

**INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA**  
**PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**  
INSTITUTE OF SOIL SCIENCE AND PLANT CULTIVATION  
NATIONAL RESEARCH INSTITUTE

---

---

# **PAMIĘTNIK PUŁAWSKI**



INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY W PUŁAWACH  
INSTITUTE OF SOIL SCIENCE AND PLANT CULTIVATION  
NATIONAL RESEARCH INSTITUTE IN PUŁAWY

Dyrektor: prof. dr hab. *Seweryn Kukula*

Rada Programowa

prof. dr hab. *Stanisław Krasowicz* (przewodniczący), prof. dr hab. *Stanisław Berbeć*,  
prof. dr hab. *Wojciech Budzyński*, prof. dr hab. *Andrzej Dubas*,  
prof. dr hab. *Ewa Fotyma*, prof. dr hab. *Zofia Jasińska*, prof. dr hab. *Jan Kuś*,  
prof. dr hab. *Stefan Martyniuk*, prof. dr hab. *Sławomir Podlaski*,  
prof. dr hab. *Franciszek Rudnicki*, prof. dr hab. *Henryk Terelak*

Komitet Redakcyjny

prof. dr hab. *Antoni Faber* (Redaktor Naczelny), prof. dr hab. *Apoloniusz Berbeć*,  
dr *Zuzanna Jarosz*, dr *Tamara Jadczyzyn*, dr *Jarosław Stalenga*,  
dr *Alina Bochniarz*

Zeszyt zawiera prace z:

Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego w Poznaniu (prace 4, 6, 8)

Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach  
(prace 1, 2, 9, 11)

firmy „Mykoflor” z Końskowoli (praca 2)

Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie (praca 3)

Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (prace 5, 11)

Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy (praca 7)

Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie (prace 2, 10)

Redakcja techniczna – dr *Alina Bochniarz*

Skład i druk

Dział Upowszechniania i Wydawnictw  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa  
Państwowy Instytut Badawczy w Puławach  
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy

tel. (081) 8863421 w. 301, faks (081) 8863421 w. 302, e-mail: [duw@iung.pulawy.pl](mailto:duw@iung.pulawy.pl)

## TREŚĆ

1. T. Doroszevska – Charakterystyka morfologiczna międzygatunkowych mieszańców F1 <i>Nicotiana tabacum</i> L. × <i>Nicotiana africana</i> Merxm.....	5
2. A. Klasa, A. Książniak, W. Szałański – Ocena wpływu zastosowania grzybów mikoryzowych na plonowanie i skład chemiczny masy nadziemnej wierzby energetycznej.....	25
3. A. Kraszkiewicz – Ocena wielkości produkcji drewna w drzewostanach robinio- wych na piaszczystych skarpach zagrożonych erozją.....	37
4. E. Matyjaszczyk, K. Radziemska-Bonowicz, J. Sobczak – Ochrona roślin energetycznych.....	49
5. T. Michalski, S. Bieliński – Porównanie wielkości i struktury plonu kukurydzy uprawianej na kiszonce w warunkach Pomorza Gdańskiego i Wielkopolski.....	55
6. K. Nijak – Najważniejsze szkodniki wieloletnich roślin energetycznych.....	67
7. Z. Podkówka, L. Podkówka – Porównanie składu chemicznego i przydatności do zakiszania zielonki z sorga cukrowego i kukurydzy.....	73
8. D. Remlein-Starosta – Szkodliwość najważniejszych patogenów wybranych roślin energetycznych.....	79
9. T. Sekutowski, J. Rola, H. Rola – Systemy chemicznej regulacji zachwaszczenia plantacji wierzby przeznaczonej na cele energetyczne.....	87
10. M. Stolarski, S. Szczukowski, J. Tworkowski – Efektywność ekonomiczna i energetyczna produkcji wierzby krzewiastej na glebie aluwialnej.....	95
11. J. Bocianowski, U. Skomra – Wykorzystanie analizy zmiennych kanonicznych do wielocechowej charakterystyki odmian chmielu zwyczajnego ( <i>Humulus lupulus</i> L.).....	107

## CONTENTS

1. T. Doroszevska – Morphological characteristics of the interspecific F1 hybrids <i>Nicotiana tabacum</i> L. × <i>Nicotiana africana</i> Merxm.....	5
2. A. Klasa, A. Książniak, W. Szałański – Estimation of mycorrhizal fungi application vs. yield and chemical composition of aboveground biomass of short rotation willow.....	25
3. A. Kraszkiewicz – Timber production estimates in erosion prone sandy slopes tree stands of black locust.....	37
4. E. Matyjaszczyk, K. Radziemska-Bonowicz, J. Sobczak – Protection of energy crops.....	49
5. T. Michalski, S. Bieliński – A comparison of the size and structure of maize yield grown for silage in conditions of Gdańsk Pomerania and Wielkopolska.....	55
6. K. Nijak – The main pest of perennial bioenergy crops.....	67
7. Z. Podkówka, L. Podkówka – Comparing chemical composition and ensiling suitability of sucro-sorghum and maize forage.....	73
8. D. Remlein-Starosta – The bioenergy crops incidence and damages of main pathogens.....	79
9. T. Sekutowski, J. Rola, H. Rola – Weed control systems on willow plantation assigned on energy purposes.....	87
10. M. Stolarski, S. Szczukowski, J. Tworkowski – Economical and energetic efficiency of short-rotation willow growing on alluvial soil.....	95
11. J. Bocianowski, U. Skomra – Use of canonical variate analysis for the multivariate assessment of hop cultivars ( <i>Humulus lupulus</i> L.).....	107



TERESA DOROSZEWSKA

Zakład Hodowli i Biotechnologii Roślin  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

CHARAKTERYSTYKA MORFOLOGICZNA MIĘDZYGATUNKOWYCH  
MIESZAŃCÓW F<sub>1</sub> *NICOTIANA TABACUM* L. x *NICOTIANA AFRICANA* MERXM.

Morphological characteristics of the interspecific F<sub>1</sub> hybrids  
*Nicotiana tabacum* L. x *Nicotiana africana* Merxm.

**ABSTRAKT:** Praca zawiera wyniki badań międzygatunkowych mieszańców F<sub>1</sub> uzyskanych w wyniku krzyżowania pięciu odmian tytoniu uprawnego z dzikim gatunkiem *N. africana*, niosącym odporność na wirus Y ziemniaka (PVY). Nieżywotność międzygatunkowych mieszańców F<sub>1</sub> została przełamana po zastosowaniu kultury liścieni. Żywotne mieszańce porównywano z ich rodzicami pod względem tempa wzrostu, morfologii i rozwoju roślin. Formy mieszańcowe rosły znacznie szybciej niż *N. africana* i tempo wzrostu było bardziej zbliżone do form uprawnych tytoniu. Mieszańce F<sub>1</sub> wytwarzały mniej liści niż ich formy rodzicielskie, były natomiast od nich wyższe. Liście dolne i środkowe mieszańców osiągały rozmiary pośrednie, zaś liście górne były większe niż u form rodzicielskich. Liczba dni do kwitnienia była podobna u form mieszańcowych i matecznych natomiast *N. africana* zakwitła znacznie później. Rośliny mieszańcowe wykazywały większą zmienność analizowanych cech morfologicznych. Pokrój mieszańców F<sub>1</sub> był podobny jak u odmian uprawnych rodziców matecznych, natomiast kwiatostan miał charakter pośredni. Cechą najbardziej zbliżoną do gatunku dzikiego była budowa kwiatu z charakterystycznie wystającymi pręcikami i odgiętymi płatkami korony. Międzygatunkowe mieszańce F<sub>1</sub> były całkowicie bezpłodne.

**słowa kluczowe – key words:**

odmiany tytoniu – *tobacco cultivars*, *N. africana*, międzygatunkowe mieszańce F<sub>1</sub> – *interspecific F<sub>1</sub> hybrids*, tempo wzrostu – *growth rate*, rozwój – *development*

WSTĘP

*Nicotiana africana* jest jedynym gatunkiem rodzaju *Nicotiana* pochodzącym z Afryki. Gatunek ten został odkryty w 1975 r. przez Merxmüller i Buttler w kilku odosobnionych siedliskach górskich w środkowej Namibii (16). Uznany za endemiczny relik, *N. africana* jest krzaczasto rozgałęzioną byliną o wysokości 1–2,5 m. Jest gatunkiem aneuploidalnym (2n = 46), zaklasyfikowanym do podrodzaju *Petunioides*, sekcji *Suaveolentes*. *N. africana* jest ciekawym gatunkiem dla hodowców z uwagi na jego odporność na brunatną nekrozę nerwów liści tytoniu wywoływaną przez wirus Y ziemniaka (*Potato virus Y*). Pierwsze doniesienia Lucasa i in. (15)

wskazały na jego odporność na PVY i wirus cętkowatości tytoniu (*Tobacco etch virus*). Dalsze badania wykazały odporność typu immunności *N. africana* na wszystkie badane izolaty PVY, pochodzące z tytoniu i z ziemniaka (6, 7). Fakt ten zyskał na znaczeniu w związku z pojawianiem się w ostatnich latach izolatów PVY zdolnych do przełamania odporności dostępnej w obrębie gatunku *N. tabacum* (7, 20). Gatunek *N. africana* trudno krzyżuje się z tytoniem (9), a jego wykorzystanie w hodowli twórczej tytoniu wiązało się z koniecznością przewycięzania szeregu barier występujących na różnych etapach: nieżywołnością form mieszańcowych pokolenia  $F_1$  związaną z niedorozwojem systemu korzeniowego siewek, a następnie z bezpłodnością mieszańców. Zastosowanie metody kultury tkankowej liścieni pozwoliło na uzyskanie roślin charakteryzujących się dobrym wigorem (4). Istnieją opracowania dotyczące krzyżowania *N. africana* z tytoniem uprawnym obejmujące cytologię (3) i odporność form mieszańcowych (5, 8), jednakże mieszańce te nie były opisane pod względem morfologicznym. Charakterystyka morfologiczna, obok czynnika odporności i składu chemicznego liści, ma ogromne znaczenie przy wprowadzaniu otrzymanych form tytoniu do praktyki rolniczej.

Przedmiotem niniejszego opracowania jest charakterystyka wybranych elementów wzrostu i rozwoju oraz morfologii mieszańców  $F_1$  *N. tabacum* x *N. africana* powstałych na bazie różnych odmian tytoniu uprawnego.

#### MATERIAŁ I METODY

Jako form matecznych do krzyżowania z dzikim gatunkiem *N. africana* użyto następujących odmian tytoniu uprawnego: BP-210 – polska odmiana w typie papierosowym jasnym, Gold Dollar – amerykańska odmiana w typie papierosowym jasnym, V.278 – polska odmiana w typie papierosowym jasnym, Nadwiślański Mały – polska odmiana w typie papierosowym ciemnym, Virginia SCR – niemiecka odmiana w typie papierosowym jasnym. Krzyżowanie prowadzono w warunkach polowych i szklarniowych. Uzyskane nasiona mieszańcowe sterylizowano 10% nadtlenkiem wodoru przez 20 minut i następnie wysiewano na pożywkę LS (13) w celu kiełkowania i uzyskania siewek. Liścienie cięto na 2–3 skrawki i wykładano na pożywkę regeneracyjną (14). Zregenerowane pędy przenoszono na pożywkę ukorzeniającą, a następnie młode rośliny mieszańcowe wysadzano do substratu glebowego. Rośliny mieszańcowe i ich formy rodzicielskie rosły w hali wegetacyjnej w wazonach Mitscherlicha. Doświadczenie prowadzono przez dwa kolejne sezony wegetacyjne (I i II). Stosowano ochronę przed szkodnikami i chorobami grzybowymi. Prowadzone obserwacje i pomiary obejmowały pokrój roślin, kształt kwiatostanu, morfologię kwiatów, tempo wzrostu, wysokość roślin, liczbę liści, powierzchnię i indeks liści dolnych, środkowych i górnych oraz liczbę dni do kwitnienia. Powierzchnię liścia obliczono wg wzoru (18): powierzchnia liścia = dł. liścia × szer. liścia × 0,675. Indeks liści wyliczono jako stosunek długości do szerokości liścia. Rośliny mieszańcowe porównywano z ich formami rodzicielskimi. Doświadczenie założono

w układzie bloków kompletnie zrandomizowanych, każdy obiekt zawierał 10 roślin traktowanych jako powtórzenia. Do wykonania obliczeń statystycznych wykorzystano program Statgraphics Centurion XV. Najmniejsze istotne różnice wyliczono przy użyciu testu Tukeya przy  $\alpha = 0,05$ . Dla niektórych cech wyliczono współczynniki zmienności. Wyniki przedstawiono graficznie i w tabelach.

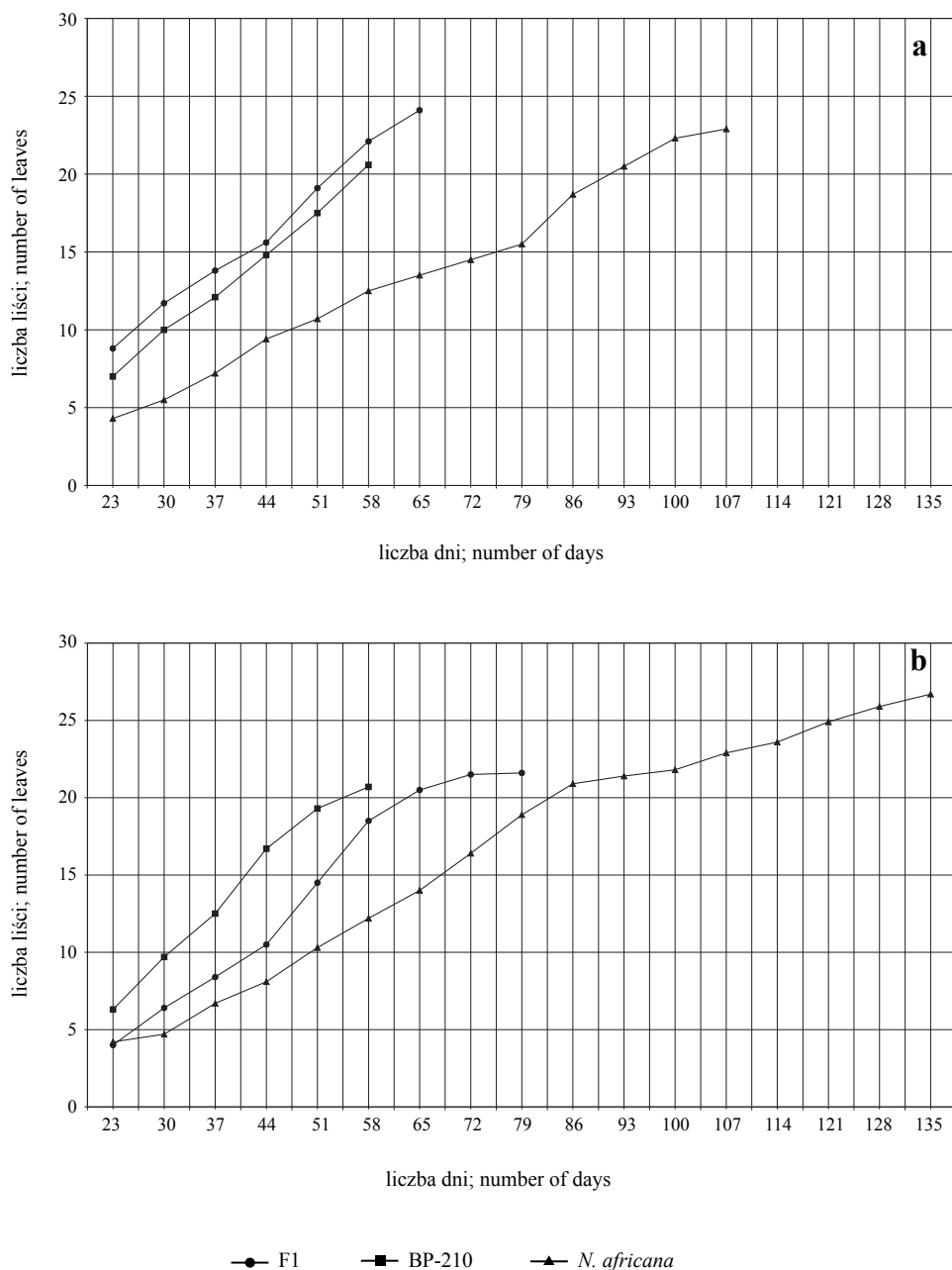
## WYNIKI

Tempo wzrostu roślin mieszańcowych  $F_1$  *N. tabacum* x *N. africana*, określane na podstawie liczby liści pojawiających się w kolejnych 7-dniowych okresach, było zróżnicowane w zależności od odmiany uprawnej będącej formą mateczną oraz sezonu wegetacyjnego, w którym prowadzono badania (rys. 1-5). Zdecydowanie częściej tempo wzrostu było zbliżone do odmiany uprawnej rodzica matecznego. W szczególności dotyczyło to form mieszańcowych z odmianą V. SCR (rys. 5a i b), kiedy rośliny mieszańcowe zakończyły wzrost o 49 dni wcześniej w pierwszym roku badań i o 70 dni wcześniej w drugim roku niż dziki gatunek ojcowski. Podobne tempo wzrostu wykazały mieszańce z odmianą BP-210 (rys. 1a) i Nadwiślańskim Małym w pierwszym roku badań (rys. 4a) oraz z V.278 w drugim roku badań (rys. 3b). Pośrednie tempo wzrostu charakteryzowało mieszańce z V.278 w pierwszym roku badań (rys. 3a) oraz z BP-210 (rys. 1b) i Gold Dollar (rys. 2b) w drugim roku. Najmniejsza różnica w długości okresu do zakończenia wzrostu formy mieszańcowej i dzikiego gatunku wynosiła 28 dni (rys. 3a), natomiast największa różnica między zakończeniem wzrostu mieszańca i formy uprawnej wynosiła 21 dni (rys. 1b, 2b, 3a), ponadto w trzech przypadkach formy mieszańcowe szybciej kończyły wzrost niż ich uprawni rodzice mateczni (rys. 2a, 4b, 5a).

Mieszańce  $F_1$  w większości badanych obiektów były wyższe niż ich rodzice mateczni, tendencja ta była szczególnie widoczna w drugim roku badań. Dla mieszańców z odmianą Gold Dollar i z BP-210 różnice były wówczas istotne statystycznie (rys. 6b). Rośliny mieszańcowe, z wyjątkiem form z Nadwiślańskim Małym w drugim roku, były wyższe również od *N. africana* (rys. 6a i b). Wśród mieszańców najwyższe były rośliny form z odmianą Gold Dollar i BP-210.

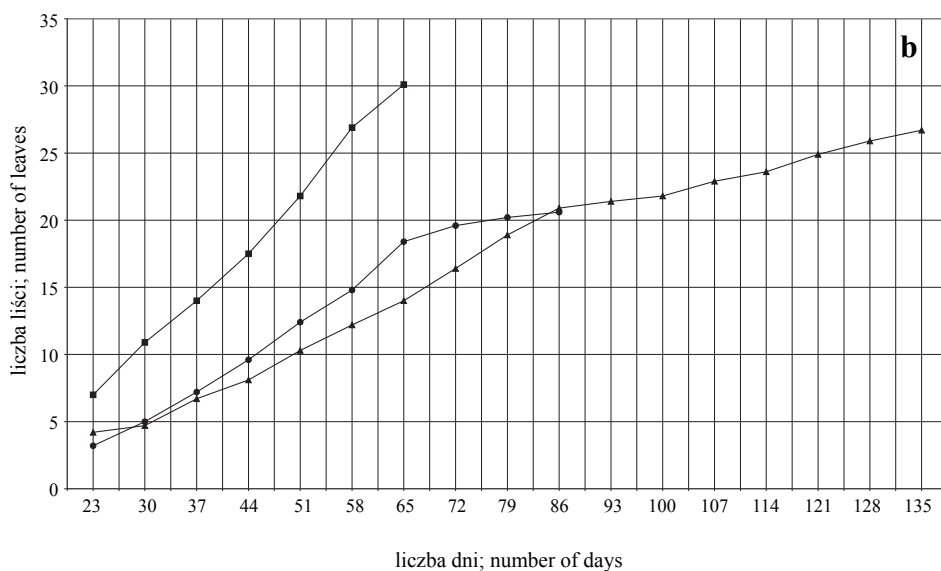
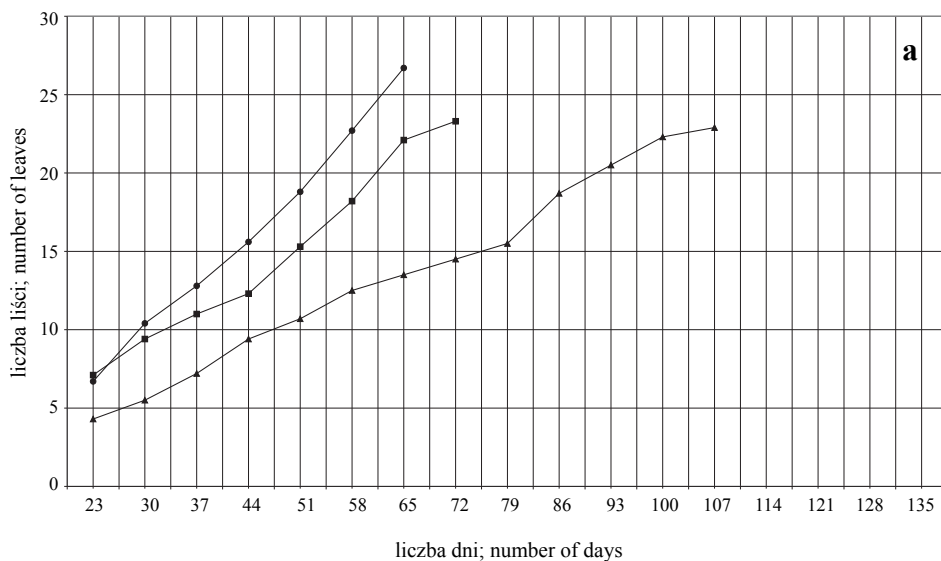
Liczba liści wykształconych przez mieszańce  $F_1$  była mniejsza niż u form rodzicielskich (rys. 7a i b); istotne różnice w porównaniu z formami matecznymi stwierdzono u mieszańców z odmianą Gold Dollar w obydwu latach i z odmianami V.278 i Nadwiślański Mały w pierwszym roku badań. Więcej liści w porównaniu z odmianą mateczną wykształciły jedynie formy  $F_1$  z odmianą BP-210, lecz różnice nie były istotne statystycznie.

Na zależność wielkości powierzchni liści form mieszańcowych i rodzicielskich wpływała pozycja poszczególnych liści na roślinie oraz rok badań (rys. 8–10). Liście dolne mieszańców  $F_1$  były mniejsze niż odmian uprawnych (rys. 8a i b), istotne różnice stwierdzono dla form z odmianą V.278 w obydwu latach badań oraz z odmianą BP-210, Gold Dollar i V.SCR w drugim roku. Dużą zmienność w poszczególnych



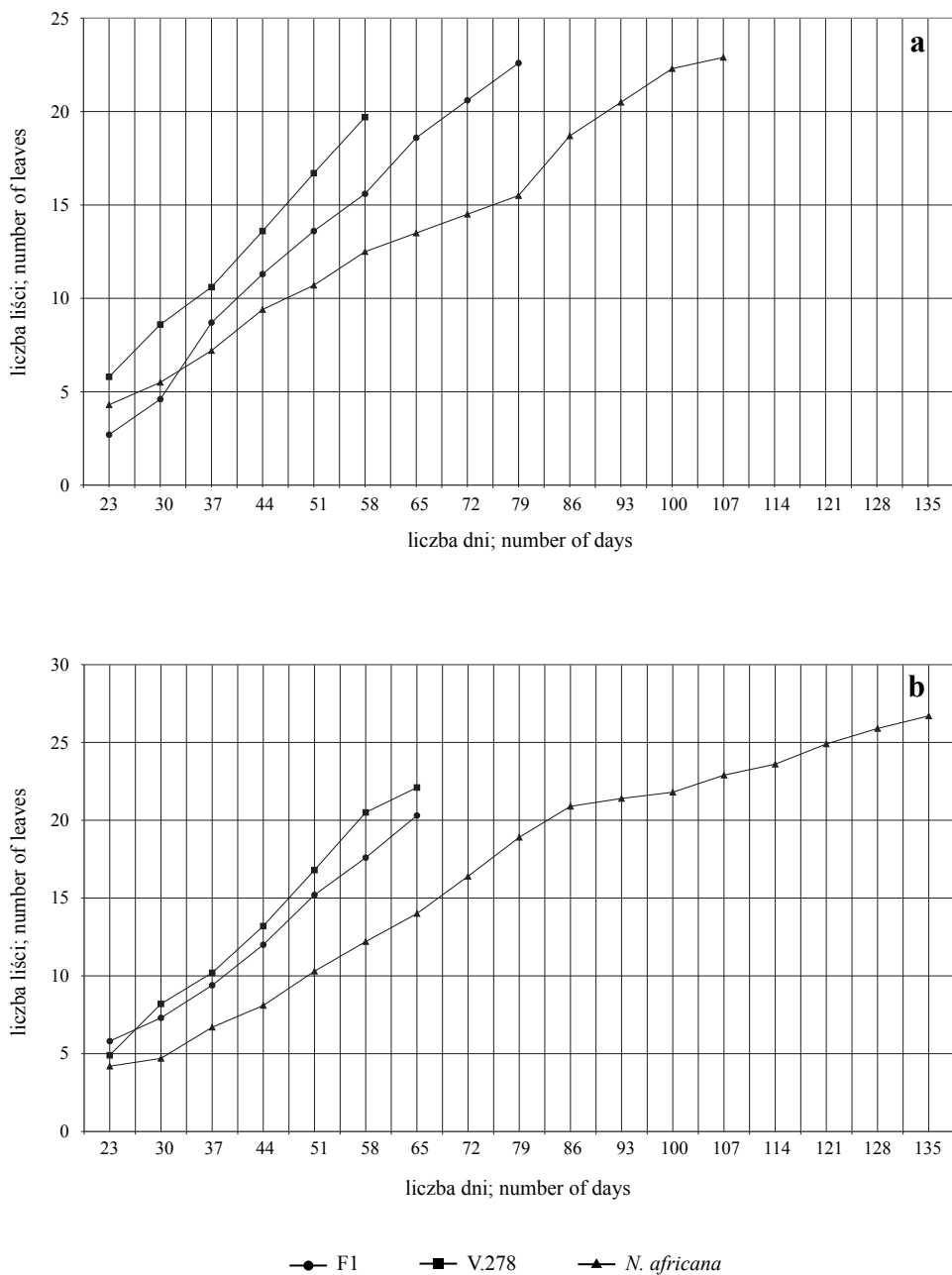
Rys. 1. Tempo wzrostu mieszańców  $F_1$  *N. tabacum* cv. BP-210 x *N. africana* i form rodzicielskich  
 a) w I roku badań, b) w II roku badań  
 Growth rate of  $F_1$  hybrids *N. tabacum* cv. BP-210 x *N. africana* and their parents  
 a) in the I year, b) in the II year of investigation



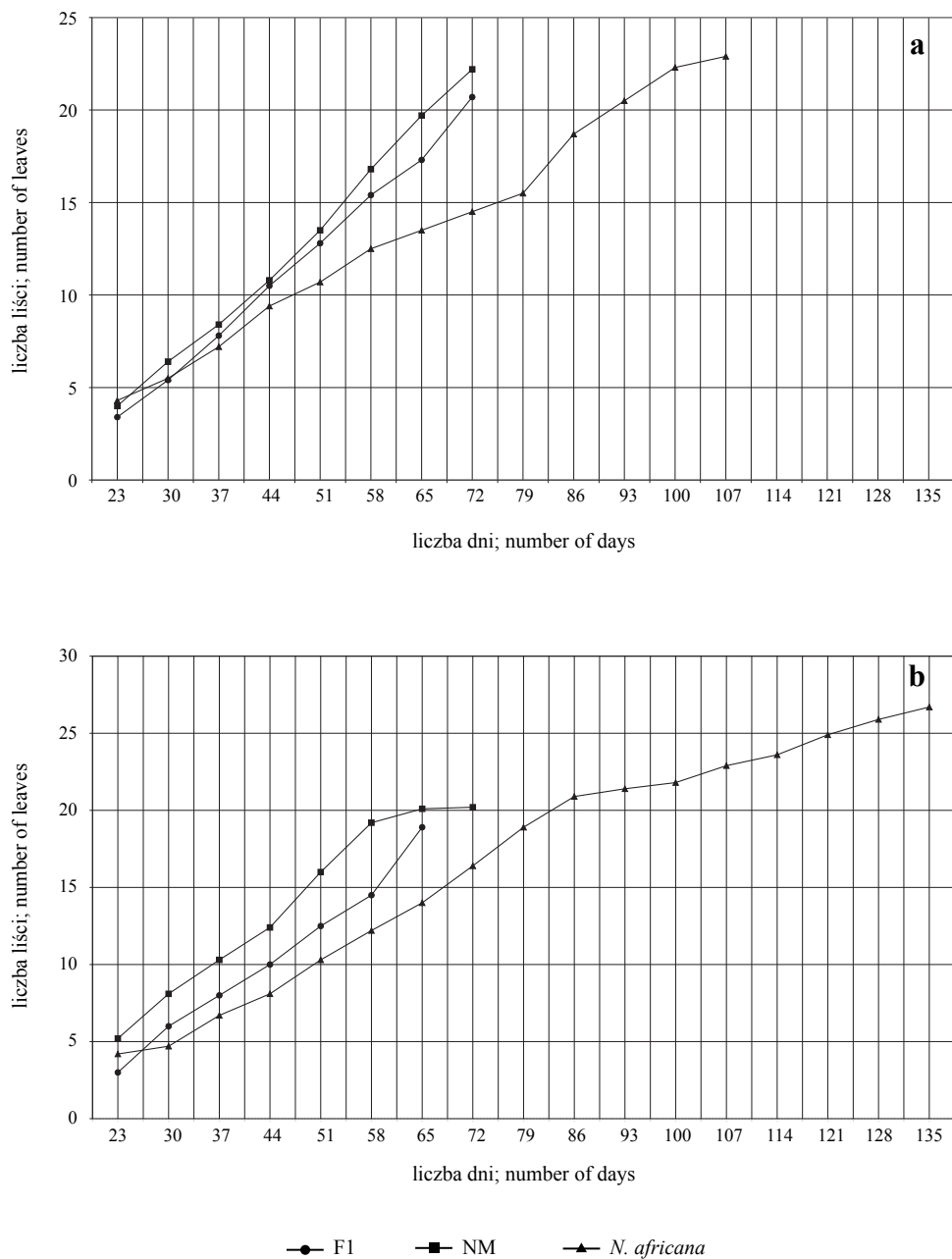


—●— F1    —■— GD    —▲— *N. africana*

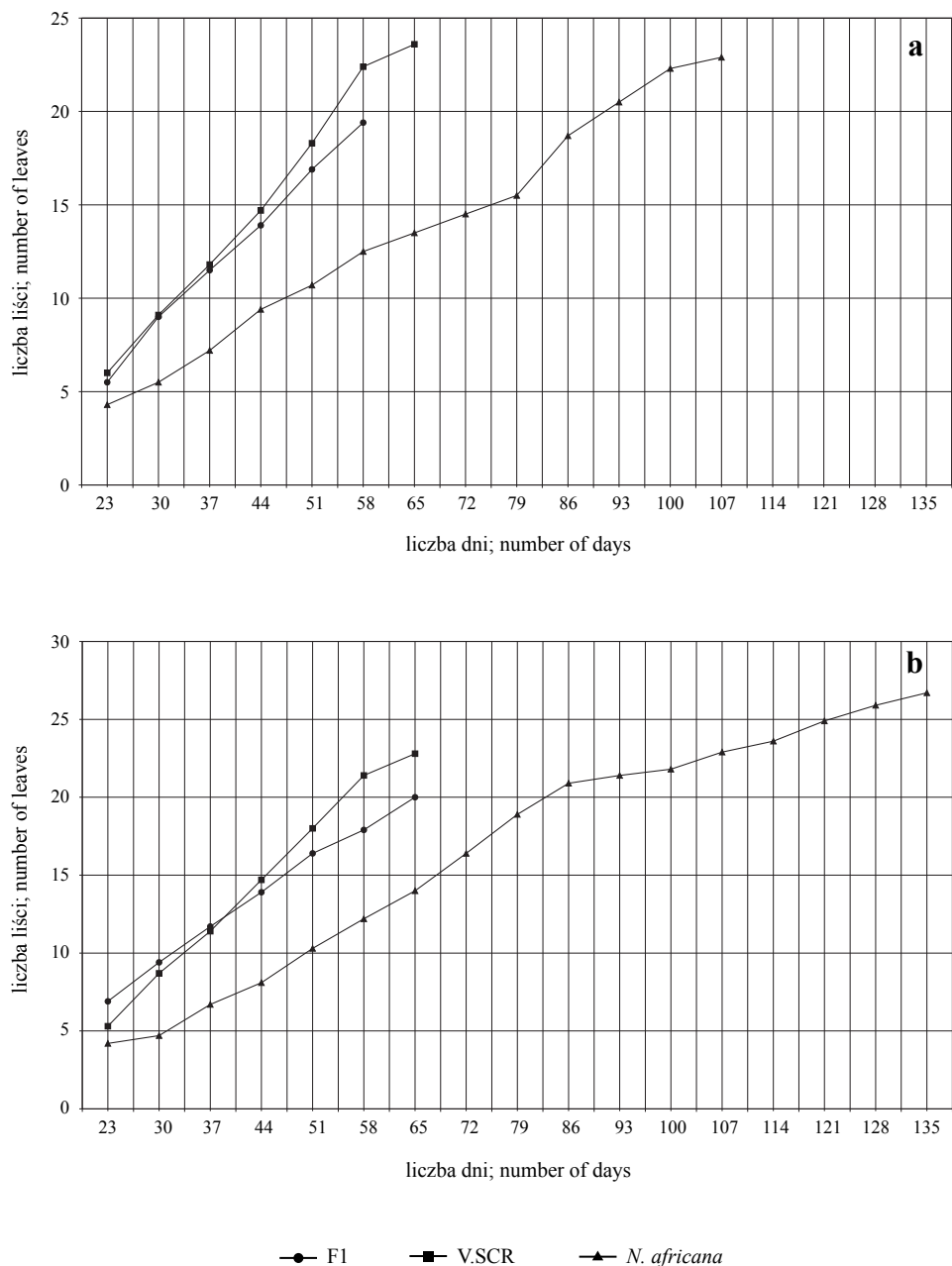
Rys. 2. Tempo wzrostu mieszańców F1 *N. tabacum* cv. Gold Dollar x *N. africana* i form rodzicielskich  
 a) w I roku badań, b) w II roku badań  
 Growth rate of F1 hybrids *N. tabacum* cv. Gold Dollar x *N. africana* and their parents  
 a) in the I year, b) in the II year of investigation



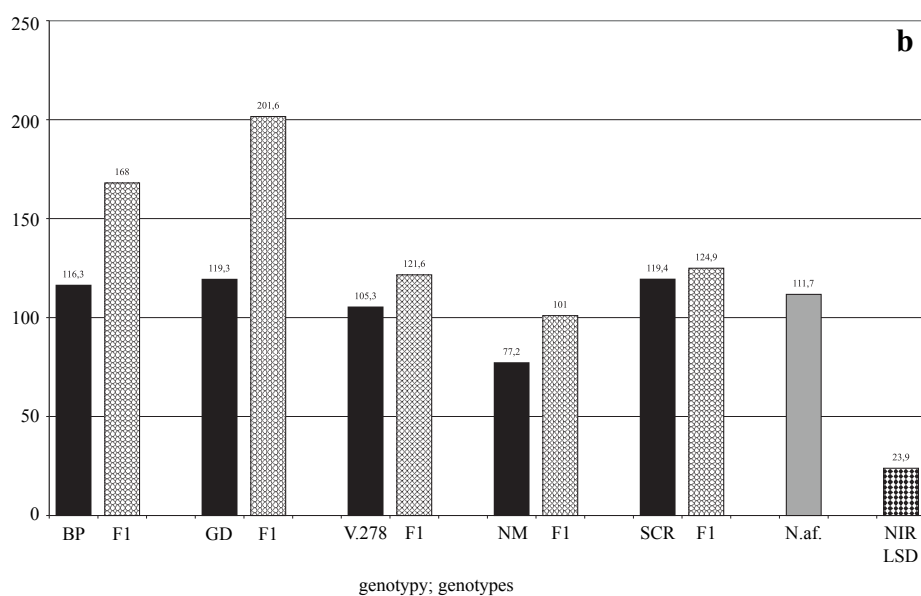
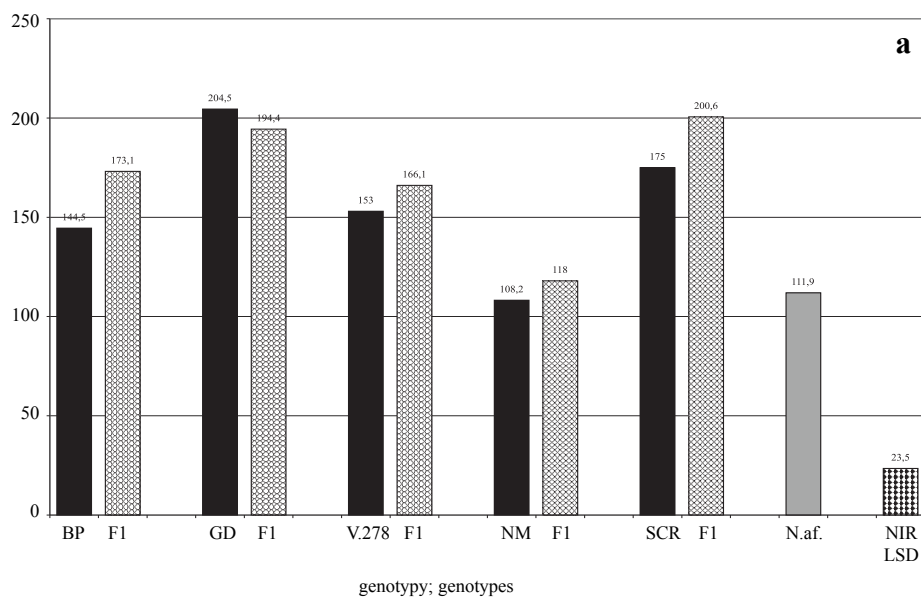
Rys. 3. Tempo wzrostu mieszańców F<sub>1</sub> *N. tabacum* cv. V.278 x *N. africana* i form rodzicielskich  
 a) w I roku badań, b) w II roku badań  
 Growth rate of F<sub>1</sub> hybrids *N. tabacum* cv. V.278 x *N. africana* and their parents  
 a) in the I year, b) in the II year of investigation



Rys. 4. Tempo wzrostu mieszańców F1 *N. tabacum* cv. Nadwiślański Mały x *N. africana* i form rodzicielskich  
 a) w I roku badań, b) w II roku badań  
 Growth rate of F1 hybrids *N. tabacum* cv. Nadwiślański Mały x *N. africana* and their parents  
 a) in the I year, b) in the II year of investigation



Rys. 5. Tempo wzrostu mieszańców F<sub>1</sub> *N. tabacum* cv. V. SCR x *N. africana* i form rodzicielskich  
 a) w I roku badań, b) w II roku badań  
 Growth rate of F<sub>1</sub> hybrids *N. tabacum* cv. V. SCR x *N. africana* and their parents  
 a) in the I year, b) in the II year of investigation



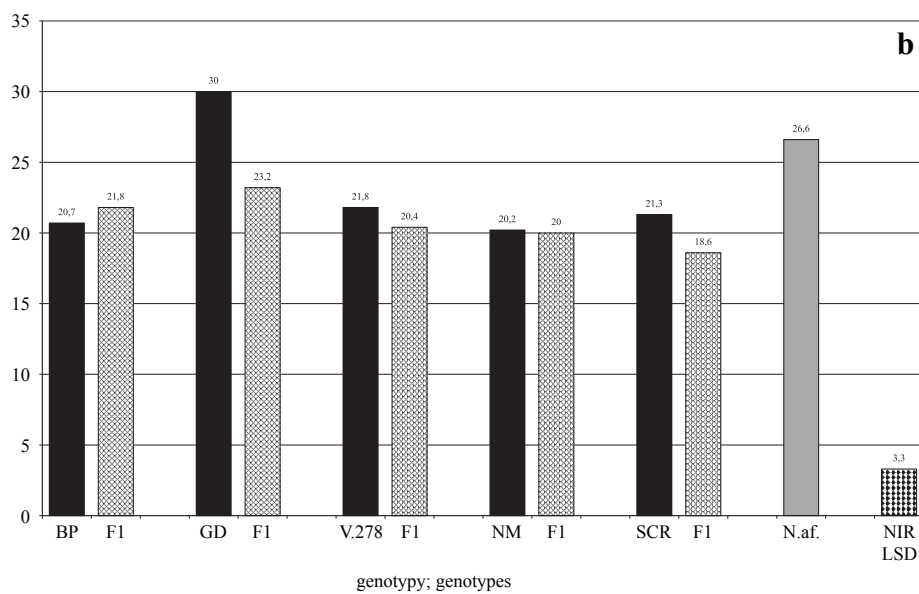
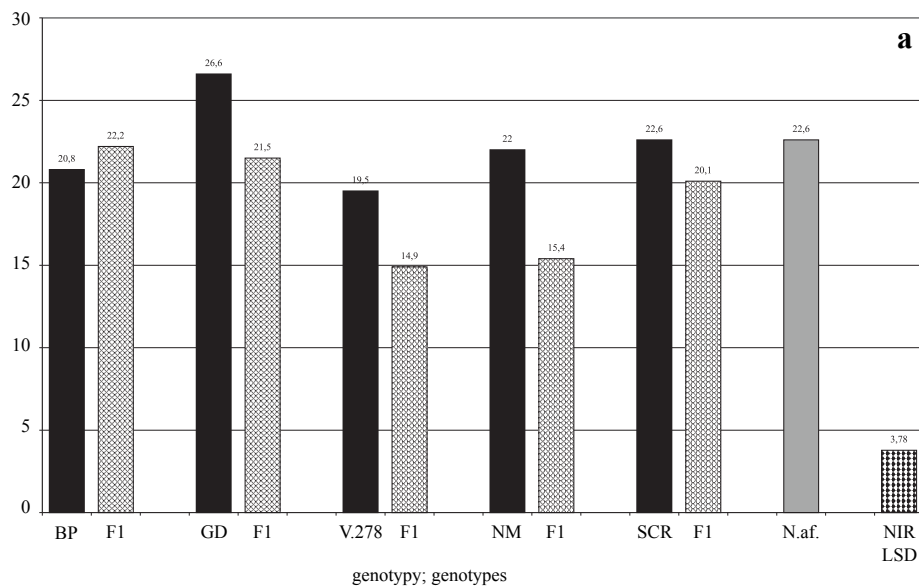
Objaśnienia; Explanations:

BP, GD, V.278, NM, SCR – odmiany tytoniu; cultivars

F1 – mieszańce międzygatunkowe; interspecific hybrids

N.af – *Nicotiana africana*

Rys. 6. Wysokość roślin (cm) międzygatunkowych mieszańców F1 *N. tabacum* x *N. africana* i form rodzicielskich a) w I roku badań, b) w II roku badań  
Plant height (cm) of the F1 hybrids *N. tabacum* x *N. africana* and their parents a) in the I year, b) in the II year of investigation



Objaśnienia; Explanations:

