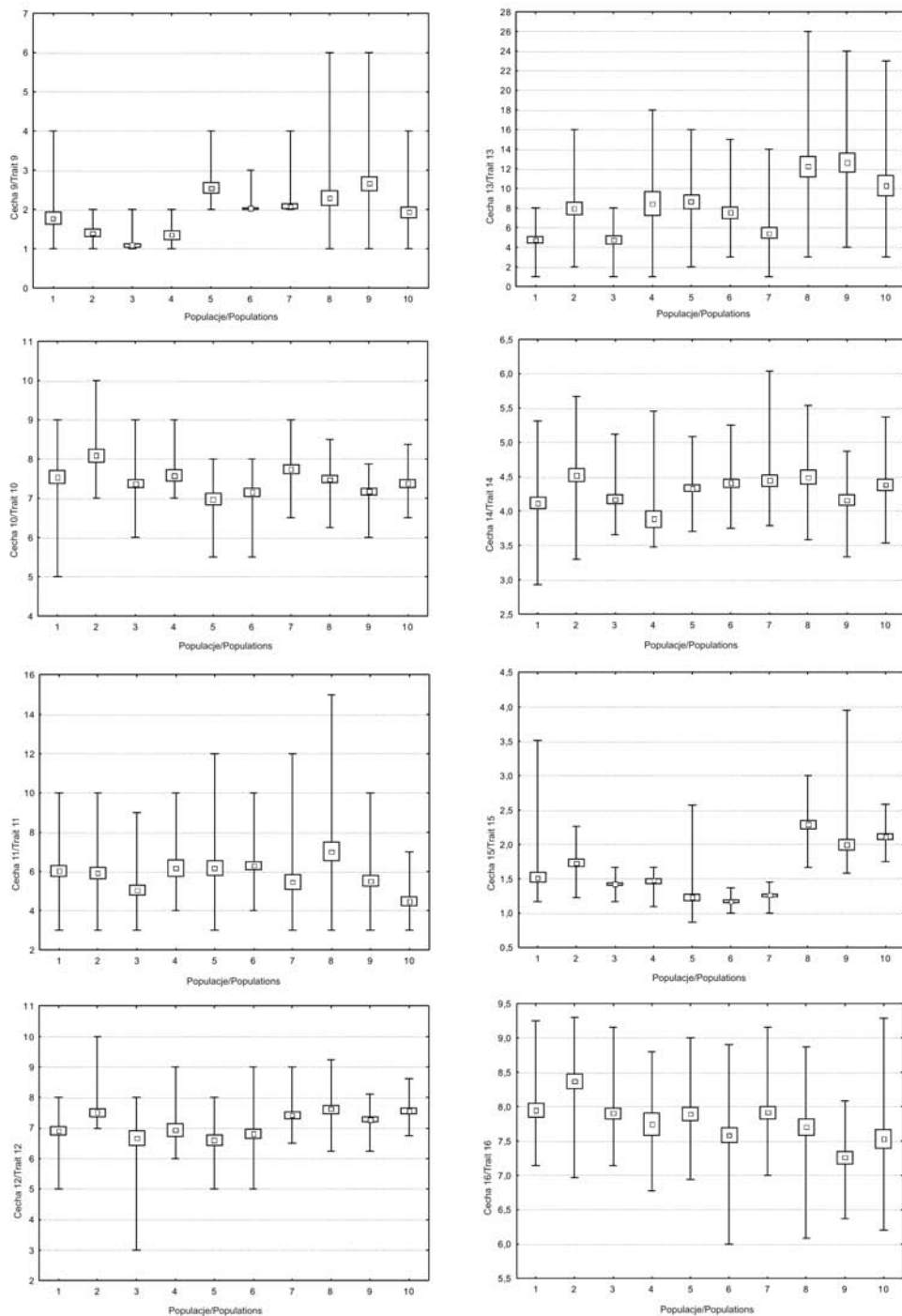
Ryc. 2. Średnie arytmetyczne, błąd standardowy, minimum i maksimum dla 24 cech morfologicznych populacji *Anthoxanthum odoratum*. Wartości cech: 1, 3–7, 8, 10, 12, 14–24 są podane w mm (kont. na str. 286–287)

