

JAN BOCIANOWSKI<sup>1</sup>, AGNIESZKA STOKŁOSA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

<sup>2</sup>Katedra Agrotechniki i Ekologii Rolniczej  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

## **OCENA KIELKOWANIA ODMIAN BOTANICZNYCH OWSA GŁUCHEGO (*AVENA FATUA* L.) W RÓŻNYCH WARUNKACH ŚWIETLNYCH I TERMICZNYCH ZA POMOCĄ ANALIZY ZMIENNYCH KANONICZNYCH**

**Streszczenie.** W pracy badano zróżnicowanie kielkowania ośmiu odmian botanicznych owsa głuchego (*Avena fatua* L.) z wykorzystaniem analizy zmiennych kanonicznych, opartej na wielocechowej analizie wariancji (MANOVA). Brano pod uwagę sześć różnych cech związanych z procesem kielkowania: energię kielkowania (po 5 dniach), zdolność kielkowania (po 10 dniach), wskaźnik szybkości kielkowania (po 21 dniach), długość łodyżki, długość korzonka i suchą masę siewek (po 21 dniach). Ziarniaki chwastu kielkowano w kombinacjach dwóch różnych zakresów temperatur (5/10°C i 10/20°C) oraz światła (kombinacja każdej temperatury z 12-godzinnym fotoperiodem lub bez). Stwierdzono duże zróżnicowanie kielkowania pomiędzy badanymi odmianami botanicznymi chwastu w poszczególnych warunkach świetlno-termicznych. Proces kielkowania poszczególnych odmian chwastu w największym stopniu był zróżnicowany poprzez energię i zdolność kielkowania. Analiza zmiennych kanonicznych jest przydatnym narzędziem do badania procesu kielkowania nasion.

**Słowa kluczowe:** owies głuchy, kielkowanie, analiza zmiennych kanonicznych, MANOVA

### **Wstęp**

Owies głuchy (*Avena fatua* L.) to jeden z najbardziej agresywnych chwastów jedno-liściennych występujących w zasiewach zbóż jarych w Polsce (KIEĆ 2002). Chemiczne metody jego zwalczania są kosztowne, dlatego ważne jest poznanie i wszechstronne przeanalizowanie biologii tego gatunku w celu opracowania innych technik jego zwalczania.

Wcześniejsze badania przeprowadzone przez STOKŁOSĘ (2007) wykazały, że poszczególne odmiany botaniczne owsa głuchego różniły się energią kielkowania, zdolno-

ścią kiełkowania i współczynnikiem intensywności kiełkowania oraz cechami biometrycznymi siewek w reakcji na zróżnicowaną temperaturę i warunki świetlne. Interesujące wydawałoby się przeanalizowanie podobieństwa/zróżnicowania odmian botanicznych chwastu pod względem wszystkich powyższych cech traktowanych łącznie.

Celem pracy była wielo cechowa charakterystyka zmienności fenotypowej sześciu cech ośmiu odmian owsa głuchego. Zastosowano metodę analizy zmiennych kanonicznych (CAMUSSI i IN. 1985, GÓRCZYŃSKI i MĄDRY 1988, ADUGNA i LABUSCHAGNE 2003, YEATER i IN. 2004), opartą na modelu wielowymiarowej analizy wariancji (MANOVA), dla obserwacji cech w doświadczeniu założonym w układzie kompletnie losowym.

## Material i metody

Materiał do badań stanowiło osiem odmian owsa głuchego: *Avena fatua* L. subsp. *fatua* (L.) var. *fatua* (A), *Avena fatua* L. subsp. *fatua* (L.) var. *alcaliphila* Kieć (B), *Avena fatua* L. subsp. *fatua* (L.) var. *acidophila* Kieć (E), *Avena fatua* L. subsp. *brevipilosa* Kieć var. *intermedia* (Lestib.) Lej. & Court. (F), *Avena fatua* L. subsp. *brevipilosa* Kieć var. *altissima* Kieć (G), *Avena fatua* L. subsp. *brevipilosa* Kieć var. *gravis* Kieć (H), *Avena fatua* L. subsp. *brevipilosa* Kieć var. *alta* Kieć (I) oraz *Avena fatua* L. subsp. *brevipilosa* Kieć var. *vilis* (Wallr.) Hausskn. (J). Dojrzałe wiechy owsa głuchego (*Avena fatua* L.) zebrano z pól uprawnych Polski południowo-wschodniej latem 2004 roku. Zgromadzono osiem odmian botanicznych chwastu, spośród dziesięciu oznaczonych i zlokalizowanych na tym obszarze przez KIECIA (2000). Poszczególne odmiany określono na podstawie cech morfologicznych plewek (STOKŁOSA 2007), po czym ziarniaki umieszczono w papierowych torebkach i przechowywano w temperaturze pokojowej. Przed założeniem doświadczenia (każdej z kombinacji) ziarniaki wyłuskano z plewek. Doświadczenie szalkowe przeprowadzono w okresie od listopada 2006 do lipca 2007 roku w komorze vegetacyjnej. Testowano wpływ światła (intensywność naświetlania  $200 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) i temperatury na kiełkowanie chwastu w następujących kombinacjach: (i)  $10^\circ\text{C}$  przez 12 h/ $5^\circ\text{C}$  przez 12 h, bez światła, (ii)  $10^\circ\text{C}$  dzień/ $5^\circ\text{C}$  noc, fotoperiod 12/12 h, (iii)  $20^\circ\text{C}$  przez 12 h/ $10^\circ\text{C}$  przez 12 h, bez światła, (iv)  $20^\circ\text{C}$  dzień/ $10^\circ\text{C}$  noc, fotoperiod 12/12 h. Do szalek Petriego, na dwie warstwy bibuły filtracyjnej nasączonej wodą destylowaną, wykładano po 30 ziarniaków każdej odmiany botanicznej owsa głuchego. Długość trwania poszczególnych kombinacji wynosiła 21 dni. Co 5 dni dokonywano pomiaru liczby skiełkowanych ziarniaków (czterokrotnie dla każdej kombinacji), po czym, na podstawie uzyskanych danych, obliczono: energię kiełkowania po 5 dniach, zdolność kiełkowania po 10 dniach, współczynnik intensywności kiełkowania *GRI* (EVETTS i BURNSIDE 1972) po 21 dniach, zgodnie ze wzorem:

$$GRI = \frac{G_1}{T_1} + \frac{G_2}{T_2} + \dots + \frac{G_n}{T_n}$$

gdzie:  $G_1$  – procent ziarniaków skiełkowanych w pierwszym terminie,  $G_2$  – procent ziarniaków skiełkowanych w drugim terminie,  $G_n$  – procent ziarniaków skiełkowanych

Bocianowski J., Stokłosa A., 2010. Ocena kiełkowania odmian botanicznych owsa głuchego (*Avena fatua* L.) w różnych warunkach świetlnych i termicznych za pomocą analizy zmiennych kanonicznych. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 5, #65.

w  $n$ -tym terminie,  $T_1$  – liczba dni od siewu do pierwszego liczenia,  $T_2$  – liczba dni od siewu do drugiego liczenia,  $T_n$  – liczba dni od siewu do  $n$ -tego liczenia. Dodatkowo po 21 dniach zmierzono długość łodyżki (liścia) oraz najdłuższego korzonka każdej siewki chwastu (w milimetrach), a także zważono ich suchą masę (w gramach) (ziarniaki suszono przez 72 h w 50°C), po czym przeliczono uzyskane wyniki na suchą masę pojedynczej siewki. Doświadczenie przeprowadzono dwukrotnie, w układzie kompletnie losowym w trzech powtórzeniach.

Wyniki analizowano statystycznie za pomocą metod wielowymiarowych (RENCHER 1992). Zastosowana wielozmienna analiza wariancji (MANOVA) umożliwiła weryfikację hipotez o braku różnic pomiędzy odmianami, o braku wpływu temperatur oraz o braku wpływu światła, a także hipotez o braku odpowiednich interakcji. Współczynniki korelacji oszacowano na podstawie średnich odmianowych dla każdej z czterech kombinacji temperatura/światło.

Wielocechową ocenę podobieństwa badanych odmian owsa głuchego, wyrażoną za pomocą odległości Mahalanobisa, starano się pokazać w mniejszej liczbie wymiarów z możliwie małą stratą informacji. Zastosowano analizę zmiennych kanonicznych. Umożliwia ona zobrazowanie w formie graficznej podobieństwa między obiektami z metryką odległości Mahalanobisa i w ten sposób może ułatwić grupowanie i charakterystykę wielocechową tych obiektów. Redukcja wymiarowości przestrzeni dyskryminacyjnej polega na jej transformacji w taki sposób, aby otrzymać nową przestrzeń, w tym wypadku dwuwymiarową, zapewniającą w danej liczbie nowych wymiarów możliwie najbardziej dokładne odtworzenie odległości Mahalanobisa. Przestrzeń liniową o takich właściwościach określają zmienne kanoniczne, które są funkcjami liniowymi cech oryginalnych.

Zmienne kanoniczne pozwalają określić względny udział każdej cechy oryginalnej w wielocechowym zróżnicowaniu badanych obiektów w kategoriach odległości Mahalanobisa. W tym celu zostały obliczone współczynniki korelacji prostej między wartościami dwu pierwszych zmiennych kanonicznych a wartościami poszczególnych cech oryginalnych (RENCHER 1992). Na podstawie wartości tych współczynników korelacji można wykryć cechy o największej wśród badanych cech sile dyskryminacyjnej.

Wszystkie obliczenia w analizie danych metodą wielozmiennej analizy wariancji oraz analizy zmiennych kanonicznych wykonano za pomocą pakietu statystycznego GenStat v. 7.1 (PAYNE i IN. 2003).