BP, GD, V.278, NM, SCR – odmiany tytoniu; cultivars

F1 – mieszańce międzygatunkowe; interspecific hybrids

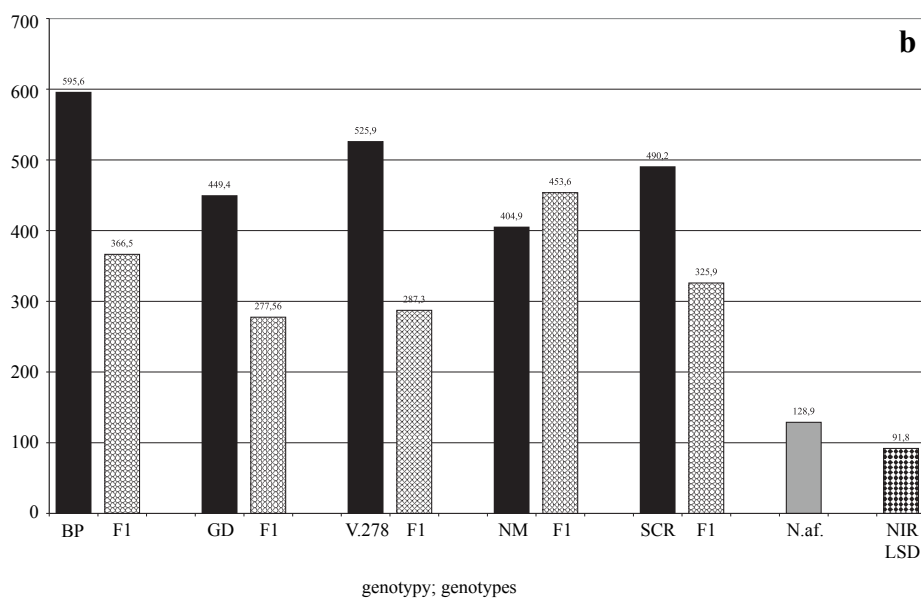
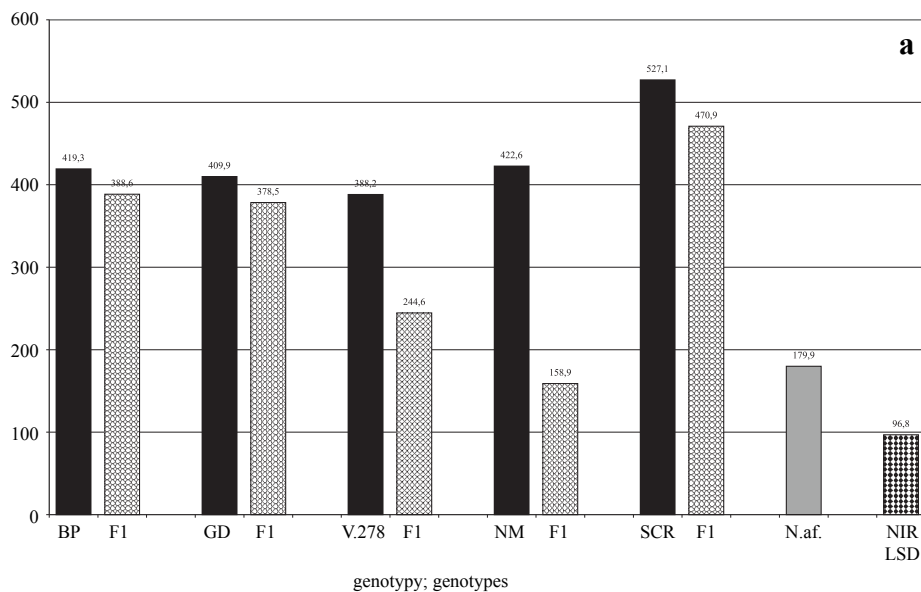
N.af – *Nicotiana africana*

Rys. 7. Liczba liści międzygatunkowych mieszańców F1 *N. tabacum* x *N. africana* i form rodzicielskich

a) w I roku badań, b) w II roku badań

Leaf number of the F1 hybrids *N. tabacum* x *N. africana* and their parents

a) in the I year, b) in the II year of investigation



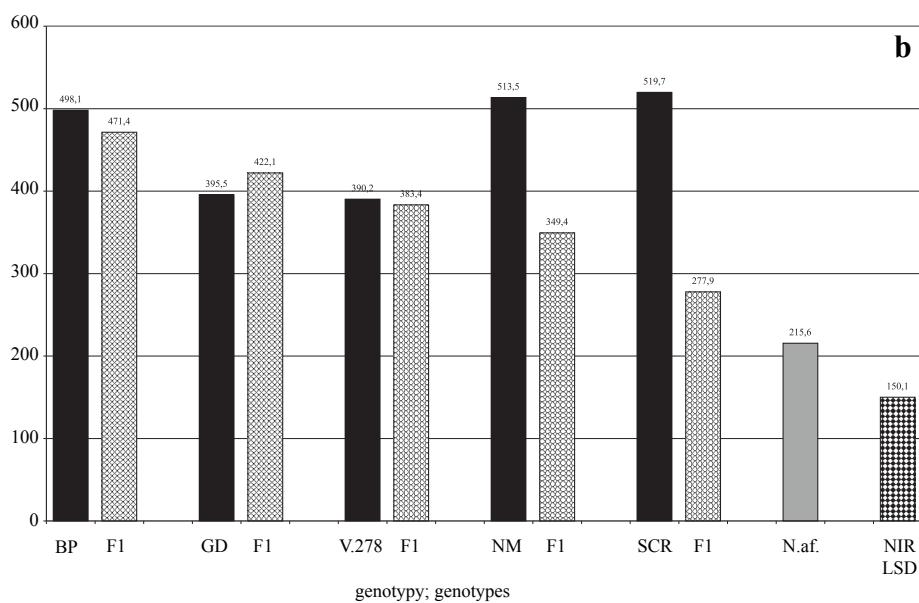
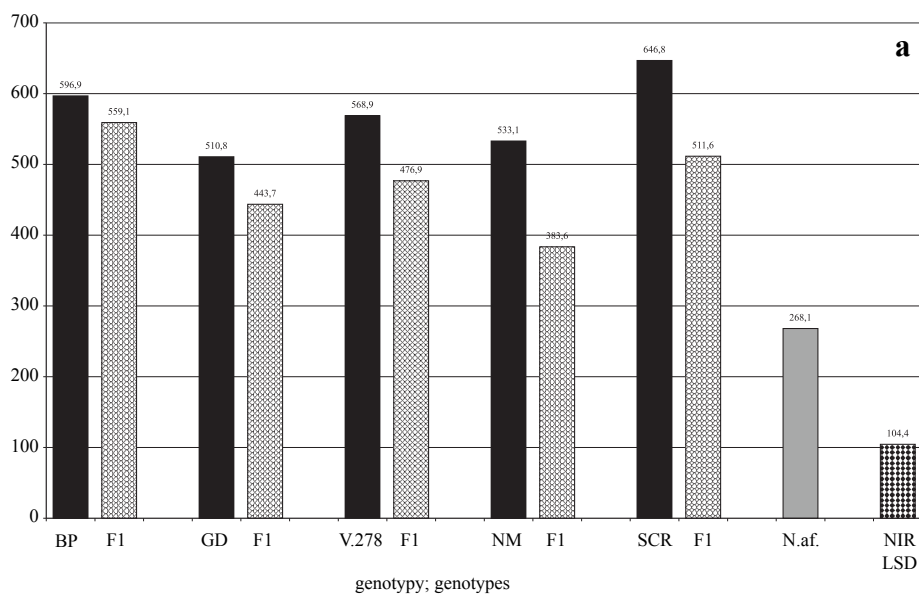
Objaśnienia; Explanations:

BP, GD, V.278, NM, SCR – odmiany tytoniu; cultivars

F1 – mieszańce międzygatunkowe; interspecific hybrids

N.af – *Nicotiana africana*

Rys. 8. Powierzchnia liści dolnych (cm<sup>2</sup>) międzygatunkowych mieszańców F1 *N. tabacum* x *N. africana* i form rodzicielskich a) w I roku badań, b) w II roku badań  
Area of bottom leaves (cm<sup>2</sup>) in the F1 hybrids *N. tabacum* x *N. africana* and their parents a) in the I year, b) in the II year of investigation



Objaśnienia; Explanations:

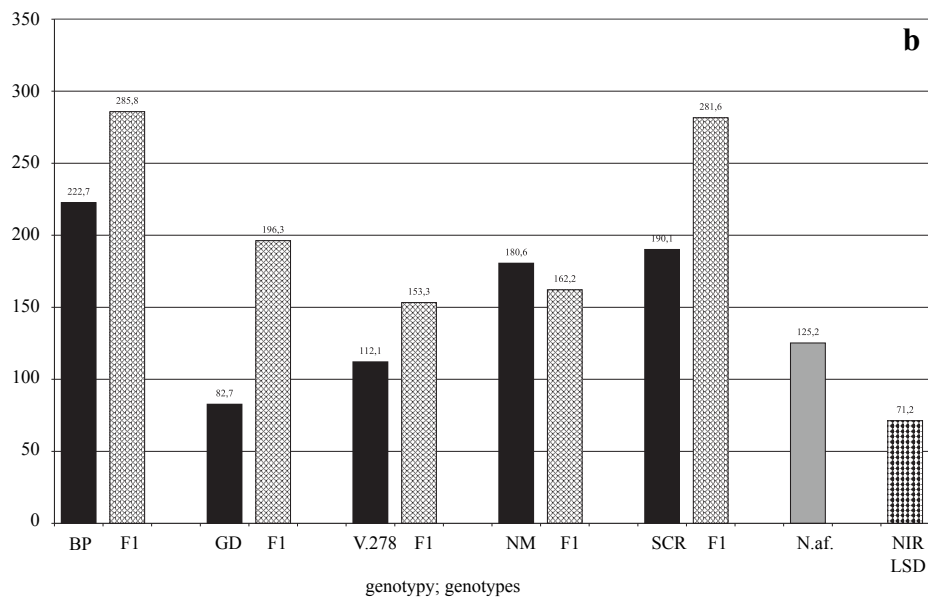
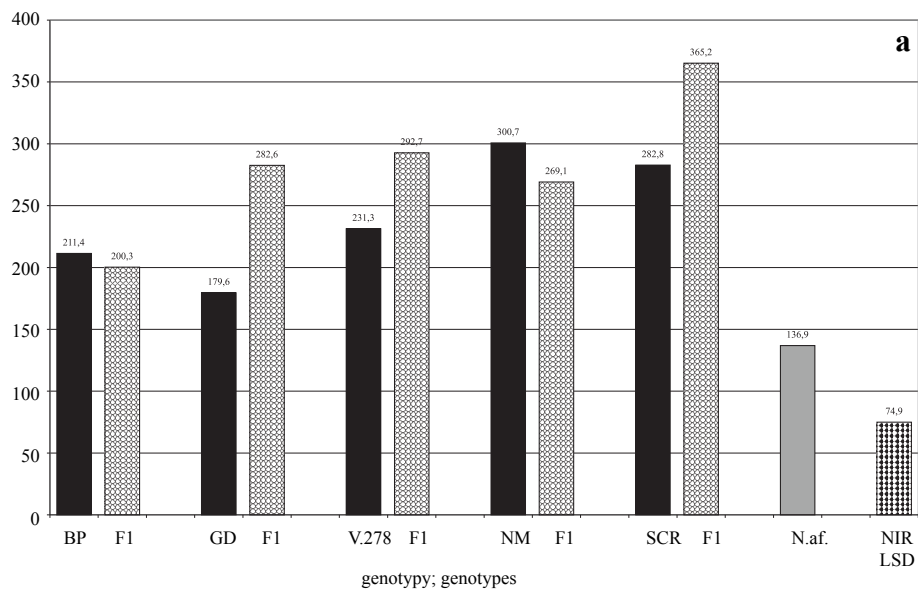
BP, GD, V.278, NM, SCR – odmiany tytoniu; cultivars

F1 – mieszańce międzygatunkowe; interspecific hybrids

N.af – *Nicotiana africana*

Rys. 9. Powierzchnia liści środkowych (cm<sup>2</sup>) międzygatunkowych mieszańców F1 *N. tabacum* x *N. africana* i form rodzicielskich a) w I roku badań, b) w II roku badań  
Area of midposition leaves (cm<sup>2</sup>) in the F1 hybrids *N. tabacum* x *N. africana* and their parents  
a) in the I year, b) in the II year of investigation





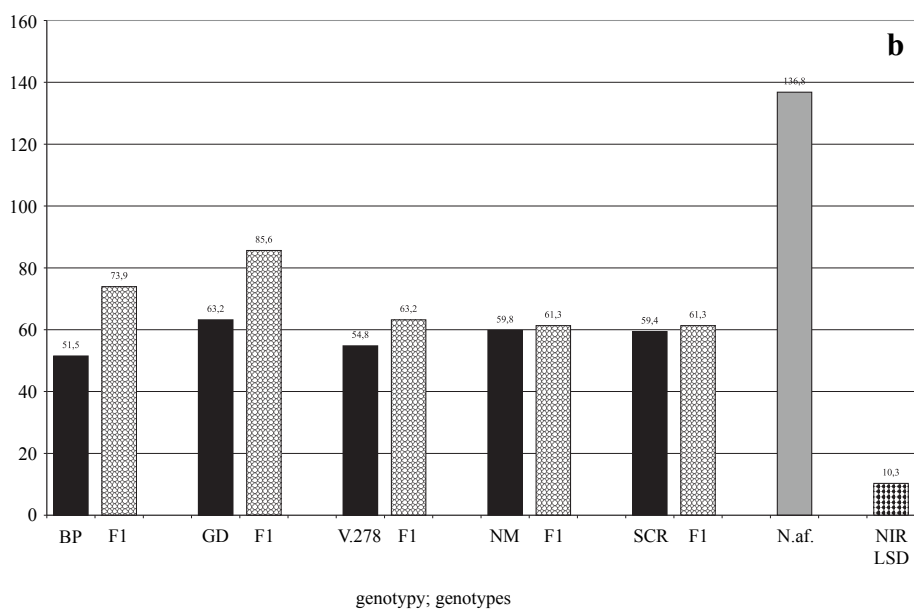
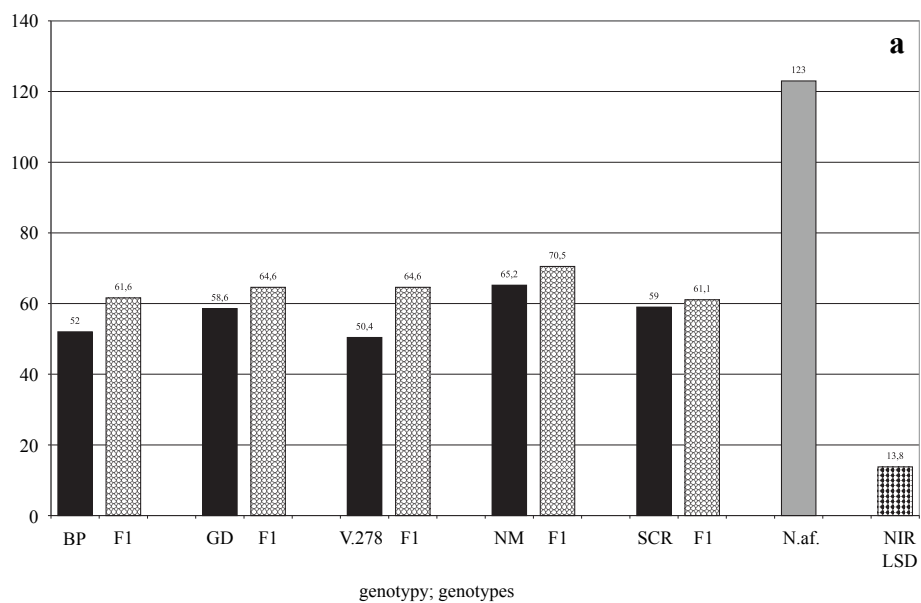
Objaśnienia; Explanations:

BP, GD, V.278, NM, SCR – odmiany tytoniu; cultivars

F1 – mieszańce międzygatunkowe; interspecific hybrids

N.af – *Nicotiana africana*

Rys. 10. Powierzchnia liści górnych (cm<sup>2</sup>) międzygatunkowych mieszańców F1 *N. tabacum* x *N. africana* i form rodzicielskich a) w I roku badań, b) w II roku badań  
Area of upper leaves (cm<sup>2</sup>) in the F1 hybrids *N. tabacum* x *N. africana* and their parents  
a) in the I year, b) in the II year of investigation



Objaśnienia; Explanations:

BP, GD, V.278, NM, SCR – odmiany tytoniu; cultivars

F1 – mieszańce międzygatunkowe; interspecific hybrids

N.af – *Nicotiana africana*

Rys. 11. Liczba dni do kwitnienia międzygatunkowych mieszańców F<sub>1</sub> *N. tabacum* x *N. africana* i form rodzicielskich a) w I roku badań, b) w II roku badań  
 Number of days to flowering in the F<sub>1</sub> hybrids *N. tabacum* x *N. africana* and their parents a) in the I year, b) in the II year of investigation

latach wykazały mieszańce z Nadwiślańskim Małym; w pierwszym roku powierzchnia liści dolnych była istotnie mniejsza niż u odmiany matecznej, w drugim zaś nieco większa. Powierzchnia liści środkowych mieszańców  $F_1$  była zbliżona do wartości u odmian matecznych BP-210, Gold Dollar i V.278, u mieszańców z udziałem odmiany Nadwiślański Mały i V.SCR była natomiast istotnie mniejsza (rys. 9a i b). Powierzchnia liści górnych u większości mieszańców  $F_1$  była większa niż u form rodzicielskich, istotne różnice stwierdzono dla form mieszańcowych z odmianą Gold Dollar i V.SCR (rys. 10a i b).

Indeks liści, określane jako stosunek długości do szerokości liścia, form mieszańcowych był pośredni pomiędzy wartościami wyliczonymi dla form rodzicielskich (tab. 1). Indeks dolnych liści mieszańców  $F_1$  był większy niż u ich uprawnych odpowiedników, natomiast dla liści środkowych wartości indeksu form mieszańcowych

Tabela 1

Indeks liści międzygatunkowych mieszańców  $F_1$  *N. tabacum* x *N. africana* i form rodzicielskich  
Leaf length-to-width ratio of the interspecific  $F_1$  hybrids *N. tabacum* x *N. africana* and their parents

Genotyp Genotype	Rok badań Year of investigation	Liście dolne Bottom leaves	Liście środkowe Midposition leaves	Liście górne Upper leaves
BP-210	I	1,63 c	1,93 bcd	1,72 c
	II	1,62 d	2,12 bc	2,00 cd
$F_1$ (BP-210 x <i>N. africana</i> )	I	2,22 ab	2,05 abc	2,40 b
	II	1,89 cd	2,17 bc	2,29 cd
Gold Dollar (GD)	I	2,13 ab	2,27 a	3,34 a
	II	1,97 bcd	2,68 a	3,19 a
$F_1$ (GD x <i>N. africana</i> )	I	2,02 bc	2,23 ab	2,28 b
	II	2,55 a	2,53 ab	2,55 bc
V.278	I	1,72 c	1,79 cd	1,72 c
	II	1,57 d	2,25 ac	2,04 cd
$F_1$ (V.278 x <i>N. africana</i> )	I	2,27 ab	2,18 ab	2,12 b
	II	1,87 cd	2,27 ac	2,15 cd
Nadwiślański Mały (NM)	I	1,89 bc	2,00 abd	2,10 b
	II	1,70 cd	2,35 ac	2,14 d
$F_1$ (NM x <i>N. africana</i> )	I	2,02 a	2,17 ab	2,31 b
	II	1,55 cd	2,40 ac	1,90 bc
V.SCR	I	1,64 c	1,71 d	2,13 bc
	II	1,52 d	2,01 c	2,49 bc
$F_1$ (V.SCR x <i>N. africana</i> )	I	1,63 bc	1,96 abd	2,31 b
	II	2,09 abc	2,44 ac	2,29 ab
<i>N. africana</i>	I	2,16 ab	2,10 abc	2,05 bc
	II	2,41 ab	2,44 ac	2,03 cd
NIR; LSD	I	0,39	0,32	0,37
	II	0,45	0,49	0,58

Jednakowymi literami zaznaczono grupy jenorodne; Homogenous groups are marked with the same letters

Tabela 2

Współczynniki zmienności niektórych cech wzrostu i rozwoju mieszańców F<sub>1</sub> *N. tabacum* x *N. africana* i form rodzicielskich

Genotyp Genotype	Rok badań Year of investigation	Liczba dni do kwitnienia Number of days to flowering	Liczba liści Number of leaves	Wysokość roślin Plant height	Powierzchnia liści dolnych Area of bottom leaves	Powierzchnia liści środkowych Area of midposition leaves	Powierzchnia liści górnych Area of upper leaves
BP-210	I	0,0	4,0	9,6	14,8	1,9	18,2
	II	9,6	5,3	14,8	8,8	16,2	9,3
F <sub>1</sub> (BP-210 x <i>N. africana</i> )	I	14,2	20,2	13,9	20,0	13,2	23,4
	II	8,8	4,5	6,8	10,5	23,4	16,8
Gold Dollar (GD)	I	9,3	7,4	4,1	14,1	9,4	17,4
	II	7,3	6,8	14,4	11,8	18,0	22,1
F <sub>1</sub> (GD x <i>N. africana</i> )	I	9,4	17,3	8,9	28,0	22,5	15,7
	II	7,8	24,2	29,9	29,8	40,8	47,2
V. 278	I	6,3	6,9	9,2	8,0	7,1	13,1
	II	8,5	7,0	11,7	9,0	23,8	27,5
F <sub>1</sub> (V.278 x <i>N. africana</i> )	I	19,3	12,2	14,3	28,9	23,6	15,7
	II	9,1	9,2	11,2	17,4	25,2	29,0
Nadwiślański Mały (NIM)	I	3,4	5,7	5,8	7,3	7,5	13,5
	II	7,9	9,1	7,0	10,3	14,3	19,1
F <sub>1</sub> (NM x <i>N. africana</i> )	I	26,9	21,1	12,2	26,0	18,2	21,9
	II	5,4	7,1	13,3	5,0	6,4	15,2
V. SCR	I	0,0	6,0	10,5	16,5	13,2	27,2
	II	5,4	6,3	13,0	12,9	16,9	19,1
F <sub>1</sub> (V.SCR x <i>N. africana</i> )	I	5,2	4,5	4,2	6,5	11,3	16,4
	II	7,6	9,9	2,6	14,5	37,3	31,3
<i>N. africana</i>	I	12,5	10,5	7,7	21,7	18,0	28,0
	II	7,1	10,7	11,5	31,8	12,4	29,3

Variation coefficients for some traits of growth and development in the F<sub>1</sub> hybrids *N. tabacum* x *N. africana* and their parents

były na ogół pośrednie w stosunku do wyliczonych dla obydwu form rodzicielskich. Liście górne mieszańców wykazywały wyższe wartości indeksu niż ich formy rodzicielskie; wyjątek stanowiły mieszańce z odmianą Gold Dollar, dla których indeks był istotnie niższy niż u formy uprawnej.

Największe podobieństwo form mieszańcowych do rodzica macecznego stwierdzono w długości okresu potrzebnego do zakwitnięcia roślin, wyrażonej liczbą dni od wysadzenia rozsady do wazonów do pełnego rozwoju pierwszego kwiatu. Wprawdzie w niektórych kombinacjach czas ten różnił się istotnie statystycznie między mieszańcami  $F_1$  i odmianami macecznymi (rys. 11a i b), jednak różnice w stosunku do *N. africana* były znacznie większe – okres potrzebny do zakwitnięcia większości mieszańców był o połowę krótszy niż u gatunku dzikiego.

Obserwowano większą zmienność morfologiczną form mieszańcowych w porównaniu z formami rodzicielskimi (tab. 2). Szczególnie dotyczyło to mieszańców Gold Dollar x *N. africana*, dla których współczynnik zmienności większości cech wykazywał większe wartości niż u poszczególnych rodziców w obydwu latach badań.

Ogólny pokrój roślin mieszańcowych był bardzo zbliżony do macecznych form rodzicielskich. Również liście mieszańców pod względem barwy i struktury zdecydowanie przypominały odmiany uprawne i różniły się od ciemnozielonych i skórzastych liści gatunku dzikiego. Kwiatostan mieszańców miał pośredni kształt, bardziej rozprzeczły niż u odmian tytoniu i szerszy niż u *N. africana*. Szczególnie wyraźną cechą typową dla dzikiego gatunku wyrażoną w mieszańcach była budowa kwiatów, charakteryzująca się pręcikami wystającymi ponad koronę i mocno wygiętymi płatkami korony u dojrzałych kwiatów. Formy mieszańcowe wytwarzały nieżywotny pyłek, również sztucznie zapylane pyłkiem różnych odmian tytoniu nie tworzyły nasion.

## DYSKUSJA

Mieszańce  $F_1$  wszystkich użytych odmian *N. tabacum* z *N. africana* były nieżywotne wskutek niedorozwoju systemu korzeniowego (4). Fakt ten został wykorzystany do produkcji haploidów macecznych (2, 11) jako metoda alternatywna względem indukowanej androgenyzy. Użycie *N. africana* w hodowli odpornościowej wymagało zatem przywrócenia żywotności formom mieszańcowym. Pozytywne efekty dało zastosowanie kultury liścieni i regeneracja z nich żywotnych roślin (4). Uzyskanie odpowiedniej liczebności mieszańców  $F_1$  umożliwiło ocenę wybranych cech morfologicznych i porównanie ich z formami rodzicielskimi. Podobnie jak u wielu innych międzygatunkowych mieszańców w rodzaju *Nicotiana*, mieszańce z *N. africana* wykazywały większe podobieństwo do rodzica uprawnego niż gatunku dzikiego. Wskazuje to na dominację u mieszańców  $F_1$  cech morfologicznych pochodzących od tytoniu uprawnego. Również Nikova i Zagórska (17) podają, że uży-

skane przez nie mieszańce *N. africana* x *N. tabacum* były podobne pod względem morfologicznym, zwłaszcza pokroju, budowy liści i kwiatów, do tytoniu uprawnego. Także uzyskany przez Berbecia i Głazewską (1) mieszaniec *N. tabacum* cv. BP-210 x *N. benavidesii* pod względem pokroju i kształtu liści bardziej zbliżony był do *N. tabacum* niż do gatunku dzikiego. U wielu mieszańców zawierających w swoim rodowodzie gatunki diploidalne, podobieństwo do tytoniu uprawnego może być związane z większą ilością materiału genetycznego zawartego w genomie *N. tabacum*, z uwagi na jego allopoliploidalne pochodzenie (10). W przypadku badanych mieszańców, przynajmniej pod względem fizycznym, udział materiału genetycznego może być podobny, bowiem *N. tabacum* ( $2n = 24$ ) i *N. africana* ( $2n = 46$ ) zawierają bardzo zbliżoną liczbę chromosomów. Cechą najbardziej odróżniającą formy mieszańcowe od dzikiego gatunku była długość okresu potrzebnego do zakwitnięcia roślin. *N. africana* jest byliną, zakwitającą dość późno (16); w dwuletnich badaniach czas do zakwitnięcia wynosił ponad 120 dni, podczas gdy mieszańce wchodziły w fazę generatywną w czasie o połowę krótszym. Jednak czas trwania okresu generatywnego u mieszańców był stosunkowo długi, bowiem rośliny mieszańcowe w badaniach porównawczych nie zakończyły kwitnienia przed końcem sezonu wegetacyjnego. Tempo wzrostu mieszańców  $F_1$  było zbliżone do odmian matecznych, co w stosunkowo krótkim czasie pozwoliło na uzyskanie liczby liści podobnej jak u odmian tytoniu.

W badaniach Laskowskiej (12) mieszańce międzygatunkowe *N. tabacum* x *N. alata* wykazywały pośredni pokrój między formami rodzicielskimi, natomiast wysokość była mniejsza niż u obu gatunków wyjściowych. W przypadku mieszańców z *N. africana* pokrój roślin był również pośredni, natomiast wysokością rośliny na ogół przekraczały formy rodzicielskie. Wskazuje to na efekt zbliżony do heterozji. Zjawisko to opisywane było wśród mieszańców *Nicotiana*, szczególnie często u blisko spokrewnionych gatunków, rzadziej obserwowano u form o większym dystansie filogenetycznym. Pomiędzy *N. tabacum* i *N. africana* dystans ten jest znaczny, bowiem *N. africana* jest klasyfikowana w sekcji *Suaveolentes*, podrodzaju *Petunioides*, odległym od podrodzaju *Tabacum*, do którego należy tytoń.

Liście form mieszańcowych z *N. africana* były podobne jak u odmian tytoniu uprawnego, zarówno pod względem wielkości, kształtu, koloru, struktury, jak i dojrzewania, podczas gdy liście mieszańca *N. tabacum* x *N. glauca* otrzymanego przez Trojak-Goluch (19) miały więcej cech typowych dla gatunku ojcowskiego.

Kwiatostan roślin mieszańcowych z *N. africana* miał charakter pośredni, podobnie jak obserwowano u mieszańców z *N. alata* (12), natomiast u roślin mieszańcowych *N. tabacum* x *N. glauca* (19) był bardziej podobny do kwiatostanu wyjściowych odmian *N. tabacum* niż do dzikiego gatunku ojcowskiego. Kwiaty tych form mieszańcowych bladioróżową barwą i morfologią pręcików zbliżone były również do tytoniu i zdecydowanie odbiegały od żółto zabarwionych drobnych kwiatów *N. glauca*. Natomiast budowa kwiatów mieszańców *N. tabacum* x *N. africana* wykazywała charakter pośredni, wielkością i barwą przypominały *N. tabacum*, zaś wystającym pręcikiem i odgiętymi płatkami korony – gatunek dziki.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. Pod względem tempa wzrostu, wysokości roślin, długości okresu potrzebnego do zakwitnięcia i ogólnego pokroju, rośliny mieszańcowe były bardziej zbliżone do tytoniu uprawnego. Liczba oraz powierzchnia i indeks liści wykazywały wartości pośrednie; obserwowano różnice w zależności od użytej formy tytoniu uprawnego.

2. Rośliny mieszańcowe wykazywały większą niż rodzice zmienność analizowanych cech morfologicznych. Cechą najbardziej zbliżoną do gatunku dzikiego była budowa kwiatu z charakterystycznie wystającymi pręcikami i odgiętymi płatkami korony.

3. Międzygatunkowe mieszańce  $F_1$  były całkowicie bezpłodne; dalsze wykorzystanie ich w hodowli twórczej wymagało przywrócenia płodności.

## LITERATURA

1. Berbeć A., Głazewska Z.: Transfer of resistance to Potato Virus Y from *Nicotiana benavidesii* Goodspeed to *N. tabacum*. Gen. Pol., 1988, **29**(3-4): 323-333.
2. Chimoyo H.M.: The effect of UV irradiation, toluidine blue, and environment on maternal haploids frequencies from the cross between *Nicotiana tabacum* and *N. africana*. Clemson University. Diss. Abstr. Int. B, 1988, **49**-7: 2420.
3. Doroszewska T., Berbeć A.: Chromosome pairing and microsporogenesis in interspecific  $F_1$  hybrids of *Nicotiana africana* with different cultivars of *N. tabacum*. J. Genet. Breed., 1996, **50**: 75-82.
4. Doroszewska T.: Przelamywanie barier nieżywności i bezpłodności międzygatunkowych mieszańców *Nicotiana tabacum* L. x *Nicotiana africana* Merxm. metodą kultur tkankowych. Prace Ogrodu Botanicznego PAN, 1994, **5/6**: 465-472.
5. Doroszewska T.: Możliwości transferu czynników odporności na nekrotyczny szczep ziemniaczanego wirusa Y (PVY<sup>NZ</sup>) od *Nicotiana africana* Merxm. do tytoniu uprawnego. Mat. II Kraj. Symp.: „Odporność roślin na choroby, szkodniki i niesprzyjające czynniki środowiska”. IHAR Radzików, 1995, 77-79.
6. Doroszewska T.: Potential sources of resistance to three strains of Potato Virus Y in the genus *Nicotiana*. Inf. Bul. CORESTA Congress, New Orleans, 2002, 29.
7. Doroszewska T.: Krzyżowanie oddalone i transformacja genetyczna w uzyskiwaniu odporności tytoniu (*Nicotiana tabacum* L.) na wirusa Y ziemniaka (PVY). Monografie i Rozprawy Naukowe, IUNG, Puławy, 2004, **9**.
8. Doroszewska T.: Uzyskanie stabilnych linii hodowlanych tytoniu z czynnikami odporności na różne izolaty wirusa Y ziemniaka (PVY) od dzikiego gatunku *Nicotiana africana* Merxm. Biul. IHAR, 2007, **244**: 273-287.
9. Gerstel D. U., Burns J. A., Burk L. G.: Interspecific hybridizations with an African tobacco, *Nicotiana africana* Merxm. J. Hered., 1979, **70**: 342-344.
10. Gray J.C., Kung S.D., Wildman S.G., Sheen S.J.: Origin of *Nicotiana tabacum* detected by polypeptide composition of Fraction I protein. Nature, 1977, **252**: 226-227.
11. Gerstel D.U., Wernsman E.A.: Maternal haploids of *Nicotiana tabacum* L. from seed. Science, 1979, **206**: 585.
12. Laskowska D.: Studia nad uzyskaniem mieszańca *N. tabacum* L. var. TB566 z *N. alata* Link et Otto i możliwości jego wykorzystania w hodowli odmian odpornych na TSWV. Praca doktorska. Puławy, 1999.

13. Linsmaier E.M., Skoog F.: Organic growth factor requirements of tobacco tissue cultures. *Physiol. Plantarum*, 1965, **18**: 100-127.
14. Lloyd R.: Tissue culture as a mean of circumventing lethality in an interspecific *Nicotiana* hybrids. *Tab. Sci.*, 1975, **19**: 4-6.
15. Lucas G.B., Gooding G.V., Sasser J.N., Gerstel D.U.: Reaction of *Nicotiana africana* to black shank, Granville wilt, tobacco mosaic virus and potato virus Y. *Tob. Sci.*, 1980, **24**: 141-142.
16. Merxmüller H., Buttler L.P.: *Nicotiana* in der Anfrikanischen Namib-Ein Pflanzen geographisches und phylogenetisches Ratsel. *Mitl. Bot. München*, 1975, **12**: 91-104.
17. Nikova V.M., Zagórska N.A.: Overcoming hybrid incompatibility between *Nicotiana africana* Merxm. and *N. tabacum* and development of cytoplasmically male-sterile tobacco forms. *Plant Cell, Tissue Organ Cult.*, 1990, **32-1**: 71-75.
18. Suggs C.W., Beeman J.F., Splinter W.E.: Physical properties of green Virginia-type tobacco leaves. Part III. Relation of length and width to leaf area. *Tob. Sci.*, 1960, **4**: 194-197.
19. Trojak-Goluch A.: Możliwości wykorzystania gatunku *Nicotiana glauca* Grah. w hodowli odmian tytoniu uprawnego odpornych na czarną zgniliznę korzeni *Thielaviopsis basicola* (Berk et Broome) Ferr., Praca doktorska, IUNG, Puławy, 2001.
20. Verrier J.L., Doroszevska T.: The *va* resistance to PVY<sup>N</sup> in *Nicotiana tabacum*: an assessment of the frequency of *va* breaking strains based on 7 years of field survey on a worldwide basis. The 12<sup>th</sup> EAPR Virology Section Meeting Rennes-France, 2004, 89.

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE INTERSPECIFIC F1 HYBRIDS  
*NICOTIANA TABACUM* L. x *NICOTIANA AFRICANA* MERXM.

Summary

This paper describes results of the interspecific F1 hybrids obtained as a result of crossing five tobacco cultivars with wild species *N. africana* having a resistance to *Potato virus Y*. The inviability of the interspecific F1 hybrids was overcome using cotyledon culture. The viable hybrids were compared with their parents for growth rate, plant morphology, and duration of development. The F1 hybrids grew much faster than *N. africana* and at a rate similar to that of the *tabacum* parents. The F1 hybrids produced fewer leaves than their respective parental forms. The hybrid plants were taller than either parent. All hybrid combinations produced bottom and middle leaves, which were intermediate in size relative to their parents, whereas the upper leaves were larger in the hybrids than in either parent. The number of days to flower in the F1 hybrids and in their *tabacum* parents was similar but *N. africana* plants flowered much later than both *N. tabacum* cultivars and the F1 hybrids. The F1 hybrids showed much higher variation for most traits under the study than the *tabacum* cultivars. Likewise, the F1 hybrids were closer in general habit to the cultivated species. The inflorescence of the hybrids was intermediate in shape, looser than that of the *tabacum* forms and broader than that of *N. africana*. The most characteristic morphological traits of *N. africana* expressed in F1 hybrids were those involving flower morphology, especially outcurved corolla lobes and exerted stamens. The interspecific F1 hybrids were completely sterile.

*Praca wpłynęła do Redakcji 27 III 2008 r.*



<sup>1</sup>ANDRZEJ KLASA, <sup>2</sup>ANDRZEJ KSIEŻNIAK, <sup>3</sup>WŁODZIMIERZ SZALAŃSKI

<sup>1</sup>Katedra Chemii Rolnej i Ochrony Środowiska  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

<sup>2</sup>Zakład Mikrobiologii Rolniczej

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

<sup>3</sup>Mykoflor Końskowola

## OCENA WPŁYWU ZASTOSOWANIA GRZYBÓW MIKORYZOWYCH NA PLONOWANIE I SKŁAD CHEMICZNY MASY NADZIEMNEJ WIERZBY ENERGETYCZNEJ

Estimation of mycorrhizal fungi application vs. yield and chemical composition  
of aboveground biomass of short rotation willow

**ABSTRAKT:** Podstawą pracy są wyniki uzyskane w doświadczeniu wazonowym przeprowadzonym w układzie trzyczynnikowym – czynnik pierwszy to genotyp wierzby *Salix viminalis* i *S. dasyclados*; czynnik drugi – podłoże z dodatkiem handlowego podłoża ogrodniczego lub kompostów wyprodukowanych z odpadów komunalnych metodą DANO w Suwałkach i metodą Knerf w Białymstoku, trzecim czynnikiem było zastosowanie szczepionki grzybów mikoryzowych.

Celem pracy było zbadanie wpływu kompostu i inokulacji grzybami mikoryzowymi na plonowanie krajowych genotypów wierzby energetycznej. Określono plon biomasy nadziemnej i akumulację w niej niektórych metali ciężkich.

Genotyp miał wpływ na plonowanie – *Salix viminalis* dał większy plon łodyg i biomasy, podczas gdy *Salix dasyclados* wytworzył większą biomasę liści. Dodatek kompostu z Białegostoku spowodował wzrost plonu łodyg, a kompostu z Suwałk niewielki jego spadek. Zastosowanie grzybów mikoryzowych w formie inokulatu żywej grzybni nie zmieniło plonu łodyg, a zwiększyło plon liści.

Kadm był intensywniej gromadzony w biomase nadziemnej *Salix dasyclados* w porównaniu z *S. viminalis*. W przypadku inokulacji korzeni wierzby grzybami mikoryzowymi odnotowano tendencję do zwiększonej akumulacji Cd u roślin wierzby rosnących na podłożach kompostowych, a zjawisko odwrotne stwierdzono w przypadku akumulacji miedzi. Ołowiu nie udało się wykryć w łodygach badanych genotypów, a w przypadku liści tendencję do wzrostu zawartości Pb stwierdzono w obiektach z dodatkiem kompostu z Suwałk. Inokulacja także spowodowała tendencję do wzrostu zawartości tego składnika w liściach.

Wobec widocznej odmiennej reakcji obu badanych genotypów wierzby na zastosowane czynniki doświadczenia dalsze badania powinny być skoncentrowane na określeniu ich reakcji w kolejnych latach uprawy, w celu wyboru genotypu łączącego w sobie wysoki plon użytecznej biomasy i zdolności fitoremediacyjne.

### **słowa kluczowe – key words:**

wierzba energetyczna – *willow for energy*, mikoryza – *mycorrhiza*, akumulacja metali ciężkich – *accumulation of heavy metals*

## WSTĘP

Uprawa wierzby w celu otrzymania biomasy energetycznej na gruntach ornych staje się obecnie coraz powszechniej akceptowaną alternatywą dla klasycznego rolnictwa. Jednak duże zapotrzebowanie na żywność dobrej jakości, a w szczególności względy ekonomiczne, w tym system dopłat obszarowych, decydują o tym, że potencjalny areal uprawy wierzby ograniczać się będzie do gruntów marginalnych. Wierzbę energetyczną ze względu na nieżywnościowy i niepaszowy sposób wykorzystania jej plonu oraz odporność roślin z rodzaju *Salix* na niekorzystne warunki glebowe i klimatyczne zaleca się do uprawy na terenach zdegradowanych, skażonych i stąd nieprzydatnych do innych celów (4, 6).

Grzyby mikoryzowe są przedmiotem zainteresowania badaczy podejmujących studia nad bioremediacją środowiska. Krupa i Piotrowska-Seget (3) w badaniach nad stężeniem kadmu w nadziemnych częściach sosny w zależności od zastosowania sztucznej mikoryzacji stwierdzili, że grzyby mikoryzowe odgrywały zasadniczą rolę w ochronie siewek sosny przed skażeniem kadmem. Grzyby mikoryzowe okazują się być także środkiem produkcji rolniczej zwiększając możliwość pobierania przez rośliny uprawne wielu składników pokarmowych, a szczególnie fosforu. Golcz i Bosiacki (2) stwierdzili taki wpływ grzybów mikoryzowych w uprawie tymianku.

Rodzaj wierzba – *Salix* sp. jest jednym z nielicznych w świecie roślin, który charakteryzuje się tzw. mikoryzą dualną – korzenie współżyją zarówno z grzybami ektomikoryzowymi, jak i wykazują mikoryzę arbuskularną (8, 10). Wierzba uprawiana na gruntach porolnych lub zdegradowanych, gdzie z reguły brak jest grzybów mikoryzowych charakterystycznych dla naturalnych siedlisk wierzby, często dobrze reaguje na wprowadzanie do strefy korzeniowej roślin wyselekcjonowanych, specyficznych dla rodzaju *Salix* grzybów mikoryzowych. Współżycie korzeni wierzby z grzybami mikoryzowymi poprawia jej zdolność pobierania wody i składników mineralnych z gleby, przez co stanowi ważny czynnik wzrostowy i plonotwórczy. Zasiedlanie korzeni przez specyficzne grzyby mikoryzowe zwiększa jednocześnie ochronę – czynną i bierną – przed patogenami systemu korzeniowego.

Celem pracy było stwierdzenie, jak reagują na szczepionkę mikoryzową dwa krajowe klony wierzby w warunkach stosowania kompostów z odpadów miejskich.

## METODYKA

Podstawą pracy są wyniki uzyskane w trzyczynnikowym doświadczeniu wazonowym prowadzonym w układzie całkowicie losowym w czterech powtórzeniach. Badania prowadzono w hali wegetacyjnej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Czynnikiem pierwszym był genotyp wierzby: *Salix viminalis* 1154 i *S. dasyclados* 1145 (wysadzono po dwa zrzesy w jednym plastikowym wazonie

systemu Kick-Brauhmann). Oba badane genotypy pochodziły z kolekcji Katedry Hodowli Roślin i Nasiennictwa UWM w Olsztynie. Drugim czynnikiem doświadczenia było podłoże – w każdym wazonie mieściło się 9 kg podłoża pobranego z pola doświadczalnego UWM o składzie granulometrycznym gliny średniej: w doświadczeniu zastosowano podłoże kontrolne z dodatkiem substratu ogrodniczego i dwa podłoża z dodatkiem kompostów wyprodukowanych ze stałych odpadów miejskich z dodatkiem osadów ściekowych wg technologii Knerf w Białymstoku i kompostu DANO z mieszanych odpadów komunalnych z Suwałk (dodatki do podłoża zastosowano w dawkach równoważnych węglem organicznym z dawką 100 Mg obornika na 1 ha); trzeci czynnik doświadczenia to zastosowanie inokulum grzybów ektomikoryzowych wyizolowanych przez firmę Mykoflor z korzeni *S. repens*. Zawieszoną strzępek grzybów aplikowano metodą wstrzykiwania do strefy korzeniowej wierzby, gdy pędy nadziemne mierzyły ponad 60 cm (w 55 dniu od wysadzenia zrzesów).

