

BIULETYN Nr 294/2021

ISSN 0373-7837

E-ISSN 2657-8913

INSTYTUTU HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN

BULLETIN
OF PLANT BREEDING AND ACCLIMATIZATION INSTITUTE



Owies. Fot. Aleksandra Pindor

RADZIKÓW 2021
INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
RADZIKÓW, 05-870 BŁONIE

**BIULETYN
INSTYTUTU HODOWLI
I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
NR 294/2021**



INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
RADZIKÓW, 05-870 BŁONIE

INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Komitet Redakcyjny

NAUKA

Redaktor Naczelny: Danuta Boros

Maja Boczkowska, Renata Lebecka, Wiesław Mądry, Katarzyna Mikołajczyk, Sławomir Podlaski,
Barbara Zagdańska

WDROŻENIA

Redaktor Tematyczny: Wojciech Nowacki

Józef Adamczyk, Karol Bujoczek, Andrzej Chodkowski, Wiesław Dzwonkowski, Edward Gacek, Piotr
Kamiński, Karol Marciniak, Przemysław Matysik, Juliusz Młodecki, Jarosław Mostowski, Adam Stę-
pień, Roman Warzecha, Sławomir Wróbel

KONFERENCJE

Redaktor Tematyczny: Magdalena Szechyńska-Hebda

Katarzyna Gacek, Wiesław Podyma

Czasopismo ukazuje się od 1951 roku

Redaktor techniczny i skład komputerowy: Aleksandra Pindor

Ocena zdrowotności materiału nasiennego traw w zależności od wybranych zapraw nasiennych

Estimation of the seed health of sowing material of grasses in dependence of selected seed treatments

Barbara Wiewióra[✉], Dagmara Bronisz

Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB,
✉ e-mail: b.wiewiora@ihar.edu.pl

Celem pracy było określenie wpływu wybranych zapraw nasiennych na zdrowotność nasion traw: kostrzewy łąkowej i życicy trwałej z trzech kolejnych lat zbioru, otrzymanych od hodowców. Materiał do badań stanowiły nasiona czterech odmian kostrzewy łąkowej (*Festuca pratensis*) i czterech odmian życicy trwałej (*Lolium perenne*). Badano materiał siewny traktowany czterema zaprawami: dwie biologiczne Bioczoz (ekstakt z czosnku) i Polyversum (oospory grzyba *Pythium oligandrum*) i dwie chemiczne Maxim (substancja aktywna: fludioksenil) i Vitavax (substancja aktywna: karboksyna i tiuram) oraz nasiona niezaprawiane, powierzchniowo odkażone podchlorynem sodu. Nasiona badanych gatunków i odmian były licznie zasiedlone przez grzyby zarówno saprotroficzne: *Alternaria alternata*, *Aureobasidium pullulans*, *Epicoccum purpurascens* i *Penicillium* spp. jak i patogeny: *Fusarium* spp. oraz *Drechslera* spp. i *Bipolaris sorokiniana*. Stwierdzono, że zastosowanie zapraw chemicznych, zwłaszcza użycie zaprawy Vitavax wpływa pozytywnie na poprawę zdrowotności wyrażoną liczbą kolonii grzybowych, w tym głównych patogenów. Nie obserwowano jednak znaczącej poprawy zdolności kiełkowania badanych nasion.

Słowa kluczowe: grzyby, patogeny, trawy, zaprawianie, zdrowotność nasion

The aim of the study was to determine the effect of selected seed treatments on the health of grass seeds: meadow fescue and perennial ryegrass from three years of harvest, obtained from breeders. The material for the research was the seeds of four varieties of meadow fescue (*Festuca pratensis*) and four varieties of perennial ryegrass (*Lolium perenne*). Seed material treated with four treatments: two biological Bioczoz (garlic extract) and Polyversum (oospores of the fungus *Pythium oligandrum*) and two chemical Maxim (fludioxonil) and Vitavax (carboxin and thiuram) and the untreated grain, surface disinfected with sodium hypochlorite. Seeds of the studied species and cultivars were colonized by both saprotrophic fungi: *Alternaria alternata*, *Aureobasidium pullulans*, *Epicoccum purpurascens* and *Penicillium* spp. as well as pathogens: *Fusarium* spp., *Drechslera* spp. and *Bipolaris sorokiniana*. It was found that the use of chemical treatments, especially the use of Vitavax, has a positive effect on the improvement of seed health expressed by the number of fungal colonies, including the main pathogens. However, no significant increase in the germination capacity of the tested seeds was observed.

Key words: fungi, grasses, pathogens, seed health, treatments.

Wstęp

Na wartość siewną nasion roślin rolniczych ma wpływ wiele czynników, a jednym z nich jest stosowanie różnych substancji aktywnych zarówno chemicznych, jak i biologicznych do zaprawiania materiału nasiennego (Sharma i in., 2015). Zaprawianie jest jednym z najczęściej stosowanych zabiegów uszlachetniania nasion, polegający na pokrywaniu powierzchni nasion różnego rodzaju substancjami tj. insektycydami, fungicydami, substancjami wzrostowymi itd., połączonymi z nasionami przy pomocy innej substancji (Kumar S., 2012; Forsberg i in., 2003). Przed zaprawianiem powinna być wykonana ocena fitopatologiczna, w celu identyfikacji grzybów, gdyż znajomość patogenów przenoszonych wraz

z nasionami danego gatunku jest niezbędna do właściwego doboru zaprawy. Patogeny przenoszone z nasionami stanowią niebezpieczeństwo dla siewek i roślin, ponieważ są wprowadzane do gleby, gdzie w sprzyjających warunkach rozwijają się i atakują roślinę, a także stanowią źródło infekcji dla sąsiednich upraw. Większość z nich powoduje objawy plamistości liści ograniczające asymilację i wpływające na przyspieszenie transpiracji (Kutrzeba, 1994b). Niekorzystny wpływ na te procesy skutkuje przedwczesnym zasychaniem liści, opóźnionym rozwojem roślin, czy pogarszaniem ilości i jakości paszy w przypadku traw o przeznaczeniu pastewnym. W przypadku wykorzystania trawnikowego takie zmiany są niekorzystne, gdyż użytkownikom

zależy na ładnie wyglądającym trawniku, a wystąpienie przebarwień, czy plam nie wpływa na jego estetyczny wygląd (Prończuk, 1996). W użytkowaniu pastewnym obecność patogenów grzybowych np. *Fusarium* spp. również nabiera znaczenia. Chociaż nie są one powszechnie kojarzone z systemami karmienia opartymi na paszach, to jednak stwierdzono, że toksyny fuzaryjne mają znaczenie dla wypasanych zwierząt w Nowej Zelandii (Di Menna i in. 1987, 1991). Są one powiązane z upośledzoną płodnością owiec czy osłabieniem płodności maciorek (Smith i in., 1990). Przesłanki te skłoniły autorów do podjęcia badań dotyczących zdrowotności materiału siewnego, a zwłaszcza identyfikacji obecnych na nasionach patogenów grzybowych oraz możliwości poprawy tego parametru przy zastosowaniu zaprawiania nasion.