## Wyniki i dyskusja

Przeprowadzona wielozmienna analiza wariancji pozwoliła odrzucić testowane hipotezy dotyczące braku różnic pomiędzy odmianami, braku wpływu temperatur i światła oraz braku wszystkich interakcji. Ze względu na istotne interakcje temperatura  $\times$  światło oraz odmiana  $\times$  temperatura  $\times$  światło dalsze analizy wykonano oddzielnie dla każdej z czterech zastosowanych kombinacji temperatura/światło.

Analizę korelacji przeprowadzono w celu oceny współzależności obserwowanych cech, a jej wyniki przedstawiono dla kombinacji światła w temperaturze 5/10°C w tabeli 1, a w temperaturze 10/20°C – w tabeli 2.

Bocianowski J., Stokłosa A., 2010. Ocena kiełkowania odmian botanicznych owsa głuchego (*Avena fatua* L.) w różnych warunkach świetlnych i termicznych za pomocą analizy zmiennych kanonicznych. Nauka Przyr. Technol. 4, 5, #65.

Tabela 1. Współczynniki korelacji między cechami dla kombinacji 10°C przez 12 h/5°C przez 12 h, bez światła (powyżej przekątnej), i 10°C dzień/5°C noc, fotoperiod 12/12 h (poniżej przekątnej)

Table 1. Correlation coefficients between the traits for combination 10°C for 12 h/5°C for 12 h, without daylight (above diagonal), and 10°C daytime/5°C night-time, photoperiod 12/12 h (below diagonal)

Cecha	Energia kiełkowania	Zdolność kiełkowania	Wskaźnik szybkości kiełkowania, <i>GRI</i>	Długość łodyżki	Długość korzonka	Sucha masa siewek
Energia kiełkowania	1	0,914**	0,926**	0,573	0,407	0,151
Zdolność kiełkowania	0,907**	1	0,981***	0,592	0,382	0,455
Wskaźnik szybkości kiełkowania, <i>GRI</i>	0,977***	0,958**	1	0,689	0,521	0,469
Długość łodyżki	0,686	0,638	0,698	1	0,871**	0,324
Długość korzonka	0,586	0,498	0,505	0,364	1	0,164
Sucha masa siewek	0,804*	0,826**	0,771*	0,663	0,617	1

\*Istotność na poziomie 0,05.

\*\*Istotność na poziomie 0,01.

\*\*\*Istotność na poziomie 0,001.

Tabela 2. Współczynniki korelacji między cechami dla kombinacji 20°C przez 12 h/10°C przez 12 h, bez światła (powyżej przekątnej), i 20°C dzień/10°C noc, fotoperiod 12/12 h (poniżej przekątnej)

Table 2. Correlation coefficients between the traits for combination 20°C for 12 h/10°C for 12 h, without daylight (above diagonal), and 20°C daytime/10°C night-time, photoperiod 12/12 h (below diagonal)

Cecha	Energia kiełkowania	Zdolność kiełkowania	Wskaźnik szybkości kiełkowania, <i>GRI</i>	Długość łodyżki	Długość korzonka	Sucha masa siewek
Energia kiełkowania	1	0,934**	0,970***	0,333	0,569	0,704
Zdolność kiełkowania	0,934**	1	0,913**	0,577	0,707*	0,739*
Wskaźnik szybkości kiełkowania, <i>GRI</i>	0,986***	0,967***	1	0,412	0,565	0,652
Długość łodyżki	0,542	0,543	0,580	1	0,812*	0,098
Długość korzonka	0,729*	0,717*	0,778*	0,862**	1	0,240
Sucha masa siewek	-0,414	-0,241	-0,361	-0,175	-0,477	1

\*Istotność na poziomie 0,05.

\*\*Istotność na poziomie 0,01.

\*\*\*Istotność na poziomie 0,001.

Bocianowski J., Stokłosa A., 2010. Ocena kiełkowania odmian botanicznych owsa głuchego (*Avena fatua* L.) w różnych warunkach świetlnych i termicznych za pomocą analizy zmiennych kanonicznych. Nauka Przyr. Technol. 4, 5, #65.

We wszystkich czterech kombinacjach temperatura/światło zaobserwowano istotną statystycznie współzależność pomiędzy energią kiełkowania a zdolnością kiełkowania, energią kiełkowania a *GRI*, zdolnością kiełkowania a *GRI*. Istotna statystycznie korelacja pomiędzy długością łodyżki a długością korzonka była obserwowana w trzech kombinacjach (poza kombinacją (ii)). Pozostałe istotne statystycznie współzależności obserwowano co najwyżej dla dwóch kombinacji (tab. 1, 2). Wszystkie istotne współczynniki korelacji charakteryzowały się wartościami dodatnimi.