Biomasę wierzby zbierano, gdy rośliny naturalnie traciły liście (okres wegetacji wynosił 210 dni). W czasie wegetacji zbierano opadające liście w celu zarejestrowania ich biomasy. Analizowano plon masy nadziemnej (osobno liści i łodyg) i zawartość niektórych metali ciężkich (kadmu, miedzi i ołowiu) po mineralizacji próbek roślinnych w mieszaninie kwasów azotowego i nadchlorowego (według standardowych metod stosowanych w Stacjach Chemiczno-Rolniczych) za pomocą spektrofotometru Shimadzu w laboratorium UWM w Olsztynie. Następnie wyliczono akumulację tych pierwiastków w biomase nadziemnej i wszystkie wyniki poddano analizie statystycznej pakietem Statistica 7.0® stosując analizę wariancji i test istotności Fishera-Snedecora dla  $p \leq 0,01$ .

Analizy mikologiczne korzeni wierzby pobranych po zbiorze przeprowadzono w Zakładzie Mikrobiologii Rolniczej IUNG-PIB w Puławach.

## WYNIKI

Wśród czynników doświadczenia wysoce istotny wpływ na plon biomasy użytecznej (łodyg) wywarł genotyp wierzby. Klon *Salix viminalis* 1154 wykazał się większym plonem niż *S. dasyclados* 1145. Również rodzaj zastosowanego podłoża kształtował wielkość plonu biomasy. Na podłożu z dodatkiem kompostu z Białegostoku odnotowano istotnie wyższy plon biomasy łodyg w stosunku do innych badanych podłoży. Generalnie w roku zastosowania szczepionki nie zanotowano korzystnych modyfikacji plonu łodyg pod wpływem tego czynnika. Stwierdzono jednak wpływ podłoża na reakcję wierzby na inokulację grzybami mikoryzowymi. Na podłożu kontrolnym inokulacja spowodowała istotny wzrost plonu biomasy łodyg, podczas gdy odnotowano tendencję do zmniejszania się plonu biomasy łodyg w przypadku kompostu z Białegostoku lub niewielkiego jego wzrostu na podłożu z dodatkiem kompostu z Suwałk (tab. 1).

Tabela 1

Biomasa łodyg wierzby (g s.m.·wazon<sup>-1</sup>)  
Biomass of willow stem (g of DM·pot<sup>-1</sup>)

Podłoże Medium (B)	Mikoryza Mycorrhiza* (C)	Genotyp; Genotype (A)		Średnia Mean (B×C)
		<i>Salix viminalis</i> 1154	<i>Salix dasyclados</i> 1145	
Kontrola Control	0 1	93,20 96,93	50,03 57,47	71,62 77,20
Białystok	0 1	112,60 96,23	67,07 55,10	89,83 75,67
Suwałki	0 1	81,00 90,70	56,07 59,33	68,53 75,02
NIR LSD <sub>(0,01)</sub> (A×B×C) = r.n.				NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> (B×C) = 10,80
A×B	kontrola; control	95,07	53,75	NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> (A×B) = r.n.
	Białystok	104,42	61,08	
	Suwałki	85,85	57,70	
A×C	0	95,60	57,72	NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> (A×C) = r.n.
	1	94,62	57,30	
Średnia; Mean (A)		95,11	57,51	NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> A = 6,26
Średnia; Mean (B)	kontrola; control	74,41		NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> B = 7,67
	Białystok	82,75		
	Suwałki	71,78		
Średnia; Mean (C)	0	76,66		NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> C = r.n.
	1	75,96		

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

\* 0 – kontrola, control; 1 – inokulacja w 55 dniu od wysadzenia zrzesów, inoculation on 55th day after planting

W przypadku analizy plonowania liści wierzby zależności te przedstawiały się nieco inaczej (tab. 2).

Statystycznie udowodniony wpływ na plon liści wykazywał genotyp wierzby. Rośliny gatunku *Salix dasyclados* charakteryzowały się istotnie większym plonem biomasy liści w porównaniu z *S. viminalis*. Warto zauważyć, że w przypadku plonu biomasy liści stwierdzono odwrotną zależność niż dla biomasy plonu użytkowego wierzby, czyli łodyg. Generalnie uważa się, że cechą gatunkową *S. dasyclados* jest bogatsze ulistnienie niż u *S. viminalis*. Dodanie do podłoża wzrostowego kompostów z odpadów organicznych nie modyfikowało średniej biomasy liści dla obu klonów wierzby. Interesujące jest to, że badane gatunki inaczej zareagowały na dodatek kompostu do podłoża, u *S. viminalis* stwierdzono tendencję do spadku plonu liści w porównaniu z podłożem kontrolnym, a w przypadku *S. dasyclados* biomasa liści wzrastała, gdy do podłoża dodawano komposty, chociaż analiza statystyczna nie potwierdziła tego jednoznacznie.

Tabela 2

Biomasa liści wierzby (g s.m.·wazon<sup>-1</sup>)  
Biomass of willow foliage (g of DM·pot<sup>-1</sup>)

Podłoże Medium (B)	Mikoryza Mycorrhiza (C)	Genotyp; Genotype (A)		Średnia Mean (B×C)
		<i>Salix viminalis</i> 1154	<i>Salix dasyclados</i> 1145	
Kontrola Control	0 1	23,97 25,50	25,73 26,13	24,85 25,82
Białystok	0 1	17,50 25,27	28,30 28,03	22,90 26,65
Suwałki	0 1	18,50 25,37	26,63 28,87	22,57 27,12
NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> (A×B×C) = r.n.				NIR LSD <sub>(0,01)</sub> (B×C) = r.n.
A×B	kontrola; control	24,73	25,93	NIR LSD <sub>(0,01)</sub> (A×B) = r.n.
	Białystok	21,38	28,17	
	Suwałki	21,93	27,75	
A×C	0	19,99	26,89	NIR LSD <sub>(0,01)</sub> (A×C) = r.n.
	1	25,38	27,68	
Średnia; Mean (A)		22,68	27,28	NIR LSD <sub>(0,01)</sub> A = 2,97
Średnia; Mean (B)	kontrola; control	25,33		NIR LSD <sub>(0,01)</sub> B = r.n.
	Białystok	24,78		
	Suwałki	24,84		
Średnia; Mean (C)	0	23,44		NIR LSD <sub>(0,01)</sub> C = 2,39
	1	26,53		

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

Zastosowanie inokulacji grzybami mikoryzowymi korzeni wierzby spowodowało istotny wzrost plonu liści obu badanych genotypów, co wskazywać może na brak odprowadzania asymilatów z liści do łodyg. Było to bardziej widoczne na podłożach z dodatkiem badanych kompostów niż na podłożu kontrolnym – chociaż różnice nie były istotne statystycznie.

Łodygi mają większy udział w biomase pędów, dlatego plon części nadziemnej *Salix dasyclados*, pomimo istotnie większej masy liści, był istotnie mniejszy niż w przypadku *S. viminalis* (tab. 3).

Tak jak w przypadku łodyg, dodatek do podłoża kompostu z Białegostoku spowodował zwiększenie plonu nadziemnej biomasy wierzby w porównaniu z obiektem, w którym zastosowano kompost z Suwałk (różnica istotna), i obiektem kontrolnym (różnica nieistotna).

Tabela 3

Biomasa nadziemna wierzby (g s.m.·wazon<sup>-1</sup>)  
Above ground biomass of willow (g of DM · pot<sup>-1</sup>)

Podłoże Medium (B)	Mikoryza Mycorrhiza (C)	Genotyp; Genotype (A)		Średnia Mean (B×C)
		<i>Salix viminalis</i> 1154	<i>Salix dasyclados</i> 1145	
Kontrola; Control	0	117,17	75,77	96,47
	1	122,43	83,60	103,02
Białystok	0	130,10	95,37	112,73
	1	121,50	83,13	102,32
Suwałki	0	99,50	82,70	91,10
	1	116,07	88,20	102,13
NIR LSD <sub>(0,01)</sub> (A×B×C) = r.n.				NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> B×C = 11,90
A×B	kontrola; control	119,80	79,68	NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> (A×B) = r.n.
	Białystok	125,80	89,25	
	Suwałki	107,78	85,45	
A×C	0	115,59	84,61	NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> (A×C) = r.n.
	1	120,00	84,98	
Średnia; Mean (A)		117,79	84,79	NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> A = 6,9
Średnia; Mean (B)	kontrola; control	99,74		NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> B = 8,46
	Białystok	107,53		
	Suwałki	96,62		
Średnia; Mean (C)	0	100,10		NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> C = r.n.
	1	102,49		

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

Inokulacja grzybami mikoryzowymi nie wpłynęła na biomasa nadziemną roślin wierzby. Jednak podkreślić należy, iż szczepionka z grzybów mikoryzowych działała zupełnie przeciwnie na obu badanych podłożach kompostowych. Na podłożu z dodatkiem kompostu Knerf z Białegostoku istotnie zmniejszyła, a na podłożu z kompostem z Suwałk zwiększyła biomasa pędów wierzby. Może to mieć związek z oddziaływaniem na korzenie wierzby również innych grzybów występujących w podłożach z kompostami z odpadów organicznych. Występujące w nich liczne, zarówno pożyteczne, jak i potencjalnie szkodliwe dla roślin, grzyby mogły ograniczać aktywność grzybów ektomikoryzowych na skutek antybiozy lub konkurencji o siedlisko i źródła węgla z wydzielin i tkanki korzeniowej wierzby. Takie przypuszczenie mogłyby zweryfikować szczegółowe badania mikrobiologiczne podłoża zastosowanych w doświadczeniu.

Jeśli uznać, że wierzbę energetyczną należy uprawiać na gruntach skażonych, to bardzo ważną z tego punktu widzenia właściwością roślin będzie zdolność do gro-

madzenia metali ciężkich w biomase. Dlatego też w niniejszej pracy poddano analizie akumulację danego mikropierwiastka, a nie jego zawartość. Wydaje się, że ten parametr lepiej odzwierciedla możliwości pobierania metali ciężkich przez rośliny.

Na akumulację kadmu w biomase nadziemnej badanych klonów wierzby energetycznej istotny wpływ miał genotyp. Rośliny klonu *Salix dasyclados* 1145 mimo słabszego plonowania, zakumulowały w pędach więcej kadmu niż wyżej plonujące rośliny *S. viminalis* 1154.

Wierzba pobierała kadm z podłoża kompostowych. Najwięcej kadmu w biomase nadziemnej nagromadziły rośliny w obiektach z kompostem DANO z Suwałk. Choć wpływ inokulacji grzybami mikoryzowymi na akumulację Cd nie udało się udowodnić, to tendencja do większego nagromadzenia kadmu w biomase nadziemnej u roślin inokulowanych była dość wyraźna, szczególnie w przypadku wierzby *Salix viminalis* 1154 (tab. 4).

Tabela 4

Akumulacja kadmu w biomase nadziemnej wierzby ( $\mu\text{g Cd-wazon}^{-1}$ )  
Cadmium accumulation in willow above-ground biomass ( $\mu\text{g Cd-pot}^{-1}$ )

Podłoże Medium (B)	Mikoryza Mycorrhiza (C)	Genotyp; Genotype (A)		Średnia Mean (B×C)
		<i>Salix viminalis</i> 1154	<i>Salix dasyclados</i> 1145	
Kontrola; Control	0	108,6	139,1	123,8
	1	129,9	127,4	128,7
Białystok	0	121,9	154,0	137,9
	1	120,2	145,6	132,8
Suwałki	0	120,4	140,2	130,3
	1	136,8	169,2	153,1
NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> (A×B×C) = r.n.				NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> (B×C) = r.n.
A×B	kontrola; control	119,3	133,3	NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> (A×B) = r.n.
	Białystok	121,0	149,9	
	Suwałki	128,5	154,7	
A×C	0	116,9	144,5	NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> (A×C) = r.n.
	1	129,0	147,5	
Średnia; Mean (A)		122,9	145,9	NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> A = 11,4
Średnia; Mean (B)	kontrola; control	126,3		NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> B = r.n.
	Białystok	135,4		
	Suwałki	141,7		
Średnia; Mean (C)	0	130,6		NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> B = r.n.
	1	138,2		

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

Podobne zależności stwierdzono dla akumulacji miedzi w biomase nadziemnej badanych klonów wierzby, chociaż żadnych różnic nie udało się statystycznie udowodnić (tab. 5). Zwraca uwagę szczególnie wysoki przyrost akumulacji miedzi w biomase nadziemnej roślin na podłożu kontrolnym pod wpływem grzybów mikoryzowych i spadek akumulacji tego mikroelementu w roślinach uprawianych na podłożu z kompostem wyprodukowanym w Białymstoku.

Tabela 5

Akumulacja miedzi w biomase nadziemnej wierzby ( $\mu\text{g Cu}\cdot\text{wazon}^{-1}$ )  
Copper accumulation in willow above-ground biomass ( $\mu\text{g Cu}\cdot\text{pot}^{-1}$ )

Podłoże Medium (B)	Mikoryza Mycorrhiza (C)	Genotyp; Genotype (A)		Średnia Mean (B×C)
		<i>Salix viminalis</i> 1154	<i>Salix dasyclados</i> 1145	
Kontrola; Control	0	224,5	209,3	216,9
	1	350,5	264,5	307,5
Białystok	0	500,2	513,7	507,0
	1	471,9	399,8	435,9
Suwałki	0	368,6	470,6	419,6
	1	507,0	483,0	495,0
NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> (A×B×C) = r.n.				NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> (B×C) = r.n.
A×B	kontrola; control	287,5	236,9	NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> (A×B) = r.n.
	Białystok	486,1	456,8	
	Suwałki	437,8	476,8	
A×C	0	364,5	397,9	NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> (A×C) = r.n.
	1	443,2	382,4	
Średnia; Mean (A)		403,8	390,1	NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> A = r.n.
Średnia; Mean (B)	kontrola; control		262,2	NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> B = r.n.
	Białystok		471,4	
	Suwałki		457,3	
Średnia; Mean (C)	0		381,2	NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> C = r.n.
	1		412,8	

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

Na podłożu z kompostem z Suwałk doszło do większej akumulacji ołowiu w liściach wierzby (tab. 6), chociaż test Fishera-Snedecora nie potwierdził istotnego zróżnicowania między obiektami. Natomiast zawartość Pb w łodygach utrzymywała się poniżej progu wykrywalności. Inokulacja szczepionką mikoryzową w przypadku uprawy wierzby na kompoście z Białegostoku spowodowała wzrost akumulacji ołowiu w liściach, podczas gdy w przypadku podłoża kontrolnego i z dodatkiem kompostu z Suwałk inokulacja zmniejszyła gromadzenie ołowiu w liściach badanych genotypów wierzby.



Tabela 6

Akumulacja ołowiu w liściach wierzby ( $\mu\text{g Pb}\cdot\text{wazon}^{-1}$ )  
Lead accumulation in willow leaves ( $\mu\text{g Pb}\cdot\text{pot}^{-1}$ )

Podłoże Medium (B)	Mikoryza Mycorrhiza (C)	Genotyp; Genotype (A)		Średnia Mean (B×C)
		<i>Salix viminalis</i> 1154	<i>Salix dasyclados</i> 1145	
Kontrola; Control	0	61,9	77,4	69,7
	1	66,9	76,2	71,5
Białystok	0	47,8	66,5	57,2
	1	105,3	52,9	79,1
Suwałki	0	71,7	98,2	84,9
	1	68,5	81,8	75,2
NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> (A×B×C) = r.n.				NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> (B×C) = r.n.
A×B	kontrola; control	64,4	76,8	NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> (A×B) = r.n.
	Białystok	76,5	59,7	
	Suwałki	70,1	90,0	
A×C	0	60,5	80,7	NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> (A×C) = r.n.
	1	80,2	70,3	
Średnia; Mean (A)		70,3	75,5	NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> A = r.n.
Średnia; Mean (B)	kontrola; control	70,6		NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> B = r.n.
	Białystok	68,1		
	Suwałki	80,0		
Średnia; Mean (C)	0	70,6		NIR; LSD <sub>(0,01)</sub> C = r.n.
	1	75,3		

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

Analizy mikologiczne korzeni roślin wierzby pobranych po zbiorze wykazały zarówno obecność szczepów grzybów zastosowanych w szczepionce mikoryzowej, jak i innych izolatów grzybów saprofitycznych pochodzących z podłoża wzbogacanych różnymi kompostami z odpadów komunalnych.

## DYSKUSJA

Problem sztucznej inokulacji grzybami mikoryzowymi pojawia się dość często w literaturze dotyczącej fitoremediacji. Wierzba uważana jest przez niektórych autorów za „hiperakumulator” metali ciężkich i z tego względu wskazywana jest jako bardzo przydatna do fitoremediacji na terenach zanieczyszczonych. Na te procesy wpływa również aktywność drobnoustrojów glebowych pozostających w różnych związkach z korzeniami wierzby (m.in. mikoryzowe, asocjacyjne), wśród których

mogą być mikroorganizmy zdolne do unieruchamiania tych metali w trwałych połączeniach organicznych, jak i wspomagające pobieranie metali z gleby przez rośliny (5).

Kuzovkina i Quigley (4) wyrażają pogląd, że grzyby mikoryzowe mogą być istotnym narzędziem dla poprawy wartości fitoremediacyjnej *Salix* sp. W pracy szczególną uwagę poświęcono fitoekstrakcji kadmu, ale poszukiwania skutecznej możliwości fitoremediacji gleb skażonych metalami ciężkimi z udziałem drobnoustrojów prowadzone są w wielu kierunkach i w stosunku do różnych metali ciężkich – Cd, Zn, Cu, Pb (11). Jednym z zagadnień jest analiza tolerancji grzyba – partnera mikoryzy (endo- lub ektomikoryzowego) na określony poziom skażenia gleby (podłoża), ponieważ po jego przekroczeniu szczepienie nie będzie miało istotnego wpływu na proces fitoremediacji (12). Ważny dla zdolności fitoremediacyjnych wierzby jest również poziom aktywności symbiotycznej mikoryzy i związanego z tym pobierania (lub immobilizacji) metali ciężkich. Może on być odmienny dla różnych gatunków wierzby, co udowodniono m.in. w odniesieniu do *Salix viminalis* L. i *S. dasyclados* Wimm. (7).

O zastosowaniu grzybów mikoryzowych w bioremediacji donoszą Turnau i in. (9), którzy formułują pogląd, że sztuczna mikoryzacja jest szczególnie uzasadniona na terenach przemysłowych, ale także rolniczych i skażonych organicznymi ksenobiotykami. Autorzy ci podkreślają, iż za zdolność do wiązania biologicznego metali ciężkich prowadzącego do detoksykacji odpowiada właśnie mikoryza.

Z uwagi na wykorzystywanie pod plantacje roślin energetycznych gruntów marginalnych i skażonych metalami ciężkimi, a także stosowanie do nawożenia tych roślin osadów ściekowych lub kompostów wyprodukowanych z odpadów organicznych zawierających zazwyczaj metale ciężkie, poszukiwania biologicznych metod wspomagania fitoremediacji mają uzasadnienie praktyczne, służąc zwiększaniu produktywności plantacji i ograniczaniu poziomu zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi (6).

Sell i in. (8) podkreślają, że relacje skażona metalami ciężkimi gleba – grzyby mikoryzowe – wierzba są niezmiernie złożone. Możliwe jest zarówno silne blokowanie metali ciężkich przez strzępki grzybów mikoryzowych, a więc pełnienie przez nie funkcji bariery między korzeniami wierzby a glebą, jak też zwiększenie zawartości metali ciężkich w tkankach mikoryzowanej wierzby. Wyniki badań własnych także wskazują na niejednakowy efekt stosowania inokulantu na dwóch podłożach kompostowych.

Wierzba jako roślina wieloletnia może dość długo nawiązywać efektywną symbiozę pomiędzy korzeniami a strzępkami grzybów ektomikoryzowych, stąd też, aby jednoznacznie wykazać wpływ inokulantów mikoryzowych na plon i akumulację pierwiastków śladowych w biomase wierzby, badania należy prowadzić w układzie doświadczenia wieloletniego.

## WNIOSKI

1. Całkowita akumulacja analizowanych metali ciężkich w biomase wierzby energetycznej była uzależniona w większości przypadków od genotypu wierzby.
2. W pierwszym roku po inokulacji korzeni grzybami mikoryzowymi nie można było jednoznacznie stwierdzić kierunku ich wpływu na akumulację metali ciężkich w biomase nadziemnej wierzby energetycznej.

## LITERATURA

1. Baum C., Hryniewicz K., Leinweber P., Meißner R.: Heavy-metal mobilization and uptake by mycorrhizal and nonmycorrhizal willows (*Salix* × *dasyclados*). J. Plant Nutr. Soil Sci., 2006, **169**: 516-522.
2. Golcz A., Bosiacki M.: Reakcja tymianku właściwego (*Thymus vulgaris* L.) na wzrastające dawki azotu oraz zabieg szczepienia grzybami mikoryzowymi. J. Res. Appl. Agric. Eng., 2008, **53(3)**: 72-74.
3. Krupa P., Piotrowska-Seget Z.: Positive aspects of interaction between plants and mycorrhizal fungi originating from soils polluted with cadmium. Pol. J. Environ. Stud., 2003, **12(6)**: 723-726.
4. Kuzovkina Y. A., Quigley M.F.: Willows beyond wetlands: uses of *Salix* L. species for environmental project. Water Air Soil Pollut., 2005, **162**: 183-204.
5. Lasat M.M.: Phytoextraction of toxic metals. A review of biological mechanisms. J. Environ. Quality, 2002, **31**: 109-120.
6. Perttu K.: Environmental justification for short-rotation forestry in Sweden. Biomass and Bioenergy, 1998, **15**: 1-6.
7. Püttsepp U., Rosling A., Taylor A.F.S.: Ectomycorrhizal fungal communities associated with *Salix viminalis* L. and *S. dasyclados* Wimm. Clones in a short-rotation forestry plantation. Forest Ecol. Management, 2004, **196**: 413-424.
8. Sell J., Kayser A., Schulin R., Brunner I.: Contribution of ectomycorrhizal fungi to cadmium uptake of poplars and willows from a heavily polluted soil. Plant Soil, 2005, **277**: 245-253.
9. Turnau K., Jurkiewicz A., Grzybowska B.: Rola mikoryzy w bioremediacji terenów zanieczyszczonych. Kosmos, 2002, **51(2)**: 185-194.
10. Van der Heijden E.W.: Differential benefits of arbuscular mycorrhizal and ectomycorrhizal infection of *Salix repens*. Mycorrhiza, 2001, **10**: 185-193.
11. Vervaeke P., Tack F.M.G., Lust N., Verloo M.: Short- and Longer- Term Effects of the Willow Root System on Metal Extractability in Contaminated Dredged Sediment. J. Environ. Quality, 2004, **33**: 976-983.
12. Weissenhorn I., Glashoff A., Leyval C., Berthelin J.: Differential tolerance to Cd and Zn of arbuscular mycorrhizal (AM) fungal spores isolated from heavy metal-polluted and unpolluted soils. Plant Soil, 1994, **167**: 189-196.

### ESTIMATION OF THE EFFECT OF MYCORRHIZAL FUNGI APPLICATION VS. YIELD AND CHEMICAL COMPOSITION OF ABOVEGROUND BIOMASS OF SHORT ROTATION WILLOW

#### Summary

The paper is based on the results obtained in three factorial pot experiments, where the first factor was willow genotype *Salix viminalis* 1154 or *S. dasyclados* 1145; the second amendment of growing medium with – commercial horticultural medium with two composts made of municipal solid wastes

from the city of Suwałki or the city of Białystok by different methods. A third factor was inoculation of willow roots with living mycelium of mycorrhizal fungi.

The aim of our studies was to estimate the response of Polish willow genotypes with the addition of compost as a growing media under conditions of mycorrhizal fungi application to willow roots. The yield of aboveground biomass and accumulation of selected heavy metals were determined.

The yield of tested willow genotypes was related to the genotype where *Salix viminalis* gave significantly higher yield of stems and aboveground biomass than *S. dasyclados*, whereas the latter gave higher foliage biomass. The addition of compost from Białystok resulted in an increase of stem biomass, whereas the compost from Suwałki slightly reduced the yield. Mycorrhizal fungi applied as living mycelium did not show any effects on modification of willow stem yield but the foliage yield was increased.

Cadmium was more intensively accumulated in aboveground biomass of *Salix dasyclados* 1145 comparing to *S. viminalis* 1154. In the case of root inoculation with mycorrhizal fungi, there was a tendency of increased Cd accumulations in aboveground biomass of willow grown on the medium with composts, whereas an opposite tendency was found in the case of copper accumulation. Lead could not be determined in stems of studied willow genotypes, whereas in leaves there was a tendency of increased Pb content after the addition of compost from Suwałki to the growing media even after soil inoculation with mycorrhizal fungi. Because of the fact that there were different responses to experimental factors, it seems that further studies should be focused on the selection of willow genotypes, which could join high biomass yield with high phytoremediation ability.

*Praca wpłynęła do Redakcji 19 V 2008 r.*

ARTUR KRASZKIEWICZ

Katedra Eksploatacji Maszyn i Zarządzania w Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

OCENA WIELKOŚCI PRODUKCJI DREWNA W DRZEWOSTANACH  
ROBINIOWYCH NA PIASZCZYSTYCH SKARPACH  
ZAGROŻONYCH EROZJĄ

Timber production estimates in erosion prone sandy slopes tree stands of black locust

**ABSTRAKT:** Wzrost zainteresowania produkcją biomasy na cele energetyczne zmusza do poszukiwań nowych gatunków roślin energetycznych, których uprawa byłaby możliwa na gruntach o niekorzystnych warunkach gospodarowania, nieprzydatnych leśnictwu i rolnictwu. Podjęto więc badania nad oceną wielkości produkcji surowca drzewnego w drzewostanach robinii akacjowej, uwzględniając w nich warunki siedliskowe wzrostu drzew oraz rodzaj sortymentu drzewnego i grubości drewna. Badania prowadzono w pięciu monokulturowych, jednowiekowych (35-letnich) drzewostanach robinii akacjowej rosnących na stromych piaszczystych skarpach nieużytku pokopalnianego. Określono w nich świeżą i suchą masę surowca drzewnego z uwzględnieniem podziału na pnie, gałęzie i klasy grubości oraz oceniono ich produktyjność. Zauważono, że wielkość przyrostu biomasy tego gatunku zależy przede wszystkim od warunków świetlnych i wilgotnościowych podłoża, a zasobność gleby w składniki odżywcze odgrywa mniejszą rolę. Badania wykazały, że robinia akacjowa najlepiej przyrasta na wilgotnych ocienionych skarpach o wystawie północnej, nieco gorzej o wystawie południowo-wschodniej i najgorzej o wystawie południowej. Wyniki badań porównano z podawanymi w literaturze danymi dotyczącymi wielkości produkcji drewna robinii w drzewostanach leśnych USA (jej naturalnym środowisku), Węgier i Polski. W warunkach badań (na mało zasobnych glebach, nierzadko ulegających procesom erozji) wzrost robinii akacjowej jest zadowalający. Prezentowane w pracy wyniki badań zwiększają pulę danych na temat możliwości produkcji drewna robinii akacjowej w drzewostanach zlokalizowanych na nieużytkach przemysłowych i erozyjnych oraz porzuconych gruntach rolnych.

**słowa kluczowe – key words:**

energia biomasy – *biomass energy*, produktyjność drzewostanów – *productivity of timber stands*, robinia akacjowa – *black locust*

WSTĘP

Produkcja drewna robinii akacjowej oraz jej zwiększenie wzbudza uwagę badaczy w wielu krajach na świecie (4, 9). W Polsce zainteresowanie tym gatunkiem w porównaniu z innymi krajami europejskimi było niewielkie, pomimo tego że robinia akacjowa (*Robinia pseudoacacia* L.) występuje na terenie całego kraju. Świad-

czą o tym nieznaczące powierzchnie zajęte pod jej uprawę i brak szczegółowych opracowań w literaturze. Podręczniki z zakresu hodowli lasu i dziedzin pokrewnych zawierają na temat robinii akacjowej ogólne, stosunkowo lakoniczne informacje (1) lub gatunek ten całkowicie pomijają (3, 7). Najobszerniej o robinii akacjowej pisze w swojej monografii Pacyniak (8), zwracając szczególną uwagę na aspekt fitosjologiczny jej udziału w polskich lasach.

Prowadzono także badania nad wykorzystaniem robinii w rekultywacji nieużytków przemysłowych i erozyjnych. Wykazały one dużą przydatność tego gatunku w ochronie i uproduktywaniu takich obszarów (5). Korzystny rozwój w tych skrajnie trudnych warunkach siedliskowych umożliwia jej takie cechy biologiczne jak: szybki wzrost, małe wymagania co do siedliska, stosunkowo mała wrażliwość na zanieczyszczenia atmosfery (2). Jednak problemem jest zagospodarowanie wytworzonego surowca drzewnego po zakończeniu procesu rekultywacji (2). Rozwiązać go można wykorzystując wyprodukowaną biomasę robiniową na cele energetyczne.

W Polsce biomasa jest głównym źródłem energii odnawialnej. Jej udział w bilansie paliwowym energetyki, a tym samym i powierzchnia upraw, ciągle rośnie (17). Jednakże do uprawy znacznej części roślin użytkowanych na cele energetyczne wymagane są jakościowo dobre grunty rolne, umożliwiające przeprowadzenie zbioru maszynowego (3). Natomiast w obrębie rolniczej przestrzeni produkcyjnej występują często niewielkie obszary gruntów (od kilku arów do kilku hektarów), które są nieużytkowane z powodu niekorzystnych warunków techniczno-ekologicznych lub nie powinny być użytkowane rolniczo z punktu widzenia dobrej praktyki rolniczej (ochrony gleb i zasobów wodnych). Grunty te powinny być obsadzone roślinami o małych wymaganiach siedliskowych, które będą je chroniły i jednocześnie umożliwiały produkcję biomasy w dłuższych cyklach produkcyjnych niż na klasycznych plantacjach energetycznych. Dlatego też należy powiększać bazę surowcową roślin energetycznych o nowe gatunki, które mogą być używane do zakładania plantacji na terenach zdegradowanych, zagrożonych erozją, nieprzydatnych rolnictwu. W świetle wcześniej przytoczonych badań z zakresu rekultywacji wymogi te spełnia robinia akacjowa.

Podjęte badania miały na celu określenie wielkości produkcji masy drewna z uwzględnieniem podziału na pnie, gałęzie i klasy grubości oraz ocenę produktywności drzewostanów robinii akacjowej na stromych, piaszczystych skarpach, pod kątem wykorzystania tych gruntów do produkcji biomasy robiniowej na cele energetyczne.

W analizie zasobów drzewnych posłużono się masą drewna w drzewostanie ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). W badaniach wartości energetycznej jest to wskaźnik bardziej miarodajny niż zasobność ( $\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ ), ponieważ ilość energii ze spalanego paliwa wyrażana jest zwykle w stosunku do jego masy (6). Zatem do porównań z innymi paliwami masa drewna jest istotniejsza niż jego objętość.

## MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w pięciu 35-letnich monokulturowych drzewostanach robinii akacjowej zlokalizowanych na zwałowisku zewnętrznym kopalni siarki w Piasecznie koło Tarnobrzega. Obiekt ten położony jest w Dzielnicy Niziny Sandomierskiej, w Mezoregionie Niziny Nadwiślańskiej. Mezoregion obejmuje szeroką dolinę Wisły wypełnioną głównie mადami i piaskami rzecznyimi. Dominują siedliska boru mieszanego wilgotnego (27%) i boru mieszanego świeżego (21%). Średnia potencjalna produktywność biomasy na siedliskach leśnych wynosi 4,19 tony z 1 ha w roku (13). Należy jednak zaznaczyć, że obiekt Piaseczno to twór sztuczny, zbudowany z różnych utworów i o dużej różnorodności siedlisk. Usypany nadkład – zwałowisko zewnętrzne zajmuje około 120 ha (14, 16).

W 1967 roku na części zwałowiska, o powierzchni około 7 ha, rozpoczęto prace rekultywacyjne. Skarpy zwałowiska zalesiono robinią akacjową w 1969 r., po wcześniejszym przeprowadzeniu rekultywacji technicznej w ramach której umocniono je kizskami i płótkami faszynowymi (16). Dwuletnie siewki sadzono na uformowanych poziomo tarasach o szerokości 0,3 m, co 0,6 m i w rozstawie około 1,2 m (więźba 1,2×0,6 m). Zastosowano nawożenie mineralne: 200 kg mocznika, 200 kg soli potasowej 40%, 320 kg superfosfatu na 1 ha. Pielęgnacja nasadzeń polegała na koszeniu roślinności zielnej w międzyrzędziach oraz wykonywaniu poprawek w nasadzeniach. W rozwijających się drzewostanach nie zmniejszono liczby drzew, a proces selekcji odbywał się samoczynnie (nie wykonywano czyszczeń i trzebieży) (14). Szczegółowa charakterystyka obiektu Piaseczno oraz historia drzewostanów podane są w publikacjach Węgorka (14) oraz Ziemnickiego i in. (16).

Wytypowane do badań drzewostany położone są w dolnych (drzewostany 1, 3) i górnych (drzewostany 2, 4, 5) częściach piaskowych skarp o wysokości około 40 m, nachyleniu około 70% i wystawie północnej (drzewostan 1 i 2), południowo-wschodniej (drzewostan 3 i 4) i południowej (drzewostan 5).

Przeprowadzone odrębnie badania wykazały, że zasobność gleby w składniki pokarmowe (N, P, K) pod wszystkimi drzewostanami była niedostateczna, a zawartość węgla organicznego wynosiła nieco ponad 2 g·kg<sup>-1</sup>.

We wszystkich drzewostanach w ostatniej dekadzie grudnia 2004 r. używając metody drzew próbnych (10, 11) wytyczono powierzchnie próbne po 500 m<sup>2</sup> każda. Określono w nich liczbę i strukturę socjalną drzew wg klasyfikacji biologicznej drzew Krafta, z uwzględnieniem drzewostanów głównych i podrzędnych. Następnie (z zachowaniem podziału na drzewostany główne i podrzędne) dokonano pomiaru pierśnicy (średnicomierzem precyzyjnym HAGLOF z dokładnością do 0,5 cm) i wysokości (pomiar wysokościomierzem SUUNTO) wszystkich drzew w obrębie powierzchni próbnej. Po pomiarach dendrometrycznych w każdym z pięciu drzewostanów wytypowano i ścięto po jednym drzewie z drzewostanu głównego i podrzędnego o średniej wysokości i pierśnicy oraz przeciętnym pokroju. Ścięte drzewa zważono za pomocą bezpośredniego pomiaru wagą AXIS B30S zachowując podział

na pień, gałęzie oraz klasy grubości ( $\leq 1,0$  cm, 1,1–5,0 cm, 5,1–10,0 cm i dalej co 5 cm). Jako pień traktowano przewodnik od miejsca ścięcia (5–10 cm nad ziemią) do średnicy 5 cm w korze (w końcu górnym), pozostałą, cieńszą część (wierzchołek) zaliczono do gałęzi.

Z drzew próbnych pobrano także próby – wyrzynki (reprezentatywne dla poszczególnych klas grubości i sortymentów), które wysuszono w suszarce z obiegiem powietrza w temperaturze 105°C. Przed suszeniem i po suszeniu zważono je wagą WPS-600 z dokładnością do 0,01 g. Znajac świeżą i suchą masę zgromadzonych prób oraz świeżą masę odpowiadających im klas grubości ściętych drzew, obliczono (proporcjonalnie) suchą masę drewna w klasach grubości i z zachowaniem podziału na pnie i gałęzie w korze. Masy drewna w korze drzew próbnych (drzewostanu głównego i podrzędnego) przeliczono na 1 ha z zachowaniem podziału na klasy grubości, pnie i gałęzie oraz dla całego drzewostanu.

Produkcyjność drzewostanów obliczono jako przeciętny roczny przyrost suchej masy drewna wyrażony w  $Mg \cdot ha^{-1}$ .

## WYNIKI

Ilość drewna wyprodukowanego w drzewostanach monokulturowych zależy między innymi od warunków siedliskowych, wieku, intensywności zabiegów pielęgnacyjnych i hodowlanych.

W wytypowanych do badań 35-letnich drzewostanach nie prowadzono zabiegów rozluźniających zwarcie (nie prowadzono użytkowania przedrębego), pod okapem drzew tworzących drzewostany główne (w warunkach badań były to drzewa należące do II i III klasy biologicznej) wytworzyły się drzewostany podrzędne zbudowane z drzew opanowanych, zagłuszonych i martwych (IV i V kl. biologiczna). W tabeli 1 podano charakterystyki drzewostanów rzutujące na wielkość wyprodukowanej dendromasy.

Liczba drzew w drzewostanach głównych wynosiła od 580 do 1029, a w podrzędnych 588–1525 szt.  $ha^{-1}$ . W drzewostanach 3-5 liczba drzew w drzewostanach podrzędnych była większa niż w głównych, przy czym w drzewostanach 3 i 4 stanowiły one odpowiednio aż 71 i 67% ogólnej liczby drzew. Średnia wysokość drzew drzewostanów głównych wynosiła 15,5–18,0 m. Najwyższe były drzewa w dolnej części skarp (drzewostany 1 i 3). Średnia wysokość drzew w drzewostanach podrzędnych była o 4,0–5,5 m mniejsza niż w drzewostanach głównych. Średnia pierśnica w drzewostanach głównych wynosiła od 16,0 cm na skarpie o wystawie południowej (drzewostan 5) do 23,5 cm na dolnej części skarpy piaskowej o wystawie południowo-wschodniej. Średnia pierśnica w drzewostanach podrzędnych była wyrównana – 8,5–10,0 cm (tab. 1).

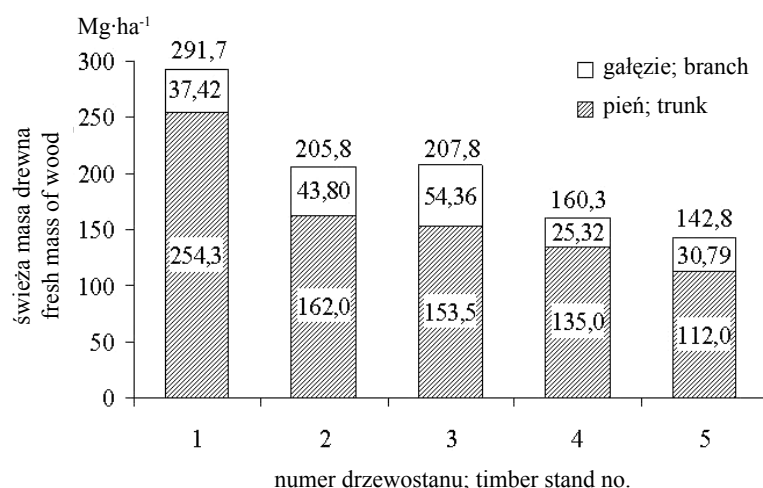
Masę drewna świeżego w korze (w przeliczeniu na 1 ha) w drzewostanach z podziałem na pień i gałęzie przedstawiono na rysunku 1.



Tabela 1

Liczba w przeliczeniu na 1 ha i średnie wymiary drzew w drzewostanach  
Number in count on 1 ha and average tree dimensions in timber stands

Nr drzewostanu Timber stand no.	Wiek (lata) Age (year)	Liczba drzew (szt.·ha <sup>-1</sup> ) Trees number (szt.·ha <sup>-1</sup> )			Średnia wysokość (m) Average height (m)		Średnia pierśnica (cm) Average breast height (cm)	
		główny main	podrzędny inferior	razem total	główny main	podrzędny inferior	główny main	podrzędny inferior
1	35	1029	882	1912	18,0	13,0	19,5	10,0
2	35	919	588	1507	16,5	12,5	19,0	9,5
3	35	580	1440	2020	17,0	11,5	23,5	8,5
4	35	750	1525	2275	15,5	11,0	17,5	8,5
5	35	943	1057	2000	15,5	10,0	16,0	8,5

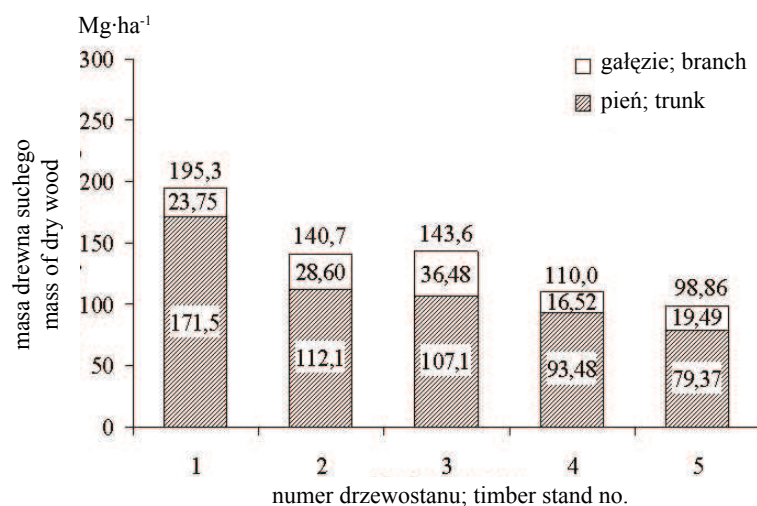


Rys. 1. Świeża masa pni i gałęzi w korze  
Fresh mass of trunks and branches in bark

Badania prowadzono w drzewostanach jednakowych pod względem wieku, zasobności podłoża, pielęgnacji (bez zabiegów hodowlanych – cięć rozluźniających), mimo to ilości wyprodukowanego w poszczególnych drzewostanach drewna były zróżnicowane (rys. 1). Średnio masa drewna świeżego w korze wynosiła nieco ponad 200 Mg·ha<sup>-1</sup>. Najwięcej świeżej masy drewna wyprodukował drzewostan 1 zajmu-

jący stanowisko na dolnej części piaskowej skarpy o wystawie północnej – ogółem  $292 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Natomiast najmniej wytworzył drzewostan 5 położony w górnej części piaskowej skarpy o wystawie południowej –  $143 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Stosunek masy drewna drzewostanów najzasobniejszego i najuboższego do średniej z drzewostanów 1-5 wynosił odpowiednio 145 i 71%.

Podobnymi zależnościami jak w przypadku masy drewna świeżego (rys. 1) charakteryzuje się sucha masa drewna w korze. Jej wartości z podziałem na pnie i gałęzie w przeliczeniu na 1 ha przedstawiono na rysunku 2.

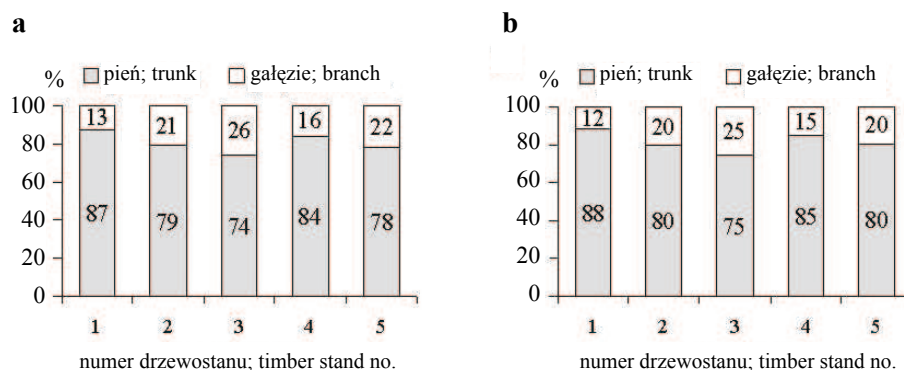


Rys. 2. Sucha masa pni i gałęzi w korze  
Dry mass of trunks and branches in bark

Średnio sucha masa pni i gałęzi w korze drzewostanów 1-5 wynosiła około  $140 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Podobnie jak w przypadku świeżej masy drewna, masa drewna suchego w korze drzewostanu 1 była większa od średniej o około 40%, natomiast masa drewna suchego w korze drzewostanu 5 była mniejsza od średniej o około 30%.

Część wytworzonej przez drzewostany dendromasy przypada na gałęzie. Na rysunku 3a przedstawiono udziały pni i gałęzi (w korze) w masie świeżego drewna drzewostanów, a na rysunku 3b udział pni i gałęzi (w korze) w suchej masie drewna drzewostanów, wyrażone w procentach.