Fig. 2. Arithmetical means, standard error and minimum and maximum for 24 morphological traits of *Anthoxanthum odoratum* population. Values: 1, 3–7, 8, 10, 12, 14–24 given in mm (cont. p. 286–287)



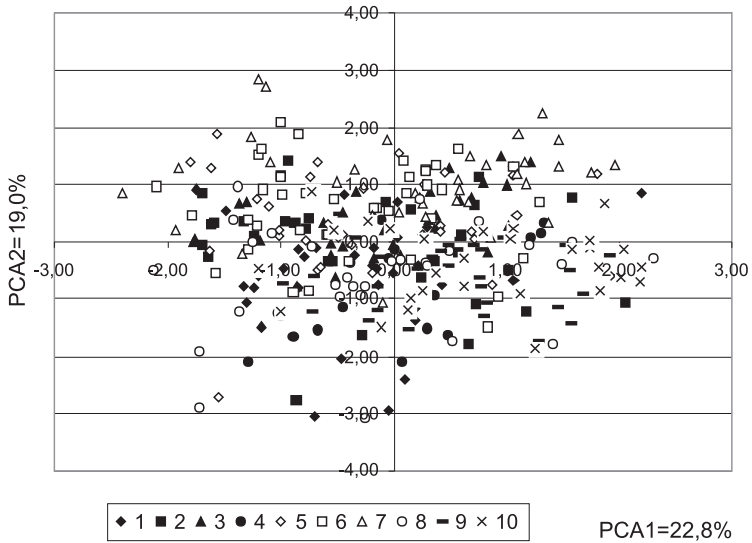
Ryc. 2. Kontynuacja

Fig. 2. Continued

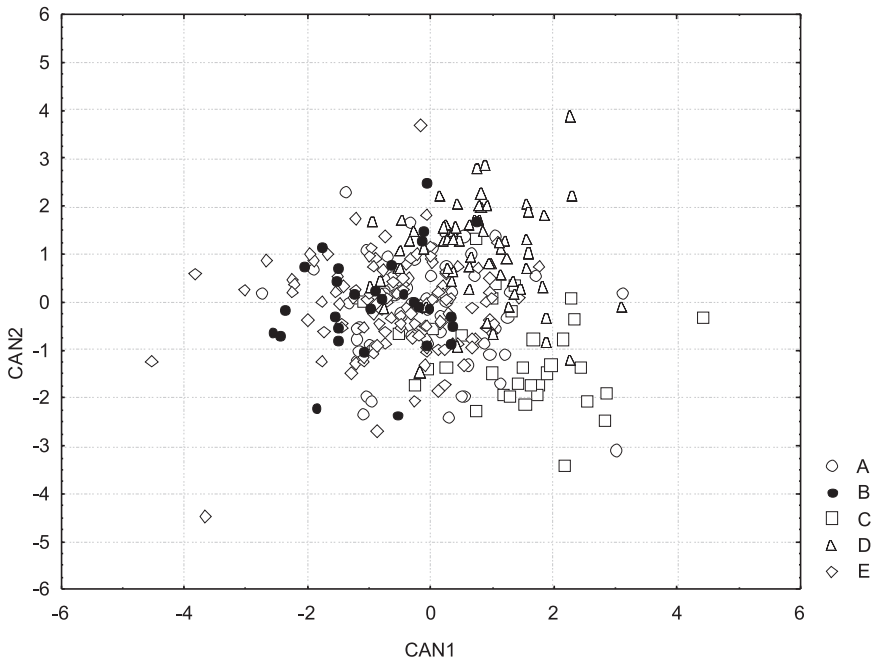


Ryc. 2. Kontynuacja

Fig. 2. Continued



Ryc. 3. Graficzny obraz analizy składowych głównych dla populacji *Anthoxanthum odoratum*
Fig. 3. Graphic presentation of the Main Components Analysis for *Anthoxanthum odoratum* population