Materiały i metody

Materiał badawczy stanowiły nasiona czterech odmian kostrzewy łąkowej (*Festuca pratensis*): Pasja, Wanda, Artema i Fantazja i czterech odmian życicy trwałej (*Lolium perenne*): Flinston, Baronka, Rela i Malowana ze zbioru w latach 2014, 2015 i 2016. Badania fitopatologiczne oraz ocenę zdolności kiełkowania wykonano na nasionach zebranych w trzech kolejnych latach, które zaprawiono zaprawami biologicznymi i chemicznymi: Bioczoz (ekstakt z czosnku), Polyversum (oospory grzyba *Pythium oligandrum*), Maxim (s.a. fludioksonil) i Vitavax (s.a. karboksyna i tiuram) oraz nasiona niezaprawiane, powierzchniowo odkażane podchlorynem sodu. Zaprawianie nasion zarówno zaprawami biologicznymi, jak i chemicznymi wykonano zgodnie z zaleceniami producenta. Nasiona niezaprawiane odkażano powierzchniowo w 1% NaClO przez 10 minut, a następnie trzykrotnie płukano w sterylnej wodzie. Zabieg ten miał na celu zmniejszenie liczby szybko rosnących saprotrofów zanieczyszczających powierzchnię nasion. Grzyby te mogłyby uniemożliwić wzrost i identyfikację patogenów, których liczebność była miarą skuteczności danej zaprawy.

Analizę zdrowotności przeprowadzono na 200 nasionach każdej odmiany dla nasion zaprawianych czterema wyżej wymienionymi zaprawami oraz nasionach niezaprawianych, powierzchniowo odkażonych. Nasiona wszystkich opisanych wyżej kombinacji wykładano po 10 sztuk na płytki Petriego z pożywką agarowo-ziemniaczaną (PDA). Inkubację przeprowadzono w termostacie o stałej temperaturze 20°C i oświetleniu NUV 360 nm 12 h/12 h ciemności. Wyrosłe kolonie grzybów oznaczano do gatunku po 15–20 inkubacji w podanych

wyżej warunkach, stymulujących zarodnikowanie. Wyosobnione grzyby identyfikowano posługując się opisami grzybów zawartymi w opracowaniach: Barnett (1960), Chidambaram i wsp. (1972), Ellis (1971), Kwaśna i wsp. (1991), Malone i Muskett (1997). Zdrowotność nasion badanego gatunku trawy została wyrażona jako średnia liczba kolonii grzybowych z trzech lat zbioru i czterech odmian.

Ocenę zdolności kiełkowania wykonano zgodnie z zaleceniami ISTA (2019). Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej przy wykorzystaniu programu Statistica oraz wyliczono wartość NIR.

Wyniki i dyskusja

Analiza mikologiczna wykazała liczne zasiedlenie przez grzyby nasion zarówno kostrzewy łąkowej, jak i życicy trwałej. Na nasionach obu badanych gatunków zidentyfikowano od 36 do 39 gatunków należących do 23–26 rodzajów. Większa różnorodność gatunkowa grzybów wystąpiła na nasionach życicy trwałej. Wśród obserwowanych grzybów saprotroficznych najczęściej występowały: *Alternaria alternata*, *Aureobasidium pullulans*, *Epicoccum purpurascens*, *Cladosporium herbarum* i *Penicillium* spp, zaś wśród patogenów grzyby z rodzaju *Bipolaris*, *Drechslera* i *Fusarium* (tab. 1 i 2). Podobne grzyby były wcześniej wyizolowane i zidentyfikowane przez Kućmierza i wsp. (1992), Kutrzebę (1994 a i b), Wiewiórę i Prończuk (2000) oraz Pańkę i wsp. (2010). Najczęściej występującymi gatunkami patogenicznymi zarówno na nasionach badanych odmian kostrzewy łąkowej, jak i życicy trwałej były 4 gatunki z rodzaju *Drechslera* (*D. dematioidea*, *D. dictyoidea*, *D. siccans*, *D. triseptata*) oraz 10 gatunków *Fusarium* (*F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. poae*, *F. semitectum*, *F. solani*, *F. sporotrichoides*, *F. tricinctum*). Najwięcej grzybów obserwowano na nasionach zaprawianych z użyciem zapraw biologicznych Bioczoz i Polyversum. W tym samym czasie z nasion powierzchniowo odkażonych wyrosło mniej grzybów w stosunku do w/w zapraw średnio o 36–39% dla życicy i o 23–40% dla badanych odmian kostrzewy (tab. 1 i 2). Analizy statystyczne wykazały istotne zróżnicowanie liczebności grzybów w zależności od zaprawiania, odmiany i roku zbioru zarówno dla kostrzewy, jak i życicy (tab. 3 i 4, rys. 2a i 3a). Najczęściej izolowanym gatunkiem spośród wszystkich zidentyfikowanych zarówno dla nasion kostrzewy, jak i życicy był saprotrof

Alternaria alternata, który wystąpił w zależności od kombinacji na poziomie 12,5 – 66,4% wszystkich wyizolowanych grzybów u życicy trwałej oraz 12,2–43,1% wszystkich wyizolowanych grzybów u kostrzewy łąkowej (tab. 1 i 2).

Tabela 1

Table 1

Wyizolowane z nasion kostrzewy łąkowej gatunki grzybów (średnia z trzech lat i czterech odmian).

The fungi species isolated from the seeds of meadow fescue (average of three years and four cultivars).

Gatunek grzyba/ Fungus species	Liczba kolonii (średnio dla odmian i lat badań) Number of colonies (mean for cultivars and research years)				
	Niezaprawiane/ Untreated	Bioczso	Polyversum	Maxim	Vitavax
<i>Acremoniella atra</i>	-	-	0,17	-	-
<i>Acremonium spp.</i>	0,16	0,23	0,07	0,07	-
<i>Alternaria alternata</i>	27,93	40,90	27,20	5,30	1,00
<i>Ascochyta sp.</i>	0,20	1,43	0,20	0,60	-
<i>Aspergillus spp.</i>	0,23	0,03	0,03	0,73	0,03
<i>Aureobasidium pullulans</i>	3,50	16,60	18,80	8,10	0,53
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	0,60	0,27	0,07	-	-
<i>Botrytis cinerea</i>	0,03	0,17	0,27	-	-
<i>Cladosporium herbarum</i>	0,47	3,63	2,73	3,73	0,07
<i>Drechslera dematioidea</i>	0,17	0,07	-	-	-
<i>Drechslera dictyoides</i>	7,87	2,03	0,60	-	-
<i>Drechslera siccans</i>	8,87	5,87	2,67	0,27	0,23
<i>Drechslera triseptata</i>	-	0,07	0,07	-	-
<i>Epicocum purpurascens</i>	7,90	15,23	15,13	1,00	0,20
<i>Fusarium avenaceum</i>	0,13	0,70	0,37	-	-
<i>Fusarium culmorum</i>	0,07	0,63	0,83	0,23	-
<i>Fusarium equiseti</i>	0,13	1,47	1,33	-	-
<i>Fusarium graminearum</i>	-	0,57	0,20	-	-
<i>Fusarium oxysporum</i>	-	0,07	0,07	-	-
<i>Fusarium poae</i>	-	0,30	0,10	-	-
<i>Fusarium semitectum</i>	0,10	0,37	0,17	0,23	-
<i>Fusarium solani</i>	0,23	0,23	0,60	0,10	-
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	-	0,07	-	-	-
<i>Fusarium tricinctum</i>	-	0,03	0,03	-	-
<i>Microdochium spp.</i>	0,07	-	-	-	-
<i>Mucor spp.</i>	0,23	0,87	0,80	0,60	0,03
<i>Papularia arundinis</i>	0,17	0,37	-	0,23	-
<i>Penicillium spp.</i>	2,03	9,43	13,40	12,47	5,97
<i>Phoma spp.</i>	0,80	2,57	0,50	1,90	-
<i>Rhizopus sp.</i>	0,27	1,33	1,30	0,63	0,07
<i>Septoria sp.</i>	0,27	0,17	0,03	0,17	-
<i>Sordaria fimicola</i>	0,03	-	-	-	-
<i>Stemphylium botryosum</i>	1,03	0,27	0,17	-	-
<i>Stemphylium consortiale</i>	0,70	1,60	0,33	0,10	-
<i>Trichoderma viride</i>	0,07	0,10	0,03	0,03	-
<i>Trichotecium roseum</i>	-	0,20	-	-	-
grzybnia niezarodnikująca/ non-sporulating mycelium	0,53	0,07	0,07	0,47	0,07
Ogółem/Total	64,79	107,95	88,41	36,96	8,20