W rozpatrywanych drzewostanach gałęzie (w korze) stanowiły 13–26% masy drewna świeżego w korze. Natomiast w suchej masie drewna drzewostanów udział gałęzi był o 1% mniejszy (udział drewna pni był o 1% większy) niż w przypadku drewna świeżego.



Rys. 3. Udział pni i gałęzi w masie drewna drzewostanów:  
 a) w świeżej masie drewna, b) w suchej masie drewna  
 The proportion of branches and trunks in fresh (a) and dry (b)  
 timber mass of the tree stands

Zmniejszenie się udziału gałęzi w suchej masie drewna drzewostanów (rys. 3a) w stosunku do udziału gałęzi w masie drewna świeżego (rys. 3b) znajduje odbicie w strukturze udziału klas grubości drewna.

W badanych drzewostanach udział klasy grubości  $\leq 1,0$  cm wynosił 1–4% suchej masy drewna całego drzewostanu, a klasy 1,1–5,0 cm – 8–17% (tab. 2). Największy udział miało drewno o grubości 15,1–20,0 cm, którego masa stanowiła 20–46% suchej masy drewna drzewostanów. Przy czym wartości maksymalne zauważono we frakcjach drewna drzewostanów zajmujących dolne i górne stanowisko na skarpie północnej (drzewostany 1 i 2), a ich udział wynosił odpowiednio 46 i 43% suchej masy drewna całego drzewostanu (tab. 2).

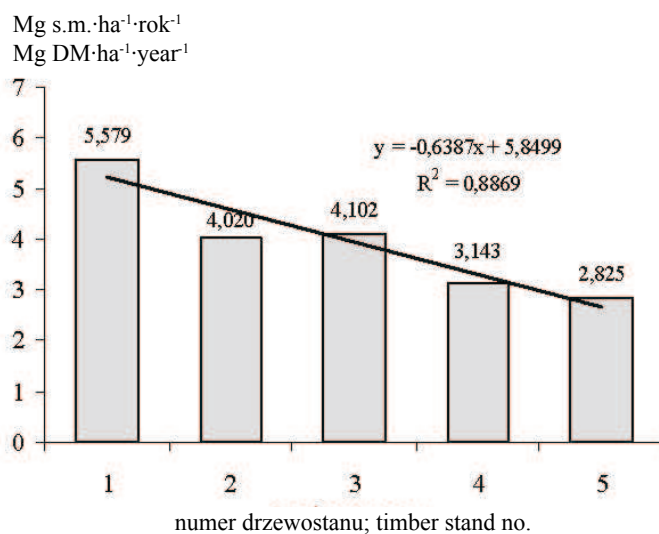
Tabela 2

Udział klas grubości w suchej masie drewna drzewostanów (%)  
 The proportion of thickness classes in dry timber mass of the tree stands (%)

Klasy grubości (cm) The class of thickness (cm)	Nr drzewostanu; Timber stand no.				
	1	2	3	4	5
$\leq 1,0$	2	1	3	4	2
1,1–5,0	10	8	17	9	11
5,1–10,0	11	23	27	25	28
10,1–15,0	23	17	15	24	39
15,1–20,0	46	43	22	32	20
20,1–25,0	8	8	16	6	–

Analizując wielkość produkcji drewna w drzewostanach robiniowych można zauważyć, że dla tego gatunku zasobność podłoża w składniki odżywcze odgrywa mniejszą rolę. Przeprowadzone badania w drzewostanach równowiekowych zlokalizowanych na takich samych glebach o niedostatecznej zawartości składników pokarmowych (8) wskazały na warunki świetlne i wilgotnościowe jako czynniki warunkujące przyrost drzewostanów. W warunkach badań robinia dobrze przyrastała w dolnej części wilgotnej, ocienionej skarpy o wystawie północnej (rys. 1 i 2). W tym drzewostanie sucha masa drewna była największa –  $195,3 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , i przewyższała średnią masę pozostałych drzewostanów o 40%. Natomiast w drzewostanie 2 rosnącym na skarpie o takiej samej wystawie (podobne warunki świetlne), lecz w górnej jej części (gorsze warunki wilgotnościowe) masa drewna była mniejsza od masy drewna drzewostanu 1 o około 28%. Jednak mimo wszystko przekraczała nieco – o 2% – średnią masę drewna drzewostanów 1-5 (rys. 1, 2). Takie same tendencje w zróżnicowaniu wielkości produkcji masy drewna drzewostanów zależnie od położenia na skarpie (przy tej samej wystawie) stwierdzono w przypadku drzewostanów 3 i 4 (rys. 1, 2).

W warunkach badań średnia roczna produktywność drzewostanów wynosiła  $3,934 \text{ Mg s.m.}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Największy przeciętny roczny przyrost osiągnął drzewostan zajmujący stanowisko na dolnej części piaskowej skarpy o wystawie północnej –  $5,579 \text{ Mg s.m.}\cdot\text{ha}^{-1}$ , natomiast najmniejszy miał drzewostan położony w skrajnie niesprzyjających warunkach siedliskowych, w górnej części piaskowej skarpy o wystawie południowej  $2,825 \text{ Mg s.m.}\cdot\text{ha}^{-1}$  (71% produktywności średniej); (rys. 4).



Rys. 4. Produkcyjność drzewostanów  
The productivity of the timber stands

Ilość wyprodukowanego drewna w drzewostanach i ich produktywność wykazuje trend spadkowy poczynając od wystawy północnej przez południowo-wschodnią do południowej. Potwierdza to przeprowadzona dla produktywności drzewostanów analiza regresji liniowej (rys. 4), w przypadku której współczynnik dopasowania prostej  $R^2$  wynosił 0,887.

## DYSKUSJA

Badania miały na celu określenie wielkości produkcji surowca drzewnego robinii akacjowej po 35 latach wzrostu. Przeprowadzono je pod kątem możliwości wykorzystania dendromasy robiniowej na cele energetyczne. Uwzględniono w nich warunki siedliskowe wzrostu drzew oraz rodzaj sortymentu drzewnego i grubości drewna. Tak sformułowany cel badawczy realizowano w monokulturowych, jednowiekowych drzewostanach robiniowych, w których możliwe było przeprowadzenie badań dendrometrycznych pozwalających na określenie ilości wyprodukowanego przez nie drewna i ocenę ich produktywności.

Analiza porównawcza wyników badań dotyczących wielkości produkcji drewna w drzewostanach robiniowych jest utrudniona z powodu nielicznych w literaturze informacji na temat produkcji drewna w drzewostanach o porównywalnym wieku, więźbie nasadzeń i warunkach siedliskowych. W celu oceny wielkości produkcji drewna w warunkach badań przytoczono dane literaturowe wielkości produkcji masy drewna w drzewostanach różnowiekowych.

Według badań Huntleya (4), w USA z 27-letnich drzewostanów uzyskuje się 126 m<sup>3</sup> drewna z 1 ha. Przyjmując, że średnia gęstość świeżej masy drewna robiniowego w korze wynosi około 820 kg·m<sup>-3</sup> (6), to ilość wyprodukowanego przez te drzewostany drewna wynosi nieco ponad 103 Mg·ha<sup>-1</sup>. W siedliskach leśnych w Polsce, według badań Pacyniaka (8), zasobność 50-letnich drzewostanów wynosiła nieco ponad 292 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>, a po przeliczeniu na masę drewna (tak jak poprzednio) – 239,4 Mg·ha<sup>-1</sup>.

Według badań Rédei i in. (9) przeprowadzonych na pięcioletniej plantacji robinii akacjowej, założonej w centralnych Węgrzech na glebach piaszczystych, produktywność suchego drewna przy więźbie nasadzeń 1,5×0,3 m wynosiła 6,5 Mg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>. Natomiast produktywność jej odmian Üllői i Jászakiséri w tych samych warunkach siedliskowych i przy więźbie nasadzeń 1,5×1,0 m wynosiła odpowiednio 8,0 i 7,3 Mg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>.

W warunkach badań własnych w 35-letnich drzewostanach na nieużytku pokopalnianym masa świeżego drewna w drzewostanie wynosiła od 143 na skarpie południowej (drzewostan 5) do 292 Mg·ha<sup>-1</sup> na skarpie północnej (drzewostan 1), w tym drewna grubego odpowiednio 112 i 254 Mg·ha<sup>-1</sup>. Zatem produktywność drewna w badanych drzewostanach wynosiła od około 3 do ponad 5 Mg s.m.·ha<sup>-1</sup>.

W świetle przytoczonych danych robinia akacjowa w warunkach Polski dobrze rośnie nawet na bezglebowych utworach piaszkowych skarp zwałowisk pokopalnia-

nych. Jednak w porównaniu z plantacjami robinowymi na Węgrzech w warunkach badań produktywność drewna w drzewostanach jest niższa.

Produkcja biomasy na cele energetyczne powinna mieć miejsce w plantacjach o skróconym cyklu produkcji (3). Obecnie w Polsce spośród roślin drzewiastych w plantacjach energetycznych uprawia się głównie wierzby (12). Na terenie kraju znaczne plony wierzb krzewiastych uzyskali Szczukowski i in. (12) w doświadczeniach prowadzonych na glebie brunatnej kompleksu pszennego – przeciętny plon suchej masy drewna wierzb krzewiastych w 4-letnim cyklu produkcyjnym wynosił  $79,31 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Zajączkowski i in. (15) podają, że przeciętny plon suchej masy drewna wierzbowego w dwóch 3-letnich cyklach produkcyjnych na glebie wytworzonej z gliny zwałowej lekkiej wynosił  $30,92\text{--}42,48 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Wyników tych nie można jednak porównać z wynikami badań własnych z racji odmiennej specyfiki siedlisk, warunków produkcji i cyklu produkcyjnego.

Podsumowując należy stwierdzić, że robinia dobrze przyrasta na mało zasobnych glebach, nierzadko ulegających procesom erozji, preferując cieniste, wilgotne skarpy o wystawie północnej. Trzeba pamiętać, że badane drzewostany zostały założone na stromych, bezglebowych skarpach zwałowiska zewnętrznego, na których wzrost innych roślin energetycznych mógłby być utrudniony. W świetle wyników badań robinie akacjową można polecać do zakładania plantacji energetycznych w trudnych warunkach siedliskowych, w których może być konkurencyjnym gatunkiem dla innych roślin energetycznych (np. wierzby). Należy jednak prowadzić dalsze badania nad możliwościami zwiększenia produktywności drewna tego gatunku na plantacjach energetycznych.

#### WNIOSKI

1. W warunkach badań ilość wyprodukowanej przez drzewostany świeżej masy drewna robinii akacjowej w wieku 35 lat wynosiła od około 143 (skarpa dosłoneczna) do niespełna  $300 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (skarpa cieniasta), a produktywność odpowiednio od około 3 do ponad  $5 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ .

2. Przyrost masy drewna w drzewostanach robinowych zależy przede wszystkim od warunków świetlnych i wilgotnościowych. Zasobność gleby w składniki odżywcze odgrywa mniejszą rolę.

3. W warunkach badań przyrosty robinii akacjowej były największe na cieniastych skarpach o wystawie północnej, nieco mniejsze na skarpach o wystawie południowo-wschodniej, a najmniejsze na dosłonecznej skarpie południowej.

4. Biorąc pod uwagę warunki wzrostu drzewostanów, na bazie których wykonano badania, wydaje się, że robinie można polecać do zakładania upraw energetycznych na różnych formach nieużytków w celu pozyskiwania drewna średniowymiarowego.

5. Celowe byłoby rozszerzenie badań na inne rodzaje nieużytków oraz określenie optymalnego wieku rębności (długości cyklu produkcyjnego).

## LITERATURA

1. Bellon S., Tumiłowicz J., Król S.: Obce gatunki drzew w gospodarstwie leśnym. PWRiL, Warszawa, 1977.
2. Bender J., Gilewska M., Wójcik A.: Przydatność robinii akacjowej do zadrzewień gruntów pogórnich. Arch. Ochr. Środ., 1985, **3-4**: 113-133.
3. Gorzelak A.: Zalesienia terenów porolnych. Wyd. IBL, Warszawa, 1999.
4. Huntley J.C.: *Robinia pseudoacacia* L. black locust. Silvics of North America, Vol. 2. Hardwoods. Agric. Handb., Washington, 1990, **654**: 755-761.
5. Kraszkiewicz A.: Robinia akacjowa w rekultywacji nieużytków. W: Mat. Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej „Rekultywacja środowisk zdegradowanych”. Wyd. AR Lublin, 2005, 31-34.
6. Krzysik F.: Nauka o drewnie. PWN, Warszawa, 1974.
7. Murat E.: Szczegółowa hodowla lasu. Wyd. Świat, Warszawa, 2002.
8. Pacyniak C.: Robinia akacjowa (*Robinia pseudoacacia* L.) w warunkach środowiska leśnego w Polsce. Rocz. AR Poznań, Rozpr. Nauk., 1981, **111**.
9. Rédei K., Osvath-Bujtas Z., Veperdi I.: Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) Improvement in Hungary: a Review. Acta Silvatica & Lignaria Hungarica, 2003, **4**: 127-132.
10. Rosa W.: Niektóre zagadnienia metodyczne związane z pomiarem drzewostanów za pomocą powierzchni próbnych. Sylwan, 1973, **7**: 71-78.
11. Sikora B.: Metodyka badań nad produktywnością drzewostanów na różnych siedliskach leśnych. Sylwan, 1973, **8**: 1-7.
12. Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M., Grzelczyk M.: Produktywność roślin wierzby (*Salix* spp.) i charakterystyka pozyskanej biomasy jako paliwa. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2005, **507**: 495-503.
13. Trampler T., Kliczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska A.: Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych. PWRiL, Warszawa, 1990.
14. Węgorek T.: Zmiany niektórych właściwości materiału ziemnego i rozwój fitocenoz na zwałowisku zewnętrznym kopalni siarki w wyniku leśnej rekultywacji docelowej. Rozpr. Nauk. AR Lublin, 2003, **275**.
15. Zajązkowski K., Kwiecień R., Zajązkowska B., Wajda T., Zawadzki M.: Produkcyjne możliwości wybranych odmian topoli i wierzby na plantacjach o skróconym cyklu. Maszynopis, IBL, Warszawa, 2001.
16. Ziemnicki S., Fijałkowski D., Repelewska-Pękałowa J., Węgorek T.: Rekultywacja zwałowiska odkrywkowej (na przykładzie Piaseczna). PWN, Warszawa, 1980.
17. Strategia Rozwoju Energetyki Odnawialnej: Raport Ministerstwa Środowiska RP, Warszawa, 2000.

## TIMBER PRODUCTION ESTIMATES IN EROSION PRONE SANDY SLOPES TREE STANDS OF BLACK LOCUST

## Summary

The increased interest in the production of energetical biomass, forces us to search for new species of energy giving plants, which would be possible to grow on soils otherwise unsuitable for agricultural or foresting needs. Research was started on the volumes of wood production in tree stands of black locust, which did include the settling conditions of the trees and the type of timber assortments and the timber thickness. To complete the research as defined above, five monoculture tree stands of the exactly same age (35 years), growing on sandy slopes of post-mining wastelands were chosen. The fresh and dry mass of the timber was calculated, including the division in between trunks, branches and classes of thickness, their productivity was also set. It was discovered, that the fertility of the soil has a lesser influence on the growth of the biomass, than does the lighting conditions and humidity of the ground

have. Research showed, that black locust grows in mass best on shady slopes of northern exposition, a bit worse on south-eastern slope and even worse on a southern slope. The results were compared with data that was available in literature for the timber production of black locust in forest stands of the USA (its natural environment), Hungary, and Poland. In researched conditions (low soil fertility, often eroding) the growth of black locust is satisfactory. The results presented in this work should influence the increase in data relating to the possibilities of black locust timber production in stands located on industrial and erosive wastelands and “abandoned” arable land.

*Praca wpłynęła do Redakcji 3 VI 2008 r.*



EWA MATYJASZCZYK, KATARZYNA RADZIEMSKA-BONOWICZ,  
JOANNA SOBCZAK

Zakład Ekspertyz i Opinii o Środkach Ochrony Roślin  
Instytut Ochrony Roślin w Poznaniu – Państwowy Instytut Badawczy

## OCHRONA ROŚLIN ENERGETYCZNYCH

Protection of energy crops

**ABSTRAKT:** Podobnie jak inne uprawy rośliny energetyczne narażone są na niekorzystny wpływ organizmów szkodliwych oraz chorób i w wielu wypadkach wymagają chemicznej ochrony.

W opracowaniu przeanalizowano środki ochrony roślin zarejestrowane do ochrony roślin energetycznych w Polsce. Stwierdzono, że w Polsce nie brakuje środków zapewniających ochronę uprawom energetycznych roślin rolniczych. Jest dla nich dostępna duża paleta środków zawierających różne substancje aktywne. Brakuje natomiast prawie całkowicie możliwości ochrony pozostałych roślin energetycznych. Zadawalające są jedynie możliwości ochrony wierzby przed chwastami oraz róży bezkolcowej przed chorobami i szkodnikami.

**słowa kluczowe – key words:**

rośliny energetyczne – *energy crops*, ochrona roślin – *plant protection*

### WSTĘP

Od chwili wstąpienia Polski do Unii Europejskiej tematowi energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych poświęca się wiele uwagi. Zgodnie z wytycznymi unijnymi zawartymi w „Białej Księdze UE: Energia odnawialna dla przyszłości i odnawialne źródła energii”, udział energii odnawialnej w państwach unijnych powinien wzrosnąć do 12% w roku 2010 (6). Według założeń „Strategii rozwoju energetyki odnawialnej” przyjętej przez Sejm Rzeczypospolitej Polskiej 23.08.2001 r., udział energii odnawialnej w bilansie energii ogółem w skali kraju powinien zwiększyć się do 7,5% w 2010 r i do 14% w 2020 r. (8).

Źródłem energii odnawialnej może być: wiatr, płynąca woda, słońce oraz biomasa roślin energetycznych.

Obecnie w Polsce istnieje możliwość uzyskania dopłat do uprawy roślin energetycznych (11, 13, 14), a minister gospodarki nałożył obowiązek zakupu energii elektrycznej i ciepła z odnawialnych źródeł energii (12).

## ROŚLINY ENERGETYCZNE

Za rośliny energetyczne uważa się wszystkie rośliny (surowce rolnicze) przeznaczone do przetworzenia na produkty energetyczne. Mogą to być: zboża, rzepak, kukurydza, len włóknisty, burak cukrowy, soja, róża bezkolcowa, ślazier pensylwański, miskant, mozga trzcinowata, spartina preriowa, rdest sachaliński, lnicznik siewny, wierzba energetyczna, topola, robinia akacjowa. Część tych roślin jest wykorzystywana do produkcji tzw. biopaliw, np. rzepak albo zboża. Wiele z wymienionych roślin dostarcza paliwa do ogrzewania, np. słoma zbóż lub rzepaku spalana w gospodarstwach rolnych lub specjalnych kotłowniach przemysłowych. Ponadto na coraz większym obszarze uprawia się rośliny, które mają służyć wyłącznie celom grzewczym. Są to rośliny wieloletnie takie jak trawy (miskanty, mozga trzcinowata, spartina preriowa), róża bezkolcowa, ślazier pensylwański, topinambur (inaczej słonecznik bulwiasty), rdest sachaliński albo drzewa o krótkim okresie rotacji, takie jak wierzba energetyczna, topola i robinia akacjowa (4, 14, 15).

## OCHRONA ROŚLIN ENERGETYCZNYCH

Z punktu widzenia możliwości ochrony rośliny energetyczne można podzielić na dwie grupy:

- 1) rośliny rolnicze, które można wykorzystać jako rośliny energetyczne
- 2) rośliny uprawiane wyłącznie na cele energetyczne

W przypadku roślin z pierwszej grupy surowca energetycznego jest tylko jednym z ich zastosowań – np. ziarno zbóż przeznacza się głównie na cele spożywcze, ale można je wykorzystać również do produkcji biopaliw, dodatkowo słomę zbóż można użyć jako paliwo do ogrzewania. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku rzepaku. Rośliny te uprawiane są w Polsce tradycyjnie, od lat na dużym areale (np. areal uprawy zbóż w Polsce w roku 2006 wyniósł 8,38 mln hektarów); (7). Produkcja preparatów przeznaczonych do ich ochrony jest zatem atrakcyjna dla firm agrochemicznych i środki takie są dostępne na rynku. Zapewnienie ochrony roślin energetycznych z tej grupy jest zatem obecnie możliwe. W grupie środków zalecanych do ochrony rzepaku dostępnych jest na rynku ok.: 62 herbicydów, 40 fungicydów i 28 zoocydów. Program ochrony zbóż jest zdecydowanie bogatszy, można w nim znaleźć ok.: 136 herbicydów, 116 fungicydów i 34 zoocydy. Możliwości ochrony zostały szczegółowo przedstawione w Zaleceniach Instytutu Ochrony Roślin (9).

Należy podkreślić, że środki zapewniające ochronę roślinom rolniczym wykorzystywanym do celów energetycznych są dostępne nie tylko w szerokiej gamie produktów, ale różnią się także substancjami aktywnymi i mechanizmem działania.

Zarejestrowane w Polsce środki chwastobójcze przeznaczone do ochrony zbóż są przygotowane w oparciu o 35 różnych substancji aktywnych (jedna z nich – trifluralina – wkrótce zostanie wycofana), a przeznaczone do ochrony rzepaku –

o 15 różnych substancji aktywnych (przy czym trzy z nich: alachlor, haloksyfop-R i trifluralina będą wkrótce wycofane). W insektycydach zarejestrowanych do ochrony zbóż występuje 17 substancji aktywnych, a do ochrony rzepaku – 13. Ponadto dostępne są dwie substancje aktywne do ochrony zbóż i rzepaku przed ślimakami. Natomiast w zarejestrowanych w Polsce środkach zwalczających choroby zbóż występują 44 substancje aktywne, a choroby rzepaku – 23 substancje (winchlozolina wkrótce zostanie wycofana). Można stwierdzić, że liczba obecnie dostępnych środków przeznaczonych do ochrony zbóż i rzepaku zapewnia możliwość przemiennego ich stosowania i wybrania skuteczniejszej strategii zapobiegającej wytworzeniu odporności przez organizmy szkodliwe.

Nasilającym się problemem w ostatnich latach jest spadek liczby zarejestrowanych środków ochrony roślin w Polsce. Jest to wynik prowadzonego przez Komisję Europejską przeglądu substancji aktywnych. Dotychczas podjęto decyzję o wycofaniu ze stosowania ponad 60% substancji aktywnych poddanych przeglądowi i wielu środków ochrony roślin (3). Spadek liczby dostępnych środków ochrony roślin dotyczy również uprawy rzepaku i zbóż. Malejąca liczba dostępnych substancji aktywnych jest zjawiskiem niekorzystnym, ponieważ może spowodować wzrost ryzyka uodparniania się organizmów szkodliwych na substancje, które pozostały na rynku (2, 5). Należy jednak podkreślić, że w stosunku do upraw rzepaku i zbóż nie istnieje obecnie niebezpieczeństwo braku możliwości zapewnienia ochrony przed większością organizmów szkodliwych i nie przewiduje się wystąpienia takiego problemu w najbliższych latach.

Znacznie większe problemy stwarza ochrona innych roślin energetycznych, zwłaszcza uprawianych wyłącznie na cele grzewcze. Plantacje tych gatunków mogą być zakładane na terenach ugorów i nieużytków pod warunkiem odpowiedniego przygotowania terenu. Oprócz zabiegów uprawowych i nawożenia należy wziąć pod uwagę jak najdokładniejsze zwalczanie chwastów. Do odchwaszczania ugorów i nieużytków wykorzystywane są liczne preparaty zawierające glifosat, niekiedy stosowane w mieszaninach z innymi środkami chwastobójczymi. Niestety, dla prawie wszystkich roślin uprawianych dla celów grzewczych brakuje środków, które zgodnie z prawem mogą być zalecane do odchwaszczania już założonej plantacji. Wyjątkiem jest wierzba, dla której są zarejestrowane herbicydy (tab. 1). Brakuje insektycydów i fungicydów mających zgodnie z etykietą – instrukcją stosowania zastosowanie w ochronie wierzby, mimo iż istnieją wyniki badań potwierdzające skuteczność działania niektórych biopreparatów (Bioczos BR, Biochikol 020 PC, Antifung 20 SL) w ochronie wierzby energetycznej przed chorobami grzybowymi (1). Plantacje róży bezkolcowej można chronić preparatami zalecanymi dla róży gruntowej – są tu dostępne liczne fungicydy i insektycydy, brak natomiast zarejestrowanych herbicydów (tab. 1).

Do odchwaszczania międzyrzędzi na plantacjach roślin drzewiastych, takich jak topola i robinia akacjowa, można używać herbicydów totalnych zawierających gli-

Tabela 1

Możliwości ochrony wybranych roślin energetycznych używanych na cele grzewcze  
Possibilities of chemical protection of selected energy crops used for heating

Roślina energetyczna Energy crop	Środki służące do ochrony przed: Products to protect against:		
	chwastami weeds	chorobami diseases	szkodnikami insects
Wierzba energetyczna Energetic willow (można stosować środki zalecane dla wierzby koszykarskiej; products recommended for basket willow protection can be used)	Casoron 6,75 GR <u>Faworyt 300 SL</u> Lontrel 300 SL	brak no products	brak no products
Róża bezkolcowa <i>Rosa multiflora</i> (można stosować środki zalecane dla róży gruntowej; products recommended for garden rose protection can be used)	brak no products	<u>Amistar 250 SC</u> Biochikol 020 PC Biosept 33 SL Bravo 500 SC Discus 500 WG Dithane NeoTec 75 WG Domark 100 EC Eminent Star 312 SL Gwarant 500 SC Polyram 70 WG Sancozeb 80 WP Score 250 EC Sportak 450 EC <u>Tiowol K 500 SC</u> Teldor 500 SC Topsin M 500 SC Antifung 20 SL Bumper 250 EC <u>Folicur Multi 50 WG</u> Nimrod 250 EC <u>Miedzian Extra 350 EC</u> Mildex 711,9 WG Proplant 722 SL Spinaker 607 SL	<u>Furadan 5 GR</u> Karate Zeon 050 CS Magus 200 SC Methomex 200 SL <u>Pirimix 100 PC</u> Pirimor 500 WG Decis 2,5 EC Fastac 100 EC <u>Owadofos 540 EC</u> Sumi-Alpha 050 EC <u>Sumithion Super 1000 EC</u>

Źródło: Opracowanie własne

Source: Personal elaboration

podkreślenie – wydano decyzję o wycofaniu środka lub o ograniczeniach w jego stosowaniu, jest jednak dopuszczony do obrotu w sezonie wegetacyjnym 2008

underlined – the decision regarding withdrawal or use restriction had been given, but product can be used in the vegetation season 2008

fosat, glufosynat lub dikwat amonowy – oczywiście dbając o zabezpieczenie rośliny chronionej. Preparaty zawierające te substancje aktywne są zarejestrowane do ochrony drzew. Glifosat zawierają między innymi Roundup 360 SL, Glyfos 360 SL i Taifun 360 SL. Glufosynat amonowy wchodzi w skład środków Basta 150 SL i Basta 200 SL. Dikwat jest substancją aktywną środka Reglone Turbo 200 SL. Do zwalczania chorób i szkodników w uprawach topoli i robinii akacjowej nie są zarejestrowane żadne środki.

Brak środków, których można legalnie używać do zwalczania chwastów, chorób i szkodników w ochronie ślazuwca pensylwańskiego, topinamburu i rdestu sachalińskiego, a także traw energetycznych, takich jak miskanty, mozga trzciniowata czy spartina preriowa.

Niektórzy plantatorzy używają na swoją odpowiedzialność na plantacjach roślin energetycznych środków ochrony roślin niezgodnie z ich przeznaczeniem. Zachętą do takiego postępowania są często zalecenia ochronne zawarte w artykułach spotykanych na stronach internetowych (16, 17). Należy jednak podkreślić, iż z prawnego punktu widzenia działanie takie jest nielegalne. Problem braku środków jest trudny do rozwiązania w sytuacji, gdy ze względu na stosunkowo niewielki areal uprawy roślin energetycznych przeprowadzenie całej procedury rejestracyjnej jest nieopłacalne dla przemysłu agrochemicznego.

Polskie prawo daje możliwość ubiegania się o rozszerzenie rejestracji środka o wybraną grupę roślin uprawnych przez społeczno-zawodowe organizacje rolników lub izby rolnicze, na podstawie art. 49 Ustawy o ochronie roślin (10). Wymaga to przygotowania odpowiedniej dokumentacji, jednak wydaje się, że jest to dla zainteresowanych grup producentów jedyna droga, która z ich inicjatywy może zwiększyć paletę dostępnych środków ochrony roślin w stosunkowo krótkim okresie.

#### PODSUMOWANIE

Istnieją różnice w możliwości zapewnienia ochrony uprawom poszczególnych roślin energetycznych. Chemiczna ochrona roślin rolniczych, dla których wykorzystanie na cele energetyczne jest tylko jednym z zastosowań, takich jak zboża czy rzepak, jest obecnie możliwa, ze względu na duży wybór produktów dostępnych na rynku. Mimo tendencji do obniżania się liczby dostępnych substancji aktywnych i zarejestrowanych środków ochrony roślin nie przewiduje się poważniejszych problemów w ochronie tej grupy roślin energetycznych również w najbliższych latach.

Istnieją poważne problemy z zapewnieniem ochrony roślinom energetycznym uprawianym wyłącznie na cele grzewcze. Niektóre z nich mogą być chronione jedynie przed wybranymi grupami organizmów szkodliwych, a dla wielu całkowicie brakuje jakiegokolwiek legalnej możliwości ochrony chemicznej.

Brak odpowiednich agrochemikaliów może negatywnie wpłynąć na rozwój produkcji roślin energetycznych i opóźnić realizację „Strategii rozwoju energetyki odnawialnej” przyjętej przez polski sejm (8).

## LITERATURA

1. Dłużniewska J.: Przydatność biopreparatów do ochrony wierzby energetycznej (*Salix viminalis* L.) przed patogenami grzybowymi. Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 2006, **46**: 633-635.
2. Heimbach U., Kral G., Niemann P.: EU regulatory aspects of resistance risk assessment. Pest Management Sci., 2002, **58**: 935-938.
3. Matyjaszczyk E.: Stan aktualny dopuszczenia środków ochrony roślin do stosowania w rolnictwie konwencjonalnym i ekologicznym w Polsce. Wyd. IOR Poznań, 2007.
4. Pruszyński S., Gacek E.: Rośliny energetyczne – nowe wyzwanie dla ochrony roślin. Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 2005, **45**: 384-391.
5. Węgorek P.: Historia odporności owadów na insektycydy. IOR Poznań, 2007.
6. Energy for the future: Renewable sources of energy. White paper for a Community Strategy and Action Plan COM (97)599 final 26.11.1997.
7. Rocznik statystyczny rolnictwa i obszarów wiejskich rok 2007. GUS, Warszawa.
8. Strategia rozwoju energetyki odnawialnej (realizacja obowiązku wynikającego z Rezolucji Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 8 lipca 1999 r. w sprawie wzrostu wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych). Ministerstwo Środowiska.
9. Zalecenia Ochrony Roślin na lata 2008/2009 dotyczące zwalczania chorób, szkodników oraz chwastów roślin uprawnych. Cz. II. Rośliny rolnicze. IOR, 2008.
10. Ustawa z dnia 18 grudnia 2003 o ochronie roślin (Dz.U. z 2004 r. Nr 11, poz. 94).
11. Ustawa z dnia 26 stycznia 2007 roku o płatnościach w ramach systemu bezpośredniego (Dz.U. Nr 35 poz. 217 i Nr 99, poz. 666).
12. Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki społecznej z dnia 30 maja 2003 w sprawie szczegółowego zakresu obowiązku zakupu energii elektrycznej i ciepła z odnawialnych źródeł energii oraz energii elektrycznej wytwarzanej w skojarzeniu z wytwarzaniem ciepła 2003 Dz.U. nr 104 poz. 971.
13. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z 14.03.2008 r. Nr 44 poz. 268, oraz przepisy wspólnotowe: rozporządzenie Komisji (WE) nr 1973/2004 z 29 października 2004 r., szczegółowe zasady stosowania rozporządzenia Rady (WE) w sprawie wsparcia przewidzianych w tytułach IV i IVa tego rozporządzenia oraz wykorzystywania zarezerwowanych do produkcji surowców (Dz. Urz. UE L 345 z 20.11.2004).
14. Dane ze strony: <http://www.arimr.gov.pl/index.php?id=78&id1=2&idpage=1> Data dostępu: 03.04.2008
15. Dane ze strony: [http://www.farmer.pl/druk/?id\\_strona=1646](http://www.farmer.pl/druk/?id_strona=1646) Data dostępu: 03.04.2008
16. Dane ze strony: <http://www.lasprywatny.pl/poradnik.html> Data dostępu: 03.04.2008
17. Dane ze strony: <http://www.wierzba-eko.webpark.pl/przedsadzeniem.html> Data dostępu: 03.04.2008

## PROTECTION OF ENERGY CROPS

## Summary

Energy crops, like the other crops are negatively influenced by harmful organisms and diseases and in many cases require chemical protection.

In the paper, the plant protection products registered in Poland for protection of energy crops are analysed. It was found that in Poland the possibilities of protection of agricultural energy crops are extensive. In this case, the long list of products containing differential active substances is available. There is however a lack of protection for the other energy crops. Tolerable is only the availability of products for protection of the willow against weeds and the *Rosa multiflora* against diseases and harmful pests.

*Praca wpłynęła do Redakcji 10 VI 2008 r.*

TADEUSZ MICHALSKI, SŁAWOMIR BIELIŃSKI

Katedra Uprawy Roli i Roślin  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

PORÓWNANIE WIELKOŚCI I STRUKTURY PŁONU KUKURYDZY  
UPRAWIANEJ NA KISZONKĘ W WARUNKACH POMORZA GDAŃSKIEGO  
I WIELKOPOLSKI

A comparison of the size and structure of maize yield grown for silage in conditions  
of Gdańsk Pomerania and Wielkopolska

**ABSTRAKT:** Reakcję kukurydzy uprawianej na kiszonkę na warunki środowiskowe badano w latach 1996–1998, realizując doświadczenia polowe w dwóch lokalizacjach: na Pomorzu w pobliżu Starogardu Gdańskiego (Owidz/Zelgoszcz) oraz w Swadzimiu k. Poznania, w porównywalnych warunkach glebowych. Określano wydajność i strukturę plonu pięciu odmian kukurydzy, wczesnych: Esslia – FAO 170–180, Dragon – FAO 200, Malta – FAO 210, Ela – FAO 210 oraz średnio wczesnej Galix – FAO 240. Zbioru roślin dokonywano po osiągnięciu przez ziarno dojrzałości woskowej i około 30% zawartości suchej masy w całych roślinach. Średnia temperatura za okres maj–wrzesień w lokalizacji północnej była niższa o 1°C, przy jednocześnie wyższej o 20–30 mm sumie opadów. W odniesieniu do potrzeb wodnych kukurydzy w warunkach Pomorza występuje nadwyżka opadów (+33 mm), natomiast w Wielkopolsce – wyraźny niedobór (-61 mm).

Warunki siedliskowe różnicowały zawartość suchej masy i wielkość plonów. Kukurydzę uprawianą w warunkach Pomorza zbierano przy zawartości s.m. średnio 28,7%, czyli o 3,3 punktu procentowego mniej niż w Swadzimiu. Jeszcze większe różnice wystąpiły w zawartości s.m. w kolbach, która na Pomorzu była mniejsza o 11%. W lokalizacji północnej plony świeżej masy całych roślin były mniejsze o 7,9%, a suchej masy o 18,5%, natomiast udział kolb w s.m. był większy o 1,7 punktu procentowego niż w Swadzimiu.

Odmiany wczesne w obu lokalizacjach plonowały o 5–10% niżej od odmiany Galix, miały jednak większy średnio o 5% udział kolb. U wszystkich odmian w warunkach północnej Polski obserwowano duże zmniejszenie plonu łodyg i liści (średnio o 31%), natomiast w mniejszym stopniu kolb (o 6%). Najbardziej, o 41%, plon masy wegetatywnej zmniejszył się u odmiany Ela, podczas gdy u pozostałych odmian o 27–29%. Z kolei plon kolb najbardziej obniżył się u odmian Malta i Galix (10–11%), natomiast w przypadku odmiany Dragon redukcji takiej nie stwierdzono.

**słowa kluczowe – key words:**

kukurydza kiszonkowa – *silage maize*, struktura plonu – *structure of yield*, różnice regionalne – *regional differences*, wczesność odmian – *cultivar earliness*

WSTĘP

Poziom plonowania kukurydzy oraz jej wartość paszowa zależy od szeregu czynników środowiskowych i agrotechnicznych. Spośród czynników środowiskowych największy wpływ na plon kukurydzy i jego strukturę mają: temperatura, ilość

i rozkład opadów oraz jakość gleby. W Polsce w miarę przechodzenia z uprawą kukurydzy z południowego zachodu na północny wschód zmniejsza się ilość ciepła i pogarsza nasłonecznienie oraz skraca się okres wegetacji (4, 23).

Podstawowym czynnikiem warunkującym uzyskanie dobrej kiszonki z całych roślin kukurydzy jest odpowiednia struktura wyprodukowanego surowca. Według aktualnych zaleceń optymalna zawartość suchej masy w roślinach kukurydzy w momencie zbioru winna wynosić 30–35%, a udział kolb w suchej masie powyżej 50% (10, 11, 14, 18). Rozszerzanie się uprawy kukurydzy w kierunku północnym zainspirowało podjęcie dotąd nie prowadzonych badań, których celem było porównanie wydajności i jakości kukurydzy kiszonkowej w północnej Polsce oraz w Wielkopolsce, a więc w rejonach skrajnych pod względem warunków dla uprawy kukurydzy (8, 21). W północnej części kraju możliwości uprawy kukurydzy limituje szereg czynników, a przede wszystkim: krótszy okres wegetacyjny, występowanie wcześniejszych przymrozków, jak i niejednokrotnie późniejszy termin siewu. Ogranicza to dobór przydatnych do uprawy odmian, który sprowadza się do mieszańców bardzo wczesnych i wczesnych. Uprawie kukurydzy w tym rejonie sprzyjają natomiast lepsze warunki wilgotnościowe oraz mniejsze nasilenie występowania szkodników (19–22).

Wysoka wydajność kukurydzy i jej rosnące znaczenie w żywieniu zwierząt powodują, że wzrasta zainteresowanie jej uprawą w całej Polsce, a zwłaszcza w rejonach północnych. Tendencji takiej sprzyjają dwa czynniki: coraz większa liczba wczesnych i średnio wczesnych odmian kukurydzy, o zwiększonej tolerancji na chłody i dostosowanych do uprawy w klimacie umiarkowanym (1, 10, 21), oraz wzrost średniorocznych temperatur, w efekcie czego zmniejsza się ryzyko uprawy kukurydzy i zwiększa prawdopodobieństwo dojrzewania ziarna w pasie nadmorskim czy na Pojezierzu Mazurskim (8, 16, 23).

Celem pracy było porównanie rozwoju i plonowania kukurydzy oraz kształtowania się struktury jej plonu w relatywnie mniej korzystnych warunkach Wysoczyzny Gdańskiej na tle tradycyjnego rejonu uprawy, jakim jest Wielkopolska. Ważna była też ocena, na ile plon i jego struktura mogą być modyfikowane przez wczesność i indywidualną reakcję odmian.

## MATERIAŁY I METODY

Badania nad wpływem lokalizacji na wydajność kukurydzy uprawianej na kiszonkę prowadzono w latach 1996–1998 w dwóch miejscowościach: w okolicy Stargardu Gdańskiego w województwie pomorskim (ok. 100 m n.p.m.; w Owidzu – 1996 roku, w Zelgoszczy – w latach 1997 i 1998) oraz w województwie wielkopolskim – w Swadzimiu k. Poznania (ok. 80 m n.p.m.). W ramach tych lokalizacji porównywano rozwój i plonowanie pięciu odmian kukurydzy o różnej wczesności: wczesnych Esslia – FAO 170–180, Dragon – FAO 200, Malta – FAO 210, Ela – FAO 210 oraz średnio wczesnej odmiany typu stay-green Galix – FAO 240.



Kukurydzę wysiewano w 4 rzędach o rozstawie 70 cm, w gęstości 10 szt.·m<sup>-2</sup>, na poletkach o wielkości 28 m<sup>2</sup>. W Owidzu stosowano 5 powtórzeń polowych i ręczny siew, zaś w Swadzimiu – 4 powtórzenia i siew siewnikiem pneumatycznym. Planowaną obsadę 8 roślin na 1 m<sup>2</sup> uzyskiwano przerywając kukurydzę w fazie 3–4 liści. Poletko do zbioru miało powierzchnię 27 m<sup>2</sup>. Zbioru roślin dokonywano po osiągnięciu dojrzałości wczesnowoskowej ziarna, wybierając termin tak, by zawartość suchej masy w całych roślinach osiągnęła 30%. Zbiór wykonywano ręcznie, a materiał roślinny szczegółowo analizowano oceniając jego strukturę i zawartość suchej masy. Zebrane kolby po oddzieleniu liści okrywowych podsuszano, wydzielano ziarno i rdzenie, po czym metodą suszarkową oznaczano w nich zawartość suchej masy. Zebrane łodygi, liście i liście okrywowe suszono dwuetapowo: najpierw dosuszano w całości, a później po rozdrobnieniu na stacjonarnej siewczarni pobierano próbkę 0,5–0,8 kg i suszono do 105°C w suszarce do dużych prób.

Doświadczenie polowe na północy prowadzono na glebie płowej, klasy IIIb–IVa. W 1996 r. była to glina średnia zaliczana do kompleksu żytznego bardzo dobrego, a w następnych latach piasek gliniasty średni, kompleks żytni bardzo dobry. W Wielkopolsce kukurydzę wysiewano na glebie płowej klasy IVa, kompleksu żytznego bardzo dobrego. Przedplonem kukurydzy w Owidzu/Zelgoszczy było pszenżyto ozime, a w Swadzimiu pszenica ozima.

Dane meteorologiczne zestawiono wg notowań stacji meteorologicznych Zespołu Szkół w Owidzu oraz RZD Swadzim. Ze względu na brak danych wieloletnich dla Owidza, posłużono się średnimi z SDOO Radostowo, odległej od doświadczeń o ok. 30 km w linii prostej. Warunki meteorologiczne w obu lokalizacjach układają się odmiennie (tab. 1). Średnia temperatura za wielolecie w okresie maj–wrzesień dla Swadzimia jest wyższa o 1°C, natomiast opady niższe o 20 mm niż w lokalizacji północnej. Wielkość opadów w wartościach rzeczywistych różni się niewiele, ale biorąc pod uwagę poziom temperatur, ich efektywność różni się znacząco. Jak wyliczono w tabeli 2, uwzględniając dane meteorologiczne za wielolecie z Radostowa i optima opadów dla kukurydzy w warunkach Środkowej Europy wg Klatta (9), w rejonie tym opadów jest nieco więcej niż wynoszą potrzeby kukurydzy (+33,6 mm), a w Swadzimiu występuje niedobór w wysokości 61 mm. Tak więc różnice w dostępności wody opadowej sięgają blisko 100 mm. Co ciekawe, rozkłada się to mniej więcej równo na wszystkie 5 miesięcy wegetacji.