Badanie podobieństwa odmian na podstawie wielu cech łącznie wiąże się z problemem identyfikacji najważniejszych cech w wielocechowym różnicowaniu obiektów. Narzędziem umożliwiającym rozwiązanie tego problemu jest zastosowanie analizy zmiennych kanonicznych. Wyniki analizy zmiennych kanonicznych dla ośmiu odmian owsa głuchego przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Współczynniki korelacji między dwiema pierwszymi zmiennymi kanonicznymi a cechami owsa głuchego

Table 3. Correlation coefficients between the first two canonical variables and the characteristics of wild oat

Cecha	Temperatura 5-10°C				Temperatura 10-20°C			
	bez światła (i)		ze światłem (ii)		bez światła (iii)		ze światłem (iv)	
	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>
Energia kiełkowania	-0,895**	-0,298	-0,987***	-0,147	0,679	0,250	0,874**	-0,468
Zdolność kiełkowania	-0,949**	-0,287	-0,899**	-0,157	0,894**	0,126	0,945**	-0,236
Wskaźnik szybkości kiełkowania, <i>GRI</i>	-0,983***	-0,179	-0,964**	-0,205	0,659	0,197	0,919**	-0,376
Długość łodyżki	-0,807*	0,582	-0,598	-0,668	0,747*	-0,591	0,783*	0,339
Długość korzonka	-0,618	0,573	-0,655	0,440	0,709*	-0,532	0,850**	-0,009
Sucha masa siewek	-0,468	0,044	-0,777*	-0,157	0,674	0,679	-0,225	0,594
Wartości własne	9,130	1,563	1,738	0,634	2,218	0,613	1,643	0,620
Procent wyjaśnianej zmienności	79,29	13,57	58,35	21,28	63,55	17,56	58,01	21,90

\*Istotność na poziomie 0,05.

\*\*Istotność na poziomie 0,01.

\*\*\*Istotność na poziomie 0,001.

Rozpatrując odmiany owsa głuchego w kombinacji 10/5°C bez światła (i), stwierdzono, że dwie pierwsze zmienne kanoniczne wyjaśniają w sumie 92,86% ogólnej zmienności. Największym różnicowaniem pod względem wszystkich cech łącznie (mierzonym odległościami Mahalanobisa) charakteryzowały się odmiany A i E (odległość Mahalanobisa między nimi wynosiła 8,784). Najbardziej podobnymi odmianami w tej kombinacji temperatura/światło były odmiany F oraz I (0,649) (tab. 4). Na rysunku 1

Tabela 4. Ocena podobieństwa między odmianami owsa głuchego pod względem analizowanych cech określona na podstawie odległości Mahalanobisa dla kombinacji (i) (powyżej przekątnej) i dla kombinacji (ii) (poniżej przekątnej)

Table 4. Estimation of similarity between wild oat varieties for the analysed traits calculated on the basis of Mahalanobis distance for combination (i) (above diagonal) and combination (ii) (below diagonal)

Odmiana	A	B	E	F	G	H	I	J
A	0	3,839	8,784	6,64	2,981	6,109	6,628	5,54
B	1,985	0	8,052	5,616	3,999	4,934	5,885	4,183
E	2,856	1,447	0	2,652	6,024	4,132	2,308	4,11
F	2,857	1,284	1,177	0	4,124	1,711	0,649	2,169
G	2,267	2,854	3,612	3,235	0	3,885	4,007	3,38
H	3,845	2,202	1,857	1,893	3,761	0	2,215	2,911
I	2,153	0,812	1,591	0,981	2,838	2,511	0	2,212
J	2,701	1,454	2,193	1,271	3,073	2,427	1,231	0

A – *Avena fatua* L. subsp. *fatua* (L.) var. *fatua*.

B – *Avena fatua* L. subsp. *fatua* (L.) var. *alcaliphila* Kieć.

E – *Avena fatua* L. subsp. *fatua* (L.) var. *acidophila* Kieć.

F – *Avena fatua* L. subsp. *brevipilosa* Kieć var. *intermedia* (Lestib.) Lej. & Court.

G – *Avena fatua* L. subsp. *brevipilosa* Kieć var. *altissima* Kieć.

H – *Avena fatua* L. subsp. *brevipilosa* Kieć var. *gravis* Kieć.

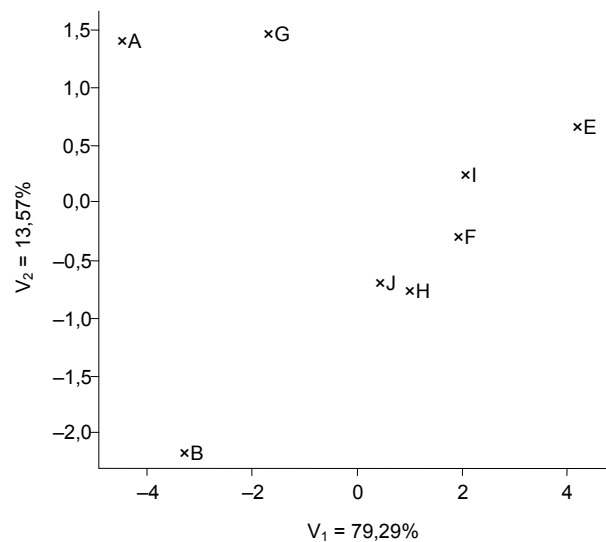
I – *Avena fatua* L. subsp. *brevipilosa* Kieć var. *alta* Kieć.

J – *Avena fatua* L. subsp. *brevipilosa* Kieć var. *vilis* (Wallr.) Hausskn.