Ryc. 4. Kanoniczna analiza dyskryminacyjna – diagram rozrzutu osobników *Anthoxanthum odoratum* w układzie pierwszych dwóch zmiennych dyskryminacyjnych. Oznaczenia (A-E) objaśniono w Tabeli 1
Fig. 4. Canonical Discriminant Analysis – a diagram of the scattering of *Anthoxanthum odoratum* individuals in the system of the first two discriminant variables. A-E explanations in the Table 1

Tabela 3. Wartości statystyki F jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA) obliczone dla 24 cech morfologicznych, wszystkie wartości są istotne statystycznie na poziomie $p=0,01$

Table 3. Values of the F-test of the Single Factor Analysis of Variance (ANOVA) calculated for 24 morphological traits; all values are statistically significant at the level $p=0.01$

Numer cechy/ Trait number	F
1	6,70
2	11,86
3	7,46
4	7,86
5	6,07
6	6,18
7	6,39
8	6,76
9	18,11
10	6,70
11	4,71
12	6,54
13	15,15
14	5,11
15	68,69
16	8,17
17	113,51
18	11,36
19	13,21
20	6,58
21	12,81
22	2,66
23	12,54
24	6,19

wykresu położone są osobniki z populacji nr 7 o mniejszych wartościach cech pokroju wiechy (1 oraz 3–7). Pierwsza składowa główna PCA1 wyjaśniała 22,8% obserwowanej zmienności i skorelowana była istotnie z następującymi cechami: długością plewy górnej (16), długością plewki górnej i długością do kolanka ości sterylnego kwiatka (18 i 19), długością plewki dolnej i ości sterylnego kwiatka (odpowiednio 21 i 22) oraz długością plewki górnej i dolnej (23 i 24). PCA2 wyjaśnia 19,0% obserwowanej zmienności, skorelowane są z nią 1 – długość wiechy oraz 3–7 (długości poszczególnych międzywęźli) (Tab. 4).

Kolejno zastosowano kanoniczną analizę dyskryminacji cech, która pozwoliła ocenić przydatność wybranych na podstawie analizy skupień, dla odróżnienia z góry wydzielonych grup (populacji z odmiennych siedlisk). Wartości cząstkowej *lambdy* Wilksa wskazują na wkład danej cechy do ogólnego modelu funkcji dyskryminacyjnej. Większość cech w niewielkim stopniu dyskryminuje wydzielone grupy (siedliska), jedynie cechy 16 i 23 mają nieco większą moc różnicującą funkcje dyskryminacyjne (Tab. 5). Wartości współczynników struktury czynnikowej wskazują, że wszystkie cechy są słabo skorelowane z funkcjami kanonicznymi (Tab. 6). Na diagramie rozrzutu w układzie dwóch pierwszych funkcji dyskryminacyjnych wyodrębnia się jedynie populacja zebrana na suchej łące (Ryc. 4).

Tabela 4. Współczynniki korelacji pomiędzy dwiema pierwszymi składowymi głównymi a cechami morfologicznymi *Anthoxanthum odoratum*, *** – wartości korelacji istotne na poziomie $p=0,01$

Table 4. Correlation factors between the first two main components and morphological traits of *Anthoxanthum odoratum*, *** – correlation values significant at the level $p=0.01$

Cechy/ Traits	PCA1	PCA2
1	0,09	0,84
2	-0,05	0,31
3	0,03	0,81
4	0,02	0,84
5	0,05	0,80
6	0,09	0,75
7	0,04	0,70
8	0,51	0,20
9	-0,09	-0,03
10	0,43	0,26
11	0,01	0,39
12	0,20	0,15
13	-0,16	0,42
14	0,51	0,05
15	-0,43	0,37
16	0,66	0,21
17	-0,43	0,40
18	0,80	0,02
19	0,68	0,06
20	0,58	0,18
21	0,77	0,01
22	0,67	0,18
23	0,72	-0,11
24	0,66	-0,02

Tabela 5. Wartości mocy dyskryminacyjnej wybranych cech morfologicznych *Anthoxanthum odoratum*
Table 5. Values of the discriminative power of the selected morphological traits of *Anthoxanthum odoratum*