W kolejnych latach badań różnice termiczne między lokalizacjami doświadczenia były zbliżone do różnic za wielolecie. We wszystkich latach temperatury w Owidzu były niższe, od 0,6°C w roku 1996 do 1,3°C w 1998 r. Największe różnice stwierdzano dla miesięcy wiosennych, natomiast dla lipca i sierpnia były one mniejsze. W Owidzu jedynie w roku 1996 poziom opadów był niższy niż w Swadzimiu. Opady w okresie prowadzenia doświadczenia w obu lokalizacjach były znacznie wyższe od średnich wieloletnich. W miesiącach IV–X wyniosły one średnio 472,5 mm w Owidzu i 443,1 mm w Swadzimiu, przy opadach wieloletnich wynoszących odpowiednio 368,8 mm i 350,7 mm. Doświadczenie więc zbiegło się z latami stosun-

Tabela 1

Warunki pogodowe panujące w czasie trwania doświadczenia (1996–1998)  
oraz w okresie wieloletnim (1954–1995)  
Weather conditions during the experiment (1996–1998)  
and in long-term period (1954–1995)

Miesiąc Month	Lata doświadczenia Years of experiment						Okres wieloletni Long-term period	
	1996		1997		1998		1954–1995	
	Owidz	Swadzim	Owidz	Swadzim	Owidz	Swadzim	Radostowo	Swadzim
Średnie temperatury powietrza; Mean air temperatures								
IV	7,1	8,3	4,6	5,5	8,2	10,4	6,1	7,6
V	11,8	12,7	10,9	12,9	13,3	14,9	11,6	13,1
VI	15,6	16,4	15,8	17,0	15,8	17,5	15,3	16,4
VII	15,6	15,8	18,1	18,1	16,3	17,7	17,1	18,2
VIII	18,1	18,5	19,7	20,0	15,3	16,7	16,6	17,5
IX	10,3	11,3	13,2	13,6	13,1	13,9	12,7	13,4
V–IX	14,3	14,9	15,5	16,3	14,8	16,1	14,7	15,7
Sumy opadów; Rainfall								
IV	4,4	13,8	42,9	39,9	50,5	30,4	29,7	33,0
V	84,3	74,2	84,2	67,6	61,2	30,0	47,4	52,2
VI	30,1	33,8	37,4	47,4	107,9	80,3	65,7	59,4
VII	69,6	216,2	121,0	177,4	94,0	61,1	72,3	68,4
VIII	78,8	48,7	67,9	35,1	72,9	58,4	64,7	58,1
IX	80,8	56,6	92,9	22,6	24,2	77,5	51,0	43,7
V–IX	343,6	429,5	403,4	350,1	360,2	307,3	301,1	281,8

Tabela 2

Optymalne opady dla kukurydzy oraz stopień ich pokrycia w okresie wieloletnim dla Radostowa  
i Swadzimia  
Optimum rainfall for maize and its distribution in long-term period for Radostowo and Swadzim

Miesiąc Month	Radostowo		Swadzim	
	optimum (Klatt)	nadmiar/niedobór excess/shortage	optimum (Klatt)	nadmiar/niedobór excess/shortage
Maj; May	43,0	+ 4,4	58,0	- 5,8
Czerwiec; June	57,0	+ 8,7	72,0	- 12,6
Lipiec; July	65,5	+ 6,8	81,5	- 13,1
Sierpień; August	61,0	+ 3,7	77,0	- 18,9
Wrzesień; September	43,0	+ 10,0	54,5	- 10,8
Razem; Total	267,5	+ 33,6	343,0	- 61,2

Źródło: Obliczenia własne na bazie wartości optymalnych Klatta (9)  
Source: Own calculation on the base of Klatt optimum data (9)

kowo wilgotnymi, co sprzyjało plonowaniu w Swadzimiu. Analizując poszczególne lata można stwierdzić, że chłodny i wilgotny rok 1996 był najmniej korzystny, jeżeli chodzi o przebieg warunków pogodowych. Lata 1997 i 1998 były stosunkowo ciepłe i wilgotne, co korzystnie wpływało na wegetację kukurydzy, zawartość suchej masy w roślinach i kolbach, a także na jej plonowanie.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Dojrzałość technologiczną do zbioru na kiszonkę kukurydza w lokalizacji pomorskiej uzyskała średnio po 120 dniach, a w warunkach Wielkopolski o blisko 6 dni wcześniej – po 114,4 dniach wegetacji (tab. 3). Długość okresu rozwoju wegetatywnego (od siewu do wyrzucania wiech) była w obu lokalizacjach podobna

Tabela 3

Terminy siewu i zbioru oraz długość wegetacji kukurydzy  
Sowing and harvest terms and vegetation duration for maize

Lokalizacja Locality	Wyszczególnienie Specification	Lata; Years			Średnio Average
		1996	1997	1998	
Owidz/Zelgoszcz	termin siewu; sowing time	30.04	30.04	30.04	-
	termin zbioru; harvest time	20.09	15.09	16.09	-
Swadzim	termin siewu; sowing time	30.04	05.05	05.05	-
	termin zbioru; harvest time	19.09	10.09	08.09	-
Fazy wegetacji (dni); Vegetation phases (days)					
Owidz/Zelgoszcz	siew – wyrzucanie wiech sowing – rippening	76,0	77,2	71,8	75,0
	wiechowanie – dojrzałość woskowa ripening – waxy maturity	38,2	43,4	53,8	45,1
Swadzim	siew – wyrzucanie wiech sowing – rippening	75,0	77,8	71,2	74,7
	wiechowanie – dojrzałość woskowa ripening – waxy maturity	30,2	37,2	51,6	39,7
Okres siew – dojrzałość woskowa (dni); Sowing – waxy maturity (days)					
Owidz/Zelgoszcz	Esslia	110	117	122	116,3
	Dragon	113	119	124	118,7
	Malta	115	121	126	120,7
	Ela	116	122	126	121,3
	Galix	117	124	130	123,7
	Średnio; Average	114,2	120,6	125,6	120,1
Swadzim	Esslia	103	113	120	112,0
	Dragon	107	114	122	114,3
	Malta	105	116	124	115,0
	Ela	103	115	124	114,0
	Galix	108	117	124	116,3
	Średnio; Average	105,2	115,0	122,8	114,3

i wynosiła ok. 75 dni. Wyraźne różnice natomiast wystąpiły w okresie rozwoju generatywnego – od wyrzucania wiech do dojrzałości woskowej (późna ciastowata). W Owidzu/Zelgoszczy okres ten trwał średnio 45,1 dnia (od 38 dni w roku 1996 do 54 dni w roku 1998). Dla Swadzimia średnia wyniosła 39,7 dnia, wahając się od 30 do 52 dni odpowiednio dla lat 1996 i 1998 (tab. 3).

Długość wegetacji była związana z wczesnością mieszańca. Odmiany Esslia i Dragon w warunkach Owidza/Zelgoszczy dojrzewały o ok. 4 dni później niż w Swadzimiu, podczas gdy średnio wczesna odmiana Galix średnio o 8 dni później. W warunkach chłodniejszych różnice odmianowe zaznaczyły się wyraźniej – na Pomorzu między odmianami o skrajnej wczesności sięgały 8 dni, podczas gdy w Swadzimiu tylko 4 dni. Podobne zależności dla odmian wczesnych w Swadzimiu stwierdzili inni autorzy (6, 12). Na północy szybko dojrzewała odmiana Dragon (podobnie jak najwcześniejsza Esslia), zaś wyraźnie wolniej od oczekiwań odmiana Ela – w terminie zbliżonym do Galix. Odmiany te pod względem tempa dojrzewania były podobne do skrajnych pod względem liczby FAO, łamiąc nieco ogólny trend – im większa liczba FAO, tym dłuższy okres wegetacji.

Podstawowym czynnikiem warunkującym uzyskanie dobrej kiszonki z całych roślin kukurydzy jest odpowiednia struktura wyprodukowanego surowca, czyli ponad 50-procentowy udział kolb i zawartość suchej masy w całych roślinach w granicach 30–35% (7, 8, 11, 13). W badaniach własnych średnia za trzy lata zawartość suchej masy w całych roślinach wyniosła 28,7% w Owidzu/Zelgoszczy i 32% w Swadzimiu (tab. 4), co oznacza, że warunki siedliskowe występujące w tych miejscowościach istotnie różnicowały tę cechę. Na północy stwierdzono mniejszą zawartość suchej masy w łodygach i liściach (o 2,3 punktu procentowego), a przede wszystkim w kolbach (o 11 punktów procentowych). Różnice w zawartości s.m. w całych ro-

Tabela 4

Zawartość suchej masy w czasie zbioru kukurydzy (średnie z badanych odmian)  
Dry mater content at harvest of maize (mean for tested cultivars)

Wyszczególnienie Specification	Lokalizacja Locality	Lata; Years			Średnio Average
		1996	1997	1998	
Zawartość suchej masy w kolbach	Owidz/Zelgoszcz	50,1	41,2	41,2	44,2
	Swadzim	55,3	55,5	54,6	55,1
Dry matter content in cobs	NIR; LSD ( $\alpha = 0,05$ )	-	-	-	0,45*
Zawartość suchej masy w łodygach i liściach	Owidz/Zelgoszcz	20,3	20,3	20,4	20,3
	Swadzim	21,5	20,6	25,6	22,6
Dry matter content in stem with leaves	NIR; LSD ( $\alpha = 0,05$ )	-	-	-	0,19*
Zawartość suchej masy w całych roślinach	Owidz/Zelgoszcz	29,8	28,2	28,1	28,7
	Swadzim	31,3	31,7	33,1	32,0
Dry matter content in whole plants	NIR; LSD ( $\alpha = 0,05$ )	-	-	-	0,28*

\* testowane tylko do błędu odtworzonego; tested only to error

ślinach były mniejsze i wyniosły 3,3 punktu procentowego, bowiem zawartość s.m. w całych roślinach zależy również od struktury plonu, zaś udział kolb w świeżej masie w Owidzu/Zelgoszczu był wyraźnie większy (tab. 5). Średnia zawartość s.m. w kukurydzy zbieranej w Owidzu wyniosła 28,7% i była o 0,4% mniejsza od wyniku w grupie odmian wczesnych w doświadczeniu COBORU w sąsiadującym Radostowie (19–21).

Tabela 5

Plony świeżej masy kukurydzy i udział kolb w plonie (średnie z badanych odmian)  
Maize fresh matter yields and percentage of cobs in the yield (mean for tested cultivars)

Wyszczególnienie Specification	Lokalizacja Locality	Lata; Years			Średnio Average
		1996	1997	1998	
Plon całych roślin Whole plant yield (dt·ha <sup>-1</sup> )	Owidz/Zelgoszcz	451,8	480,1	451,8	461,2
	Swadzim	524,2	477,9	499,6	500,6
	NIR; LSD ( $\alpha = 0,05$ )	-	-	-	10,41*
Plon kolb Cobs yield (dt·ha <sup>-1</sup> )	Owidz/Zelgoszcz	129,7	180,6	168,5	159,6
	Swadzim	150,5	134,9	130,0	138,5
	NIR; LSD ( $\alpha = 0,05$ )	-	-	-	3,65*
Udział kolb Percentage of cobs (%)	Owidz/Zelgoszcz	31,83	37,70	37,51	35,7
	Swadzim	28,86	28,30	26,00	27,7
	NIR; LSD ( $\alpha = 0,05$ )	-	-	-	0,63*

\* testowane tylko do błędu odtworzonego; tested only to error

W naszym klimacie zawartość 28–30% s.m. można uznać za poziom wystarczający dla uzyskania dobrej jakości kiszonki (2, 12–14). Górna granica zawartości suchej masy w roślinach przeznaczonych na kiszonkę wynosi 35%. Nadmierna zawartość suchej masy i pogarszająca się wraz z dojrzewaniem strawność łądyg i liści powodują zmniejszenie efektywności żywieniowej wskutek gorszego trawienia i zwiększenia strat silosowych (10, 12, 18). Według tych wskaźników w obu miejscowościach zawartość suchej masy gwarantowała uzyskanie odpowiedniej jakości kiszonki, przy jednocześnie wysokim udziale kolb w strukturze suchej masy rośliny – 53% w Swadzimiu i prawie 55% w Owidzu/Zelgoszczu (tab. 6). Można zauważyć, że mimo dłuższego okresu wegetacji (podobny lub wcześniejszy termin siewu i późniejszy termin zbioru – tab. 3), w warunkach Pomorza uzyskano niższy plon suchej masy, w tym również kolb. Świadczyć to może o nieco zbyt wczesnym terminie zbioru zastosowanym w tych warunkach. Pamiętać jednak należy, że na północy kraju jesień nadchodzi szybciej i zwlekanie ze sprzętem kukurydzy zwiększa zagrożenie przemarzeniem plonu. Trzeba wziąć też pod uwagę obawy przed stratami związanymi z żerowaniem dzikich zwierząt i wzmocnionymi kradzieżami kolb – szczególnie powszechnymi w rejonach o mniejszych powierzchniach uprawy kukurydzy.

Plony kukurydzy kiszonkowej różniły się w zależności od lokalizacji doświadczenia. Niższą wydajność z hektara uzyskano w chłodniejszych warunkach Pomorza (tab. 5-6). W Owidzu/ Zelgoszczy średni plon świeżej masy wyniósł 461 dt·ha<sup>-1</sup>, tj. o 8% mniej niż w Swadzimiu, natomiast w plonach suchej masy różnica wyniosła aż 19%. Porównywalne natomiast z danymi ze Swadzimia były wyniki doświadczenia COBORU w SDOO Radostowo (ok. 30 km w linii prostej od Owidza/Zelgoszczy) dla tych samych lat i dla tej grupy odmian (18–20). Uzyskane w badaniach własnych plony świeżej masy były niższe o 18%, a suchej masy o 22% w porównaniu z Radostowem. Mimo to wynik ten należy uznać za dobry, bowiem stacja w Radostowie leży o 50 m n.p.m. niżej i ma zdecydowanie lepsze gleby.

Tabela 6

Plony suchej masy kukurydzy i udział kolb w plonie (średnie z badanych odmian)  
Maize dry matter yields and percentage of cobs in the yield (mean for tested cultivars)

Wyszczególnienie Specification	Lokalizacja Locality	Lata; Years			Średnio Average
		1996	1997	1998	
Plon całych roślin Whole plant yield (dt·ha <sup>-1</sup> )	Owidz/Zelgoszcz	118,2	135,0	127,8	127,0
	Swadzim	163,6	138,4	165,7	155,9
	NIR; LSD ( $\alpha = 0,05$ )	-	-	-	2,73*
Plon kolb Cobs yield (dt·ha <sup>-1</sup> )	Owidz/Zelgoszcz	65,0	74,3	69,4	69,6
	Swadzim	83,2	73,9	71,1	76,1
	NIR; LSD ( $\alpha = 0,05$ )	-	-	-	1,74*
Udział kolb Percentage of cobs (%)	Owidz/Zelgoszcz	55,25	55,99	54,49	54,9
	Swadzim	50,90	53,51	55,24	53,2
	NIR; LSD ( $\alpha = 0,05$ )	-	-	-	0,89*

\* testowane tylko do błędu odtworzonego; tested only to error

Ograniczenie plonowania całych roślin w Owidzu/Zelgoszczy częściowo wyrównywane było większym plonem świeżej masy kolb, których udział w plonie był wyższy aż o 8% (tab. 5). W przeliczeniu na suchą masę tendencje te po części odwróciły się – plony kolb były większe w Swadzimiu (wyższa zawartość s.m. w kolbach), natomiast większy udział kolb stwierdzono dalej w kukurydzy zbieranej w Owidzu/Zelgoszczy (tab. 6). Było to skutkiem niższej zawartości s.m. w kolbach kukurydzy uprawianej na północy.

Zawartość suchej masy w czasie zbioru u wszystkich odmian była zbliżona do wymaganej wartości 30% – na północy nieco poniżej, zaś w Wielkopolsce nieco powyżej tej granicy. Wyniki te dla testowanych odmian były zbliżone do rezultatów badań tych samych mieszańców uzyskanych przez Kruczyńską i in. (12). W warunkach północnej Polski nieco korzystniej kształtowała się zawartość suchej masy

u wczesnych odmian: Esslia, Dragon i Ela – o typowym, szybszym dojrzewaniu części wegetatywnych (tab. 7), natomiast niższa była u odmian Malta i Galix, które można zaliczyć do pierwszych odmian charakteryzujących się dojrzewaniem typu stay-green, a więc długo zieloną łodygą i liśćmi. Na tego typu różnice odmianowe wskazują też Hartmann i in. (10) oraz Schwarz i Ettl (18). Natomiast w Swadzimiu różnice te były mniej jednoznaczne – najwyższą zawartością s.m. charakteryzowała się odmiana Ela, ale zaraz potem – Galix.

Odmiany wczesne mają szczególne znaczenie w północnym rejonie kraju, gdyż ich uprawa umożliwia zbiór we właściwych fazach rozwojowych, bez konieczności jego przyspieszania z obawy przed niekorzystnymi warunkami pogodowymi (10, 21). Plon biomasy odmian wczesnych jest jednak na ogół niższy niż odmian późniejszych (1, 2, 4-6, 13). Potwierdzono to również w badaniach własnych, gdzie najwyżej plonowała w obu lokalizacjach najpóźniejsza odmiana Galix. Najniżej z kolei plonowały odmiany najwcześniejsze Esslia i Dragon (tab. 7). W warunkach północnych relatywnie najgorzej plonowała odmiana Ela – plon s.m. był aż o 25%, natomiast plon kolb tylko o 3% mniejszy niż w Swadzimiu. Minimalnym spadkiem plonu kolb (o 0,4%) charakteryzowała się odmiana Dragon, której plon ogólny był mniejszy o 14%. Plony całych roślin oraz plony kolb odmian Malta i Galix w warunkach północnych obniżały się odpowiednio o 16–20% oraz o 10%.

Zgodnie z oczekiwaniami wczesne odmiany charakteryzowały się wyższym udziałem kolb w plonie (54–55%) niż późniejsza odmiana Galix (51%). U więk-

Tabela 7

Plonowanie i parametry jakościowe w zależności od odmian i miejscowości (średnie z 3 lat)  
Yielding and quality parameters depending on cultivars and locality (mean from 3 years)

Odmiany Cultivars	Lokalizacja Locality	Zawartość suchej masy Dry matter content (%)		Plon suchej masy Dry matter yield (dt·ha <sup>-1</sup> )		Plon s.m. kolb Cobs DM yield (dt·ha <sup>-1</sup> )		Udział kolb w plonie s.m. Cobs share in dry matter yield (%)	
Esslia	Owidz/Zelgoszcz	29,1	30,1	122,3	134,8	68,8	71,1	56,4	55,4
	Swadzim	31,2	30,1	147,3	134,8	73,3	71,1	54,4	55,4
Dragon	Owidz/Zelgoszcz	29,0	30,6	124,9	135,1	69,1	69,3	55,4	54,3
	Swadzim	32,2	30,6	145,3	135,1	69,4	69,3	53,2	54,3
Malta	Owidz/Zelgoszcz	28,2	29,9	131,2	143,7	73,2	77,7	55,7	55,6
	Swadzim	31,6	29,9	156,2	143,7	82,2	77,7	55,5	55,6
Ela	Owidz/Zelgoszcz	29,0	31,0	122,4	142,5	67,4	73,4	55,2	54,2
	Swadzim	33,1	31,0	162,5	142,5	69,2	73,4	53,3	54,2
Galix	Owidz/Zelgoszcz	28,3	30,2	134,0	151,1	69,1	72,7	51,8	50,7
	Swadzim	32,2	30,2	168,2	151,1	76,3	72,7	49,7	50,7
NIR; LSD ( $\alpha = 0,05$ )		0,55*	1,05	6,09*	9,00	3,87*	5,85	2,09*	2,38

\* testowane tylko do błędu odtworzonego; tested only to error

szości odmian w warunkach Owidza/Zelgoszczy wystąpiła tendencja do wzrostu udziału kolb (o ok. 2 punkty procentowe). Trend taki nie dotyczył jedynie odmiany Malta (tab. 7). Tak więc, zmniejszenie plonów, do którego dochodziło na ogół w chłodniejszych warunkach, było rekompensowane dobrymi plonami kolb oraz większym ich udziałem w plonie. Wskazuje to na poprawę jakości i wartości zebranego plonu, bowiem udział kolb jest – jak zgodnie podkreśla większość autorów, jednym z podstawowych parametrów jakościowych (2, 3, 6, 13, 17, 18).

#### WNIOSKI

1. Warunki rozwojowe kukurydzy w południowej części województwa pomorskiego różnią się znacząco w porównaniu ze środkową Wielkopolską. Wyraża się to przede wszystkim niższymi temperaturami i sumami temperatur w okresie wegetacji oraz lepszymi warunkami wilgotnościowymi. W odniesieniu do potrzeb wodnych kukurydzy w warunkach Pomorza występuje nadwyżka opadów (+33 mm), natomiast w warunkach Wielkopolski wyraźny ich niedobór (-61 mm). Łącznie więc różnice w zaopatrzeniu kukurydzy w wodę między obiema lokalizacjami sięgają blisko 100 mm opadu.

2. W latach, w których realizowano doświadczenia polowe, średnia temperatura dobowa za okres maj–wrzesień w lokalizacji północnej (Owidz k. Starogardu Gdańskiego) była niższa średnio o 1°C, przy jednocześnie wyższej sumie opadów o 29,4 mm. w porównaniu z Wielkopolską (Swadzim k. Poznania).

3. Lokalizacja badań wywarła istotny wpływ na długość i przebieg wegetacji kukurydzy. W Owidzu/Zelgoszczy okres wegetacji kukurydzy od siewu do osiągnięcia dojrzałości woskowej był dłuższy o 4–7 dni niż w Swadzimiu (w zależności od odmiany i roku badań).

4. Warunki siedliskowe różnicowały zawartość suchej masy w kukurydzy zbieranej na kiszonkę, zarówno w całych roślinach, jak i elementach ich struktury. Zawartość suchej masy w kukurydzy uprawianej w warunkach Pomorza wyniosła średnio 28,7% i była mniejsza o 3,3% od zawartości suchej masy w Swadzimiu. Większe różnice wystąpiły w zawartości s.m. w kolbach, która na Pomorzu była mniejsza o 11 punktów procentowych. Biorąc pod uwagę wymagania odnośnie surowca do kiszzenia, zawartość s.m. w zbieranym plonie w obu miejscowościach gwarantowała uzyskanie odpowiedniej jakości kiszonki.

5. W zmiennych warunkach siedliskowych zróżnicowaniu ulegał także plon suchej masy kukurydzy z obu stanowisk. W Owidzu/Zelgoszczy zanotowano wyniki niższe o 18,5% w odniesieniu do całych roślin i o 8,5% dla samych kolb. Warto natomiast podkreślić, że w lokalizacji pomorskiej udział kolb w s.m. plonu był średnio większy o 1,7 punktu procentowego w porównaniu z wynikami z Wielkopolski.

6. Wykazano, że odmiany wczesne plonowały średnio o 5–10% niżej, przy większym jednak o 5 punktów procentowych udziale kolb, od średnio wczesnej odmiany Galix. Niższy plon odmian wczesnych był głównie skutkiem mniejszej masy łodyg i liści, a spadek był na ogół tym większy, im odmiana była wcześniejsza.



7. Stwierdzono indywidualną reakcję odmian na uprawę w warunkach północnej Polski. Plon łodyg i liści odmiany Ela obniżał się najsilniej (o 41%), podczas gdy pozostałych odmian o 27–29%. Z kolei obniżka plonu kolb była największa u odmian Malta i Galix (10–11%), natomiast u odmiany Dragon nie wystąpiła.

8. Spośród badanych mieszańców, odmiana Galix gwarantowała w obu lokalizacjach uzyskanie wysokiego plonu suchej masy, ale o mniejszym udziale kolb. Do uprawy na kiszonkę wysokoenergetyczną w warunkach Pomorza Gdańskiego najlepsza okazała się odmiana Malta lub ewentualnie Esslia – na wczesny zbiór, zaś dla Wielkopolski odmiana Malta.

#### LITERATURA

1. Adamczyk J., Kurczyk Z., Warzecha R.: Osiągnięcia i perspektywy polskiej hodowli kukurydzy. W: Problemy agrotechniki oraz wykorzystania kukurydzy i sorgo; red. T. Michalski. Wyd. UP Poznań, 2008, 9-19.
2. Adelana B. O., Milbourn G.M.: The growth of maize. I. The effect of plant density on yield of digestible dry matter and grain. *J. Agric. Sci. Camb.*, 1972, **78**: 65-71.
3. Bänderova A.: Obsah a produkce glycidove sloužky u kukuřice na silaž. *Rostl. Vyr.*, 1986, **1**: 1-7.
4. Borowiecki J.: Biologiczne aspekty plonowania kukurydzy. Mat. konf. „Stan badań nad agrotechniką kukurydzy w Polsce”. IUNG Puławy, 1988, **I**: 9-19.
5. Dubas A., Michalski T.: Czynniki wpływające na wybór optymalnego terminu zbioru kukurydzy kiszonkowej. Mat. konf. „Stan badań nad agrotechniką kukurydzy w Polsce”. IUNG Puławy, 1988, **I**: 94-102.
6. Dubas A., Michalski T., Sulewska H.: Przydatność odmian kukurydzy o różnej wczesności do uprawy na kiszonkę. *Rocz. Nauk Rol.*, 1993, ser. A, **110(1-2)**: 93-101.
7. Dubas A., Michalski T.: Kukurydza w Polsce po II wojnie światowej. *Pam. Puł.*, 2004, **130/I**: 115-123.
8. Górski T.: Model agroklimatu Polski. *Pam. Puł.*, 2002, **130/I**: 251-260.
9. Grabarczyk S.: Melioracje rolne. W: Podstawy agrotechniki. Praca zbiorowa pod red. W. Niewiadomskiego. PWRiL Warszawa, 1975, 77-135.
10. Hartmann A., Presterl T., Geiger H.: Bestimmung des optimalen Erntezeitpunktes von Silomaisorten mit langsamer versus schneller Restpflanzenabreife. *FAL, Landbauforschung Völknerode*, 2000, **217**: 86-93.
11. Królikowski Z.: Kukurydza na kiszonkę – dobór odmian. *Kukurydza*, 1999, **2(14)**: 4-9.
12. Kruczyńska H., Darul K., Michalski T., Nowak W.: Chemical composition and ruminal degradability of dry matter and crude protein from maize silages and dry matter from maize grain. *Ann. Anim. Sci./Rocz. Nauk. Zoot.*, 2000, **27(4)**: 271-278.
13. Michalski T.: Wpływ obsady roślin, wczesności odmian oraz terminu zbioru na plony i wartość pastewną kukurydzy kiszonkowej. *Rocz. AR Poznań*, 1980, *Rozpr. Nauk.* **104**.
14. Michalski T.: Plony i wartość pokarmowa kukurydzy zbieranej na kiszonkę w późnych stadiach dojrzałości. *PTPN Poznań*, 1988, *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych*, **LXV**: 149-158.
15. Michalski T., Siódmiak J.: Potencjał produkcyjny odmian kukurydzy oraz kryteria doboru odmian do różnych kierunków użytkowania. *Wiś Jutra*, 2002, **6(47)**: 34-35.
16. Nieróbca A., Kozyra J., Mizak K.: Zmiany warunków termicznych dla uprawy kukurydzy w Polsce. W: Problemy agrotechniki oraz wykorzystania kukurydzy i sorgo. pod red. T. Michalskiego. Wyd. UP Poznań, 2008, 26-30.
17. Reichenbach A., Martin B.: Einfluss der agrotechnischen Massnahmen auf die Qualität von Silomais. *Feldwirtschaft*, 1983, **4**: 169-170.

18. Schwarz F.J., Ettle T.: Erntezeitpunkt, Sorte und deren Einfluss auf Inhaltsstoffe, Verdaulichkeit und in situ-Abbaubarkeit der Stärke von Silomais. *FAL, Landbauforschung Völkenrode*, 2000, **217**: 102-115.
19. Siódmiak J., Heimann H.: Kukurydza pastewna. Synteza wyników doświadczeń odmianowych 1996. *COBORU Słupia Wielka*, 1997, z. **1111**.
20. Siódmiak J., Heimann H.: Kukurydza pastewna. Synteza wyników doświadczeń odmianowych 1997. *COBORU Słupia Wielka*, 1998, z. **1133**.
21. Siódmiak J., Heimann H.: Kukurydza pastewna. Synteza wyników doświadczeń odmianowych 1998. *COBORU Słupia Wielka*, 1999, z. **1155**.
22. Sulewska H.: Środowiskowe i ekonomiczne uwarunkowania uprawy i kierunków użytkowania kukurydzy w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1997, **450**: 19-29.
23. Sulewska H.: Wymagania środowiskowe kukurydzy i możliwości jej uprawy w Polsce. W: *Technologie uprawy kukurydzy*. Red. A. Dubas, Wyd. Wieś Jutra, Warszawa, 2004, 16-23.

#### A COMPARISON OF THE SIZE AND STRUCTURE OF MAIZE YIELD GROWN FOR SILAGE IN CONDITIONS OF GDAŃSK POMERANIA AND WIELKOPOLSKA

##### Summary

The reactions of maize grown for silage to environmental conditions were studied in the years 1996–1998 realizing field experiments, in comparable soil conditions, in two localities: in Pomerania in the vicinity of Stargard Gdański (Owidz/Zelgoszcz) and in Swadzim near Poznań. The efficiency and structure of the yield of five maize cultivars were determined. The cultivars included – early: Esslia – FAO 170–180, Dragon – FAO 200, Malta – FAO 210, Ela – FAO 210 and the medium early Galix – FAO 240. Harvesting of plants was done when the grain reached its wax maturity and about 30% of dry matter in the total plants. The mean temperature in the period May–September in the northern localization was lower by 1°C and at the same time, the sum of rainfalls was by 20–30 mm higher. In reference to water requirements by maize in the conditions of Pomerania, an insignificant surplus of rainfalls (+33 mm) occur, while in Wielkopolska, there was a distinct deficiency of rainfalls (-61 mm).

Habitat conditions differentiated the content of dry matter and the yield size. Maize grown in the conditions of Pomerania was harvested when the mean d.m. content was 28.7%, i.e. when it contained by 3.3% less d.m. than the maize in Swadzim. Still higher differences occurred in the d.m. content in the cobs, which in Pomerania was by 11 points lower. In addition, the yields of maize for silage were lower in the northern locality as compared with Swadzim. Yields of fresh matter of the whole plants were smaller by 7.9%, and dry matter yields were lower by 18.5%. On the other hand, the share of cobs in the northern conditions was higher by 1.7 point in d.m.

Early cultivars in both localities yielded by 5–10% less than ‘Galix’ cultivar; however, they had on average 5% higher number of cobs. All cultivars, in the conditions of northern Poland, showed a strong decrease in the yield of stems and leaves (on average 31%). In reference to cobs, the decrease was lower (6%). The greatest decrease in the vegetative matter was shown by the cultivar ‘Ela’ (41%), while in the remaining cultivars, the decrease showed 27–29%. In turn, the greatest decrease in the number of cobs was found in the cultivars ‘Malta’ and ‘Galix’ (10–11%). On the other hand, in ‘Dragon’ cultivar, no decrease was observed.

*Praca wpłynęła do Redakcji 27 VI 2007 r.*

KATARZYNA NIJAK

Zakład Ekologii i Ochrony Środowiska Rolniczego  
Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu

## NAJWAŻNIEJSZE SZKODNIKI WIELOLETNICH ROŚLIN ENERGETYCZNYCH

The main pest of perennial bioenergy crops

**ABSTRAKT:** Większość wieloletnich roślin energetycznych, z wyjątkiem wierzby wiciowej, to gatunki obce dla Polski. Brak jest opracowań na temat szkodników tych roślin. Wraz ze zwiększającym się arealem uprawy roślin energetycznych bardzo ważne staje się poznanie ich agrofagów. W Instytucie Ochrony Roślin – PIB w Poznaniu podjęto obserwacje entomofauny szkodliwej na takich plantacjach na terenie całej Polski.

Na wierzbie bardzo licznie obserwowano występowanie niekreślanki wierzbówki (*Earias chlo-rana*), krytoryjka olchowca (*Cryptorrhynchus lapathi*) oraz różnych gatunków pluskwiaków różno-skrzydłych (*Heteroptera*). Problemem była także mszyca wierzbowa-korowa (*Tuberolachnus salignus*) występująca jako nowy gatunek w Polsce, a zasiedlająca na niektórych plantacjach 100% roślin. Wiele uszkodzeń spowodowały też gąsienice różnych gatunków motyli (*Lepidoptera*).

Ślazowiec pensylwański uznawano wcześniej za roślinę wolną od agrofagów, jednak obserwacje wykazały obecność na niej wielu szkodników polifagicznych. Najliczniej występowały: pluskwiaki różnoskrzydłe (*Heteroptera*), muchówki (*Diptera*) i chrząszcze (*Coleoptera*).

Na miskańcie olbrzymim zaobserwowano uszkodzenia spowodowane przez łokasia garbatka (*Za-brus tenebrioides*), jak również niewielkie ślady minowania liści.

Na roślinach wpisanych na listę organizmów inwazyjnych, takich jak topinambur i rdest sachaliński, szkodnikami były pluskwiaki różnoskrzydłe (*Heteroptera*).

Rdest sachaliński był zasiedlany przez mszyce (*Aphis spp.*), a na liściach obserwowano wygryzie-nia spowodowane przez gąsienice motyli (*Lepidoptera*).

Problem, który będzie dotyczył wszystkich roślin energetycznych, stanowią szkodniki glebowe. Na plantacjach zaobserwowano kilka gatunków chrząszczy, których larwy żerują w glebie nawet do pięciu lat.

**słowa kluczowe – key words:**

rośliny energetyczne – *bioenergy plants*, szkodniki – *pests*, występowanie – *occurrence*

### WSTĘP

Kryzys energetyczny na świecie zmusza do poszukiwania nowych źródeł energii. Powoduje to coraz większe zainteresowanie w wielu krajach odnawialnymi źródłami energii, w tym biomasą roślin. Uprawa roślin na cele energetyczne zajmuje

w naszym kraju coraz większy areał. Konieczne jest opracowanie programów ich ochrony przed agrofagami (9). Ochrona jest szczególnie ważna w przypadku roślin młodych. Do grupy roślin energetycznych wieloletnich można zaliczyć wierzbę wiciową (*Salix viminalis*), słonecznik bulwiasty (topinambur) (*Helianthus tuberosus*), ślazowiec pensylwański (*Sida hermaphrodita*), trawy rodzime i introdukowane, rdest sachaliński (*Reynoutria sachalinensis*). Jako rośliny wieloletnie będą one rosły na jednym stanowisku przez 15, a nawet 20 lat. Takie warunki tworzą korzystne środowisko do rozwoju agrofagów.

Najlepiej poznaną i wielokrotnie opisywaną rośliną energetyczną jest wierzba wiciowa.

Jedną z najslabiej poznanych roślin jest ślazowiec pensylwański, należący do rodziny ślazowatych (*Malvaceae*), uprawiany na cele energetyczne wyłącznie w Polsce (2). Poznanie zagrożeń ułatwi wprowadzenie nowych programów ochrony dla tej rośliny. Brak takiej wiedzy w razie wystąpienia szkodnika może doprowadzić do całkowitego zniszczenia plantacji, na skutek źle podejmowanych decyzji związanych z uprawą. Konieczne jest również rozpoznanie dostosowania biologii znanych gatunków szkodników do nowych roślin, a także rozpatrzenie możliwości inwazji gatunków obcych.

#### SZKODNIKI WIERZBY

Wiedza na temat szkodników występujących na wieloletnich roślinach energetycznych jest bardzo skromna (7), tylko szkodniki wierzby znane są od lat (11). W przypadku wierzby energetycznej szczególnie ważna jest ochrona młodych plantacji (3), gdyż obecność fitofagów w pierwszym roku wegetacji lub na jednorocznym odroście może spowodować znaczne obniżenie ilości i jakości plonu. Wierzba jako jedyna z roślin energetycznych wieloletnich ma szkodniki specyficzne dla tego gatunku. Do tych szkodników zaliczyć należy pluskwiki równo- i różnoskrzydłe, chrząszcze i motyle. W zależności od gradacji populacji szkodnika możemy mówić o zagrożeniu plantacji. Licznie występującym szkodnikiem w uprawach wierzby jest niekreślanka wierzbowka (*Earias chlorana* L.). Gąsienice tego małego, zielonego motyla oplatają przedzą szczytowe pędy i żerując wewnątrz oplotu niszczą stożek wzrostu. Powoduje to wyginanie się pędów oraz powstawanie bocznych odrostów, tzw. miotlastości pędów. Przepoczwarczenie odbywa się w lipcu, a w sierpniu pojawiają się gąsienice drugiego pokolenia. Kolejnym motylem powodującym uszkodzenia pędów jest przeziernik mróweczka (*Synanthedon formicaeformis*), którego samica składa jaja na pędach w uszkodzeniach kory. Gąsienice wygryzają wewnątrz pędy powodując ich łamliwość. Przepoczwarczenie następuje wewnątrz chodnika. W sezonie wegetacyjnym 2007 r. przeziernik okazał się dużym problemem na plantacjach w Kotlinie Kłodzkiej, w okolicach Zielonej Góry i na plantacjach w woj. zachodniopomorskim. Okazuje się jednak, że nie wszystkie odmiany wierzby są jednakowo atakowane przez tego szkodnika. Największą liczebność przeziernik

uzyskiwał na odmianie Marzęcińskiej, nawet do 70% roślin było zasiedlonych. Natomiast na szwedzkich odmianach wierzby zanotowano wysoką liczebność jątrewki wiklinówki (*Phyllosecta vitellinae* L.). Jest to niewielki chrząszcz, którego zarówno owad dorosły, jak i larwa żerują na liściach. W 2007 roku obserwowano duże nasilenie tego szkodnika na wszystkich kontrolowanych plantacjach. Nawet do 50% roślin zostało przez niego zasiedlonych. Owady szkieleтую liście ograniczając powierzchnię asymilacyjną, mogą doprowadzić nawet do zasychania pędów. Zimują osobniki dorosłe w glebie lub między zaschniętymi liśćmi. Jątrewki mogą wytwarzać do trzech pokoleń w ciągu roku. Innym chrząszczem, też często spotykanym, jest krytoryjek olchowiec (*Cryptorrhynchus lapathi*). Szkody wyrządzają larwy wgryzające się do rdzenia i drążące korytarz do wierzchołka. Uszkodzone pędy są wewnątrz puste, dlatego łatwo się łamią. Cykl rozwojowy trwa 1–2 lata. Pod koniec lipca wychodzą dojrzałe owady, ale część z nich może pozostać w pędach do następnej wiosny, doprowadzając do ich zasychania. Na niektórych plantacjach udział uszkodzonych przez krytoryjka pędów dochodzi do 30%. Chrząszcze naliściak klonowiec (*Phyllobius psittacinus*) i naliściak brzozowiak (*Phyllobius betulae*) występują w niewielkim nasileniu. Zarówno larwy, jak i owady dorosłe żerują na roślinach. Larwy ogryzają korzenie, a imago liście. Znacznym problemem może się okazać pienik wierzbowy (*Aphrophora salicina*) i pienik olchowiec (*Aphrophora alni* Fall.). Są to pluskwiaki z rzędu równoskrzydłych. Żerują na pędach, nakłuwając rośliny i wysysając soki. Larwy otoczone są pienistą substancją. Żerują na pędach, co może w późniejszym etapie powodować łamliwość pędów. Wytwarzają tylko 1 pokolenie w ciągu roku. Obserwowany ostatnio w Polsce wzrost nasilenia występowania i szkodliwości pieników spowodowany jest wprowadzeniem monokultur i uproszczeniami w agrotechnice, a także zmianami klimatycznymi. W sezonie wegetacyjnym 2007 r. szczególnie licznie występowały na odmianach wierzby Marzęcińskiej, zasiedlając nawet do 40% roślin na plantacjach. Nowym problemem w Polsce jest występowanie mszycy wierzbowo-korowej (*Tuberolachnus salignus*). Potrafi ona zasiedlić nawet do 100% pędów na plantacji. Owady żerują na zdrewniałych częściach pędów powodując uszkodzenia kory, które umożliwiają wtórne infekcje, np. grzybowe, i są miejscem składania jaj przez inne owady. Uszkodzone pręty nie mogą być użytkowane jako materiał nasadzeniowy. Na pędach wierzby spotyka się także muchówki, takie jak pryszczarek liściowiec (*Dasyneura marginemtorquens*). Jest to dość mały owad, którego larwy żerują pod wąsko zagiętym do spodu brzegiem liścia tworząc zgrubienia, tzw. galasy. Na jednym liściu może występować kilka galasów, mogą pokrywać nawet całe brzegi liścia. W każdym z galasów żeruje jedna larwa. Liście silnie uszkodzone skracają się i opadają. Pryszczarek występuje na terenie całego kraju z różnym nasileniem, bez względu na odmianę wierzby.

Osobną grupę owadów stanowią szkodniki glebowe, atakujące wszystkie wymienione rośliny (6). Są to zarówno larwy muchówek leniowatych (*Bibionidae*), jak i larwy chrząszczy, takich jak osiewnik rolowiec (*Agriotes lineatus*) i ogrodnica niszczylistka (*Anomala horticola*), której imago żywi się liśćmi, oraz chrabąszcz

majowy (*Melolontha melolontha*). Efektem ich żerowania są uszkodzenia systemu korzeniowego, powstające zarówno na skutek wgryzania się do wnętrza korzeni, jak i podgryzania szyjki korzeniowej, co może spowodować obumarcie całej rośliny.

#### SZKODNIKI ŚLAZOWCA

Na roślinach ślazuwca stwierdzono występowanie przedziorków, mszyc, pluskwiaków wtykowatych i muchówek leniowatych. Ślazuwiec pensylwański jest opisywany w literaturze jako roślina wolna od agrofagów (2). Obserwacje entomologiczne nie potwierdziły tej opinii. Wszystkie zaobserwowane szkodniki zaliczono do polifagów, przy braku gatunków specyficznych dla ślazuwca. Owady uszkadzają przede wszystkim liście przez ich wysysanie lub wgryzanie (8). Obserwowane niewielkie uszkodzenia liści nie stanowiły jednak zagrożenia dla tak dużych roślin. Na około 30% roślin na plantacji zaobserwowano żółknięcie i zwijanie się dolnych liści spowodowane żerowaniem przedziorków (*Tetranychus spp.*). Uszkodzenia doprowadzały do przedwczesnego opadania liści, a jednocześnie osłabiały asymilację roślin. Wpływ żerowania przedziorków na obniżenie ilości uzyskiwanej biomasy nie jest jeszcze poznany. Na szczytach roślin zauważono żerujące mszyce (*Aphis spp.*) powodujące deformację pąków kwiatowych i liści wierzchołkowych. Należały do różnych gatunków, występowały w różnych terminach i w niewielkiej liczebności. W dużym nasileniu, zasiedlając do 50% roślin na plantacji, występowały pluskwiaki z rzędu *Heteroptera*. Gatunki te są uznawane za owady polifagiczne żerujące na liściach lub kwiatach. Ich liczebność w ciągu całego sezonu wegetacyjnego była zmienna. Stwierdzono występowanie *Lygus spp.*, *Mesocerus marginatus* L., *Dolycoris baccarum* L., *Graphosoma italicum* Müll., *Eurydema ornatum* L., nie stanowią one jednak dużego zagrożenia dla roślin. Larwy i owady dorosłe nakłuwają i wysysają soki z liści, pąków i młodych pędów. W miejscu nakłuc pojawiają się brunatne nekrozy, liście mogą marszczyć się i pękać. Mimo wystąpienia uszkodzeń niemal na wszystkich roślinach, ich wielkość nie przekraczała kilku procent powierzchni blaszek liściowych. W inny sposób uszkadzają rośliny gąsienice motyli z rodziny sówkowatych. Objadają one liście, co może doprowadzić do gołożerów i zniszczenia młodej uprawy. Na plantacji ślazuwca zanotowano na ok. 10% roślin występowanie piętnówki brukwianki (*Mamestra oleracea*). Ślazuwiec był atakowany również przez szkodniki glebowe omówione wcześniej.

#### SZKODNIKI MISKANTA

Miskant olbrzymi dopiero od kilku lat uprawiany jest w Polsce jako roślina energetyczna (4, 5). Na plantacji miskanta zaobserwowano żółto-czerwone przebarwienia łodyg, najprawdopodobniej spowodowane żerowaniem larw muchówek. Łodygi były odcięte przy ostatnim kolanku pod wiechą. Znalezione również liście uszko-

dzone przez łokasia garbatka (*Zabrus tenebrioides*), charakterystycznie postrzępione na końcach. Larwa łokasia żeruje na korzeniach i szyjkach korzeniowych. W młodych uprawach powoduje ogromne straty, jednak w przypadku dużych karp miskanta zagrożenie będzie mniejsze. Na plantacjach wieloletnich traw może okazać się on poważnym szkodnikiem. Łokaś występuje najczęściej na nieużytkach, pastwiskach, miedzach i łąkach. Z tego powodu plantacje miskanta stwarzają temu szkodnikowi dobre warunki rozwoju.