Wyniki badań Tulloch i Leach (1972) oraz Labruyere (1980) wskazują, że gatunek ten

może służyć jako przybliżony wskaźnik jakości materiału siewnego, a także wskazuje na niekorzystne warunki pogodowe w czasie zbioru nasion. Ponadto Kućmierz i Gorajczyk (1991) stwierdzili, że *A. alternata* silnie hamuje kiełkowanie, ale zmniejsza ich energię kiełkowania tylko w niewielkim stopniu. Wyniki badań Zang'a i wsp. (2006) wskazują zaś, że w największym stopniu na zmniejszenie kiełkowania poprzez produkcję wtórnych metabolitów lub bezpośrednio uszkodzenie tkanek nasion wpływają *Fusarium* spp. i *Bipolaris sorokiniana*. Nasze badania nie potwierdziły tych wyników, gdyż badane przez nas odmiany i gatunki kiełkowały na poziomie 87 – 93%, a wykonane analizy statystyczne nie wykazały istotnych różnic zarówno dla gatunków, odmian jak i badanych kombinacji. Jednocześnie należy zaznaczyć, że zastosowane zaprawy, mimo istotnych zmian w występowaniu grzybów, nie wpłynęły istotnie na zdolność kiełkowania badanych nasion (rys. 1). Grzyby z rodzaju *Fusarium* i *Drechslera* to jedne z najczęściej izolowanych z nasion patogenów traw (Vargas, 1994; Wiewióra i Prończuk, 2002; Wiewióra, 2012). Rezultaty naszych badań potwierdzają te doniesienia, zwłaszcza jeżeli chodzi o gatunki z rodzaju *Drechslera*, gdyż na nasionach niezaprawianych wystąpiły one na poziomie 18,50 kolonii/100 nasion dla kostrzewy łąkowej i 5,50 kolonii/100 nasion dla życicy trwałej. Obserwowano istotne różnice pomiędzy odmianami obu gatunków traw: średnio u kostrzew od 3,40 kolonii/100 nasion dla odmiany Fantazja do 8,87 kolonii/100 nasion dla Artemy i dla życicy od 0,53 kolonii/100 nasion u odmiany Flinston do 4,27 kolonii/100 nasion dla Reli. Również występowanie tych grzybów było zróżnicowane w zależności od roku zbioru i wynosiło od 3,20 do 11,45 kolonii/100 nasion dla kostrzewy i od 1,90 do 2,05 kolonii/100 nasion dla życicy (tab. 3 i 4). Jednocześnie należy podkreślić, że wszystkie zastosowane zaprawy wpłynęły na znaczne zmniejszenie porażenia nasion przez te grzyby dla obu badanych gatunków w stosunku do nasion odkażanych powierzchniowo (rys. 2b i 3b).

Grzyby z rodzaju *Fusarium* wystąpiły na dużo niższym poziomie, (średnio dla nasion niezaprawianych 0,92 kolonii/100 nasion u kostrzewy i 2,67 kolonii/100 nasion u życicy). Efektywność zaprawiania w stosunku do tych patogenów była widoczna tylko w przypadku zapraw chemicznych

(tab. 3 i 4, rys. 2c i 3c). Najwyższą frekwencję występowania tych grzybów obserwowano na nasionach zaprawionych przy użyciu zapraw biologicznych. Na nasionach kostrzewy ich liczebność wzrosła do 4,58 kolonii/100 nasion dla zaprawy Polyversum i do 5,75 kolonii/100 nasion w przypadku Bioczosu. Podobna zależność była obserwowana dla nasion życicy, gdzie również nastąpił wzrost liczebności tych grzybów, tylko w tym przypadku, więcej ich zidentyfikowano po zastosowaniu zaprawy Polyversum (średnio 6,75 kolonii/100 nasion) w porównaniu do Bioczosu (średnio 6,42 kolonii/100 nasion) (tab. 3 i 4). Również dla tych grzybów obserwowano istotne różnice pomiędzy odmianami obu gatunków traw: średnio u kostrzew od 0,60 kolonii/100 nasion dla odmiany Wanda do 5,60 kolonii/100 nasion dla Fantazji i dla życicy od 1,87 kolonii/100 nasion u odmiany Baronka do 5,40 kolonii/100 nasion dla odmiany Flinston. Występowanie *Fusarium* spp. także było zróżnicowane w zależności od roku zbioru i wynosiło od 0,85 do 5,00 kolonii/100 nasion dla kostrzewy i od 0,30 do 7,55 kolonii/100 nasion dla życicy (tab. 3 i 4).

Przeprowadzone analizy zdrowotności nasion obu gatunków traw wskazują, że zastosowane zaprawy chemiczne Maxim i Vitavax były efektywne w hamowaniu rozwoju grzybów, w tym głównych patogenów traw, co potwierdzają badania dla innych zapraw wykonane przez Falloon'a (1980). Badane zaprawy biologiczne były mniej skuteczne w zmniejszeniu liczebności grzybów, w tym głównych patogenów oraz poprawie zdolności kiełkowania w stosunku do zapraw chemicznych.

Zastosowane na nasionach kostrzewy preparaty wykazały statystycznie istotny wpływ na liczebność kolonii *Bipolaris* i *Drechslera*, a najwyższą efektywnością wykazały się Maxim i Vitavax. Najwięcej grzybów, w tym również gatunków z rodzaju *Fusarium* obserwowano na nasionach zaprawianych preparatami Bioczos oraz Polyversum. Statystycznie istotne różnice w liczebności kolonii *Fusarium* spp. w stosunku do obu tych preparatów zanotowano po zastosowaniu zapraw chemicznych Maxim i Vitavax (tab. 3).

Wszystkie zastosowane preparaty na nasionach życicy wykazały statystycznie istotny wpływ na liczebność kolonii *Bipolaris* i *Drechslera* w stosunku do nasion niezaprawianych, przy czym działanie preparatu chemicznego Vitavax ograniczało w sposób istotny również ich ilość w stosunku

Ocena zdrowotności materiału nasiennego traw w zależności od wybranych zapraw nasiennych

do preparatu Bioczoz. Badania wykazały także istotne statystycznie różnice w przypadku liczby kolonii *Fusarium*. Na nasionach życicy ogólna liczba kolonii grzybów była również najwyższa po zastosowaniu preparatów Bioczoz oraz Polyversum (tab.4).