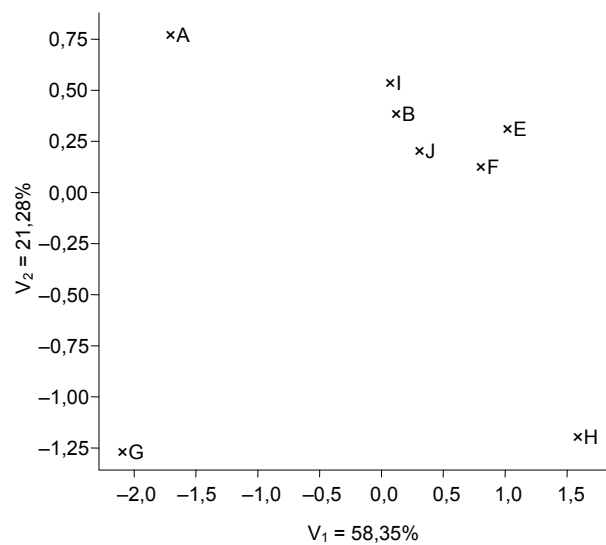
przedstawiono odmiany owsa głuchego w kombinacji (i) w układzie dwu pierwszych zmiennych kanonicznych. Na wykresie współrzędne punktu danej odmiany stanowią wartości, odpowiednio, pierwszej i drugiej zmiennej kanonicznej. Pierwsza zmienna kanoniczna ( $Z_1$ ) była ujemnie skorelowana z energią i zdolnością kiełkowania, *GRI* oraz długością łodyżki. Druga zmienna kanoniczna ( $Z_2$ ) nie była skorelowana z żadną cechą (tab. 3).

Analizując badane odmiany owsa w kombinacji 10/5°C ze światłem (ii), stwierdzono, że dwie pierwsze zmienne kanoniczne wyjaśniały w sumie 79,63% całkowitej zmienności. Najmniej podobnymi odmianami w tej kombinacji były A i H (3,845), natomiast najbardziej podobne były odmiany B oraz I (0,812) (tab. 4). Odległości Mahalanobisa pomiędzy odmianami dla kombinacji (ii) były mniejsze niż w kombinacji tych samych temperatur bez światła (tab. 4), co oznacza, że odmiany botaniczne chwastu kiełkują w tych warunkach bardziej jednorodnie w porównaniu z tym samym zakresem temperatur w obecności światła. Na rysunku 2 przedstawiono osiem odmian owsa w kombinacji (ii) w układzie dwu pierwszych zmiennych kanonicznych. Odmiany pogrupowały się w cztery klastery: pierwszy stanowi odmiana A, drugi – odmiana G, trzeci – odmiana H, a czwarty – pozostałe pięć odmian. Pierwsza zmienna kanoniczna ( $Z_1$ ) była ujemnie skorelowana z energią i zdolnością kiełkowania, *GRI* oraz suchą masą,

Bocianowski J., Stokłosa A., 2010. Ocena kiełkowania odmian botanicznych owsa głuchego (*Avena fatua* L.) w różnych warunkach świetlnych i termicznych za pomocą analizy zmiennych kanonicznych. Nauka Przym. Technol. 4, 5, #65.



Rys. 1. Położenie odmian owsa głuchego w układzie dwu pierwszych zmiennych kanonicznych dla kombinacji (i)  
 Fig. 1. Distribution of wild oat varieties in the space of the first two canonical variables for combination (i)



Rys. 2. Położenie odmian owsa głuchego w układzie dwu pierwszych zmiennych kanonicznych dla kombinacji (ii)  
 Fig. 2. Distribution of wild oat varieties in the space of the first two canonical variables for combination (ii)

natomiast nie odnotowano istotnego statystycznie związku pomiędzy drugą zmienną kanoniczną ( $Z_2$ ) a którąkolwiek z obserwowanych cech (tab. 3). Niezależnie od warunków świetlnych w niższym zakresie temperatur odmiana A (var. *fatua*) znacznie odbiega od pozostałych odmian. STOKŁOSA (2007) stwierdziła większą energię kiełkowania oraz dłuższą łodyżkę siewek odmiany A w temperaturze 10/5°C w różnych warunkach świetlnych w porównaniu z innymi odmianami botanicznymi chwastu.

Dla badanych form owsa głuchego w kombinacji 20/10°C bez światła (iii) zaobserwowano, iż dwie pierwsze zmienne kanoniczne wyjaśniały w sumie 81,11% ogólnej zmienności (tab. 3). Najbardziej podobnymi odmianami w kombinacji (iii) temperatura/światło były A i B (1,017), natomiast najmniej podobne pod względem wszystkich cech łącznie były odmiany F i G (3,918) (tab. 5). Odległości Mahalanobisa pomiędzy odmianami w kombinacji (iii) były w większości przypadków mniejsze niż w tej samej kombinacji dla światła, lecz w innym gradiencie temperatur (tab. 4, 5), co wskazuje, że przy wyższej temperaturze odmiany owsa były mniej zróżnicowane pod względem wszystkich cech traktowanych łącznie niż przy niższej temperaturze. Na rysunku 3 przedstawiono analizowane w kombinacji (iii) odmiany w układzie dwu pierwszych zmiennych kanonicznych. Osobną grupę stanowi odmiana E. Podobnie odmiana G jest zdecydowanie inna od pozostałych. Kolejne dwie grupy stanowią odmiany B, I, J oraz