Cechy/ Traits	Lambda Wilksa/ Wilks' Lambda	Cząstkowa Lambda Wilksa/ Partial Wilks' Lambda
18	0,39	0,91
16	0,42	0,85
4	0,37	0,96
23	0,41	0,87
19	0,39	0,92
24	0,39	0,93
22	0,38	0,94
21	0,38	0,93
3	0,37	0,96
7	0,37	0,96
1	0,38	0,95
6	0,37	0,97

Tabela 6. Korelacje pomiędzy cechami morfologicznymi a pierwszymi dwiema zmiennymi dyskryminacyjnymi (CAN1 i CAN2)**Table 6.** Correlation between morphological traits and the first two discriminant variables (CAN1 and CAN2)

Cechy	CAN1	CAN2
18	-0,38	-0,15
16	0,29	-0,32
4	-0,38	-0,31
23	-0,24	0,31
19	-0,21	-0,41
24	-0,30	0,11
22	-0,07	-0,21
21	-0,41	-0,10
3	-0,28	-0,39
7	-0,42	-0,26
1	-0,08	-0,44
6	-0,32	-0,22

DYSKUSJA

Anthoxanthum odoratum na obszarze swojego naturalnego zasięgu występuje na siedliskach naturalnych w borach sosnowych, półnaturalnych – na łąkach, nasadzeniach sosnowych. Obserwuje się jej ekspansję na stanowiska synantropijne, m.in. przydroża w obrębie borów. Proces ten może się wiązać ze szerokimi zmianami genetycznymi, a także zmianami fenotypowymi. Zmienność, a co za tym idzie zdolność przystosowania się do nowych warunków, stanowi istotę ekspansywności gatunków. Wcześniejsze populacyjne badania morfologiczne rodzaju *Anthoxanthum*, w tym *A. odoratum*, przeprowadzone w populacjach zarówno europejskich, jak i krajowych, wykazały duże zróżnicowanie morfologiczne w obrębie gatunku (PEREIRA i in. 2007; DRAPIKOWSKA i in. 2008). Do badań wybrano generatywne cechy morfologiczne, powszechnie wykorzystywane do badań zmienności morfologicznej na poziomie gatunkowym u traw (MIZIANTY 2006; DRAPIKOWSKA i in. 2007; SZCZEPANIAK 2009; PEREIRA i in. 2010). Wybrane cechy są istotnie statystycznie przydatne do opisu zróżnicowania międzypopulacyjnego badanego gatunku (analiza ANOVA). Dalsze badania nie wykazały wysokiego poziomu zmienności w obrębie gatunku. Ponadto nie zaobserwowano istotnych różnic morfologicznych pomiędzy populacjami zajmującymi odmienne siedliska.

Należy zaznaczyć, że ograniczenie badań do 10 populacji, w związku z tym dysponowanie niewielką liczbą prób z wyznaczonych siedlisk, nie upoważnia do formułowania szerszych uogólnień. W przyszłych badaniach należy uwzględnić nie tylko większą liczbę populacji, ale może przede wszystkim ich wyraźniejsze zróżnicowanie pod względem zajmowanych siedlisk.

WNIOSKI

(1) Zmienność morfologiczna wybranych 24 cech morfologicznych kwiatów i kwiatostanów *Anthoxanthum odoratum* ma charakter ciągły.

(2) Brak istotnych różnic w budowie kwiatostanów populacji *Anthoxanthum odoratum* zajmujących siedliska naturalne (borowe), seminaturalne (nasadzenia sosnowe, łąki suche, łąki podmokłe) oraz synantropijne (przydroża borowe).

(3) Zaobserwowana mniejsza średnia długość wiechy w populacji nr 7 może sugerować mniejszą żywotność tego gatunku na siedliskach podmokłych, jednak nie potwierdzają tej tezy wyniki pomiarów populacji nr 10.

(4) Stwierdzono odrębny charakter wszystkich populacji z Sandru Nowotomyskiego, (mimo zajmowanych przez nie różnych siedlisk). Związane jest to z różnymi od pozostałych populacji wartościami cech 8 (długość kłoska na odgałęzieniu drugim od góry wiechy), 10 (długość kłoska na odgałęzieniu środkowym), 12 (długość kłoska na odgałęzieniu dolnym), 13 (liczba kłosek na odgałęzieniu dolnym) i 15 (szerokość plewy dolnej).