Tabela 2
Table 2

Wyizolowane z nasion życicy trwałej gatunki grzybów (średnia z trzech lat i czterech odmian).

The fungi species isolated from the seeds of meadow fescue (average of three years and four cultivars).

Gatunek grzyba/ Fungus species	Liczba kolonii (średnio dla odmian i lat badań) Number of colonies (mean for cultivars and research years)				
	Niezaprawiane/ Untreated	Bioczoz	Polyversum	Maxim	Vitavax
<i>Acremoniella atra</i>	0,10	0,53	-	-	-
<i>Acremonium spp.</i>	0,07	0,10	0,10	-	-
<i>Alternaria alternata</i>	48,00	48,03	40,17	22,30	3,23
<i>Arthrotrichum superba</i>	-	0,13	0,13	-	-
<i>Ascochyta sp.</i>	0,07	-	0,03	0,03	-
<i>Aspergillus spp.</i>	0,07	0,07	0,43	-	0,03
<i>Aureobasidium pullulans</i>	1,53	9,83	12,53	4,50	0,27
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	0,13	0,20	-	-	0,03
<i>Botrytis cinerea</i>	-	0,67	0,87	0,03	-
<i>Cladosporium herbarum</i>	0,67	1,27	1,00	1,90	0,03
<i>Drechslera dematioidea</i>	0,27	0,07	-	-	-
<i>Drechslera dictyoides</i>	1,07	-	-	-	-
<i>Drechslera siccans</i>	3,33	1,97	1,53	0,47	0,13
<i>Drechslera triseptata</i>	0,07	0,03	-	0,10	-
<i>Epicocum purpurascens</i>	7,93	19,10	16,67	3,67	1,20
<i>Fusarium avenaceum</i>	0,57	0,47	0,77	-	0,13
<i>Fusarium culmorum</i>	0,43	0,90	1,20	0,43	0,10
<i>Fusarium equiseti</i>	0,27	0,93	1,07	0,20	-
<i>Fusarium graminearum</i>	0,33	1,07	1,43	0,27	0,03
<i>Fusarium oxysporum</i>	0,20	0,60	0,13	-	-
<i>Fusarium poae</i>	0,20	0,27	0,07	-	-
<i>Fusarium semitectum</i>	-	0,37	0,60	0,10	-
<i>Fusarium solani</i>	0,63	0,93	1,13	0,27	-
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	0,03	-	0,13	0,03	-
<i>Fusarium tricinctum</i>	-	0,20	0,07	-	-
<i>Mucor spp.</i>	0,20	1,67	1,97	1,13	0,10
<i>Microdochium spp.</i>	0,27	0,13	0,10	0,10	-
<i>Papularia arundinis</i>	0,40	0,50	0,93	0,10	-
<i>Penicillium spp.</i>	1,87	24,27	25,50	26,00	20,33
<i>Pestalotia sp.</i>	-	-	0,07	-	-
<i>Phoma spp.</i>	0,43	1,17	1,27	1,93	0,03
<i>Rhizoctonia solani</i>	0,13	0,13	0,13	-	-
<i>Rhizopus sp.</i>	0,10	2,13	2,13	0,80	-
<i>Septonema chaetospora</i>	0,93	0,13	-	-	-
<i>Septoria sp.</i>	0,03	0,07	-	-	-
<i>Sordaria fimicola</i>	0,17	0,03	-	-	-
<i>Stemphylium botryosum</i>	0,30	0,10	-	-	-
<i>Stemphylium consortiale</i>	1,43	0,90	0,70	0,63	0,10
<i>Trichoderma viride</i>	-	0,13	-	0,10	-

grzybnia niezarodnikująca/ non-sporulating mycelium	0,07	0,17	0,17	0,33	-
Ogółem/Total	72,30	119,27	113,03	65,42	25,74

Tabela 3

Table 3

Analiza wariancji dla wybranych grzybów zasiedlających nasiona kostrzewy łąkowej (*Festuca pratensis*).

Analysis of variance for some fungi infected seeds of meadow fescue (*Festuca pratensis*).

Czynnik	<i>Fusarium</i>		<i>Bipolaris i Drechslera</i>		Grzyby/Fungi		
	Średnie/Mean	Odch. std/ Std. dev.	Średnie/Mean	Odch. std/ Std. dev.	Średnie/Mean	Odch. std/ Std. dev.	
Zaprawa Treatment	Niezaprawiane/ Untreated	0,92a	2,04	18,50d	16,34	67,79c	30,91
	Bioczoz	5,75b	8,45	8,50c	10,15	112,75e	25,28
	Polyversum	4,58b	9,33	3,75b	4,66	92,96d	39,22
	Maxim	1,00a	4,49	0,25a	0,68	33,58b	25,78
	Vitavax	0,00a	0,00	0,25a	0,68	7,58a	14,99
NIR/LSD $\alpha = 0,05$		1,61		3,15		5,05	
Odmiana Cultivar	Fantazja	5,60c	11,30	3,40a	5,54	55,70a	39,32
	Wanda	0,60a	1,40	8,67b	13,32	61,80b	47,48
	Pasja	2,13b	3,60	4,07a	5,72	68,03c	50,78
	Artema	1,47ab	3,01	8,87b	15,40	66,20bc	52,77
NIR/LSD $\alpha = 0,05$		1,44		2,82		4,52	
Rok Year	2014	5,00b	9,98	3,20a	7,66	53,05a	44,18
	2015	0,85a	1,80	11,45b	15,49	56,45a	45,17
	2016	1,50a	3,26	4,10a	5,87	79,30b	49,74
NIR/LSD $\alpha = 0,05$		1,25		2,44		3,91	

Tabela 4

Table 4

Analiza wariancji dla wybranych grzybów zasiedlających nasiona życicy trwałej (*Lolium perenne*).

Analysis of variance for some fungi infected seeds of perennial ryegrass (*Lolium perenne*).