Tabela 5. Ocena podobieństwa między odmianami owsa głuchego pod względem analizowanych cech określona na podstawie odległości Mahalanobisa dla kombinacji (iii) (powyżej przekątnej) i dla kombinacji (iv) (poniżej przekątnej)

Table 5. Estimation of similarity between wild oat varieties for the analysed traits calculated on the basis of Mahalanobis distance for combination (iii) (above diagonal) and combination (iv) (below diagonal)

Odmiana	A	B	E	F	G	H	I	J
A	0	1,017	3,203	1,613	3,083	1,496	1,855	1,532
B	2,489	0	2,554	1,198	3,044	1,828	1,591	1,377
E	3,505	2,25	0	1,977	5,13	3,689	2,87	3,14
F	3,082	1,601	0,962	0	3,918	1,968	1,827	2,362
G	1,598	1,214	2,206	1,583	0	2,913	2,796	2,78
H	3,471	1,656	1,12	1,027	2,089	0	2,192	2,473
I	3,114	2,546	2,44	2,225	2,154	2,654	0	2,16
J	1,89	2,341	2,929	2,444	1,448	3,204	2,629	0

A – *Avena fatua* L. subsp. *fatua* (L.) var. *fatua*.

B – *Avena fatua* L. subsp. *fatua* (L.) var. *alcaliphila* Kieć.

E – *Avena fatua* L. subsp. *fatua* (L.) var. *acidophila* Kieć.

F – *Avena fatua* L. subsp. *brevipilosa* Kieć var. *intermedia* (Lestib.) Lej. & Court.

G – *Avena fatua* L. subsp. *brevipilosa* Kieć var. *altissima* Kieć.

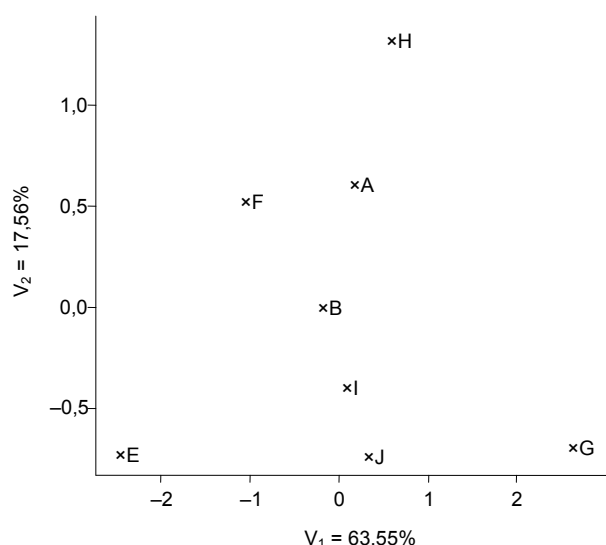
H – *Avena fatua* L. subsp. *brevipilosa* Kieć var. *gravis* Kieć.

I – *Avena fatua* L. subsp. *brevipilosa* Kieć var. *alta* Kieć.

J – *Avena fatua* L. subsp. *brevipilosa* Kieć var. *vilis* (Wallr.) Hausskn.



Bocianowski J., Stokłosa A., 2010. Ocena kiełkowania odmian botanicznych owsa głuchego (*Avena fatua* L.) w różnych warunkach świetlnych i termicznych za pomocą analizy zmiennych kanonicznych. Nauka Przyr. Technol. 4, 5, #65.



Rys. 3. Położenie odmian owsa głuchego w układzie dwu pierwszych zmiennych kanonicznych dla kombinacji (iii)

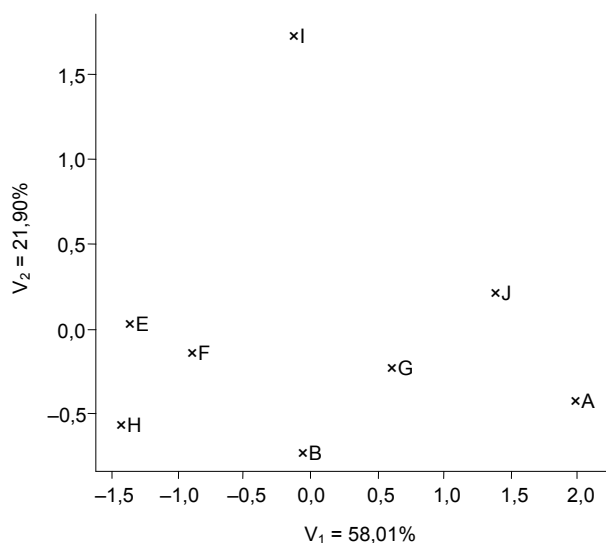
Fig. 3. Distribution of wild oat varieties in the space of the first two canonical variables for combination (iii)

A, F, H. Pierwsza zmienna kanoniczna ( $Z_1$ ) wykazywała dodatnie skorelowanie ze zdolnością kiełkowania, długością łodyżki i długością korzonka. Druga zmienna kanoniczna ( $Z_2$ ) nie była skorelowana z żadną z obserwowanych w doświadczeniu cech (tab. 3).