#### SZKODNIKI INNYCH ROŚLIN ENERGETYCZNYCH

Rdest sachaliński, chociaż znajduje się na liście roślin inwazyjnych, jest uznany za roślinę energetyczną ze względu na szybki przyrost biomasy. Jedynymi zaobserwowanymi na nim szkodnikami były mszyce (*Aphis spp.*), a stwierdzane uszkodzenia liści powodowane były przez gąsienice motyli (*Lepidoptera*).

Drugim gatunkiem uznanym za roślinę inwazyjną jest topinambur. Nalistnymi szkodnikami tej rośliny są polifagiczne pluskwiaki (*Heteroptera*) oraz chrząszcze sprężykowate (*Elateridae*). Większego zagrożenia można oczekiwać ze strony szkodników glebowych i gryzoni.

#### PODSUMOWANIE

Areál upraw energetycznych w Polsce będzie prawdopodobnie systematycznie wzrastał. Dlatego w Instytucie Ochrony Roślin prowadzone są badania nad opracowaniem programu ochrony tych roślin przed agrofagami, coraz liczniej je zasiedlającymi (10). Liczebność szkodników w pewnym zakresie ograniczają owady pożyteczne, np. złotooki, drapieżne chrząszcze i pluskwiaki (1). Wiadomo, iż duże nagromadzenie szkodników może spowodować ogromne straty biomasy. Należy więc prowadzić dalsze badania z uwzględnieniem testowania insektycydów przydatnych do ochrony tych upraw.

#### LITERATURA

1. Boczek J. (red.): Diagnostyka szkodników roślin i ich wrogów naturalnych. T. II, Warszawa SGGW, 1996.
2. Borkowska H., Styk B.: Ślaziowiec pensylwański (*Sida hermaphrodita* Rusby). Uprawa i wykorzystanie. Wyd. II, WAR, Lublin, 2006.
3. Czerniakowski Z.: Szkodliwe owady w matecznikach wierzby energetycznej. Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 2005, **45(1)**: 77-81.
4. Góral S., Góral M.: Trawy w uprawie polowej. PWRiL, Warszawa, 1987.
5. Kościk B., Kowalczyk-Juśko A., Kościk K.: Plantacje energetyczne traw wieloletnich. Wieś Jutra, 2004, **3(68)**: 56-57.

6. Mrówczyński M., Wachowiak H., Pruszyński G.: Zagrożenie upraw rolniczych przez szkodniki glebowe. *Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 2006, **46(1)**: 300-304.
7. Mrówczyński M., Nijak K., Pruszyński G., Wachowiak H.: Zagrożenie roślin energetycznych przez szkodniki. *Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 2007, **47(4)**: 347-350.
8. Osmołowski G. (red.): Klucz do oznaczania szkodników na podstawie uszkodzeń roślin uprawnych. Warszawa PWRiL, 1980.
9. Pruszyński S., Gacek E.: Rośliny energetyczne – nowe wyzwanie dla ochrony roślin. *Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 2005, **45**: 384-391.
10. Remlein-Starosta D., Nijak K.: Ślazowiec pensylwański – wstępne wyniki badań nad możliwościami ochrony przed agrofagami. *Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 2007, **47(4)**: 358-362.
11. Szczukowski S., Tworowski J., Stołarski M.: Wierzba energetyczna. Kraków, Wyd. Plantpress, 2004.

## THE MAIN PEST OF PERENNIAL BIOENERGY CROPS

### Summary

The majority of perennial bioenergy crops are foreign species for Poland. There is no data regarding pest for these plants. Coincidentally, with the growth of cultivating bioenergy crops, one very important factor is the recognition of agrophags. On short rotation willow, a high occurrence of *Earias chlorana* and *Cryptorrhynchus lapathi* and different *Heteroptera* species was observed. The separate problem is aphid *Tuberolachnus salignus*, new species for Poland, which colonized 100% of plants in plantations. Many leaf damages were caused by *Lepidoptera* caterpillar. Virginia mallow was known as plant free from agrophags, but in fact, pests were noted also on that species. The most numerous were *Heteroptera*, *Diptera*, and *Coleoptera*.

On *Miscanthus giganteus*, the damages caused by *Zabrus tenebrioides* were noted. In addition, traces of mining into leaves were observed.

Plants on the invasion list like *Reynoutria sachalinensis* and *Helianthus tuberosus* the main pests that were indentified was *Heteroptera*. *Reynoutria* was also colonized by *Aphis* spp., and on the leaves, damages were caused by *Lepidoptera* caterpillar. The problem of beetles larvas that feed in the soil for period even to 5 years concerns all enery crops.

*Praca wpłynęła do Redakcji 5 VI 2008 r.*



ZBIGNIEW PODKÓWKA, LUCYNA PODKÓWKA

Katedra Żywnienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej – Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt  
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

## PORÓWNANIE SKŁADU CHEMICZNEGO I PRZYDATNOŚCI DO ZAKISZANIA ZIELONKI Z SORGA CUKROWEGO I KUKURYDZY

Comparing chemical composition and ensiling suitability of sucro-sorghum and maize forage

**ABSTRAKT:** Przeprowadzono badania nad składem chemicznym i przydatnością do zakiszania zielonki sorga cukrowego (*Sorghum saccharatum*) i kukurydzy (*Zea mays*). Zawartość suchej masy w zielonce z sorga wynosiła 20,93%, natomiast w zielonce z kukurydzy 35,02%. Sorgo zawierało więcej popiołu surowego, włókna surowego, NDF i ADF niż kukurydza, natomiast mniej białka ogólnego i tłuszczu surowego. Oceniając przydatność zielonki sorga do zakiszania stwierdzono, że charakteryzuje się wyższym niż kukurydza współczynnikiem określającym stosunek zawartości cukru do pojemności buforowej i zbliżonym współczynnikiem fermentacyjnym (FC).

**słowa kluczowe – key words:**

skład chemiczny – *chemical composition*, sorgo cukrowe – *sucro-sorghum* (*Sorghum saccharatum*), kukurydza – *maize* (*Zea mays*), przydatność do zakiszania – *ensiling suitability*

### WSTĘP

Kiszonka z kukurydzy stanowi w naszym kraju podstawową paszę objętościową stosowaną w żywieniu bydła. Pojawiające się w ostatnich latach susze w czasie miesięcy letnich powodują obniżenie plonu całych roślin kukurydzy. Alternatywę może stanowić sorgo, gdyż jako roślina pochodzenia tropikalnego znakomicie znosi okresowe niedobory wody dzięki doskonałej gospodarce wodnej (10, 13). Roślina ta charakteryzuje się głęboko sięgającym systemem korzeniowym, co ułatwia pobieranie wody z głębszych warstw gleby w okresie suszy (1, 14). Nie bez znaczenia jest również wysoki plon zielonej masy (11, 12).

Proces hybrydyzacji sorga czyni z niego roślinę kosmopolityczną. W ostatnich latach w wielu rejonach Polski obserwuje się uprawę sorga na paszę dla bydła (10). Niestety, w piśmiennictwie niewiele jest danych dotyczących składu chemicznego tej rośliny.

Celem badań było porównanie składu chemicznego i przydatności do zakiszania sorga cukrowego i kukurydzy.

## MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzone zostały w latach 2004–2007. Doświadczenie polowe w dwóch pierwszych latach zlokalizowane zostało w OHZ Garzyn, a w dwóch następnych w HZZ Osowa Sień. Do badań wykorzystano sorgo cukrowe (*Sorghum saccharatum*) odmiany Sucrosorgo 506. Porównano je z kukurydzą (*Zea mays*) odmiany Magister (liczba FAO 270). Nasiona pochodziły z firmy Syngenta.

Kukurydza wysiewana była w ostatniej dekadzie kwietnia, zaś sorgo w drugiej dekadzie maja. Wyodrębniono następujące warianty:

A – sorgo w siewie czystym. Norma wysiewu wynosiła 180 000 nasion na hektar, a odstęp między roślinami w rzędzie – 7 cm.

B – kukurydza w siewie czystym. Norma wysiewu wynosiła 90 000 nasion na hektar, a odstęp między roślinami w rzędzie – 15 cm.

Każdy wariant obejmował 8 rzędów w rozstawie 70 cm.

Zbiór roślin przeprowadzano pod koniec września, gdy kukurydza była w fazie dojrzałości woskowej ziarna. Kukurydzę ścinano na wysokości 10 cm, zaś sorgo – 40 cm. Z każdego wariantu metodą losową pobierano do analiz po 4 próbki zielonki.

Skład chemiczny zielonki określono metodą weendeńską oraz metodą van Soesta (2). Cukry oznaczono metodą Luffa-Schoorla (PN-R-64784), pojemność buforową metodą Weissbacha (15). Współczynnik fermentacyjny obliczono ze wzoru (15):

$$F_c = DM + 8 WSC/BC$$

gdzie: DM – sucha masa (%); WSC – zawartość cukrów; BC – pojemność buforowa

Wyniki badań poddano analizie statystycznej przy użyciu testu Duncana.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Zielonka z sorga zawierała tylko 20,93% suchej masy (tab. 1). Podobne wyniki podają Kański i in. (3) oraz Pyś i in. (9). W tym czasie zielonka z kukurydzy miała 35,02% suchej masy, a więc poziom optymalny do produkcji kiszonki (4, 6, 7).

Sucrosorgo 506 zawierało 6,30% popiołu surowego w suchej masie. Kozłowski i in. (5) podają niższą zawartość popiołu surowego w tej roślinie. W przeprowadzonych badaniach sorgo miało istotnie więcej popiołu surowego niż kukurydza.

W zielonce z *Sorghum saccharatum* było 8,41% białka ogólnego. Kozłowski i in. (5) obserwowali wyższą zawartość tego składnika w sorgo. W badaniach własnych w zielonce z sorga było mniej białka ogólnego niż w zielonce z kukurydzy ( $p \leq 0,01$ ). Natomiast w badaniach Kozłowskiego i in. (5) sorgo zawierało więcej białka ogólnego niż kukurydza.

W warunkach polskich w momencie zbioru dominującą częścią rośliny sorga cukrowego jest łodyga (5). Dlatego zielonka zawierała 33,63% włókna surowego

Tabela 1

Skład chemiczny zielonki z sorga i kukurydzy (% s.m.)  
Chemical composition of sorghum and maize green matter (% DM)

Zielonka Green matter	Sucha masa Dry matter	Popiół surowy Crude ash	Białko ogólne Crude protein	Tłuszcz surowy Crude fat	Włókno surowe Crude fiber	BNW N-free extract
Sorgo	20,93 <sup>a</sup>	6,30 <sup>A</sup>	8,41 <sup>A</sup>	1,64	33,63 <sup>A</sup>	50,01 <sup>A</sup>
Sucro-sorghum	± 3,31	± 0,90	± 1,82	± 0,58	± 1,45	± 3,38
Kukurydza	35,02 <sup>b</sup>	4,81 <sup>B</sup>	10,12 <sup>B</sup>	2,53	21,84 <sup>B</sup>	60,69 <sup>B</sup>
Maize	± 9,17	± 1,23	± 2,42	± 0,53	± 2,53	± 5,71

różnice istotne dla wartości oznaczonych a, b przy  $p \leq 0,05$ ; significant differences for values signed with a, b –  $p \leq 0,05$   
różnice istotne dla wartości oznaczonych A, B przy  $p \leq 0,01$ ; significant differences for values signed with A, B –  $p \leq 0,01$

w suchej masie. U kukurydzy, gdzie organem dominującym jest kolba, zawartość włókna surowego wynosiła 21,84% w suchej masie.

Sorgo cukrowe zawierało w suchej masie 62,81% neutralnego włókna detergentowego i 39,02% kwaśnego włókna detergentowego (tab. 2). Kozłowski i in. (5) podają niższą zawartość NDF i ADF w tej roślinie. W zielonce z *Sorghum saccharatum* było więcej neutralnego włókna detergentowego i kwaśnego włókna detergentowego niż w zielonce z *Zea mays*. Podobną zależność podają Kozłowski i in. (5) oraz Pyś i in. (8, 9). Zielonka z sorga zawierała mniej związków bezazotowych wyciągowych niż zielonka z kukurydzy (tab. 1).

Tabela 2

Frakcje węglowodanów strukturalnych w zielonce z sorga i kukurydzy (% s.m.)  
Structural carbohydrates fractions in sorghum and maize green matter (% DM)

Zielonka Green matter	NDF	ADF
Sorgo	62,81 <sup>A</sup>	39,02 <sup>A</sup>
Sucro-sorghum	± 3,38	± 1,91
Kukurydza	44,69 <sup>B</sup>	23,62 <sup>B</sup>
Maize	± 6,37	± 4,00

różnice istotne dla wartości oznaczonych A, B przy  $p \leq 0,01$ ; significant differences for values signed with A, B –  $p \leq 0,01$

W suchej masie Sucrosorgo 506 było 13,90%, zaś w kukurydzy 6,10% cukrów rozpuszczalnych w wodzie (tab. 3). Również inni autorzy (5, 8, 9) podają, że sorgo cukrowe zawiera więcej cukrów redukujących niż kukurydza. Zielonka z sorga miała wyższą pojemność buforową niż zielonka z kukurydzy, jednak stwierdzona różnica nie była istotna statystycznie. Wysoka zawartość cukrów i niska pojemność

Tabela 3

Wskaźniki przydatności do zakiszania zielonki z sorga i kukurydzy  
Silage suitability indicators of sorghum and maize green matter

Zielonka Green matter	Cukry (% s.m.) Sugar (% DM)	Pojemność buforowa (g kwasu mlekowego/100 g s.m.) Buffer capacity (g of lactic acid/100 g of DM)	Stosunek cukier/pojemność buforowa Sugar/buffer capacity ratio	Współczynnik fermentacyjny FC Fermentation coefficient
Sorgo	13,90 <sup>A</sup>	4,16	3,34 <sup>A</sup>	50,12
Sucro-sorghum	± 1,97	± 1,64	± 3,27	± 21,67
Kukurydza	6,10 <sup>B</sup>	3,28	1,87 <sup>B</sup>	48,51
Maize	± 2,91	± 0,43	± 0,93	± 8,72

różnice istotne dla wartości oznaczonych A, B przy  $p \leq 0,01$ ; significant differences for values signed with A, B –  $p \leq 0,01$

buforowa sprawia, że obie rośliny należą do surowców łatwo kiszących się. Dla sorga cukrowego stosunek zawartości cukru do pojemności buforowej wynosił 3,34, zaś dla kukurydzy 1,87, a różnica okazała się statystycznie istotna.

Obliczony współczynnik fermentacyjny (FC) wyniósł dla zielonki z sorga 50,12, a dla zielonki z kukurydzy 48,51 i nie stwierdzono statystycznie istotnej różnicy pomiędzy wariantami. Weissbach i Pahlow (16) podają, że FC powinien przekraczać 35. Natomiast gdy jest on wyższy od 45, można spodziewać się kiszonki o niskiej trwałości tlenowej. W obu badanych zielonkach współczynnik fermentacyjny przekraczał tę wartość, dlatego w celu zapewnienia trwałości tlenowej zaleca się dodatek konserwantu przy zakiszaniu.

#### WNIOSKI

Zielonka z sorga cukrowego zawierała mniej suchej masy, a więcej włókna surowego niż zielonka z kukurydzy. Dlatego sorgo należy uważać za roślinę komplementarną w stosunku do kukurydzy.

#### LITERATURA

1. Kaczmarek S., Matusiak S., Krawczyk R.: Badania nad możliwościami chemicznego odchwaszczenia sorga w warunkach Wielkopolski. Problemy agrotechniki oraz wykorzystania kukurydzy i sorga. UP Poznań, 2008, 233-234.
2. Kamiński J., Borowiec F., Furgał K., Barteczko J., Kowalski Z., Pyś J., Siuta A., Pisulewski P., Lehman B.: Ćwiczenia z żywienia zwierząt i paszoznawstwa. AR Kraków, 1991.
3. Kański J., Pyś J., Borowiec F.: Szacowanie wartości pokarmowej kiszonek z sorgo metodą NIRS. W: Problemy agrotechniki oraz wykorzystania kukurydzy i sorga, UP Poznań, 2008, 235-237.
4. Keady T.W.J.: Ensiled maize and whole crop wheat forages for beef and dairy cattle: effects on animal performance. Proceeding of the XIVth International Silage Conference: Silage production and utilization, Belfast, Northern Ireland, 2005, 65-82.

5. Kozłowski S., Zielewicz W., Oliwa R., Jakubowski M.: Właściwości biologiczne i chemiczne *Sorghum saccharatum* w aspekcie możliwości uprawy w Polsce. *Łąkarstwo w Polsce*, 2006, **9**: 101-112.
6. Phipps R.H., Sutton D.E., Jones B.A.: The effect of crop maturity on the nutritional value of maize silage for lactating dairy cattle. 3. Food intake and milk production. *Animal Sci.*, 2000, **71**: 401-409.
7. Podkówka Z., Podkówka W.: Zawartość suchej masy, włókna surowego i białka surowego oraz jakość kiszonek z całych roślin kukurydzy produkowanych w latach 1955–2003. *Pam. Puł.*, 2006, **142**: 373-380.
8. Pyś J., Borowiec F., Karpowicz A.: Jakość fermentacji, skład chemiczny i stabilność tlenowa kiszonek z sorga cukrowego sporządzonych z dodatkiem różnych preparatów kiszonkarskich. W: *Problemy agrotechniki oraz wykorzystania kukurydzy i sorga*, UP Poznań, 2008, 239-241.
9. Pyś J., Borowiec F., Karpowicz A.: Wpływ dodatku bakteryjno-chemicznego oraz absorbentów soku na skład chemiczny i stabilność tlenową kiszonek z sorga cukrowego. W: *Problemy agrotechniki oraz wykorzystania kukurydzy i sorga*, UP Poznań, 2008, 242-244.
10. Sitariski A.: Wykorzystanie sorga do celów paszowych. W: *Problemy agrotechniki oraz wykorzystania kukurydzy i sorga*, UP Poznań, 2008, 245-247.
11. Sowiński J., Liszka-Podkova A.: Wysokość i jakość plonu kukurydzy i sorga cukrowego na glebie lekkiej w zależności od dawki azotu. W: *Problemy agrotechniki oraz wykorzystania kukurydzy i sorga*, UP Poznań, 2008, 250-252.
12. Szumiło G., Rachoń L.: Wpływ terminu siewu i rozstawu rzędów na plonowanie sorga (*Sorghum bicolor* L. Moench). W: *Problemy agrotechniki oraz wykorzystania kukurydzy i sorga*, UP Poznań, 2008, 253-259.
13. Śliwiński B., Brzóska F.: Wykorzystanie kiszonki z sorgo w żywieniu krów mlecznych. W: *Problemy agrotechniki oraz wykorzystania kukurydzy i sorga*, UP Poznań, 2008, 263-266.
14. Undersander D.J., Smith L.H., Kaminski A.R., Ketling K.A., Doll J.D.: *Alternative field crops manual. Sorghum-Forage*, 2000, <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/forage.html> (czerwiec 2008)
15. Weissbach F.: *Oznaczanie pojemności buforowej*. Institute of Crop and Grassland Science of the Federal Agricultural Research Centre (FAL), Braunschweig, 1992.
16. Weissbach F., Pahlow G.: *New aspects of evaluation and application of silage additives*. W: *Contributions of Grassland and Forage Research to the Development of Systems of Sustainable Land Use*, Landbauforschung Völkenrode, Institute of Crop and Grassland Science of the Federal Agricultural Research Centre (FAL), 1999, 141-158.

#### COMPARING CHEMICAL COMPOSITION AND ENSILING SUITABILITY OF SUCRO-SORGHUM AND MAIZE FORAGE

##### Summary

The studies on the chemical composition and ensiling suitability of sucro-sorghum (*Sorghum saccharatum*) and maize (*Zea mays*) were conducted. Dry matter in sorghum forage was at a level of 20.93% and 35.02% for maize forage. Sorgho contained more crude ash, crude fibre, NDF and ADF than maize, while contained less crude protein and crude fat. While evaluating silage suitability of sorghum forage it was found that it has higher coefficient of sugar to buffer capacity than maize and similar fermentation coefficient (FC) to maize.

*Praca wpłynęła do Redakcji 19 VIII 2008 r.*



DOROTA REMLEIN-STAROSTA

Zakład Ekologii i Ochrony Środowiska Rolniczego  
Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu

## SZKODLIWOŚĆ NAJWAŻNIEJSZYCH PATOGENÓW WYBRANYCH ROŚLIN ENERGETYCZNYCH

The bioenergy crops incidence and damages of main pathogens

**ABSTRAKT:** Istotnym elementem rentowności upraw wieloletnich roślin energetycznych jest prowadzenie ich na znacznych obszarach. Duży areal oraz wieloletnia uprawa powoduje szczególnie korzystne warunki dla rozwoju patogenów. Wśród chorób wierzb w Europie za jedną z najgroźniejszych uważa się rdzę wierzb, wywoływaną przez gatunki grzybów z rodzaju *Melampsora*. W Polsce choroba ta jak dotąd nie powodowała większych strat. Wykonane obserwacje wskazują, że dominującymi chorobami wierzb w Polsce są plamistości liści oraz zamieranie pędów. Dotąd nie stwierdzono ich szkodliwości w produkcji. Coraz większą popularnością cieszy się uprawa miskanta olbrzymiego. Na plantacjach obserwowano plamistości liści powodowane przez grzyby z rodzaju *Helminthosporium*, *Drechslera* i *Fusarium*. W Europie zwraca się uwagę na możliwość porażenia roślin miskanta przez wirus karłowatości jęczmienia oraz septoriozę. Ślazowiec pensylwański jako roślina o dużej wydajności biomasy zasługuje na szczególną uwagę. Najgroźniejszą chorobą ślazowca jest zgnilizna twardzikowa. Na badanych plantacjach infekcja prowadziła do znacznej redukcji długości pędów. Mniej popularnymi roślinami energetycznymi są topinambur (słonecznik bulwiasty) i rdest (rdestowiec) sachaliński. Rośliny te są wpisane na listę organizmów inwazyjnych. W przypadku chorób słonecznika bulwiastego największe znaczenie na krajowych plantacjach miał pojawiający się jesienią mączniak prawdziwy. Nie jest znana jednak szkodliwość tej choroby. Drugą ważną chorobą była zgnilizna twardzikowa. Choroby rdestu sachalińskiego są najmniej poznane. Jak dotąd udało się zaobserwować plamistości liści spowodowane przez grzyby z rodzaju *Botrytis*.

**słowa kluczowe – key words:**

rośliny energetyczne – *bioenergy crops*, choroby – *diseases*

### WSTĘP

Istotnym elementem związanym z rentownością upraw wieloletnich roślin energetycznych jest prowadzenie ich na znacznych obszarach. Duży areal oraz wieloletnia uprawa stwarzają szczególnie korzystne warunki dla rozwoju patogenów. Z produkcją biomasy związany jest wzrost arealu upraw takich roślin jak: wierzbawiciowa, miskant olbrzymi (lub cukrowy), ślazowiec pensylwański i inne. Podej-

rowadzone są również próby uprawy gatunków wpisanych na listę roślin inwazyjnych (słonecznik bulwiasty i rdest sachaliński). Uprawa wieloletnich roślin energetycznych na skalę przemysłową jest stosunkowo nową działalnością, dlatego słabo rozpoznane są zagrażające im patogeny. Znikoma jest również wiedza na temat szkodliwości poszczególnych agrofagów.

#### WIERZBA ENERGETYCZNA

Obecnie najpopularniejszą rośliną uprawianą w celu pozyskania biomasy jest wierzba energetyczna. Najgroźniejszą chorobą wierzb energetycznych jest rdza, powodowana przez grzyby z rodzaju *Melampsora*. Wśród licznych gatunków z tego rodzaju najczęściej odnotowywane na roślinach wierzb są *M. epitea* i *M. capreaearum* (10). Gatunki rodzaju *Melampsora* są na ogół dwudomowe i pełnocyklowe. Wytwarzają pięć rodzajów zarodników. Pierwsze objawy występują pod koniec czerwca. Na górnej stronie liści obserwuje się żółtozielone lub brązowe plamki, a na dolnej stronie powstają pomarańczowe skupienia zawierające urediniospory, które infekują kolejne liście. Następne pokolenia zarodników mogą się pojawiać już po 6–7 dniach od infekcji. Zmiany chorobowe występują niekiedy na pędach. We wrześniu plamki ciemnieją i stają się brązowe. Jesienią powstają teliospory, które zimują na opadłych liściach. Wiosną teliospory kiełkują i tworzą się basidiospory, które infekują modrzew europejski. Na spasożytowanych roślinach żywiciela pośredniego formują się eciospory, które infekują wierzby. Większość rdzy wierzb ma podobny cykl rozwojowy. Jednak w przypadku zaatakowania pędów rdze kończą swój cykl rozwojowy w sposób wegetatywny, jako stadium pojedynczych zarodników, co stanowi szczególne zagrożenie dla upraw wierzb energetycznej. Porażenie doprowadza do defoliacji i przedwczesnego zamierania pędów. Epidemiczne występowanie rdzy może spowodować nawet 40% straty. Silne porażenie rdzą powoduje osłabienie roślin, które stają się szczególnie wrażliwe na porażenie przez patogeny powodujące zamieranie pędów (5, 11, 12). W Polsce jak dotąd nie odnotowano epidemicznego występowania tej choroby, mimo że część odmian jest podatna na porażenie (np. odmiana Marzęcińska lub klon 1033). Na dużych plantacjach w województwie zachodniopomorskim odnotowano występowanie łądogowej formy rdzy. Najlepszą strategią ochrony przed rdzą jest prowadzenie plantacji o dużym zróżnicowaniu genetycznym. Plantacje powinny stanowić mieszaninę roślin składającą się z klonów średnio i silnie odpornych na rdze oraz inne patogeny. Takie odmiany o wysokiej i średniej odporności na rdze są już dostępne dla producentów (np. Gudrun, Torhild, Jorr). Poszukuje się nowych źródeł odporności na rdze. Z badań prowadzonych w Anglii (13, 14) wynika, że duża liczba wierzb, szczególnie pochodzących z Azji i Ameryki Północnej, jest odporna na *M. epitea* i *M. capreaearum*. Dodatkowo obecnie uzyskuje się szereg mieszańców międzygatunkowych o znacznie wyższej odporności na patogeny i szkodniki. W krajach anglosaskich i skandynawskich zarejestrowane są również preparaty chemiczne do ochrony wierzb przed rdzą. Jednak



ich stosowanie jest uważane za nieekonomiczne i nieekologiczne. Dlatego są polecane jedynie w szczególnych przypadkach. W Polsce nie ma zarejestrowanych odpowiednich środków ochrony roślin, co zmniejsza możliwość ograniczania strat na plantacji.

Wykonane obserwacje wskazują, że dominującymi chorobami wierzby w Polsce są plamistość liści oraz zamieranie pędów. Najczęściej obserwuje się brązową plamistość liści i pędów, wywoływaną przeważnie przez *Drepanopeziza sphaerioides*. Występuje ona niemal na 100 procentach roślin na plantacjach. Porażenie dotyczy zazwyczaj dolnej części pędów, stąd niska szkodliwość tej choroby. Objawy to początkowo ciemnobrązowe plamy na górnej stronie liści. W sprzyjających warunkach plamy pojawiają się również na łodygach powodując spękania kory. Drugą chorobą z tej grupy jest czarna (smołowata) plamistość liści. Powodowana jest przez grzyb *Rhytisma salicinum*. Wiosną objawy jej są niemal identyczne jak brązowej plamistości, dopiero latem na brązowych nekrozach pojawia się czarny nalot. Podobnie jak w przypadku poprzedniej choroby jak dotąd nie odnotowano znaczących strat w plonie (12).

W naszych warunkach klimatycznych bardzo groźne dla upraw wierzby są choroby pędów prowadzące do ich zamierania. Są one powodowane przez niemal 20 różnych patogenów. Można wyróżnić tzw. zamieranie wsteczne, którego sprawcą jest *Cryptodiaporthe salicella*, czy zgorzel kory oraz zamieranie krzewów wikliny powodowane przez *Valsa sordida*. Niezależnie od sprawcy zamierania objawy są podobne. Na pędach pojawiają się żółte lub beżowe nekrozy stopniowo obejmujące cały obwód pędu i schodzące do podstawy pędu. Nekrozy są często wgłębione. W środku plamy tkanka stopniowo ciemnieje, a pod plamą staje się wodnista i czerwono-brązowa. Porażeniu sprzyja zła kondycja roślin. Szczególne znaczenie mają uszkodzenia mechaniczne powodowane przez owady, takie jak przezierniki, piniaki, a także mszyca korowo-łodygowa (3, 7). Przebieg choroby bywa gwałtowny i w przypadku wierzby ozdobnych znane są przypadki zniszczenia plantacji w bardzo krótkim czasie. Jak dotąd nie obserwowano tak silnego rozwoju tych chorób na wierzbach energetycznych. Jak informują plantatorzy, problem ten stopniowo narasta. Obecnie nie ma preparatów chemicznych zarejestrowanych do zwalczania tych chorób. W przeszłości polecano kilka środków do ochrony plantacji wikliny, jednak obecnie te preparaty nie są zarejestrowane.

Kolejną chorobą wierzby jest zgorzel. W uprawie wierzby wikliniarskich jest jedną z najgroźniejszych chorób. Jak dotąd nie stwierdzono takiego wpływu na wierzby wiciowe. W obrębie tej choroby można wyróżnić dwie jednostki chorobowe – parcha i antraknozę wierzby. Sprawcą parcha wierzby jest grzyb *Venturia saliciperda*. Pierwsze objawy choroby pojawiają się wiosną. Rozwojowi choroby sprzyja wilgotna wiosna i lato oraz duże nawożenie azotem. Według Fiodorow i in. (4) pierwsze objawy pojawiają się na wiklinie w początku lipca. Największe nasilenie choroby odnotowuje się w końcu sierpnia i na początku września. Najpierw atakowane są liście, które gwałtownie czernieją. Oliwkowozielona masa zarodników jest widoczna wzdłuż nerwów liści i na dolnej stronie liści. Poprzez ogonki liściowe patogen

dostaje się do pędów. Nekrozy obejmują całe pędy, które wyglądają jak spalone. W warunkach wysokiej wilgotności powstają zarodniki konidialne. Stadium workowe rozwija się jesienią, a przy łagodnej zimie również wiosną, na opadłych liściach. Grzyb zimuje na porażonych pędach w postaci grzybni, na której wiosną wytwarzane są konidia infekujące kolejne rośliny. Infekcje pierwotne powodują zarodniki workowe i konidialne. Antraknozę wierzby powoduje najczęściej grzyb *Glomerella cingulata*, a także *Colletotrichum* sp. (7). Morfologicznie objawy są identyczne jak objawy parcha wierzby. Dlatego w celu ustalenia sprawcy konieczna jest inkubacja liści w wilgotnej komorze. Przy wysokiej wilgotności w przypadku antraknozy na powierzchni plam powstają warstwiaki i pojawia się różowawa masa zarodników. Do ochrony przed parchem wierzby koszykarskich są obecnie jeszcze zarejestrowane dwa preparaty zawierające kaptan oraz dwa preparaty miedziowe.

#### MISKANT

Coraz większą popularnością cieszy się uprawa miskanta olbrzymiego. Na świecie na gatunkach roślin rodzaju *Miscanthus* odnotowuje się występowanie ponad 69 patogenów. W Europie nie stwierdzono dotychczas zagrożenia upraw energetycznych. Na plantacjach w Polsce obserwowano plamistości liści powodowane przez grzyby rodzaju *Helminthosporium*, *Drechslera* i *Fusarium* (12). W Europie oprócz wspomnianych grzybów zwraca się uwagę na możliwość porażenia roślin miskanta przez wirus karłowatości jęczmienia. Objawy tej choroby pojawiają się wiosną na starszych liściach w postaci czerwonopurpurowych przebarwień. Porażone rośliny mają węższe liście. Wysokość łodyg nie ulega dużym zmianom. Jak stwierdzili Christian i in. (1), wirus ten może być przenoszony na kolejne rośliny miskanta przez mszyce *Rhopalosiphum padi* i *Sitobion avenae*. W naszej strefie klimatycznej na ozdobnych odmianach miskanta zaobserwowano septoriozę, którą wywołuje *Stagonospora tainaeensis* (9). Początkowo choroba objawia się powstawaniem małych plamek na liściach, które stopniowo rozwijają się obejmując znaczną powierzchnię liści. Silnie porażone liście zasychają, a młode rośliny mogą ulec całkowitemu zniszczeniu.

#### ŚLAZOWIEC PENSYLWAŃSKI

Ślazowiec pensylwański jako roślina o dużej wydajności plonu biomasy zasługuje na szczególną uwagę. Najgroźniejszą chorobą ślazowca, jak wykazały badania prowadzone przez Instytut Ochrony Roślin, jest zgnilizna twardzikowa. Na rocznej plantacji stwierdzono ok. 10% roślin porażonych, a na czteroletniej porażenie oceniano na 30% roślin (8). Pierwsze wzmianki o tej chorobie pojawiły się już ponad 15 lat temu (6). Sprawcą zgnilizny twardzikowej jest grzyb *Sclerotinia sclerotiorum*

pospolicie występujący na wielu roślinach uprawnych. Źródłem infekcji może być grzybnia bytująca saprofitycznie w glebie lub kielkująca z nagromadzonych w glebie sklerocji. Infekcji sprzyjają uszkodzenia mechaniczne roślin powstałe w czasie pielęgnacji lub spowodowane żerowaniem szkodników. Wydaje się, że największe znaczenie w rozprzestrzenianiu się tej choroby mają zarodniki workowe tworzące się w miseczkowatych owocnikach grzyba. Zarodniki workowe mogą powstawać niemal w ciągu całego okresu wegetacji, a nawet, tak jak to miało miejsce w 2006 i 2008 roku, zimą (8). W zwartym łanie ślazuca powstają szczególnie korzystne warunki do infekcji i rozwoju *S. sclerotiorum* (2). Zaatakowane przez patogena pędy są niższe od łodyg zdrowych. Pierwsze objawy porażenia przez *S. sclerotiorum* pojawiają się na młodych roślinach w fazie ok. 2–6 liści właściwych. Grzyb ten jest również odpowiedzialny za zgorzel przed- i powschodową siewek ślazuca. Na porażonych pędach początkowo żółkną dolne liście. Rośliny stopniowo więdną i zamierają. Na dolnych częściach łodyg, a szczególnie na szyjkach korzeniowych widoczne są fioletowo-brunatne plamy, które mogą obejmować cały obwód łodygi. Na powierzchni porażonych pędów i w ich wnętrzu powstają sklerocja grzyba. W sprzyjających warunkach wewnątrz i na zewnątrz łodyg pojawia się biała, wata grzybnia. Ponieważ *S. sclerotiorum* jest patogenem polifagicznym, należy unikać zakładania plantacji na polach, na których uprawiane były rośliny szczególnie podatne na porażenie. Uważa się, że najkorzystniejszym przedplonem dla ślazuca są zboża. W cyklu produkcyjnym biomasy ścina się zimą zaschnięte pędy pozostawiając ich dolne części na polu. Porażone resztki poźniwne stanowią już od wczesnej wiosny źródło zakażenia dla nowych łodyg. Dlatego należy jak najniżej ścinać pędy, a pozostałe resztki usuwać z plantacji.

Na liściach ślazuca pensylwańskiego obserwowano liczne plamistości w postaci jasnobrażowych lub brunatno-czarnych, niekiedy strefowanych plam. Sprawcami tych chorób były grzyby rodzajów *Colletotrichum*, *Phoma* i *Botrytis*. We wszystkich przypadkach porażenie prowadziło do opadzin liści. Nie znamy szkodliwości i wpływu porażenia przez te patogeny na plon uzyskiwanej biomasy. Można jednak przypuszczać, że plamistości powodujące przedwczesną defoliację pędów prowadzą do zmniejszenia powierzchni asymilacji, a tym samym wpływają na ograniczenie wzrostu pędów.

#### KONTROWERSYJNE ROŚLINY – TOPINAMBUR I RDEST SACHALIŃSKI

Mniej popularnymi roślinami energetycznymi są topinambur (słonecznik bulwiasty) i rdest (rdestowiec) sachaliński. Uprawa ich budzi wiele zastrzeżeń ze względu na ekspansywność rozwoju i trudność w zwalczaniu niepożądanych samosiewów. Obie te rośliny wpisane są na listę gatunków inwazyjnych.

W przypadku słonecznika bulwiastego największe znaczenie na krajowych plantacjach ma mączniak prawdziwy wywołany przez *Erysiphe cichoreacerum*. Ob-

jawy tej choroby, w postaci białego nalotu grzybni, co roku jesienią pojawiają się na dzikim topinamburze i na plantacjach. Porażenie jest silne, lecz nie jest znane znaczenie i szkodliwość tego patogena dla słonecznika bulwiastego. Drugą ważną chorobą jest zgnilizna twardzikowa. Porażenie przez grzyb *Sclerotinia sclerotiorum* może powodować przedwczesne zamieranie całych roślin. Objawy występują na wszystkich częściach rośliny. Porażone rośliny wyrastają często z zainfekowanych bulw. Bulwy takie często gniją. Na starszych roślinach pojawia się tzw. zgnilizna przykorzeniowa w dolnej części łodygi, a porażone rośliny więdną. Patogen może też porażać górną część rośliny tworząc brunatne lub czarne, wyraźnie odgraniczone plamy. Na słoneczniku bulwiastym występuje również szara pleśń powodowana przez *Botrytis cinerea* – na liściach pojawiają się brunatne plamy. Mimo że w uprawie słonecznika zwyczajnego szara pleśń to jeden z groźniejszych patogenów, topinambur wydaje się być słabiej porażany.

Choroby rdestu sachalińskiego są najmniej poznane. Jak dotąd udało się zaobserwować plamistości liści, których sprawcami są grzyby rodzaju *Botrytis*.

#### PODSUMOWANIE

Powiększający się areal upraw roślin energetycznych dostarczających biomasy powoduje wzrost zagrożenia silnym porażeniem ich przez choroby. Ostatnio liczni producenci zwracają uwagę na choroby występujące na plantacjach. W kraju obecnie nie ma zarejestrowanych środków ochrony roślin do stosowania w większości upraw roślin energetycznych. W aktualnych zaleceniach Ochrony Roślin jest jedynie kilka herbicydów przeznaczonych do ochrony wikliny. Zaprezentowany krótki przegląd zagrożeń upraw wierzby energetycznej przez patogeny wskazuje na większą szkodliwość grzybów, które nie miały znaczącego wpływu na plonowanie wierzby wikliniarskich. Brak programów ochrony roślin skłania często do nielegalnego stosowania środków ochrony roślin, co stanowi niebezpieczeństwo dla środowiska. Uprawa nowych roślin może spowodować zawleczenie nieznanymi patogenów lub pojawienie się epidemii na skutek inwazji polifagicznego gatunku rodzimego. Dlatego Instytut Ochrony Roślin podjął prace związane z identyfikacją zagrożeń ze strony grzybów patogennych i innych sprawców chorób roślin energetycznych. Obecnie opracowywane są dane dotyczące etiologii i biologii nowych patogenów. Oceniane jest również zagrożenie przez znane patogeny. Prowadzone są także badania nad możliwościami ochrony roślin energetycznych.

#### LITERATURA

1. Christian D.G., Lamptey J.N.L., Frode S.M.D., Plumb R.T.: First Report of barley yellow dwarf luteovirus on Miscanthus in the United Kingdom, *Europ. J. Plant Pathol.*, 1994, **100**: 167-170.
2. Clarkson J.P., Phelbs K., Wipps J.M., Young C.S., Smith J.A., Watling M.: Forecasting sclerotinia disease on lettuce: Toward developing a prediction model for carpogenic germination of sclerotia, *Phytopathology*, 2004, **94(3)**: 268-279.

3. Dłużniewska J., Nadolnik M.: Choroby wierzby energetycznej. Ochr. Rośl., 2006, **2**: 32-33.
4. Fiedorow Z., Gołębiak B., Weber Z.: Choroby roślin rolniczych. Skrypty AR Poznań, 1991.
5. Johansson L.K.-H., Alström S.: Field resistance to willow rust *Melampsora epitea* in inter- and intraspecific hybrids of *Salix viminalis* and *S. dasyclados*. Europ. J. Plant Pathol., 2000, **106**: 763-769.
6. Łacicowa B., Kiecana I.: Zgnilizna twardzikowa – groźna choroba sidy. Ochr. Rośl., 1990, **10**: 16-17.
7. Mańka K.: Fitopatologia leśna. Wyd. V zmienione, PWRiL, 1998.
8. Nijak K., Remlein-Starosta D.: Ślazowiec pensylwański – wstępne wyniki badań nad możliwościami ochrony przed agrofagami. Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 2007, **47(4)**: 358-362.
9. O'Neill N.R., Farr D.F.: *Miscanthus* blight, a new foliar disease of ornamental grasses and sugarcane incited by *Leptosphaeria* sp. and its anamorphic state *Stagonospora* sp. Plant Disease, 1996, **80(9)**: 980-987.
10. Oein M.H., Hunter T., Ruiz C.: Occurrence of *Melampsora* rust in biomass willow plantations for renewable energy in the United Kingdom. Biomass and Bioenergy, 1999, **17(2)**: 153-163.
11. Pei M.H., Royle D.J., Hunter T.: Pathogenic specialization in *Melampsora epitea* var. *epitea* on *Salix*. Plant Pathol., 1995, **45**: 676-690.
12. Remlein-Starosta D.: Choroby roślin energetycznych. Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 2007, **47(4)**: 351-357.
13. Royle D.J., Hubbes M.: Diseases and pest in energy crop plantations. Biomass and Bioenergy, 1992, **2**: 45-54.
14. Royle D.J., Ostry M.E.: Disease and pest control in bioenergy crops poplar and willow. Biomass and Bioenergy, 1995, **9**: 69-79.

#### THE BIOENERGY CROPS INCIDENCE AND DAMAGES OF MAIN PATHOGENS

##### Summary

The important role in profitable production is cultivation crops on a greater area. It could cause the increase of pathogen incidence. In Europe, rust is the most important disease of short rotation willow. The casual agents of willow rust are *Melampsora* spp. In Poland until now, the high occurrence of rust has not been observed. The dominant diseases of short rotation willow were leaf spot and stem blight caused. *Miscanthus* is the second popular bioenergy crop. The *Helminthosporium* and *Drechslera* spot were noted on *Miscanthus* leaves. In Europe, these diseases were also noted but mainly barley yellow dwarf luteovirus is treated as the most important disease.

Virginia mallow as one of alternative biomass crop required special attention. The most severe disease of *Sida* is sclerotinia blight. It could cause high losses in yield. Jerusalem artichoke and *Reynoutria sachalinensis* are less popular bioenergy crops. Those crops are invasion plants. On *Helianthus tuberosus*, the most important disease is mildew. The role of mildew infection is unknown. The second important disease of artichoke is *Sclerotinia* blight. Disease of *Reynoutria* is unknown. The only identified disease was grey mould.

*Praca wpłynęła do Redakcji 5 VI 2008 r.*

TOMASZ SEKUTOWSKI, JÓZEF ROLA, HENRYKA ROLA

Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

## SYSTEMY CHEMICZNEJ REGULACJI ZACHWASZCZENIA PLANTACJI WIERZBY PRZEZNACZONEJ NA CELE ENERGETYCZNE

Weed control systems on willow plantation assigned on energy purposes

**ABSTRAKT:** Doświadczenie założono na plantacji wierzby energetycznej w latach 2005–2007 w Jurczycach, woj. dolnośląskie. Celem badania była ocena wybranych systemów herbicydowych w zakresie ich selektywności dla wierzby oraz skuteczności w odniesieniu do stanu i stopnia zachwaszczenia plantacji wierzby energetycznej. Stosowanie kilku zabiegów herbicydowych (w tzw. systemach) w dużym stopniu zabezpieczało plantację wierzby przed chwastami w okresie dla niej krytycznym (tj. przez około 2–4 miesiące od momentu posadzenia zrzeczów wierzby).