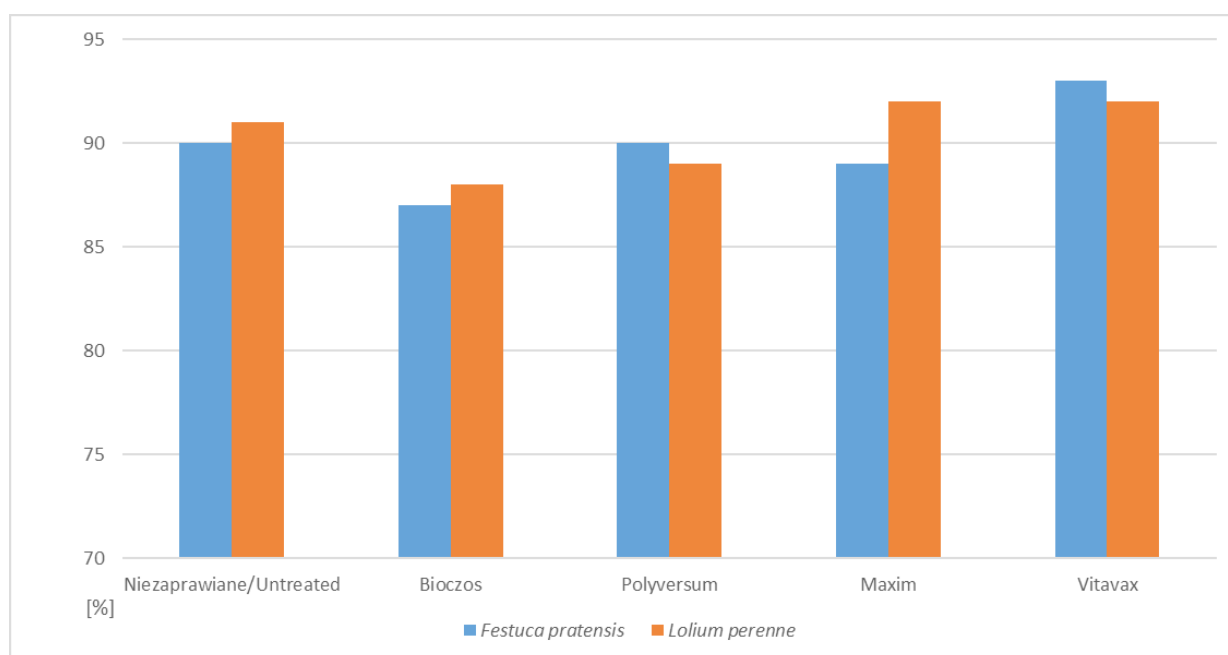
Czynnik	<i>Fusarium</i>		<i>Bipolaris i Drechslera</i>		Grzyby/Fungi		
	Średnie/ Mean	Odch. std/ Std. dev.	Średnie/ Mean	Odch. std/ Std. dev.	Średnie/ Mean	Odch. std/ Std. dev.	
Zaprawa Treatment	Niezaprawiane/Un- treated	2,67b	4,20	5,50c	3,45	71,92b	40,65
	Bioczoz	6,42c	8,30	2,17b	3,73	120,75d	23,08
	Polyversum	6,75c	9,25	1,08a	2,36	113,25c	26,44
	Maxim	0,92a	2,12	0,75a	1,94	66,58b	46,58
	Vitavax	0,25a	0,68	0,42a	1,18	36,88a	36,66
NIR/LSD $\alpha = 0,05$		1,69		0,94		5,64	
Odmiana Cultivar	Flinston	5,40c	9,41	0,53a	1,17	86,33b	55,11
	Baronka	1,87a	3,15	1,47b	2,78	91,87c	43,01
	Rela	3,73b	5,19	4,27c	4,06	65,70a	46,77
	Malowana	2,60ab	6,17	1,67b	3,11	83,60b	40,24
NIR/LSD $\alpha = 0,05$		1,51		0,84		5,05	

Ocena zdrowotności materiału nasiennego traw w zależności od wybranych zapraw nasiennych

Rok Year	2014	7,55c	8,87	2,05	2,46	98,33c	34,76
	2015	2,35b	4,37	2,00	3,39	89,20b	46,66
	2016	0,30a	0,85	1,90	3,81	58,10a	49,63
NIR/LSD $\alpha = 0,05$		1,31		ni		4,37	

Rys. 1. Zdolność kiełkowania materiału siewnego kostrzewy łąkowej i życicy trwałej w zależności od zastosowanej zaprawy nasiennej.

Fig. 1. Germination capacity of the seeds of meadow fescue and perennial ryegrass depending on the applied seed treatment.

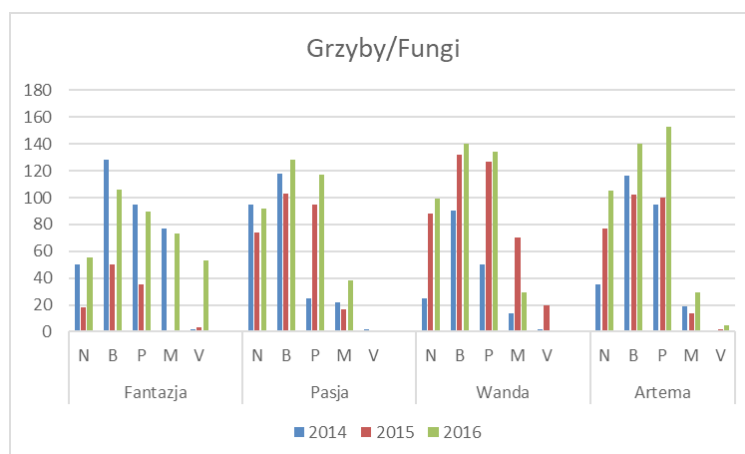


Rys. 2. Występowanie grzybów (a), gatunków z rodzaju *Fusarium* (b), *Bipolaris* i *Drechslera* (c) wyizolowanych z nasion kostrzewy łąkowej (*Festuca pratensis*) dla odmian i lat zbioru w zależności od zastosowanej zaprawy nasiennej (średnia liczba kolonii/100 nasion).

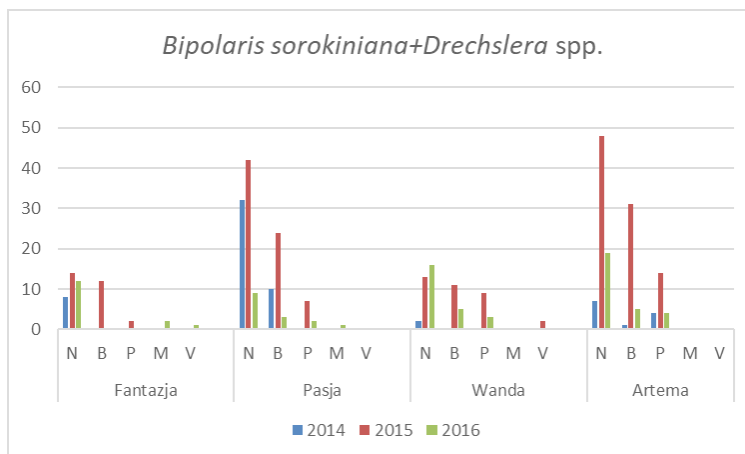
Fig. 2. Occurrence of fungi (a), species of the genera *Fusarium* (b), *Bipolaris* and *Drechslera* (c), isolated from the seeds of the meadow fescue (*Festuca pratensis*) for cultivars and year of harvest depending on used the seed treatment (mean number of colonies/100 seeds).