Rozważając odmiany owsa w kombinacji 20/10°C ze światłem (iv) stwierdzono, że dwie pierwsze zmienne kanoniczne wyjaśniają w sumie 79,91% ogólnej zmienności. Największym zróżnicowaniem ze względu na wszystkie cechy traktowane łącznie charakteryzowały się odmiany A i E (3,505). Najbardziej podobne, w sensie najmniejszej wartości odległości Mahalanobisa, były odmiany E i F (0,962) (tab. 5). Na rysunku 4 przedstawiono odmiany owsa traktowane kombinacją (iv) temperatura/światło w układzie dwu pierwszych zmiennych kanonicznych. Odmiany E, F i H tworzą jedną grupę podobieństwa, odmiana I jest zdecydowanie odmienna od pozostałych, natomiast odmiany A, B, G, J stanowią oddzielne grupy. Pierwsza zmienna kanoniczna ( $Z_1$ ) była dodatnio skorelowana ze wszystkimi cechami poza suchą masą, natomiast druga zmienna kanoniczna ( $Z_2$ ) nie była skorelowana z żadną cechą (tab. 3).

Większe odległości Mahalanobisa pomiędzy odmianami otrzymano w niższej temperaturze bez światła niż w tej samej temperaturze ze światłem. W wyższej temperaturze (gradientie temperatur) obecność lub brak światła nie różnicuje już tak znacząco reakcji poszczególnych odmian botanicznych, co jest widoczne w znacznie mniejszych wartościach odległości Mahalanobisa.

Wyniki analiz przeprowadzonych nad odmianami botanicznymi owsa głuchego z zastosowaniem metody zmiennych kanonicznych wskazują na zróżnicowanie procesu



Rys. 4. Położenie odmian owsa głuchego w układzie dwu pierwszych zmiennych kanonicznych dla kombinacji (iv)

Fig. 4. Distribution of wild oat varieties in the space of the first two canonical variables for combination (iv)

kiełkowania odmian w poszczególnych kombinacjach temperatury i światła (rys. 1, 2, 3, 4). Świadczą o tym również wartości współczynników korelacji pomiędzy odległościami Mahalanobisa. Zaobserwowano brak współzależności odległości Mahalanobisa między wszystkimi kombinacjami temperatury i światła, co może wskazywać na duże genetyczne zróżnicowanie badanych odmian botanicznych chwastu. Do podobnych wniosków doszli YEATER i IN. (2004) w badaniach nad wyką kosmatą oraz NEGREIROS i IN. (2008) w badaniach nad kiełkowaniem nasion passiflory. Stwierdzono ponadto, że w dużym stopniu na proces kiełkowania wpływały takie cechy, jak energia i zdolność kiełkowania, co również pokrywa się z wynikami uzyskanymi przez innych autorów (NEGREIROS i IN. 2008).

Przedstawiona charakterystyka wielocechowa badanych odmian owsa głuchego jest potwierdzeniem jej efektywności w układzie współrzędnych dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych. Wynika to z faktu, że zmienne te wyjaśniają znaczną część całkowitej zmienności (92,86%, 79,63%, 81,11% i 79,91%, odpowiednio, dla kombinacji (i), (ii), (iii) i (iv) temperatury oraz światła). O przydatności metody zmiennych kanonicznych świadczyć może chociażby jej szerokie zastosowanie w hodowli i genetyce roślin (m.in. BOCIANOWSKI i RYBIŃSKI 2008, BOCIANOWSKI i SKOMRA 2008, BOCIANOWSKI i IN. 2009, RYBIŃSKI i IN. 2009).

Bocianowski J., Stokłosa A., 2010. Ocena kiełkowania odmian botanicznych owsa głuchego (*Avena fatua* L.) w różnych warunkach świetlnych i termicznych za pomocą analizy zmiennych kanonicznych. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 5, #65.

## Wnioski

1. Badane odmiany botaniczne owsa głuchego kiełkują różnie w badanych warunkach świetlno-termicznych.
2. Energia oraz zdolność kiełkowania w największym stopniu wpływają na zróżnicowanie procesu kiełkowania poszczególnych odmian botanicznych owsa głuchego.
3. Analiza zmiennych kanonicznych okazała się przydatnym do analizy procesu kiełkowania narzędziem statystycznym.
4. Większym zróżnicowaniem pod względem wszystkich cech traktowanych łącznie charakteryzowały się odmiany owsa w niższej temperaturze bez światła niż w tej samej temperaturze ze światłem.