Uszkodzenia roślin, jakie obserwowano po zastosowaniu herbicydów w systemie I, II, III i V, ustępowały po upływie około 5 tygodni od momentu ostatniej aplikacji. Jedynie dla systemu IV (Katana 250 WG, Maister 310 WG + Actirob 842 EC) obserwowano dłuższe fitotoksyczne działanie na wierzbę, utrzymujące się do końca sezonu wegetacyjnego. Najlepszy efekt w ograniczaniu zachwaszczenia osiągnięto stosując herbicydy zgrupowane w systemie I (Casoron 170 CS, Tornado 700 SC, Targa Super 05 EC + Lontrel 300 SL) oraz w systemie IV (Katana 250 WG, Maister 310 WG + Actirob 842 EC).

**słowa kluczowe – key words:**

wierzba – *willow*, chwasty – *weeds*, systemy herbicydowe – *herbicide systems*

### WSTĘP

W ostatnich kilku latach obserwuje się (zarówno w Polsce, jak i w innych krajach europejskich) zainteresowanie możliwością komercyjnego wykorzystania biomasy wierzby w postaci zrębków czy brykietów do wytwarzania energii cieplnej (4, 12). Prawidłowo założona plantacja może być wykorzystywana przez około 15–20 lat, dając możliwość pozyskiwania do 15 ton suchej masy drewna w przeliczeniu na 1 ha rocznie. Niestety, dużym problemem na plantacjach jednorocznych i dwuletnich wierzby są chwasty. Skład gatunkowy chwastów na takich plantacjach uzależniony jest w głównej mierze od siedliska i dotychczasowego użytkowania gruntów (użytki zielone, odłogi, uprawy rolnicze). Może wystąpić cała gama różnych taksonów, należących zarówno do flory segetalnej, jak i ruderalnej (5, 6).

Krytyczny dla rozwoju wierzby na plantacjach jednorocznych jest okres około 2 miesięcy od chwili posadzenia zrzesów. Czas ten bardzo dobrze wykorzystują chwasty, które są w stanie całkowicie zahamować wzrost i rozwój wierzby (2, 7). Dlatego skuteczne eliminowanie chwastów to jeden z ważniejszych elementów agrotechniki decydujących o sukcesie uprawy wierzby. Zarejestrowane do tego celu herbicydy, np. Lontrel 300 SL czy Targa Super 05 EC, nie są w stanie zabezpieczyć plantacji, gdyż mają bardzo ograniczone spektrum działania (13). Ponadto stwierdzono, że jednorazowe stosowanie herbicydów nie zapewnia utrzymania plantacji w stanie wolnym od chwastów w okresie dla niej krytycznym (7-9). Jak do tej pory w fachowej literaturze krajowej jest niewiele opracowań na ten temat. Dlatego, aby pomóc plantatorom w rozwiązaniu tego uciążliwego problemu, stworzono koncepcję tzw. systemów chemicznej regulacji zachwaszczenia plantacji wierzby energetycznej, uwzględniających łączenie stosowania różnych herbicydów.

Celem badania była ocena wybranych systemów herbicydowych w zakresie ich selektywności dla wierzby energetycznej oraz skuteczności działania w odniesieniu do stanu i stopnia zachwaszczenia plantacji.

#### MATERIAŁ I METODY

Eksperyment prowadzono w latach 2005–2007 w doświadczeniu założonym na glebie klasy IVb metodą losowanych bloków w 3 powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 25 m<sup>2</sup>. W badaniu tym zastosowano środki z różnych grup chemicznych zgrupowane w 5 systemach herbicydowych (tab. 1).

Badane herbicydy aplikowano w następujących fazach rozwojowych wierzby: T-1 – do 7 dni po posadzeniu zrzesów, T-2 – w fazie ukazywania się pierwszych liści wierzby, T-3 – w fazie 2–4 pędów wierzby (6–8 par liści) oraz T-4 – w fazie 2–4 pędów wierzby (8–12 par liści). Fitotoksyczność badanych herbicydów oceniano metodą bonitacyjną po 7 dniach po każdym zabiegu określając w skali 9<sup>o</sup> uszkodzenia wierzby w porównaniu z obiektem kontrolnym. Stan i stopień zachwaszczenia oceniano na początku wegetacji metodą ilościową podając gatunek i liczbę chwastów w szt.·m<sup>2</sup>. Średnie zniszczenie chwastów w % ustalono na podstawie analizy szacunkowej zachwaszczenia wykonanej po 3–4 tygodniach po każdej aplikacji herbicydu. Ocenę zachwaszczenia wtórnego wykonano metodą analizy agrofitosocjologicznej. Wszystkie obserwacje wykonywano zgodnie z metodyką obowiązującą w doświadczeniach herbologicznych (3). Wyniki badań opracowano statystycznie stosując analizę wariancji na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

#### WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Większość przebadanych herbicydów (niezależnie od zastosowanego systemu herbicydowego) w początkowym okresie powodowała uszkodzenia wierzby, które

Tabela 1

Systemy chemicznej regulacji zachwaszczenia plantacji wierzby  
Weeds control systems on willow plantation

System	Obiekt Treatment	Substancja aktywna Active ingredient	Termin stosowania Time of application	Dawka herbicydu na ha Dose herbicide per ha
	Kontrola; Untreated	-	-	-
I	Casoron 170 CS	dichlobenyl	T-2	25,0 l
	Tornado 700 SC	metamitron	T-3	5,0 l
	Targa Super 05 EC + Lontrel 300 SL	chizalofop-P-etylowy chlorypyralid	T-4	1,0 l 0,2 l
II	Betanal 160 EC	fenmedifan	T-2	6,0 l
	Perenal 104 EC + Galera 334 SL	haloksyfop-R chlorypyralid + pikloram	T-4	1,25 l 0,35 l
III	Nimbus 283 SE	chlomazon + metazachlor	T-2	3,0 l
	Casoron 170 CS	dichlobenyl	T-3	25,0 l
	Pantera 040 EC + Lontrel 300 SL	chizalofop-P-tefurylowy chlorypyralid	T-4	1,5 l 0,2 l
IV	Katana 250 WG	flazasulfuron	T-1	300 g
	Maister 310 WG	foramsulfuron	T-3	150 g
	+ Actirob 842 EC	ester metylowy oleju rzepakowego	T-3	2,0 l
V	Grodyl 75 WG	amidosulfuron	T-1	40 g
	Betanal 160 EC	fenmedifan	T-2	6,0 l
	Targa Super 05 EC + Galera 334 SL	chizalofop-P-etylowy chlorypyralid + pikloram	T-4	1,0 l 0,35 l

po upływie kilku tygodni ustępowały, nie wpływając ujemnie na rozwój rośliny. Podobne relacje stwierdzili Roła i in. (7) stosując herbicydy w różnych fazach rozwojowych wierzby. W prezentowanym doświadczeniu wyjątek stanowił herbicyd Maister 310 WG stosowany jako ostatni w systemie IV w fazie 2–4 pędów wierzby (6–8 par liści), gdyż powodowane przez niego uszkodzenia utrzymywały się do końca sezonu wegetacyjnego (tab. 2).

Najlepsze rezultaty w regulacji zachwaszczenia osiągnięto stosując herbicydy w systemie I i IV (tab. 3, 4). Herbicydy uwzględnione w tych systemach skutecznie eliminowały zarówno gatunki jednoliścienne (*Elymus repens*, *Apera spica venti* i *Echinochloa crus-galli*), jak i dwuliścienne (*Anthemis arvensis*, *Galeopsis tetrahit*, *Matricaria inodora*, *Polygonum aviculare*, *Viola arvensis*, *Thlaspi arvense*). Badania własne (9) oraz Skrzypczaka i in. (10) i Sowińskiego (11) również potwierdziły możliwość wykorzystania niektórych herbicydów do regulacji zachwaszczenia plantacji wierzby energetycznej.



Tabela 2

Fitotoksyczny wpływ herbicydów na wierzbę (średnia z lat 2005–2007)  
Phytotoxicity influence of herbicides on willow (mean for 2005–2007)

System*	Fitotoksyczność w skali 9 <sup>0</sup> Phytotoxicity in scale 9 <sup>0</sup>							
	A <sub>7</sub>	U	A <sub>7(28)</sub>	U	A <sub>7(49)</sub>	U	A <sub>28(77)</sub>	U
Kontrola Untreated	1	b	1	b	1	b	1	b
I	1	b	3	ch	2	ch	1	b
II	4	ch; z	3	ch	5	ch; z; d	2	ch; d
III	4	ch	6	ch; z	2	ch	1	b
IV	1	b	1	b	6	ch; z	3	ch; zw
V	1	b	4	ch; z	3	ch	1	b

\* patrz tab.1; see tab. 1

Fitotoksyczność – wrażliwość na herbicyd w skali 9<sup>0</sup>, gdzie: 1 – brak działania, 9 – całkowite zniszczenie

Phytotoxicity to herbicides in scale 9<sup>0</sup>, where: 1 – no reaction, 9 – totally damaged

U – rodzaj uszkodzeń; type of injuries

b – brak działania, no reaction; ch – chloroza liści, leaf chlorosis; z – zasychanie liści, leaf drying up; d – deformacje liści, leaf deformation; zw – zahamowanie wzrostu, growth inhibition

Termin oznaczania fitotoksyczności; Term of phytotoxicity assesment:

A<sub>7</sub> – 7 dni po zastosowaniu pierwszego herbicydu; 7 days after first herbicide application

A<sub>7(28)</sub> – 7 dni po zastosowaniu drugiego herbicydu oraz 28 dni po pierwszej aplikacji; 7 days after second herbicide application and 28 days after first herbicide application

A<sub>7(49)</sub> – 7 dni po zastosowaniu trzeciego herbicydu oraz 49 dni po pierwszej aplikacji herbicydu; 7 days after third herbicide application and 49 days after first herbicide application

A<sub>28(77)</sub> – 28 dni po ostatniej aplikacji herbicydu oraz 77 dni po pierwszej aplikacji herbicydu; 28 days after last herbicide application and 77 days after first herbicide application

Wyniki prezentowanego doświadczenia potwierdziły dużą przydatność praktycznie wszystkich przebadanych herbicydów, pogrupowanych w systemy chemicznej regulacji zachwaszczenia plantacji wierzby energetycznej. Ponadto stwierdzono, że kilkakrotna aplikacja herbicydów w ramach „systemu” zapewnia utrzymanie uprawy wierzby w stanie wolnym od chwastów przez okres około 2–4 miesięcy od momentu jej posadzenia. Potem pojawia się wtórne zachwaszczenie plantacji oraz następuje kompensacja i dominacja tylko niektórych gatunków chwastów, takich jak: *Elymus repens* i *Polygonum aviculare* (tab. 5, 6). Pozytywnym aspektem stosowania „systemów” jest to, że zachwaszczenie wtórne nie stanowi już poważnego zagrożenia dla tak chronionej plantacji.

W dalszej perspektywie rozpoczętych badań wydaje się istotne przebadanie i wdrożenie odpowiednio większej liczby selektywnych dla wierzby i skuteczniej działających na różne gatunki chwastów herbicydów w ramach systemów chemicznej regulacji zachwaszczenia. W podobny sposób do tego problemu podchodzą planatorzy np. ze Skandynawii (1).

Tabela 3

Skuteczność herbicydów w niszczeniu gatunków jednoliściennych (średnia z lat 2005–2007)  
Herbicides effectivity in monocotyledonous weeds control (mean for 2005–2007)

System*	Zniszczenie chwastów; Weeds control (%)			
	ELYRE	ECHCG	APESV	średnio mean
Kontrola** Untreated	28	32	6	22
I	80	98	98	92
II	76	85	85	82
III	80	100	100	93
IV	90	98	98	95
V	76	90	90	85
NIR; LSD ( $\alpha = 0,05$ )	4,481			

\* patrz tab. 1; see tab. 1

\*\* dla kontroli podano liczbę chwastów (szt·m<sup>-2</sup>); for untreated object – number of weeds per m<sup>2</sup>  
ELYRE – *Elymus repens*, ECHCG – *Echinochloa crus-galli*, APESV – *Apera spica-venti*

Tabela 4

Skuteczność herbicydów w niszczeniu gatunków dwuliściennych (średnia z lat 2005–2007)  
Herbicides effectivity in dicotyledonous weeds control (mean for 2005–2007)

System*	Zniszczenie chwastów; Weeds control (%)						średnio mean
	ANTAR	GAETE	MATIN	POLAV	VIOAR	THLAR	
Kontrola** Untreated	8	36	15	6	28	17	18
I	95	90	95	85	90	95	92
II	80	85	75	65	75	90	78
III	95	85	90	80	75	78	84
IV	95	95	98	85	90	95	93
V	85	80	70	80	70	95	80
NIR; LSD ( $\alpha = 0,05$ )	4,269						

\* patrz tab. 1; see tab. 1

\*\* patrz tab. 3; see tab. 3

ANTAR – *Anthemis arvensis*, MATIN – *Matricaria inodora*, VIOAR – *Viola arvensis*, THLAR – *Thlaspi arvense*,  
GAETE – *Galeopsis tetrahit*, POLAV – *Polygonum aviculare*

Tabela 5

Stopień pokrycia gleby przez chwasty jednoliścienne na plantacji wierzby energetycznej  
(średnia z lat 2005–2007)  
Degree of soil coverage by monocotyledonous weeds on willow plantation  
(mean for 2005–2007)

System*	Stopień pokrycia gleby (%) Degree of soil coverage (%)			
	ELYRE	ECHCG	APESV	suma total
Kontrola Untreated	30	22	5	57
I	8	1	1	10
II	20	10	8	38
III	10	-	-	10
IV	1	-	-	1
V	15	2	3	20

\* patrz tab. 1; see tab. 1

ELYRE – *Elymus repens*, ECHCG – *Echinochloa crus-galli*, APESV – *Apera spica-venti*

Tabela 6

Stopień pokrycia gleby przez chwasty dwuliścienne na plantacji wierzby energetycznej  
(średnia z lat 2005–2007)  
Degree of soil coverage by dicotyledonous weeds on willow plantation  
(mean for 2005–2007)

System*	Stopień pokrycia gleby (%) Degree of soil coverage (%)						suma total
	ANTAR	GAETE	MATIN	POLAV	VIOAR	THLAR	
Kontrola Untreated	5	16	7	4	8	5	45
I	-	-	1	1	-	-	2
II	3	4	5	6	5	-	23
III	-	1	1	1	2	1	6
IV	2	-	3	1	-	-	6
V	2	3	4	6	2	-	17

\* patrz tab. 1; see tab. 1

ANTAR – *Anthemis arvensis*, MATIN – *Matricaria inodora*, VIOAR – *Viola arvensis*, THLAR – *Thlaspi arvense*,  
GAETE – *Galeopsis tetrahit*, POLAV – *Polygonum aviculare*

## WNIOSKI

1. Uszkodzenia wierzby po zastosowaniu herbicydów w systemie I, II, III i V ustępowały po upływie około 3–5 tygodni od momentu ostatniej aplikacji.

2. Fitotoksyczne działanie na wierzbę herbicydu Maister 310 WG zastosowanego jako ostatni w systemie IV utrzymywało się do końca okresu wegetacji. Objawiało się chlorozą liści i zahamowaniem wzrostu.

3. Stosowanie kilku zabiegów herbicydowych (w tzw. systemach) w dużym stopniu zabezpiecza plantację wierzby przed chwastami w okresie dla niej krytycznym (tj. przez 2–4 miesiące od momentu posadzenia zrzesów).

4. Najlepszy efekt w ograniczaniu populacji chwastów ogółem, występujących na badanej plantacji, osiągnięto stosując herbicydy: Casoron 170 CS (7 dni po posadzeniu zrzesów), Tornado 700 SC (po ukazaniu się pierwszych par liści wierzby), Targa Super 05 EC + Lontrel 300 SL (w momencie tworzenia 2–3 pędów (6–8 par liści)) w ramach systemu I.

5. Podobne rezultaty otrzymano stosując herbicydy Katana 250 WG i Maister 310 WG w systemie IV. Jednak ze względu na hamowanie wzrostu spowodowane działaniem środka Maister 310 WG system IV nie może być w takiej formie polecany do ochrony plantacji wierzby.

## LITERATURA

1. Eriksson S.: Postemergence herbicides in Swedish willow stands. *Biomass*, 1988, **15(1)**: 55-66.
2. Dubas J., W., Tomczyk A.: Zakładanie, pielęgnacja i ochrona plantacji wierzby energetycznych. Wyd. SGGW, Warszawa, 2005.
3. Domaradzki K., Badowski M., Filipiak K., Franek M., Gołębiowska H., Kieloch R., Kucharski M., Rola H., Rola J., Sadowski J., Sekutowski T., Zawerbny T.: *Metodyka doświadczeń biologicznej oceny herbicydów, bioregulatorów i adiuwantów. Cz. 1. Doświadczenia polowe.* Wyd. IUNG, Puławy, 2001.
4. Gradziuk P. (red.): *Biopaliwa.* Wyd. Wieś Jutra, Warszawa, 2003.
5. Rola J., Rola H.: Ograniczenie zarastania chwastami segetalnymi i ruderalnymi ugorów oraz odłogów. *Fragm. Agron.*, 1998, **5**: 145-160.
6. Rola J., Rola H., Sekutowski T., Badowski M.: Wpływ sposobu użytkowania gruntów rolnych na zbiorowiska segetalne. *Pam. Puł.*, 2006, **143**: 131-140.
7. Rola J., Sekutowski T., Rola H., Badowski M.: Problem zachwaszczenia plantacji *Salix viminalis*. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Rośl.*, 2006, **46(1)**: 72-76.
8. Sekutowski T., Rola J.: Możliwość wykorzystania herbicydów do chemicznej regulacji zachwaszczenia plantacji *Salix viminalis* (L.). W: *Biomasa dla elektroenergetyki i ciepłownictwa – szanse i problemy.* Wyd. Wieś Jutra, Warszawa, 2007, 91-93.
9. Sekutowski T., Rola J., Rola H., Badowski M.: Wykorzystanie niektórych herbicydów do regulacji zachwaszczenia plantacji *Salix viminalis* (L.). *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 2007, **47(4)**: 379-391.
10. Skrzypczak W., Waligóra H., Szulc P.: Efektywność chemicznego zwalczania chwastów w pierwszym roku uprawy wikliny. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 2007, **47(4)**: 392-395.

11. Sowiński J.: Wpływ herbicydów oraz dodatkowego spulchniania międzyrzędzi na zachwaszczenie, wzrost i plonowanie wikliny. Cz. I. Wpływ na zachwaszczenie, wzrost i plonowanie wikliny w pierwszym roku uprawy. Roczn. Nauk. Rol., 1988, A(107), 3: 187-203.
12. Szczukowski S., Tworowski J., Stolarski M., Przyborowski J.: Plon biomasy wierzb krzewiastych pozyskiwany z gruntów rolniczych w cyklach jednorocznych. Fragm. Agron., 2004, 2(82): 5-18.
13. Zalecenia ochrony roślin na lata 2004/2005. Cz. II – Rośliny rolnicze. IOR Poznań, 2005.

## WEEDS CONTROL SYSTEMS ON ENERGY WILLOW PLANTATIONS

### Summary

Field experiments in willow plantation were carried out in the years 2005–2007 and were localized in the Jurczyce, Lower Silesian Region. The main goal of the presented study was the evaluation of the selected herbicide application systems in willow plantation, where herbicides selectivity to crop and herbicides effectiveness with respect to weed infestation state and rate were assessed.

More than one herbicide application (called “system”) provides very effective weed control during the critical willow period (i.e. about 2–4 months after crop planting). Temporary willow damages were observed after herbicides application in the system I, II, III and V. These damages disappeared after about 5 weeks after the last herbicide application. Only for the IV system (Katana 250 WG; Maister 310 WG + Actirob 842 EC), heavy willow damages were noticed. Heavy damages were maintained until the end of vegetation. The best results in weeds control were achieved after I herbicide system (Casoron 170 CS; Tornado 700 SC; Targa Super 05 EC + Lontrel 300 SL) and IV herbicide system (Katana 250 WG; Maister 310 WG + Actirob 842 EC) application.

*Praca wpłynęła do Redakcji 5 VI 2008 r.*

MARIUSZ STOLARSKI, STEFAN SZCZUKOWSKI, JÓZEF TWORKOWSKI

Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa – Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa,  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

## EFEKTYWNOŚĆ EKONOMICZNA I ENERGETYCZNA PRODUKCJI WIERZBY KRZEWIASTEJ NA GLEBIE ALUWIALNEJ

Economical and energetic efficiency of short-rotation willow growing on alluvial soil

**ABSTRAKT:** O rozwoju upraw wierzby krzewiastej na gruntach rolniczych w kierunku pozyskiwania biomasy będą decydować opłacalność oraz efektywność energetyczna produkcji tego gatunku. Dlatego też celem badań było określenie efektywności ekonomicznej i energetycznej produkcji wierzby krzewiastej w jednorocznym oraz dwuletnim cyklu zbioru roślin. Podstawą przeprowadzonych badań było doświadczenie polowe zlokalizowane w Dolinie Dolnej Wisły na Nizinie Kwidzyńskiej na madzie próchnicznej ilastej. Analizę efektywności ekonomicznej i energetycznej uprawy wierzby krzewiastej przedstawiono na podstawie średnich wartości uzyskanego plonu świeżej masy dla siedmiu klonów badanych w doświadczeniu. Nadwyżka bezpośrednia z 1 ha produkcji wierzby krzewiastej *loco* plantacja w przeliczeniu na rok użytkowania, przy cenie 15 zł za 1 GJ energii zawartej w zrębkach, wynosiła w cyklu jednorocznym 1 124 zł·ha<sup>-1</sup>, a w dwuletnim 2 328 zł·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>. Skumulowane nakłady materiałowo-energetyczne na uprawę i zbiór wierzby w badanych cyklach zbioru były zbliżone i zawierały się w przedziale od 11 do 12 GJ·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>. Efektywność energetyczna uprawy wierzby krzewiastej oraz pozyskania zrębków, wyrażona stosunkiem wartości energetycznej plonu do skumulowanych nakładów materiałowo-energetycznych, przy zbiorze co roku wyniosła 17, a przy zbiorze co dwa lata wzrosła do 24.

**słowa kluczowe – key words:**

wierzba krzewiasta – *short-rotation willow*, biomasa – *biomass*, efektywność ekonomiczna – *economic efficiency*, efektywność energetyczna – *energy effectiveness*

### WSTĘP

Czynnikami warunkującymi dalszy rozwój upraw wierzby krzewiastej na gruntach rolniczych będą opłacalność oraz efektywność energetyczna produkcji tego gatunku. Badania prowadzone w latach 90. ubiegłego wieku w Szwecji wskazały, że uprawa wierzby krzewiastej charakteryzuje się wysoką efektywnością energetyczną, kilkakrotnie wyższą niż uprawy jednoroczne (zboża, oleiste, okopowe); (2).

Nasuwa się pytanie, czy uprawa na gruntach rolniczych szybko rosnących wierzby w krótkich cyklach zbioru mogłaby istotnie zwiększyć podaż biomasy i ograniczyć

jej pozyskiwanie z klasycznych źródeł, takich jak: lasy i tradycyjna produkcja rolna, nie stwarzając jednocześnie problemów agrotechnicznych i ekonomicznych?

Celem przeprowadzonych badań było określenie efektywności ekonomicznej i energetycznej produkcji wierzby krzewiastej na glebie aluwialnej w dwóch cyklach zbioru roślin.

## MATERIAŁ I METODY

Podstawą przeprowadzonych badań było doświadczenie polowe zlokalizowane w Dolinie Dolnej Wisły na Nizinie Kwidzyńskiej na madzie próchnicznej ilastej. Zrzeszy *Salix* spp. wysadzono w 2000 roku w zagęszczeniu 40 tys. sztuk·ha<sup>-1</sup>. W 2006 roku zbiór roślin w cyklu jednorocznym nastąpił po wcześniejszym zbiorze w cyklu czteroletnim. Natomiast rośliny zbierane w cyklu dwuletnim rosły na poletkach, z których wcześniej pozyskano materiał roślinny w cyklu trzyletnim. Doświadczenie obejmowało 56 poletek, każde o wielkości 21,78 m<sup>2</sup>. W roku założenia doświadczenia zastosowano nawozy mineralne w dawce 17 kg P·ha<sup>-1</sup> (superfosfat potrójny) i 60 kg K·ha<sup>-1</sup> (sól potasowa). W kolejnych latach prowadzenia doświadczenia co roku wysiewano nawozy w ilości: N – 90 kg·ha<sup>-1</sup>, P – 17 kg·ha<sup>-1</sup>, K – 66 kg·ha<sup>-1</sup>. Fosfor i potas wysiewano wiosną przed rozpoczęciem wegetacji w postaci superfosfatu potrójnego i soli potasowej. Natomiast N stosowano w formie saletry amonowej, połowę dawki (45 kg·ha<sup>-1</sup>) przed rozpoczęciem okresu wegetacji, resztę w końcu maja każdego roku.

Czynnikiem pierwszym doświadczenia było 6 klonów wierzby krzewiastej z gatunku *Salix viminalis* oraz mieszańców międzygatunkowy *Salix viminalis* x *Salix purpurea*. Czynnikiem drugim był cykl zbioru roślin: co roku i co dwa lata.

Analizę efektywności ekonomicznej i energetycznej uprawy wierzby krzewiastej *Salix* spp. przedstawiono na podstawie średnich wartości uzyskanego plonu świeżej masy dla wszystkich badanych w doświadczeniu klonów wierzby w jednorocznym oraz dwuletnim cyklu zbioru.

W przeprowadzonych badaniach wyróżniono następujące etapy pracy: założenie plantacji, pielęgnację, zbiór roślin po zakończeniu pierwszego okresu wegetacji, nawożenie, koszenie roślin z jednoczesnym rozdrabnianiem, transport zrębków w obrębie pola (odbior zrębków od silosokombajnu na przyczepy oraz ich transport na przymę zlokalizowaną na uwrociu pola). Uwzględniono również koszty związane z podatkiem rolnym. Przyjęto, że do nawożenia roślin wykorzystany będzie ciągnik C-360-3P i rozsiewacz N 012 RNZ. Założono, że do koszenia roślin wierzby po zakończeniu pierwszego okresu wegetacji zastosowana będzie kosiarka do wierzby, w której elementem roboczym jest piła tarczowa, współpracująca z ciągnikiem C-360-3P, natomiast w kolejnych latach do zbioru roślin w cyklu jednorocznym stosowany będzie silosokombajn współpracujący z ciągnikiem Pronar 82 TSA, zaś w cyklu dwuletnim kombajn Claas Jaguar 860. Przyjęto, że do transportu zrębków przy zbiorze w cyklu jednorocznym użyte będą 2 zestawy złożone z ciągników Ur-

sus C-360-3P i przyczep T 169/2, natomiast przy zbiorze co dwa lata – 4 takie zestawy, ze względu na wyższą wydajność kombajnu Claas Jaguar 860.

Obliczenie kosztów eksploatacji środków technicznych wykonano zgodnie z metodyką zaproponowaną przez Zakład Ekonomiki i Eksploatacji Maszyn Rolniczych Instytutu Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie (6). Koszt pracy ludzkiej w rolnictwie ustalono na 10,2 zł za godzinę pracy. Koszt ten obliczono na podstawie średniego miesięcznego wynagrodzenia przy założeniu, że jedna osoba pełnozatrudniona w rolnictwie pracuje 168 godzin w miesiącu.

Skumulowane nakłady materiałowo-energetyczne uprawy wierzby krzewiastej i produkcji zrębków określono według metodyki opracowanej oraz aktualizowanej przez IBMER w Warszawie (1, 14, 16, 17).

W analizach wyodrębniono następujące nakłady materiałowo-energetyczne: pracę ludzką, bezpośrednie nośniki energii, surowce i materiały, środki inwestycyjne i remontowe. Wielkość poniesionych nakładów energetycznych obliczono według wskaźników energii skumulowanej przedstawionych w pracach Szeptyckiego i Wójcickiego (14) oraz Wójcickiego (17). Wartość energetyczną plonu wierzby ( $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) wyliczono z iloczynu plonu świeżej biomasy oraz jej wartości opałowej. Efektywność energetyczną wyrażono stosunkiem wartości energetycznej plonu do skumulowanych nakładów materiałowo-energetycznych.

Analizę efektywności ekonomicznej przeprowadzono przy założeniu ceny zrębków na poziomie  $15 \text{ zł}\cdot\text{GJ}^{-1}$ . Nadwyżkę bezpośrednią z uprawy wierzby krzewiastej *loco* plantacja wyliczono na podstawie różnicy pomiędzy wartością plonu biomasy a bezpośrednimi kosztami własnymi. W obliczeniach dla większości prac nie uwzględniono zysku usługodawcy, jedynie w przypadku zbioru dwuletnich roślin kombajnem Claas Jaguar 860 założono, że będzie to wykonane usługowo. Całość poniesionych kosztów ( $\text{zł}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) oraz skumulowanych nakładów materiałowo-energetycznych ( $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) odniesiono do dwóch etapów. Pierwszy z nich obejmował założenie plantacji, a drugi użytkowanie w poszczególnych cyklach zbioru. W kosztach produkcji oraz nakładach energetycznych nie uwzględniono transportu biomasy z pola do ciepłowni. Koszty oraz nakłady energetyczne związane z założeniem plantacji przedstawiono w całości oraz podzielono na 20-letni okres jej użytkowania.

## WYNIKI

Nakłady pracy i koszty bezpośrednie wykonania poszczególnych zabiegów agrotechnicznych niezbędnych przy zakładaniu plantacji wierzby krzewiastej przedstawiono w tabeli 1. Całkowity koszt bezpośredni założenia plantacji wierzby krzewiastej na powierzchni 1 ha przy obsadzie 40 tys. roślin wyniósł 6 486,83 zł, co w przeliczeniu na rok użytkowania plantacji stanowiło  $324,34 \text{ zł}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Największy udział w kosztach całkowitych założenia plantacji, prawie 62%, stanowił zakup sadzonek.

Koszty bezpośrednie produkcji wierzby krzewiastej w badanych cyklach zbioru przedstawiono w tabeli 2. Koszty związane z założeniem plantacji *Salix* spp. stano-



Tabela 1

Nakłady pracy i koszty bezpośrednie założenia plantacji wierzy krzewiastej *Salix* spp. przy obsadzie 40 tys. roślin na 1 ha  
Labour inputs and direct cost of *Salix* spp. plantation establishing at the density of 40,000 plants · ha<sup>-1</sup>

Wyszczególnienie Item	Rodzaj; Kind		Nakłady pracy Work inputs			Koszty założenia (zł·ha <sup>-1</sup> ) Cost of establishing (PLN·ha <sup>-1</sup> )			
	ciągnika tractor	maszynny towarzystwiającej machinery	rbh	cnh	mh	siła robocza	ciągnik	maszyna lub narzędzie	Razem Total
Oprysk (Roundup) Spraying	Ursus C-360-3P	opryskiwacz Pilmet 412 sprayer	0,50	0,50	0,50	5,10	15,08	5,20	25,38
Wysiew nawozów PK PK Fertilizers application	Ursus C-360-3P	rozsiewacz nawozów N 012 RNZ fertilizer spreader	1,00	1,00	1,00	10,20	30,16	3,40	43,76
Orka przedzimowa Winter plough	Pronar 82 TSA	plug U 160/4 plough	2,00	2,00	2,00	20,40	97,04	10,98	128,42
Bronowanie Harrowing	Pronar 82 TSA	brona U 358 harrow	1,00	1,00	1,00	10,20	48,52	1,71	60,43
Koszt zakupu sadzonek 40 tys. szt. (10 groszy za szt.) Cost of cuttings (40,000 units) (0.10 PLN per cutting)	-	-	-	-	-	-	-	-	4000,00
Wytyczenie znaków do sadzenia Marking field before planting	Ursus C-360-3P	znacznik marker	1,50	1,50	1,50	15,30	45,24	7,94	68,48
Sadzenie ręczne Manual planting	-	-	64,00	-	-	652,80	-	-	652,80
Oprysk (Azotop) Spraying	Ursus C-360-3P	opryskiwacz Pilmet 412 sprayer	0,50	0,50	0,50	5,10	15,08	5,20	25,38
Pielnie (2×) Weeding	Ursus C-360-3P	pielnik P 430/2 weeder	3,00	3,00	3,00	30,60	90,48	38,04	159,12



wiły od 16,68% do 18,50% kosztów całkowitych, odpowiednio przy zbiorze co roku i co dwa lata. Koszty siły roboczej przy zbiorze roślin co dwa lata wynosiły 4,45% kosztów całkowitych, natomiast w przypadku zbioru roślin co roku – 7,50%. Przy zbiorze w cyklu jednorocznym koszty eksploatacji ciągników i innych maszyn stanowiły 48,91% kosztów całkowitych, a w cyklu dwuletnim 47,23%. Koszt nawozów mineralnych wynosił od 21,76% do 24,13% odpowiednio przy zbiorze co roku i co dwa lata. Całkowite koszty bezpośrednie produkcji wierzby krzewiastej zbieranej w cyklu jednorocznym wynosiły 1 944,06 zł·ha<sup>-1</sup>. Wydłużanie cyklu zbioru do dwóch lat podnosiło koszt produkcji do 3 506,86 zł·ha<sup>-1</sup>, co w przeliczeniu na 1 rok dało wartość 1 753,43 zł·ha<sup>-1</sup>.

Tabela 2

Koszty bezpośrednie produkcji wierzby krzewiastej loco plantacja w jednorocznym i dwuletnim cyklu zbioru (zł·ha<sup>-1</sup>, %)  
Direct cost of short rotation willow production in annual and biennial cutting cycle (PLN·ha<sup>-1</sup>, %)

Wyszczególnienie Item	Cykl zbioru Cutting cycle			
	co rok annual		co dwa lata biennial	
	zł·ha <sup>-1</sup>	%	zł·ha <sup>-1</sup>	%
Koszt bezpośredni założenia plantacji Direct cost of plantation establishing	324,34	16,68	648,68	18,50
Siła robocza; Labour	145,86	7,50	155,94	4,45
Ciągniki; Tractors	512,68	26,37	396,82	11,32
Maszyny; Machinery	438,18	22,54	1259,41	35,91
Nawozy; Fertilizers				
N	213,00	10,96	426,00	12,15
P, K	210,00	10,80	420,00	11,98
Podatek rolny; Tax	100,00	5,14	200,00	5,70
Ogółem; Total	1944,06	100,00	3506,86	100,00

Koszty produkcji 1 tony zrębków wierzbowych ustalono na podstawie całkowitych bezpośrednich kosztów produkcji oraz średnich plonów biomasy w różnych cyklach zbioru (tab. 3). Plon świeżej biomasy wierzby zbieranej w cyklu jednorocznym wyniósł średnio 26,60 Mg·ha<sup>-1</sup>, a w dwuletnim 63,94 Mg·ha<sup>-1</sup>. Tak duże przyrosty biomasy wierzby uzyskano na glebie aluwialnej (w naturalnym siedlisku) o optymalnym dla wierzby stanie wód gruntowych, przy efektywnym nawożeniu, dlatego nie należy ich odnosić do gruntów niskich klas bonitacji. Najniższe koszty

Tabela 3

Nadwyżka bezpośrednia produkcji wierzby krzewiastej *loco* plantacja  
w jednorocznym i dwuletnim cyklu zbioru  
Direct surplus of short-rotation willow production (*loco* plantation)  
at annual and biennial cutting cycles

Wyszczególnienie Item	Cykl zbioru; Cutting cycle	
	co rok annual	co dwa lata biennial
Plon świeżej biomasy (Mg·ha <sup>-1</sup> ) Yield of fresh biomass (Mg·ha <sup>-1</sup> )	26,60	63,94
Bezpośredni koszt produkcji (zł·ha <sup>-1</sup> ) Direct production cost (PLN·ha <sup>-1</sup> )	1 944,06	3 506,86
Bezpośredni koszt produkcji (zł·Mg <sup>-1</sup> ) Direct production cost (PLN·Mg <sup>-1</sup> )	73,09	54,84
Cena zrębków (zł·Mg <sup>-1</sup> ) Price of wood chips (PLN·Mg <sup>-1</sup> )	115,35	127,65
Nadwyżka bezpośrednia (zł·Mg <sup>-1</sup> ) Direct surplus (PLN·Mg <sup>-1</sup> )	42,26	72,81
Nadwyżka bezpośrednia (zł·ha <sup>-1</sup> ) Direct surplus (PLN·ha <sup>-1</sup> )	1 124,25	4 655,45
Nadwyżka bezpośrednia (zł·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ) Direct surplus (PLN·ha <sup>-1</sup> ·year <sup>-1</sup> )	1 124,25	2 327,72

bezpośrednie produkcji zrębków stwierdzono przy zbiorze roślin w cyklu dwuletnim 54,84 zł za tonę. Nadwyżka bezpośrednia z 1 tony wytworzonych *loco* plantacja zrębków wynosiła w tym przypadku 72,81 zł. Wartość jednorocznych zrębków wierzbowych została określona na 115,35 zł·Mg<sup>-1</sup>, a dwuletnich na 127,65 zł·Mg<sup>-1</sup>. Nadwyżka bezpośrednia z 1 ha produkcji wierzby w przeliczeniu na rok użytkowania *loco* plantacja w cyklu jednorocznym wynosiła więc 1 124,25 zł·ha<sup>-1</sup>, a w cyklu dwuletnim 2 327,72 zł·ha<sup>-1</sup>.

Skumulowane nakłady materiałowo-energetyczne poniesione na założenie 1 ha plantacji wierzby krzewiastej przy planowanej obsadzie 40 tys. roślin·ha<sup>-1</sup> wynosiły 19 106,46 MJ·ha<sup>-1</sup> (tab. 4). W prowadzonym doświadczeniu założono 20-letni okres użytkowania plantacji. W związku z tym nakłady energetyczne założenia plantacji w przeliczeniu na rok użytkowania wyniosły 955,32 MJ·ha<sup>-1</sup>.

Strukturę skumulowanych nakładów materiałowo-energetycznych poniesionych na założenie plantacji, uprawę i zbiór w dwóch cyklach zbioru przedstawiono w tabeli 5. Przy corocznym zbiorze roślin skumulowane nakłady materiałowo-energetyczne na produkcję zrębków *Salix* spp. wyniosły 11 973,77 MJ·ha<sup>-1</sup> = 11,97 GJ·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>, natomiast przy zbiorze co dwa lata 22 392,17 MJ·ha<sup>-1</sup> = 11,19 GJ·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>. Najwięk-

Tabela 4

Skumulowane nakłady materiałowo-energetyczne poniesione na założenie plantacji wierzby krzewiastej  
Cumulative inputs of materials and energy for establishing of short-rotation willow plantation

Wyszczególnienie Item	Nakłady (MJ·ha <sup>-1</sup> ) Inputs (MJ·ha <sup>-1</sup> )
Oprysk (Roundup); Spraying (Roundup)	146,51
Wysiew nawozów PK; PK fertilizers application	276,59
Orka przedzimowa; Winter plough	1518,58
Bronowanie; Harrowing	759,62
Wytyczenie znaków do sadzenia; Marking of field before planting	424,12
Sadzenie ręczne; Manual planting	2560,00
Oprysk; Spraying (Azotop)	146,51
Pielenie; Weeding (2x)	1043,54
Sadzonki; Cuttings	6375,00
Nawozy (P i K); Fertilizers (P and K)	1020,00
<i>Roundup</i>	540,00
<i>Azotop</i>	375,00
Zbiór roślin po pierwszym okresie wegetacji Willow harvesting after first growing season	3078,66
Transport; Traspport	842,34
Razem; Total	19106,46
Na rok użytkowania plantacji 1/20 Σ Per one season of plantation lifespan	955,32

szy udział w strukturze nakładów energetycznych stanowiły paliwa, przy zbiorze co roku – 42,67%, a przy rotacji dwuletniej 41,38%. Nawozy mineralne (NPK) stanowiły od 37,1% przy zbiorze roślin co roku do 39,66% przy zbiorze w cyklu dwuletnim.

Skumulowane nakłady materiałowo-energetyczne odniesiono do wartości energetycznej średniego plonu świeżej biomasy wierzby (niezależnie od klonu) pozyskiwanego z powierzchni 1 hektara w poszczególnych cyklach zbioru. Wartość energetyczna plonu biomasy wierzby w jednorocznym cyklu zbioru wynosiła średnio 204 609 MJ·ha<sup>-1</sup>, a w dwuletnim 543 948 MJ·ha<sup>-1</sup>, czyli odpowiednio: 204,61 i 271,97 GJ·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>. Efektywność energetyczna produkcji wierzby krzewiastej wynosiła 17,09 przy zbiorze corocznym oraz 24,29 przy zbiorze co dwa lata.

Tabela 5

Struktura skumulowanych nakładów materiałowo-energetycznych, wartość energetyczna plonu oraz efektywność energetyczna uprawy w jednorocznym i dwuletnim cyklu zbioru wierzby krzewiastej (*loco* plantacja)  
Structure of cumulated inputs of materials and energy, energy value of yield and effectiveness of willow growing (*loco* plantation)

Wyszczególnienie Item	Cykl zbioru; Cutting cycle			
	co rok annual		co dwa lata biennial	
	MJ·ha <sup>-1</sup>	%	MJ·ha <sup>-1</sup>	%
Siła robocza; Labour	827,00	6,91	1121,54	5,01
Sprzęt rolniczy (ciągniki i maszyny) Tractors and machinery	1181,99	9,87	2294,47	10,25
Paliwa; Fuels	5109,28	42,67	9265,15	41,38
Sadzonki, środki ochrony roślin Cuttings and pesticides	415,50	3,47	831,00	3,71
Nawozy mineralne; Fertilizers				
N	3080,00	25,72	6160,00	27,51
P	560,00	4,68	1120,00	5,00
K	800,00	6,68	1600,00	7,15
Skumulowane nakłady materiałowo- -energetyczne Cumulated inputs of materials and energy	11973,77	100,00	22392,17	100,00
Plon świeżej masy (Mg·ha <sup>-1</sup> ) Yield of fresh matter (Mg·ha <sup>-1</sup> )	26,60	-	63,94	-
Wartość energetyczna plonu (MJ·ha <sup>-1</sup> ) Value of yield (MJ·ha <sup>-1</sup> )	204609,40	-	543948,18	-
Efektywność energetyczna Effectiveness in terms of energy	17,09	-	24,29	-

## DYSKUSJA

Podczas zakładania upraw wieloletnich koszty związane z zakupem materiału sadzeniowego stanowią bardzo istotną pozycję. Również w analizowanym doświadczeniu najwyższe koszty były związane z zakupem sadzonek. We wcześniejszych badaniach własnych (10) zakup sadzonek stanowił od 71,3% do 80,7% kosztów całkowitych poniesionych na założenie plantacji wierzby krzewiastej w zależności od obsady roślin na 1 hektar. Randerson i in. (7) na podstawie doświadczeń prowadzonych w Walii, podają, że najwyższy koszt związany z założeniem plantacji *Salix* spp. stanowił zakup sadzonek (73,8% kosztów całkowitych – 1 600 £·ha<sup>-1</sup>) przy obsadzie 20 tys. roślin na hektar. Kwaśniewski (4) podaje, że koszty produkcji

wierzby krzewiastej po pierwszym roku uprawy z przeznaczeniem roślin na sadzonki wynosiły dla dwóch analizowanych plantacji od 6 404 zł·ha<sup>-1</sup> do 8 058 zł·ha<sup>-1</sup>. W strukturze kosztów zdecydowanie dominowały koszty surowcowe, związane głównie z zakupem sadzonek, które stanowiły odpowiednio 38% i 50%.