N-niezapraviane/untreated, B-Bioczoz, P-Polyversum, M-Maxim, V-Vitavax

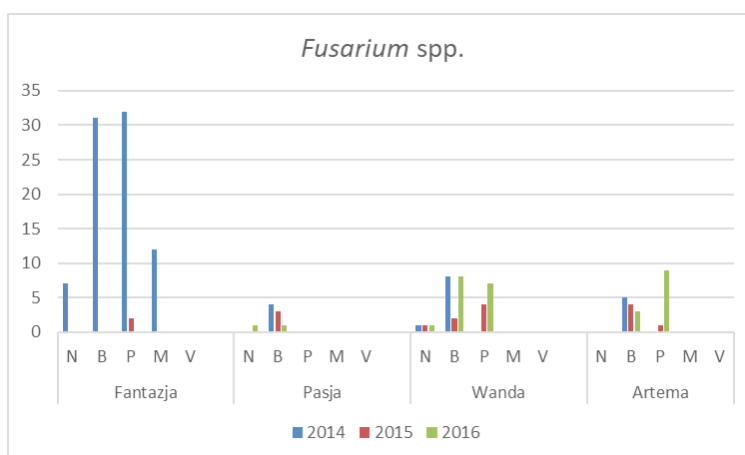
a)



b)



c)

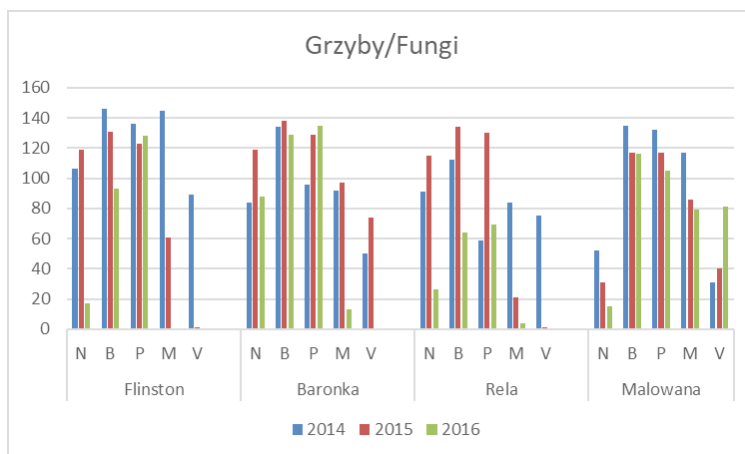


Rys. 3. Występowanie grzybów (a), gatunków z rodzaju *Fusarium* (b), *Bipolaris* i *Drechslera* (c) wyizolowanych z nasion życicy trwałej (*Lolium perenne*) dla odmian i lat zbioru w zależności od zastosowanej zaprawy nasiennej (średnia liczba kolonii/100 nasion).

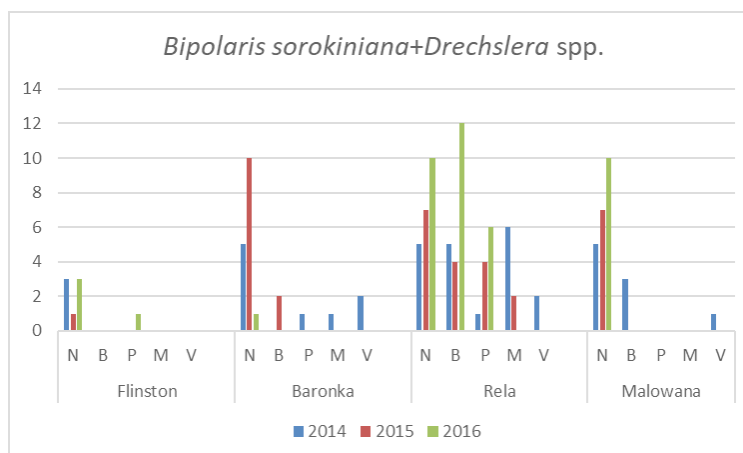
Fig. 3. Occurrence of fungi (a), species of the genera *Fusarium* (b), *Bipolaris* and *Drechslera* (c), isolated from the seeds of the perennial ryegrass (*Lolium perenne*) for cultivars and year of harvest depending on used the seed treatment (mean number of colonies/100 seeds).

N-niezaprawiane/untreated, B-Bioczos, P-Polyversum, M-Maxim, V-Vitavax

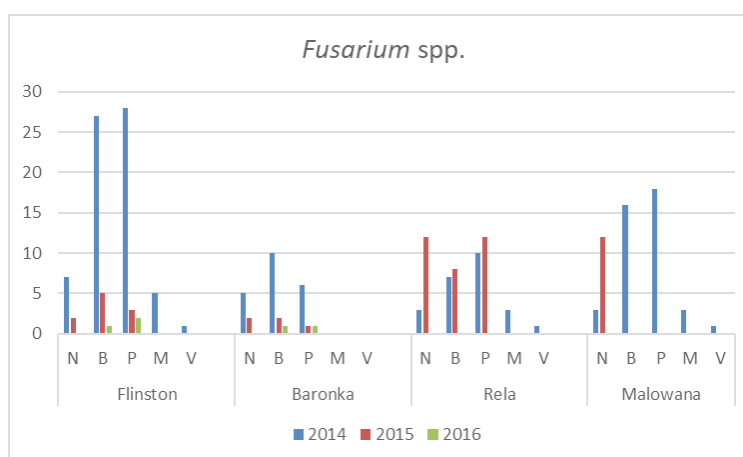
a)



b)



c)



Wśród badanych preparatów najlepsze działanie w przypadku obu badanych gatunków traw wykazał Maxim i Vitavax. Bioczos oraz Polyversum stanowią alternatywę dla upraw ekologicznych, obserwuje się przy ich stosowaniu spadek liczby kolonii *Bipolaris* i *Drechslera*. Nie wykazują one jednak takiego wpływu na liczebność grzybów z rodzaju *Fusarium*, jaki obserwowano dla zapraw chemicznych.

Wnioski

1. Materiał siewny kostrzewy łąkowej i życicy trwałej zasiedlały liczne grzyby, zarówno saprotrofy, jak i patogeny. Dominującym gatunkiem na badanym materiale siewnym był gatunek *Alternaria alternata*, powszechnie izolowany z nasion różnych gatunków roślin rolniczych.
2. Na nasionach kostrzewy łąkowej i życicy trwałej spośród patogenów występowały głównie gatunki należące do rodzaju *Drechslera* i *Fusarium*.
3. Korzystnie na zdrowotność nasion badanych gatunków traw wpływały zastosowane

zaprawy chemiczne Maxim i Vitavax. Zaprawy biologiczne Bioczos i Polyversum nie wpłynęły na zmniejszenie liczebności grzybów wyizolowanych z nasion w stosunku do grzybów obserwowanych na nasionach powierzchniowo odkażanych, jak i zaprawianych zaprawami chemicznymi.

Literatura

- Barnett, H. L. (1960). Illustrated genera of imperfect fungi. Burgess Pub. Company. Minneapolis: 1–225.
- Chidambaram, S. B., Matur, S. B., Neergaard, P. (1972). Handbook on seed health testing. The International Seed Testing Association As-NLH. Norway: 1–207.
- Di Menna, M. E., Lauren, D. R., Poole, P. R., Mortimer, P. H., Hill R. A., Agnew M. P. (1987). Zearalenone in New Zealand pasture herbage and the mycotoxin-producing potential of *Fusarium* species from pasture. N. Z. J. Agric. Res. 30:499.
- Di Menna, M. E., Lauren, D. R., Sprosen, J. M., MacLean, K. S. (1991). *Fusarium* and zearalenone on herbage fractions from short and from long pasture. N. Z. J. Agric. Res. 34:445.