## Literatura

- ADUGNA W., LABUSCHAGNE M.T., 2003. Cluster and canonical variate analyses in multilocation trials of linseed. *J. Agric. Sci.* 140: 297-304.
- BOCIANOWSKI J., LIERSCH A., BARTKOWIAK-BRODA I., 2009. Badanie zmienności fenotypowej mieszańców F<sub>1</sub> CMS *ogura* rzepaku ozimego i ich form rodzicielskich za pomocą statystycznych metod wielowymiarowych. *Rośl. Ol. – Oils. Crops* 30: 161-184.
- BOCIANOWSKI J., RYBIŃSKI W., 2008. Wykorzystanie analizy zmiennych kanonicznych do wielocechowej charakterystyki dwurzędowych i wielorzędowych linii DH jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska Sect. E* 63, 3: 53-61.
- BOCIANOWSKI J., SKOMRA U., 2008. Wykorzystanie analizy zmiennych kanonicznych do wielocechowej charakterystyki odmian chmielu zwyczajnego (*Humulus lupulus* L.). *Pam. Puław.* 148: 107-118.
- CAMUSSI A., OTTAVIANO E., CALIŃSKI T., KACZMAREK Z., 1985. Genetic distances based on quantitative traits. *Genetics* 111: 945-962.
- EVETTS L.L., BURNSIDE O.C., 1972. Germination and seedling development of common milkweed and other species. *Weed Sci.* 20: 371-378.
- GÓRCZYŃSKI J., MĄDRY W., 1988. A study of genetic divergence of plants by multivariate methods. *Genet. Pol.* 29: 341-352.
- KIEĆ J., 2000. Zróżnicowanie morfologiczne, ekologiczne i enzymatyczne gatunku *Avena fatua* L., występującego na polach Polski południowo-wschodniej. *Zesz. Nauk. AR Krak. Rozpr.* 260.
- KIEĆ J., 2002. Owies głuchy – roślina pożyteczna czy groźny chwast? *Post. Nauk Roln.* 49/54, 2: 39-46.
- NEGREIROS S.J.R. DA, ALEXANDRE R.S., ALVARES S.V. DE, BRUCKNER C.H., CRUZ C.D., 2008. Genetic divergence among yellow passion fruit progenies based on seed traits. *Rev. Bras. Frutic.* 30, 1: 197-201.
- PAYNE R., MURREY D., HARDING S., BAIRD D., SOUTOU D., LANE P., 2003. *GenStat for Windows* (7th edition) – Introduction. VSN International, Oxford, England.
- RENCHER A.C., 1992. Interpretation of canonical discriminant functions, canonical variables, and principal components. *Am. Stat.* 46: 217-225.
- RYBIŃSKI W., SZOT B., RUSINEK R., BOCIANOWSKI J., 2009. Estimation of geometric and mechanical properties of seeds of Polish cultivars and lines representing selected species of pulse crops. *Int. Agrophys.* 23: 257-267.

Bocianowski J., Stokłosa A., 2010. Ocena kiełkowania odmian botanicznych owsa głuchego (*Avena fatua* L.) w różnych warunkach świetlnych i termicznych za pomocą analizy zmiennych kanonicznych. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 5, #65.

---

STOKŁOSA A., 2007. Wpływ światła i temperatury na kiełkowanie odmian botanicznych owsa głuchego (*Avena fatua* L.). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska Sect. E* 62, 2: 56-69.

YEATER K.M., BOLLERO G.A., BULLOCK D.G., RAYBURN A.L., RODRIGUEZ-ZAS S., 2004. Assessment of genetic variation in hairy vetch using canonical discriminant analysis. *Crop Sci.* 44: 185-189.

#### ESTIMATION OF WILD OAT (*AVENA FATUA* L.) BOTANICAL VARIETIES GERMINATION IN DIFFERENTIATED LIGHT AND TEMPERATURE CONDITIONS USING CANONICAL VARIATES ANALYSIS

**Summary.** The diversity of wild oat (*Avena fatua* L.) eight botanical varieties germination was studied using canonical variates analysis, based on multiple analysis of variance model (MANOVA). In the experiment six different traits describing germination process were analysed: germinative energy (after 5 days), germination rate (after 10 days), germination rate index (after 21 days), length of coleoptile and radicle and seedlings dry mass (after 21 days). Seeds were germinating in combinations of two different temperatures (5/10°C and 10/20°C) and light (12 h of light or total darkness) regimes. As a result large diversification of germination process was stated for all studied botanical varieties of wild oat in each light and thermal conditions. The most important characteristics diversifying seed germination were germinative energy and germination rate. Canonical variates analysis was stated as a useful tool for germination analysis.

**Key words:** wild oat, germination, canonical variates analysis, MANOVA

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

Jan Bocianowski, Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań, Poland, e-mail: [jboc@up.poznan.pl](mailto:jboc@up.poznan.pl)

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print:*

1.09.2010

*Do cytowania – For citation:*

Bocianowski J., Stokłosa A., 2010. Ocena kiełkowania odmian botanicznych owsa głuchego (*Avena fatua* L.) w różnych warunkach świetlnych i termicznych za pomocą analizy zmiennych kanonicznych. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 5, #65.