Podziękowania. Praca jest finansowana z grantu MNiSW nr N N303069034. Autorzy dziękują Panu mgr. Radosławowi Sajkiewiczowi za pomoc w zebraniu materiału w Puszczy Noteckiej.

LITERATURA

- CSURHES S. & EDWARDS R. 1998. Potential environmental weeds in Australia: Candidate species for preventative control. s. 208. Canberra, Australia. Biodiversity Group, Environment Australia.
- DRAPIKOWSKA M., CELKA Z., BĄCZKIEWICZ A., BUCZKOWSKA A. & ZBIERSKA J. 2007. Zmienność morfologiczna *Calamagrostis epigejos* (*Poaceae*) na tle zróżnicowanych warunków siedliskowych. – *Fragm. Flor. Geobot. Polonica Suppl.* **9**: 23–30.
- DRAPIKOWSKA M., SZKUDLARZ P., CELKA Z., PIERSCIŃSKA J. & JACKOWIAK B. 2008. Preliminary results of the studies on morphological diversity of lowland populations of species from the genus *Anthoxanthum* L. – W: P. KOČÁREK, V. PLÁŠEK, K. MALACHOVÁ & Š. CIMALOVÁ (red.), Environmental changes and biological assessment. IV. Scripta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Ostraviensis **186**: 236–242.
- HULTÉN E. & FRIES M. 1986. Atlas of North European vascular plants. North of the Tropic of Cancer. **I–III**. s. xvi + 1172. Koelz Scientific Books, Königstein.
- JACKOWIAK B. 1999. Modele roślin synantropijnych i transgenicznych. – *Phytocoenosis* **11**(N.S.), Seminarium Geobot. **6**: 3–16.
- MACK R. N. 2000. Assessing the extent, status, and dynamism of plant invasions: current and emerging approaches. – W: H. A. MOONEY & R. J. HOBBS (red.), Invasive species in a changing world, s. 141–168. Island. Press, Washington, DC.
- MIZIANTY M. 2006. Variability and structure of natural populations of *Hordeum murinum* L. based on morphology. – *Pl. Syst. Evol.* **261**: 139–150.
- PEREIRA M., ESTEVEZ G. & SAHUQUILLO E. 2007. European Sweet Vernal Grasses (*Anthoxanthum*: *Poaceae*, *Pooideae*, *Aveneae*): A Morphometric Taxonomical Approach. – *Systematic Botany* **32**(1): 43–59.
- PEREIRA M., CATALAN P. & SAHUQUILLO E. 2010. Morphological and molecular taxonomy of the annual diploids *Anthoxanthum aristatum* and *A. ovatum* (*Poaceae*) in the Iberian Peninsula. Evidence of introgression in natural populations. – *J. Linn. Soc. Bot.* **164**: 53–71.

- ROSTAŃSKI A. 1996. Vernal-grasses (*Anthoxanthum*, *Poaceae*) in Poland. – *Fragm. Flor. Geobot.* **41**(2): 513–520.
- SNEATH P. H. & SOKAL R. R. 1973. *Numerical Taxonomy: the principles and practice of numerical classification.* s. 264. W. H. Freeman, San Francisco.
- SZCZEPANIAK M. 2009. Biosystematic studies of *Elymus repens* L. Gould (*Poaceae*): patterns of phenotypic variation. – *Acta Soc. Bot. Pol.* **78**(1): 51–61.

SUMMARY

Morphological variability of *Anthoxanthum odoratum* populations from Wielkopolska Lowland was examined. Multivariate statistical analysis of 24 morphological characters of the panicle obtained from 10 sample populations (317 specimens) collected in different habitats was carried out. The analysis of variance ANOVA indicated significant morphological variations among samples. The principal component analysis (PCA) revealed that morphological variability of all samples overlapped. None correlations were detected between morphological differentiation of *A. odoratum* populations and the habitat type they occupied.

Przyjęto do druku: 08.05.2011 r.