- Ellis, M. B. (1971). „*Dematiaceous Hyphomycetes*“. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey, England.
- Falloon, R. E. (1980). Seedling emergence responses in ryegrasses (*Lolium* spp.) to fungicide seed treatments. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 23, 385–391.
- Forsberg, G., Kristensen, L., Eibel, P., Titone, P., Haiti, W. (2003). Sensitivity of cereal seeds to short duration treatment with hot, humid air. *Journal of Plant Disease and Protection*, 110 (1): 1–16.
- International Rules for Seed Testing. Edition 2019. Published by The International Seed Testing Association (ISTA), P. O. BOX 308, 8303 Bassersdorf, CH-Switzerland.
- Kumar, S. (2012). Cultural approaches for plant disease management. *Research & Reviews: Journal of Agricultural Science and Technology*, 1 (2): 12–21.
- Kućmierz, J., Gorajczyk, S., (1991) Pathogenicity of fungi isolated from sowing material of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) for germinating caryopses and seedlings. *Phytopathol. Pol.* 13, 1: 62–65.
- Kućmierz, J., Mazur, S., Nocoń, J., (1992) Mikoflora materiału siewnego kostrzewy łąkowej (*Festuca pratensis* Huds.) oraz patogeniczność wybranych gatunków grzybów dla siewek *in vitro*. *Zesz. Nauk. AR Krak.* 265, Roln. 30: 151–159.
- Kutrzeba, M., (1994 a) Występowanie grzybów z rodzaju *Bipolaris* i *Drechslera* na nasionach *Festuca pratensis* Huds. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.* 192: 107–112.
- Kutrzeba, M. (1994 b). Występowanie grzybów patogenicznych na gatunkach traw z rodzaju *Festuca* Huds. *Biul. IHAR* 192: 113–121.
- Kwaśna, H., Chelkowski, J., Zajkowski, P. (1991). *Flora Polska T. XXII. Grzyby niedoskonałe. Strzępczakowe. Gruźelkowate. Sierpik (Fusarium)* PAN Warszawa-Kraków: 1–158.
- Labruyere, R. E., (1980): Fungal diseases of grasses grown for seed. In: *Seed production*. Ed. P.D. Hebblethwaite. Butterworths, London, pp. 173–187.
- Malone, J. P., Muskett, A. E. (1997). *Seed-borne fungi. Description of 77 fungus species.* 3rd Edition. Sheppard, J. W. (ed.). ISTA, Zurich: 1–191.
- Pańka, D., Jeske, M., Szczepanek, M., (2010). Effect of fungicidal control of *Festuca rubra* L. ssp. *Commutate* and *F. rubra* L. ssp. *rubra* on seed infection with fungi. In: *Grassland in a changing world. Book of abstracts 23th General Meeting EGF*. Kiel, Germany; August 29th–September 2nd 2010. AGGF, Kiel: 93.
- Prończuk, M. (1996). Główne choroby traw w Polsce. *Biul. IHAR* 199: 157–169.
- Sharma, K. K., Singh, U. S., Sharma, P., Kumar, A., Sharm, L. (2015). Seed treatments for sustainable agriculture -A review. *Journal of Applied and Natural Science* 7 (1): 521–539.
- Smith, J. F., Di Menna, M. E., McGowan, L. T. (1990). Reproductive performance of Coopworth ewes following oral doses of zearalenone before and after mating. *J. Reprod. Fertil.* 89:99.
- StatSoft, Inc. (2014). STATISTICA (data analysis software system), version 12. www.statsoft.com.
- Tulloch, M., Leach, C. M., (1972): A world-wide survey of the microflora of *Dactylis glomerata* seed. *Ann. Appl. Biol.* 72: 145–154.
- Vargas, J. M. (1994). Management of turfgrass diseases. pp. 1–294 in *Lewis Publ. CPR Press, Inc.*
- Wiewióra, B. (2012). The effect of seed health of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) on germination capacity. *Plant Breeding and Seed Science* 65, 51–62.
- Wiewióra, B., Prończuk, M., (2000). Mikroorganizmy zasiedlające nasiona traw i ich wpływ na występowanie chorób w uprawie trawnikowej. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.* 214: 269–284.
- Wiewióra, B., Prończuk, M. (2002). *Rhizoctonia solani* and other fungi detected in perennial ryegrass seeds after harvest and storage. *Phytopathologia Polonica* 26, 19–27.
- Zang, Y. Han, J. G. Bolkan, H. Shi, Q. H. (2006). The mycoflora of perennial ryegrass and their effects on the germination and seedling vigour. *Seed Science and Technology* 34, 429–441.

Ocena zdrowotności materiału nasiennego traw w zależności od wybranych zapraw nasiennych

Estimation of the seed health of sowing material of grasses in dependence of selected seed treatments

Barbara Wiewióra[✉], Dagmara Bronisz

Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB,
✉ e-mail: b.wiewiora@ihar.edu.pl

Celem pracy było określenie wpływu wybranych zapraw nasiennych na zdrowotność nasion traw: kostrzewy łąkowej i życicy trwałej z trzech kolejnych lat zbioru, otrzymanych od hodowców. Materiał do badań stanowiły nasiona czterech odmian kostrzewy łąkowej (*Festuca pratensis*) i czterech odmian życicy trwałej (*Lolium perenne*). Badano materiał siewny traktowany czterema zaprawami: dwie biologiczne Bioczoz (ekstakt z czosnku) i Polyversum (oospory grzyba *Pythium oligandrum*) i dwie chemiczne Maxim (substancja aktywna: fludioksonil) i Vitavax (substancja aktywna: karboksyna i tiuram) oraz nasiona niezaprawiane, powierzchniowo odkażone podchlorynem sodu. Nasiona badanych gatunków i odmian były licznie zasiedlone przez grzyby zarówno saprotroficzne: *Alternaria alternata*, *Aureobasidium pullulans*, *Epicoccum purpurascens* i *Penicillium* spp. jak i patogeny: *Fusarium* spp. oraz *Drechslera* spp. i *Bipolaris sorokiniana*. Stwierdzono, że zastosowanie zapraw chemicznych, zwłaszcza użycie zaprawy Vitavax wpływa pozytywnie na poprawę zdrowotności wyrażoną liczbą kolonii grzybowych, w tym głównych patogenów. Nie obserwowano jednak znaczącej poprawy zdolności kiełkowania badanych nasion.

Słowa kluczowe: grzyby, patogeny, trawy, zaprawianie, zdrowotność nasion

The aim of the study was to determine the effect of selected seed treatments on the health of grass seeds obtained from breeders: meadow fescue and perennial ryegrass from three years of harvest. The research material consisted of seeds from four varieties of meadow fescue (*Festuca pratensis*) and four varieties of perennial ryegrass (*Lolium perenne*). Seed material was treated with four products: two biological agents, i.e. Bioczoz (garlic extract) and Polyversum (oospores of the fungus *Pythium oligandrum*), and two chemical agents, i.e. Maxim (fludioxonil) and Vitavax (carboxin and thiuram). Untreated seeds were only surface-disinfected with sodium hypochlorite. Seeds of the studied species and cultivars were colonized by saprotrophic fungi: *Alternaria alternata*, *Aureobasidium pullulans*, *Epicoccum purpurascens* and *Penicillium* spp., as well as pathogens: *Fusarium* spp., *Drechslera* spp. and *Bipolaris sorokiniana*. Chemical treatments, especially the use of Vitavax, had a positive effect on seed health measured by the number of fungal colonies, including major pathogens. However, no significant increase in the germination capacity of the tested seeds was observed.

Key words: fungi, grasses, pathogens, seed health, treatments.