Nadwyżka bezpośrednia z 1 ha produkcji wierzby w analizowanym eksperymencie *loco* plantacja w cyklu jednorocznym wynosiła 1 124,25 zł·ha<sup>-1</sup>, a w cyklu dwuletnim 2 327,72 zł·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>. We wcześniejszych badaniach własnych (10) przy wyjściowej cenie 80 zł·Mg<sup>-1</sup> świeżych zrębków wyliczono, że nadwyżka bezpośrednia z uprawy wierzby krzewiastej w cyklu jednorocznym wynosiła 1 350 zł·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>, w dwuletnim 1 316 zł·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>, a w trzyletnim 1 767 zł·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>. W innym doświadczeniu własnym nadwyżka bezpośrednia z uprawy wierzby krzewiastej przy cenie 80 zł·Mg<sup>-1</sup> świeżych zrębków była niższa i wynosiła 669 zł·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup> przy zbiorze co roku oraz 988 zł·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup> w cyklu dwuletnim (11). Do zwiększania częstotliwości zbioru wierzby może zachęcać rolników czas oczekiwania na wypłatę zysków z inwestycji, który w porównaniu z tradycyjnymi uprawami rolniczymi jest dłuższy. Rosenqvist i Dawson (8) wykazali, że w Północnej Irlandii uprawa wierzby opłacalna jest przy minimalnym plonie 18,4 Mg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup> świeżej biomasy i przy cenie 20 £·Mg<sup>-1</sup>. Rosenqvist i in. (9) informują, że wierzba uprawiana ekstensywnie jest bardziej konkurencyjna na glebach o średniej i niższej jakości, zaś na glebach żyznych bardziej konkurencyjna okazuje się pszenica. Na Białorusi w ramach projektu EC-RECOVER (15) analizowano uprawę wierzby krzewiastej *Salix* spp. jako rośliny alternatywnej na terenach skażonych. Wykazano, że przy bardzo niskiej cenie drewna opałowego na Białorusi – 10,2 €·Mg<sup>-1</sup> suchej masy, uprawa wierzby, nawet przy niższych kosztach siły roboczej i maszyn, nie jest opłacalna. Dopiero przy plonie 12 Mg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup> suchej masy i cenie na poziomie 40 €·Mg<sup>-1</sup> suchej masy zrębków uprawy wierzby może być tam opłacalna.

Nakłady energii skumulowanej poniesione na uprawę wierzby i produkcję zrębków były stosunkowo niskie (11–12 GJ·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>). Dla porównania nakłady energii skumulowanej na uprawę i zbiór nasion rzepaku, w doświadczeniu przeprowadzonym przez Jankowskiego (3), zawierały się w przedziale od 14,0 GJ·ha<sup>-1</sup> przy technologii niskonakładowej do 31,7 GJ·ha<sup>-1</sup> przy technologii wysokonakładowej. Efektywność energetyczna uprawy rzepaku ozimego w cytowanym doświadczeniu, w przypadku uwzględnienia tylko nasion, wynosiła 3,55 przy technologii wysokonakładowej oraz 5,36 przy technologii niskonakładowej, natomiast w przypadku wykorzystania nasion i słomy rzepakowej na cele energetyczne wskaźnik ten wzrastał do 7,85 przy technologii wysokonakładowej, a najwyższy był przy technologii średnionakładowej – 10,24. Wskaźnik efektywności energetycznej przy uprawie wierzby krzewiastej zależy od sposobu użytkowania plantacji oraz częstotliwości zbioru biomasy. Przy zbiorze roślin wierzby co roku wynosił około 22, natomiast przy zbiorze co trzy lata około 42 (13). W innych badaniach własnych (12) efektywność energetyczna pozyskania zrębków *Salix* spp. przy corocznym zbiorze roślin wynosiła 21,5, a w dwuletnim cyklu zbioru 29,4. Macpherson (5) podaje, że

przy bardzo niskim plonie 4 t s.m. drewna wierzby krzewiastej rocznie efektywność energetyczna wynosiła średnio 17, natomiast w wariancie, w którym plon wyniósł 12 t s.m. rocznie, wartość ta wynosiła średnio 50.

#### WNIOSKI

1. Przeprowadzona analiza efektywności ekonomicznej i energetycznej wykazała, że uprawa wierzby krzewiastej na cele energetyczne na glebie aluwialnej w warunkach Niziny Kwidzińskiej jest uzasadniona.

2. Bezpośrednie koszty produkcji wierzby na powierzchni 1 hektara wyniosły 1 944 zł·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup> przy zbiorze roślin co roku i 1 753 zł·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup> przy pozyskiwaniu roślin co dwa lata.

3. Nadwyżka bezpośrednia z 1 ha produkcji wierzby krzewiastej *loco* plantacja w przeliczeniu na rok użytkowania, przy cenie 15 zł za 1 GJ energii zawartej w zrębkach, wynosiła w cyklu jednorocznym 1 124 zł·ha<sup>-1</sup>, a w dwuletnim 2 328 zł·ha<sup>-1</sup>.

4. Skumulowane nakłady materiałowo-energetyczne na uprawę i zbiór wierzby w badanych cyklach zbioru były zbliżone i zawierały się w przedziale od 11 do 12 GJ·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>.

5. Efektywność energetyczna pozyskania zrębków *Salix* spp. przy zbiorze co roku wyniosła 17, a przy zbiorze co dwa lata wzrosła do 24.

#### LITERATURA

1. Anuszewski R.: Metoda oceny energochłonności produktów rolniczych. Zag. Ekon. Rol., 1987, **4**: 16-26.
2. Borjesson P.: Biomass in a Sustainable Energy Systems. Lund University, Sweden, 1998.
3. Jankowski K.: Siedliskowe i agrotechniczno-ekonomiczne uwarunkowania produkcji nasion rzepaku ozimego na cele spożywcze i energetyczne. Wyd. UW-M Olsztyn, Rozprawy i monografie, 2007, **131**.
4. Kwaśniewski D.: Analiza kosztów produkcji wierzby energetycznej w pierwszym roku uprawy. Acta Agrophys., 2006, **8(4)**: 871-880.
5. Macpherson G.: Home-Grown Energy from Short-rotation Coppice. Farming Press North America, 1995.
6. Muzalewski A.: Koszty eksploatacji maszyn. IBMER, Warszawa, 2005.
7. Randerson P.F., Heaton R.J., Slater F.M.: Economic prospects for short rotation coppice in Wales: The need for subsidy in a new agricultural industry. The 7<sup>th</sup> Polish-Danish Workshop on „Biomass for Energy”, December 7-10-2000, Starbienio, Poland, 135-142.
8. Rosenqvist H., Dawson M.: Economics of willow growing in Northern Ireland. Biomass and Bioenergy, 2005, **28**: 7-14.
9. Rosenqvist H., Roos A., Ling E., Hektor B.: Willow growers in Sweden. Biomass and Bioenergy, 2000, **182**: 137-145.
10. Stolarski M., Kisiel R., Szczukowski S., Tworkowski J.: Opłacalność produkcji wierzby krzewiastej na gruntach rolniczych w krótkich rotacjach i przy różnym zagęszczeniu roślin. Rocz. Nauk Rol., 2002, **89(2)**: 96-105.



11. Stolarski M., Szczukowski S., Tworkowski J., Kopaczal M.: Profitability of willow production in short cycles in the low Vistula valley. *Pol. J. Natural Sci.*, 2007, **2**: 172-182.
12. Szczukowski S., Stolarski M., Tworkowski J., Kopaczal M.: Efektywność energetyczna produkcji wierzby krzewiastej w Dolinie Dolnej Wisły. *Fragm. Agron.*, 2007, **4(96)**: 192-197.
13. Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M.: Wierzba energetyczna. Plantpress Kraków, 2004.
14. Szeptycki A., Wójcicki Z.: Postęp technologiczny i nakłady energetyczne w rolnictwie do 2020 r. IBMER, Warszawa, 2003.
15. Vandenhove H., Goor F., O'Brien S., Grebenkov A., Timofeyev S.: Economic viability of short rotation coppice for reuse of caesium-contaminated land in Belarus. *Biomass and Bioenergy*, 2002, **22**: 421-431.
16. Wójcicki Z.: Metodyczne problemy badania energochłonności produkcji rolniczej. *Probl. Inż. Rol.*, 2005, **1(47)**: 5-12.
17. Wójcicki Z.: Poszanowanie energii i środowiska w rolnictwie i na obszarach wiejskich. IBMER, Warszawa, 2007.

#### ECONOMICAL AND ENERGETIC EFFICIENCY OF SHORT-ROTATION WILLOW GROWING ON ALLUVIAL SOIL

##### Summary

Development of short-rotation willow plantations as a dedicated biomass crop on arable lands will be determined by profitability and efficiency of production in terms of energy. Therefore, the studies were aimed to determine economic and energetic efficiency of short-rotation willow production on alluvial soil located at Kwidzyn Lowland in annual and biennial cutting cycles. The base of the studies was field trial conducted in area of Lower Vistula River Valley on Kwidzyn Lowland. Willow plants grew on clay alluvial soil. Analysis into the efficiency of short rotation willow was presented as analysis of obtained yield for seven clones of willow tested in the experiment. Direct surplus from 1 ha of willow registered loco at plantation calculated per year at the price of 15 PLN·GJ<sup>-1</sup> enclosed in wood chips amounted 1124 and 2328 PLN·ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup> in annual and biennial cycles, respectively. The cumulated input was expressed in terms of materials and energy for production and harvesting of short-rotation willow in tested cutting cycles, were similar and contained in the range from 11 to 22 GJ·ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup>. Effectiveness of willow growing and of production of wood chips in terms of energy amounted to 17 in annual harvesting cycle and increased to 24 at biennial cycle.

*Praca wpłynęła do Redakcji 28 IV 2008 r.*

<sup>1</sup>JAN BOCIANOWSKI, <sup>2</sup>URSZULA SKOMRA

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

<sup>2</sup>Zakład Hodowli i Biotechnologii Roślin

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

WYKORZYSTANIE ANALIZY ZMIENNYCH KANONICZNYCH  
DO WIELOCECHOWEJ CHARAKTERYSTYKI ODMIAN  
CHMIELU ZWYCZAJNEGO (*HUMULUS LUPULUS* L.)

Use of canonical variate analysis for the multivariate assessment of hop cultivars (*Humulus lupulus* L.)

**ABSTRAKT:** Genotypy chmielu zwyczajnego zgromadzone w kolekcji są ważnym źródłem zmienności genetycznej. Podstawowym warunkiem ich efektywnego wykorzystania jest poznanie zmienności fenotypowej cech branych pod uwagę w hodowli nowych odmian chmielu, wśród których kluczową rolę odgrywają cechy morfologiczne, pośrednio wpływające na wielkość plonu szyszek. W latach 2004–2006 charakteryzowano 35 odmian chmielu pod względem czterech cech morfologicznych: wysokości osadzenia pierwszych pędów plonujących, długości pędów bocznych, długości międzywęźli, wskaźnika skręcalności. Wyniki analizowano statystycznie za pomocą metod wielowymiarowych. Wielozmienna analiza wariancji wykazała istotne różnice zarówno między odmianami, jak i latami badań. Stwierdzono dużą efektywność wielo cechowej charakterystyki badanych odmian chmielu w układzie współrzędnych dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych, które wyjaśniały znaczną część całkowitej zmienności (71%, 76% i 74%, odpowiednio dla roku 2004, 2005 i 2006). Przedstawione w pracy odmiany charakteryzują się wyraźnym zróżnicowaniem cech morfologicznych i mogą stanowić interesujący materiał wyjściowy do prac hodowlanych nad chmielem.

**słowa kluczowe – key words:**

cechy morfologiczne – *morphological characteristics*, metody wielowymiarowe – *multivariate methods*, zmienność fenotypowa – *phenotypic diversity*

WSTĘP

Hodowla roślin jest podstawowym elementem postępu biologicznego w rolnictwie. Jej efektem jest wprowadzenie do uprawy nowych odmian roślin, które łączą w sobie wiele korzystnych cech, zgodnie z wymaganiami plantatorów, przetwórców oraz konsumentów. Efektywność hodowli zależy od doboru odpowiednich form rodzicielskich do krzyżowań oraz selekcji uzyskanych genotypów w oparciu o model odmiany, czyli zbiór właściwości, jakimi powinna się ona wyróżniać.

Ważnym źródłem zmienności genetycznej wykorzystywanym przez hodowców chmielu jest kolekcja odmian, która gromadzi genotypy z większości rejonów upra-

wy tej rośliny na świecie (13). Są one charakteryzowane pod względem wielu cech użytkowych, wśród których kluczową rolę odgrywają cechy morfologiczne, które pośrednio wpływają na wielkość plonu szyszek. Należą do nich długość pędów bocznych i międzywęźli oraz wysokość osadzenia pierwszych pędów plonujących. Duże znaczenie w ocenie genotypów chmielu ma również wskaźnik skręcalności pędów oznaczający zdolność rośliny do owijania się wokół przewodnika. Kompleksowa charakterystyka obiektów zgromadzonych w kolekcji pozwala na wytypowanie genotypów stanowiących źródło wartościowych cech, które mogą być wykorzystane w hodowli nowych odmian chmielu.

Celem pracy była wielo cechowa charakterystyka zmienności fenotypowej czterech cech 35 odmian chmielu. Zastosowano metodę analizy zmiennych kanonicznych (1, 3, 7, 17), opartą na modelu wielowymiarowej analizy wariancji dla obserwacji cech.

## MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w kolekcji polowej genotypów chmielu zlokalizowanej w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym IUNG-PIB w Puławach. Poszczególne rośliny są wysadzone na plantacji w rozstawie  $1,5 \times 3,0$  m i prowadzone na konstrukcji nośnej o wysokości 7,0 m. Każdy genotyp reprezentowany jest przez 7 lub 8 roślin.

Materiał do badań stanowiło 35 odmian chmielu zwyczajnego: Lubelski, Au Hledawa, Aurora, Bačka, Bobek, Buket, Celeia, Cerera, Cicero, First Gold, Francuzi Ankstywieji, Fredos Derlingieji, Fredos Taurieji, Gajdamacki, Golden Star, Kauno Ankstywieji, Kauno Grazieji, Omega, Regent, Słowianka, Whitebread 1147, Źmine, Marynka, Ahil, Apolon, Atlas, Blisk, Brewers Gold, Granit, Hallertauer Taurus, Potijewskij, Promin, Silnyj, Wye Target, Zenith.

Waloryzację prowadzono w latach 2004–2006. Materiał badawczy analizowany był pod względem czterech cech: wysokości osadzenia pierwszych pędów plonujących (cm), długości pędów bocznych (cm), długości międzywęźli (cm) oraz wskaźnika skręcalności oznaczającego liczbę skrętów pędu głównego na odcinku o długości 1 m. Pomiary wykonywano na trzech roślinach wybranych losowo spośród wszystkich reprezentujących daną odmianę na plantacji kolekcyjnej. Uzyskane wyniki stanowiły źródłową bazę danych do wszystkich analiz statystycznych.

Wyniki analizowano statystycznie za pomocą metod wielowymiarowych (2). Metody wielowymiarowe wybrano ze względu na fakt, iż obserwowane w doświadczeniu cechy były ze sobą skorelowane. Współczynniki korelacji obliczono na podstawie średnich obiektowych dla trzech lat łącznie.

Przeprowadzona wielozmienna analiza wariancji umożliwiła weryfikację hipotez o braku różnic pomiędzy odmianami oraz latami, a także hipotezy o braku interakcji odmiany $\times$ lata.

Wielo cechową ocenę podobieństwa badanych odmian chmielu, wyrażoną za pomocą odległości Mahalanobisa, starano się pokazać w mniejszej liczbie wymiarów

z możliwie małą stratą informacji. Zastosowano analizę zmiennych kanonicznych. Umożliwia ona zobrazowanie odległości (podobieństwa) obiektów z metryką odległości Mahalanobisa w formie graficznej 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 2-wymiarową, zapewniającą w danej liczbie nowych wymiarów możliwie najbardziej dokładne odтворzenie odległości Mahalanobisa. Przestrzeń liniową o takich własnościach określają zmienne kanoniczne, które są funkcjami liniowymi cech oryginalnych.

Zmienne kanoniczne pozwalają określić względny udział każdej cechy oryginalnej w wielocechowym różnicowaniu 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 (8, 10). Na podstawie wartości tych współczynników korelacji można wykryć cechy o największej sile dyskryminacyjnej wśród badanych cech.

Wszystkie obliczenia w analizie danych metodą wielozmiennej analizy wariancji oraz analizy zmiennych kanonicznych wykonano za pomocą pakietu statystycznego GenStat (6).

## WYNIKI I DYSKUSJA

Charakterystyka badanych odmian pod względem wszystkich cech na podstawie wyników analiz poszczególnych cech indywidualnie jest dość trudna, a ponadto może być za mało efektywna w zrozumieniu mechanizmu genetycznego uwarunkowania badanego zestawu obiektów. Trzeba bowiem liczyć się z możliwością pominięcia związków pomiędzy obiektami dla różnych cech, które mogą mieć znaczenie w analizie wielocechowego podobieństwa tych obiektów. Zastosowanie w niniejszej pracy wielowymiarowych metod analizy statystycznej wyników doświadczenia uzasadnione było faktem, iż obserwowane cechy były ze sobą skorelowane, a więc analizowanie ich tylko oddzielnie, niezależnie jedna po drugiej byłoby niewskazane. Analizę korelacji przeprowadzono w celu oceny współzależności obserwowanych cech, a jej wyniki przedstawiono w tabeli 1. Wskazują one na istotne statystycznie skorelowanie długości międzywęzła ze wszystkimi pozostałymi uwzględnionymi cechami chmielu (tab. 1).

Przeprowadzona wielozmienna analiza wariancji, której wyniki przedstawiono w tabeli 2, pozwoliła odrzucić testowane hipotezy dotyczące braku różnic pomiędzy odmianami i pomiędzy latami oraz hipotezę o braku interakcji odmiany×lata. Ze względu na wysoce istotną interakcję odmiany×lata dalszą analizę przeprowadzono dla poszczególnych lat oddzielnie.

Przy badaniu wielocechowego różnicowania obiektów nie wiadomo, jakie jest znaczenie i udział każdej cechy w łącznej zmienności. Problem ten odnosi się do

Tabela 1

Współczynniki korelacji pomiędzy cechami dla odmian chmielu  
The correlation matrix for the traits studied for hop cultivars

Cechy Traits	Wysokość osadzenia pierwszych pędów plonujących Height of attachment of first conebearing shoots	Długość pędów bocznych Length of lateral shoots	Długość międzywęźli Length of internodes
Długość pędów bocznych Length of lateral shoots	0,125		
Długość międzywęźli Length of internodes	0,599***	0,506***	
Wskaźnik skręcalności Coiling shoot index	-0,324	-0,17	-0,373*

\* istotne na poziomie  $\alpha = 0,05$  significant at  $\alpha = 0.05$

\*\*\* istotne na poziomie  $\alpha = 0,001$  significant at  $\alpha = 0.001$

Tabela 2

Wartości statystyki  $F$  w wielozmiennej analizie wariancji  
 $F$ -statistics values in multivariate analysis of variance

Źródło zmienności Source of variation	Statystyka $F$ dla ośmiu cech łącznie $F$ -statistics for eight traits jointly	Wartość krytyczna na poziomie $\alpha = 0,001$ Critical value at $\alpha = 0.001$ level
Odmiany; Cultivars (O)	14,53	1,890
Lata; Years (L)	76,05	3,346
O×L	5,70	1,345

identyfikacji najważniejszych cech w wielocechowym zróżnicowaniu obiektów, czyli cech posiadających największą moc dyskryminacyjną. Powyższe problemy rozwiązane mogą być za pomocą analizy zmiennych kanonicznych. Wyniki analizy zmiennych kanonicznych dla odmian przedstawiono w tabeli 3.

Rozpatrując odmiany chmielu w 2004 roku stwierdzono, że dwie pierwsze zmienne kanoniczne wyjaśniają w sumie 71% ogólnej zmienności. Na rysunku 1 przedstawiono odmiany chmielu w pierwszym roku badań w układzie dwu pierwszych zmiennych kanonicznych. Na wykresie współrzędne danej odmiany stanowią wartości, odpowiednio, pierwszej i drugiej zmiennej kanonicznej. Największym zróżnico-

Tabela 3

Współczynniki korelacji między dwoma pierwszymi zmiennymi kanonicznymi a cechami chmielu  
Correlation coefficients between the two first canonical variates and the characters of hop

Cecha Trait	Rok Year					
	2004		2005		2006	
	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>
Wysokość osadzenia pierwszych pędów plonujących Height of attachment of first conebearing shoots	0,820***	-0,056	0,641***	-0,571**	0,827***	0,117
Długość pędów bocznych Length of lateral shoots	-0,732***	-0,077	0,094	-0,436*	0,588**	-0,318
Długość międzywęźli Length of internodes	-0,301	-0,503**	0,458**	-0,761***	0,892***	0,042
Wskaźnik skręcalności Coiling shoot index	0,245	0,940***	-0,945***	-0,298	-0,171	0,834***
Wartości własne Eigenvalues	5,255	2,97	4,674	2,945	4,077	1,89
Procent wyjaśnianej wielocechowej zmienności odmian Percentage of elucidated multivariate variability of cultivars	45	26	46	29	50	23

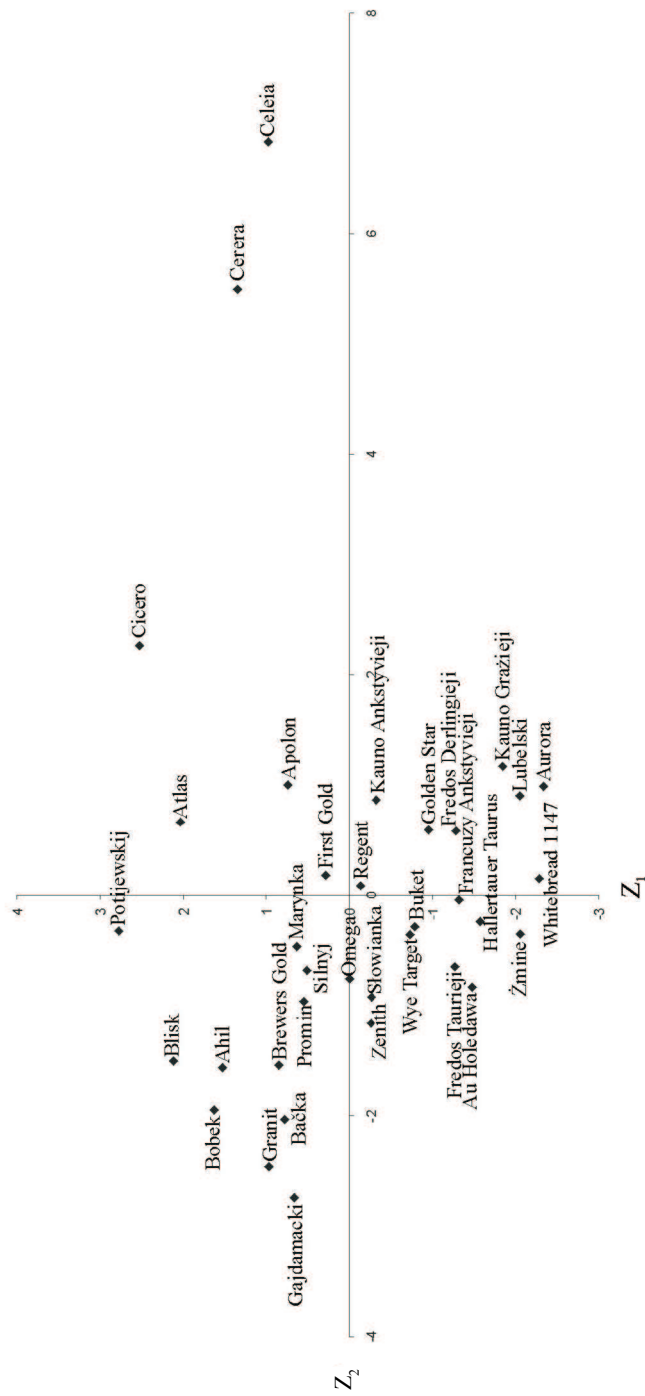
\* istotne na poziomie 0,05 significant at  $\alpha=0.05$

\*\* istotne na poziomie 0,01 significant at  $\alpha=0.01$

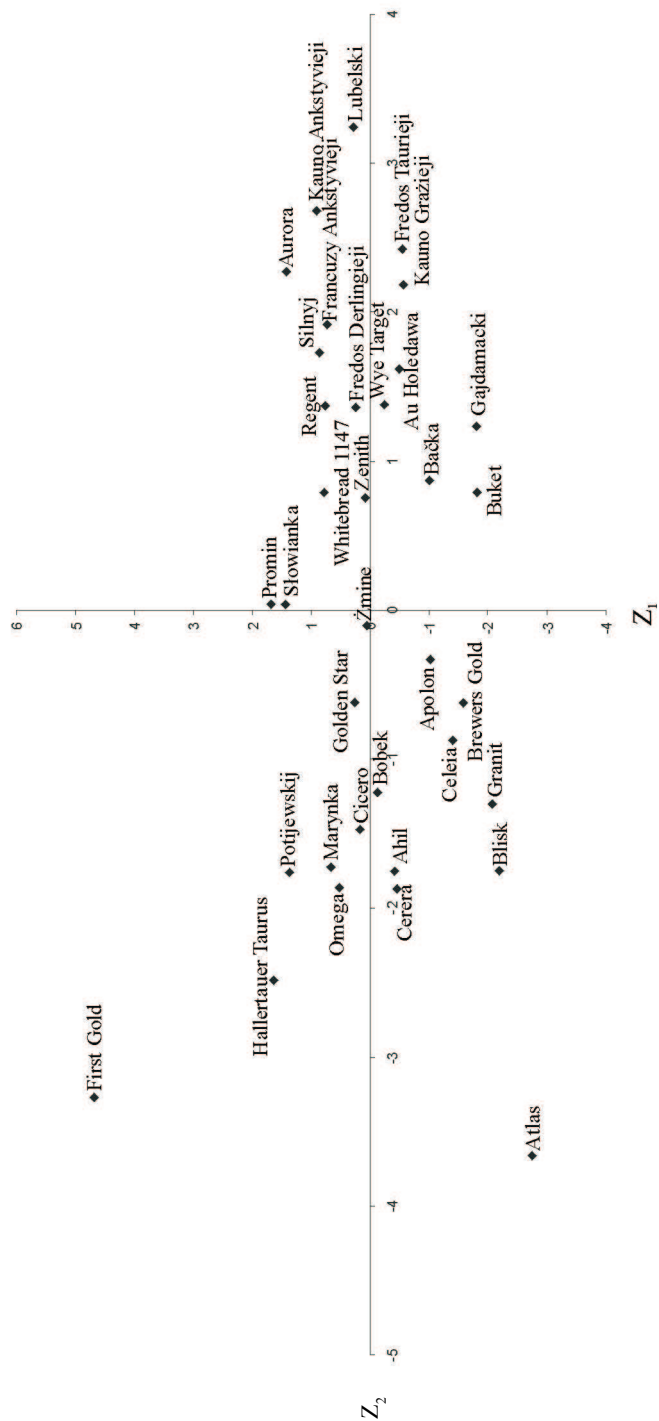
\*\*\* istotne na poziomie 0,001 significant at  $\alpha=0.001$

waniem pod względem wszystkich cech łącznie (mierzoną odległościami Mahalanobisa) w 2004 roku charakteryzowały się odmiany Celeia i Gajdamacki (odległość Mahalanobisa między nimi wynosiła 7,14). Najbardziej podobnymi odmianami w tym roku badań były Ahil oraz Blisk (0,674). Pierwsza zmienna kanoniczna (Z<sub>1</sub>) jest silnie dodatnio skorelowana z wysokością osadzenia pierwszych pędów plonujących oraz silnie ujemnie skorelowana z długością pędów bocznych (tab. 3). Druga zmienna kanoniczna (Z<sub>2</sub>) jest silnie dodatnio skorelowana ze wskaźnikiem skręcalności oraz ujemnie skorelowana z długością międzywęźli.

Analizując badane odmiany chmielu w 2005 roku stwierdzono, że dwie pierwsze zmienne kanoniczne wyjaśniały w sumie 76% całkowitej zmienności. Na rysunku 2 przedstawiono odmiany chmielu w układzie dwu pierwszych zmiennych kanonicznych dla drugiego roku badań. Największe zróżnicowanie zaobserwowano pomiędzy odmianami First Gold a Gajdamacki (odległość Mahalanobisa między nimi wynosiła 8,338). Natomiast odmiany Bobek i Cicero charakteryzowały się naj-

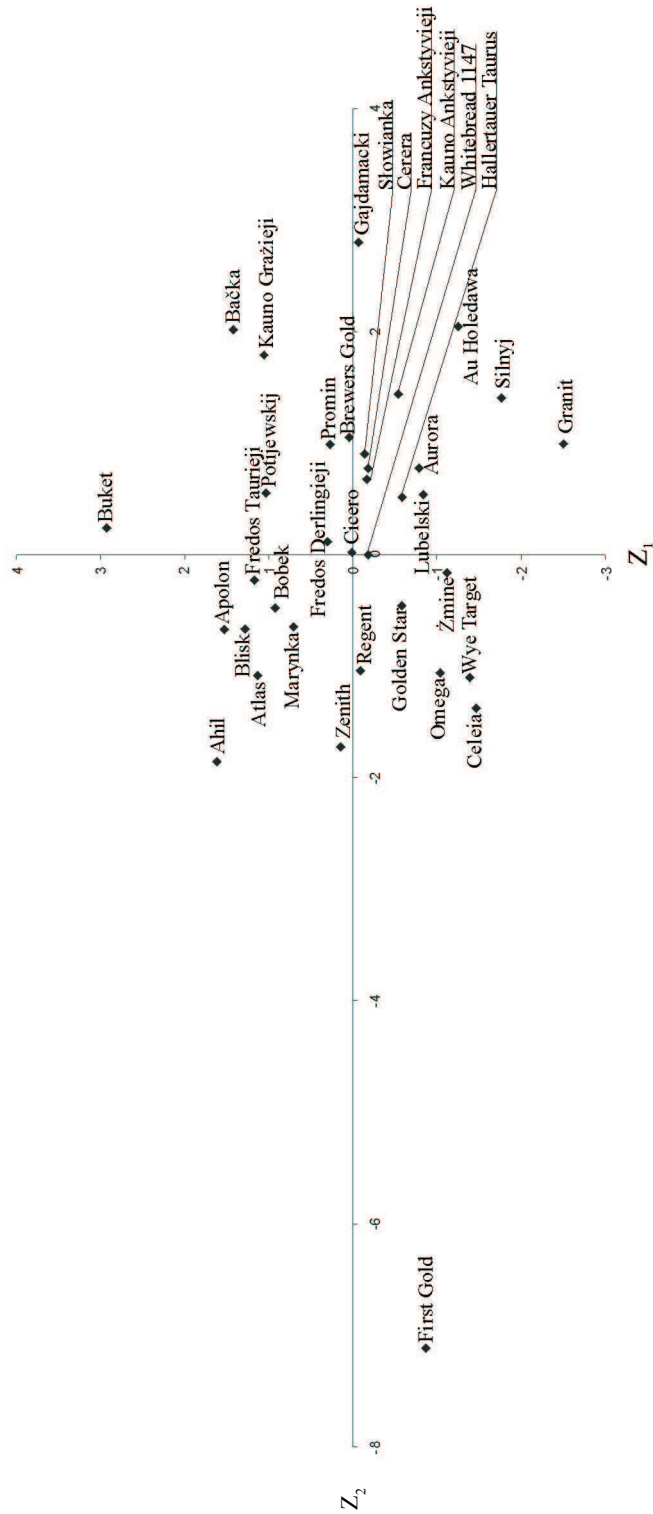


Rys. 1. Położenie odmian chmielu w układzie dwu pierwszych zmiennych kanonicznych w pierwszym roku badań (2004)  
Distribution of hop cultivars in the space of two first canonical variates in the first year of study (2004)



Rys. 2. Położenie odmian chmielu w układzie dwu pierwszych zmiennych kanonicznych w drugim roku badań (2005)  
 Distribution of hop cultivars in the space of two first canonical variates in the second year of study (2005)





Rys. 3. Położenie odmian chmielu w układzie dwu pierwszych zmiennych kanonicznych w trzecim roku badań (2006)  
Distribution of hop cultivars in the space of two first canonical variates in the third year of study (2006)

mniejszym zróżnicowaniem wielocechowym (0,657). Pierwsza zmienna kanoniczna ( $Z_1$ ) jest silnie dodatnio skorelowana z wysokością osadzenia pierwszych pędów plonujących i długością międzywęźli oraz ujemnie ze wskaźnikiem skręcalności (tab. 3). Druga zmienna kanoniczna ( $Z_2$ ) wykazuje ujemne skorelowanie z wysokością osadzenia pierwszych pędów plonujących, długością pędów bocznych i długością międzywęźli.

Dla trzeciego roku badań dwie pierwsze zmienne kanoniczne wyjaśniały w sumie 74% ogólnej zmienności. Na rysunku 3 przedstawiono odmiany chmielu w układzie dwu pierwszych zmiennych kanonicznych dla 2006 r. Najmniej podobne, pod względem wszystkich cech analizowanych łącznie, były odmiany First Gold i Gajdamacki (odległość Mahalanobisa między nimi wynosiła 9,947). Natomiast najbardziej podobnymi odmianami były Lubelski oraz Aurora (0,26). Pierwsza zmienna kanoniczna ( $Z_1$ ) jest silnie dodatnio skorelowana z wysokością osadzenia pierwszych pędów plonujących, długością pędów bocznych i długością międzywęźli (tab. 3). Druga zmienna kanoniczna ( $Z_2$ ) jest silnie dodatnio skorelowana ze wskaźnikiem skręcalności.

Wyniki uzyskane w latach 2005 i 2006 wskazują, że odmiana First Gold jest najmniej podobna do pozostałych badanych odmian pod względem wszystkich analizowanych cech łącznie. Jest to odmiana o karłowym typie wzrostu, przystosowana do uprawy na niskich konstrukcjach szpalerowych o wysokości około 3 m. Charakterystycznymi cechami tego typu odmian są krótkie międzywęźla i pędy boczne oraz niskie osadzenie pierwszych pędów plonujących. Duże podobieństwo odmian Ahil i Blisk w 2004 r. oraz Bobek i Cicero w 2005 r. można przypisać ich wspólnemu pochodzeniu. Wszystkie cztery odmiany zostały wyhodowane w Instytucie Chmielarskim w Żalcu w Słowenii, a w rodowodzie posiadają dzikie formy męskie pochodzące z terenu byłej Jugosławii.

Wyniki przeprowadzonych analiz odmian chmielu zwyczajnego z zastosowaniem metody zmiennych kanonicznych wskazują na różne zachowanie odmian w poszczególnych latach badań (rys. 1-3). Świadczą o tym wyniki przeprowadzonej analizy korelacji odległości Mahalanobisa. Zaobserwowano brak współzależności odległości Mahalanobisa między latami 2004 a 2005 ( $r=0,132$ ) oraz 2004 a 2006 ( $r=0,091$ ). Natomiast istotną współzależność odległości Mahalanobisa obserwowano dla 2005 i 2006 roku ( $r=0,443$ ).

Warunki pogodowe w dużym stopniu modyfikują wzrost roślin chmielu. Największy wpływ mają temperatura, wilgotność i usłonecznienie. Umiarkowana temperatura i wilgotność sprzyjają wzrostowi części vegetatywnej, podczas gdy wysoka temperatura stymuluje kwitnienie roślin (12). Niedostateczne usłonecznienie hamuje rozwój kwiatów. Warunki pogodowe w cyklu waloryzacyjnym obejmującym lata 2004–2006 były zróżnicowane. Średnia temperatura w okresie wegetacji w Puławach wahała się od 14,7°C w 2004 r. do 16,1°C w 2006 r. i była wyższa od średniej wieloletniej odpowiednio o 1,1°C i 2,5°C. Suma opadów w okresie wegetacji we wszystkich latach badań była mniejsza niż przeciętna, ale największą różnicę

zanotowano w roku 2005, w którym stanowiła ona tylko 73% średniej wieloletniej. Najniższym usłonecznieniem charakteryzował się rok 2004. Rozkład temperatury, opadów i usłonecznienia w poszczególnych latach badań wpłynął na przebieg wegetacji roślin i był niewątpliwie jedną z przyczyn obserwowanego zróżnicowania morfologicznego odmian chmielu.

Przedstawiona charakterystyka wielo cechowa badanych odmian chmielu jest ich przekonującą ilustracją i zarazem potwierdzeniem jej efektywności w układzie współrzędnych dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych. Wynika to z faktu, że zmienne te wyjaśniają znaczną część całkowitej zmienności (71%, 76% i 74%, odpowiednio dla roku 2004, 2005 i 2006). Ocena taka jest przejrzysta i przede wszystkim wystarczająco wiarygodna, wyrazem czego jest szerokie stosowanie metody zmiennych kanonicznych przez genetyków i hodowców (1, 3-5, 7, 8, 16, 17).

Chmiel zwyczajny, od którego wywodzą się wszystkie odmiany uprawne, jest gatunkiem dwupiennym. Uprawiane są wyłącznie rośliny żeńskie, ponieważ tylko one wytwarzają szyszki będące surowcem dla przemysłu piwowarskiego. Rośliny męskie są wykorzystywane jedynie jako komponenty ojcowskie w pracach hodowlanych. Ponieważ nie wytwarzają one szyszek, niemożliwa jest bezpośrednia ocena ich wartości pod względem podstawowych cech użytkowych. Ta specyficzna sytuacja jest przyczyną wysokiego poziomu heterozygotyczności chmielu, której wyrazem jest duże zróżnicowanie fenotypowe mieszańców. Jednolitość genetyczną w obrębie odmiany chmielu uzyskuje się przez wegetatywne rozmnożenie jednej wyselekcjonowanej rośliny żeńskiej. W ten sposób, z jednego potomstwa można uzyskać nawet kilka różnych odmian. Przykładem zróżnicowania fenotypowego mieszańców uzyskanych z jednego potomstwa są odmiany Atlas, Ahil i Apolon oraz Aurora i Bobek. Szczególnie duże zróżnicowanie pod względem wszystkich cech analizowanych łącznie wykazały dwie ostatnie odmiany, dla których odległość Mahalanobisa wahała się od 2,482 w roku 2006 do 5,105 w roku 2004. Przedstawione w pracy odmiany reprezentują dużą różnorodność, którą potwierdzają również inne badania prowadzone zarówno w oparciu o analizę cech morfologicznych (11, 14), jak też markery molekularne (9, 15).

Niektóre genotypy uwzględnione w badaniach mogą stanowić interesujący materiał wyjściowy do prac hodowlanych nad chmielem. Szczególnie cenna pod względem badanych cech morfologicznych jest karłowa odmiana First Gold, która we wszystkich latach badań charakteryzowała się najniższym osadzeniem pędów plonujących i najkrótszymi międzywęzłami. Spośród odmian wysokorosnących na uwagę zasługują Omega i Ahil, posiadające stosunkowo nisko osadzone pierwsze pędy plonujące, krótkie międzywęzła, pędy boczne średniej długości oraz wysoki wskaźnik skręcalności. Są to cechy korzystne z punktu widzenia hodowli, której podstawowym celem jest uzyskanie odmian o wysokim potencjale plonowania.

## WNIOSKI

1. Na podstawie wielozmiennej analizy wariancji stwierdzono zróżnicowanie badanych cech zarówno między odmianami, jak i latami badań.

2. Szczególnie cenne pod względem badanych cech morfologicznych są odmiany First Gold oraz Omega i Ahil. Genotypy te mogą stanowić interesujący materiał wyjściowy do hodowli nowych odmian chmielu.

3. Przedstawione wyniki badań potwierdzają dużą przydatność metody analizy zmiennych kanonicznych do zrozumiałej i przystępnej oceny wielocechowego podobieństwa i charakterystyki odmian chmielu.

## LITERATURA

1. Adugna W., Labuschagne M. T.: Cluster and canonical variate analyses in multilocation trials of linseed. *J. Agric. Sci.*, 2003, **140**: 297-304.
2. Caliński T., Kaczmarek Z.: Metody kompleksowej analizy doświadczenia wielocechowego. *Colloquium Metodologiczne z Agro-Biometrii*, PAN i PTB, Warszawa, 1973, **3**: 258-320.
3. Camussi A., Ottaviano E., Caliński T., Kaczmarek Z.: Genetic distances based on quantitative traits. *Genetics*, 1985, **111**: 945-962.
4. Cilas C., Bouharmont P., Boccara M., Eskes A. B., Baradat P.: Prediction of genetic value for coffee production in *Coffea arabica* from a half-diallel with lines and hybrids. *Euphytica*, 1998, **104**: 49-59.
5. Daoyu Z., Lawes G. S.: Manova and discriminant analysis of phenotypic data as a guide for parent selection in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) breeding. *Euphytica*, 2000, **114**: 151-157.
6. GenStat 5 Committee: Genstat 5 Release 3 Reference Manual. Clarendon Press, Oxford, 1993.
7. Górczyński J., Mądry W.: A study of genetic divergence of plants by multivariate methods. *Gen. Pol.*, 1988, **29**: 341-352.
8. Mądry W.: Studia statystyczne nad wielowymiarową oceną zróżnicowania genetycznego cech ilościowych w kolekcjach zasobów genowych zbóż. Wyd. SGGW, Rozprawy Naukowe i Monografie, Warszawa, 1993.
9. Patzak J.: Comparison of RAPD, STS, ISSR and AFLP molecular methods used for assessment of genetic diversity in hop (*Humulus lupulus* L.). *Euphytica*, 2001, **121**: 9-18.
10. Rencher A. C.: Interpretation of canonical discriminant functions, canonical variates, and principal components. *Am. Stat.*, 1992, **46**: 217-225.
11. Rígr A., Nesvadba V., Beranek F.: Evaluation of important characteristics of selected varieties of the world hop collection. *Rostl. Vyr.*, 1997, **43**: 319-324.
12. Rybaček V.: Hop Production. *Develop. Crop Sci.* Elsevier. Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo, 1991, **16**.
13. Skomra U.: Genetic resources of hops in Poland: collection, evaluation and utilization in breeding. *Proc. of the Int. Sci. Meeting „Use of genetic resources of cultivated plants”*. Hop Research Institute Co. Ltd., Žatec, 2008, 13-18.
14. Small E.: The relationships of hop cultivars and wild variants of *Humulus lupulus*. *Can. J. Bot.*, 1979, **58**: 676-686.
15. Townsend M.S., Henning J.A.: Potential heterotic groups in hop as determined by AFLP analysis. *Crop Sci.*, 2005, **45**: 1901-1907.
16. Vaylay R., van Santen E.: Application of canonical discriminant analysis for the assessment of genetic variation in tall fescue. *Crop Sci.*, 2002, **42**: 534-539.
17. Yeater K. M., Bollero G. A., Bullock D. G., Rayburn A. L., Rodriguez-Zas S.: Assessment of genetic variation in hairy vetch using canonical discriminant analysis. *Crop Sci.*, 2004, **44**: 185-189.

---

USE OF CANONICAL VARIATE ANALYSIS FOR THE MULTIVARIATE ASSESSMENT  
OF HOP CULTIVARS (*HUMULUS LUPULUS* L.)

Summary

Hop genotypes gathered in the collection are very important source of genetic variability. The most essential condition for their effective exploitation is recognition of phenotypic diversity of traits, which are taken into consideration in breeding of new cultivars. Within these traits, the key role of morphological characteristics indirectly influenced the cone yield. In the years 2004–2006, 35 hop genotypes were evaluated concerning four morphological characteristics: height of attachment of first conebearing shoots, length of lateral shoots, length of internodes, coiling shoot index. The results were statistically analysed using multivariate methods. Multivariate analysis of variance demonstrated the significant differences between cultivars and years of study. The large efficiency of multivariate profile of studied hop cultivars was affirmed in the space of the first canonical varieties. These varieties explained the considerable part of total variability (70.96%, 75.69%, and 73.89% for 2004, 2005, and 2006, respectively). Studied genotypes are characterised with marked variability of morphological traits and therefore they can be a good basis for breeders' needs.

*Praca wpłynęła do Redakcji 12 XI 2008 r.*