Introduction

The quality of seeds of agricultural plants is determined by many factors, including the use of various active substances, both chemical and biological, for seed treatment (Sharma et al., 2015). Dressing is one of the most popular procedures to improve seed quality, and it involves coating seeds with insecticides, fungicides, growth stimulants etc. combined with an adhesive (Kumar S., 2012; Forsberg et al., 2003). Before treatment, an assessment should be performed in order to identify fungal pathogens, since information about seedborne pathogens associated with a given species is essential for the selection

of an adequate dressing substance. Pathogens transmitted with seeds are dangerous for seedlings and adult plants, because when introduced into the soil, they might develop and attack plants under favourable conditions and can also be a source of infection for neighbouring crops. Most of these pathogens cause leaf blotch that limits nutrient assimilation and accelerates transpiration (Kutrzeba, 1994b). Negative effects of these processes include premature drying of the leaves, retarded plant development, or deterioration of the yield and quality of fodder if the disease affects grasses grown for forage. In grasses grown for turf such changes are unfavourable,

because users want an attractive lawn, and discoloration or patches are unsightly (Prończuk, 1996). The presence of fungal pathogens, e.g. *Fusarium* spp. on pastures is also gaining importance. These pathogens are not commonly associated with livestock feeding systems, but a study carried out in New Zealand found that toxins from *Fusarium* species in pasture herbage may have a negative effect on animal health (Di Menna et al. 1987, 1991). This negative effect concerns impaired or reduced reproductive performance of ewes (Smith et al., 1990). These findings prompted the authors to investigate seed health, in particular to identify fungal pathogens present on the seeds, and to search for solutions to improve seed health by treatment.

Materials and Methods

The research material consisted of seeds from four varieties of meadow fescue (*Festuca pratensis*): Pasja, Wanda, Artema and Fantazja, and four varieties of perennial ryegrass (*Lolium perenne*): Flinston, Baronka, Rela and Malowana, harvested in 2014, 2015 and 2016. The mycological assays and evaluation of germination capacity were performed for seeds harvested in these years and treated with biological and chemical agents: Bioczos (garlic extract), Polyversum (*Pythium oligandrum* oospores), Maxim (a.s. fludioxonil) and Vitavax (a.s. carboxin and thiram). Untreated seeds were only surface-disinfected with sodium hypochlorite. Seeds were treated with biological and chemical agents according to recommendations provided by the manufacturers. Untreated seeds were surface-disinfected in 1% NaClO for 10 minutes and then rinsed three times in sterile water. This procedure was aimed at reducing the number of rapidly growing saprotrophs contaminating the surface of the seeds. These fungi could prevent the growth and identification of pathogens, whose count was a measure of the effectiveness of a given treatment agent.

Seed health was assessed for 200 seeds of each cultivar treated with the four above-mentioned agents, and for untreated surface-disinfected seeds. Two hundred seeds (4 replication of 50 seeds each) representing each treatment variant were placed on Petri dishes with potato dextrose agar (PDA). Fungal colonies were grown at 18°C in alternating cycle of 12 h NUV radiation (360 nm) and 12 h darkness. The formed fungi were identified for species after 15–20 days of incubation under the above-defined conditions stimulating sporulation using the descriptions included in the following publications: Barnett (1960), Chidambaram

et al. (1972), Ellis (1971), Kwaśna et al. (1991), Malone and Muskett (1997). The health of seeds of tested grass species was expressed as the mean number of fungal colonies for three years of harvest and four cultivars.

The germination capacity was assessed following the International Rules for Seed Testing (ISTA, 2019). Statistical analysis of data was performed using Statistica and LSD values were calculated.

Results and Discussion

The mycological analysis revealed abundant fungal colonization of meadow fescue and perennial ryegrass seeds. Between 36 and 39 species of fungi from 23–26 genera were identified on seeds of both analysed grass species. A greater diversity of fungal species was found on the seeds of perennial ryegrass. The most frequently identified saprotrophic fungi were: *Alternaria alternata*, *Aureobasidium pullulans*, *Epicoccum purpurascens*, *Cladosporium herbarum* and *Penicillium* spp., and pathogenic *Bipolaris*, *Drechslera* and *Fusarium* (Tabs. 1 and 2). Similar fungi have previously been isolated and identified by Kućmierz et al. (1992), Kutrzeba (1994 a and b), Wiewióra and Prończuk (2000), and Pańka et al. (2010). The most common pathogenic fungi identified on the seeds of meadow fescue and perennial ryegrass were 4 *Drechslera* species (*D. dematioidea*, *D. dictyoides*, *D. siccans*, *D. triseptata*) and 10 *Fusarium* species (*F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. poae*, *F. semitectum*, *F. solani*, *F. sporotrichoides*, and *F. tricinctum*). The number of fungal colonies was highest on seeds treated with biological agents: Bioczos and Polyversum. In a parallel experiment with surface-disinfected seeds the mean number of cultured fungal colonies was lower compared to these two agents: by 36–39% for perennial ryegrass and by 23–40% for meadow fescue cultivars (Tabs. 1 and 2). Statistical analysis showed significant differences in the number of colonies depending on the treatment, cultivar and harvest year for both meadow fescue and perennial ryegrass (Tabs. 3 and 4, Figs. 2a and 3a). The most frequently isolated fungal species from the seeds of meadow fescue and perennial ryegrass was saprotrophic *Alternaria alternata*, which, depending on the test variant, accounted for 12.5–66.4% of all fungi isolated from perennial ryegrass and 12.2–43.1% of all fungi isolated from meadow fescue (Tabs. 1 and 2). Studies by Tulloch and Leach (1972), and Labruyere (1980) suggested that *Alternaria alternata* can be used as an approximate indicator of the quality of seed

Table 1

Tabela 1

The fungi species isolated from the seeds of meadow fescue (average of three years and four cultivars).

Wyizolowane z nasion kostrzewy łąkowej gatunki grzybów (średnia z trzech lat i czterech odmian).

Gatunek grzyba/ Fungus species	Liczba kolonii (średnio dla odmian i lat badań) Number of colonies (mean for cultivars and research years)				
	Niezaprawiane/ Untreated	Biocos	Polyversum	Maxim	Vitavax
<i>Acremoniella atra</i>	-	-	0,17	-	-
<i>Acremonium</i> spp.	0,16	0,23	0,07	0,07	-
<i>Alternaria alternata</i>	27,93	40,90	27,20	5,30	1,00
<i>Ascochyta</i> sp.	0,20	1,43	0,20	0,60	-
<i>Aspergillus</i> spp.	0,23	0,03	0,03	0,73	0,03
<i>Aureobasidium pullulans</i>	3,50	16,60	18,80	8,10	0,53
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	0,60	0,27	0,07	-	-
<i>Botrytis cinerea</i>	0,03	0,17	0,27	-	-
<i>Cladosporium herbarum</i>	0,47	3,63	2,73	3,73	0,07
<i>Drechslera dematioidea</i>	0,17	0,07	-	-	-
<i>Drechslera dictyoides</i>	7,87	2,03	0,60	-	-
<i>Drechslera siccans</i>	8,87	5,87	2,67	0,27	0,23
<i>Drechslera triseptata</i>	-	0,07	0,07	-	-
<i>Epicocum purpurascens</i>	7,90	15,23	15,13	1,00	0,20
<i>Fusarium avenaceum</i>	0,13	0,70	0,37	-	-
<i>Fusarium culmorum</i>	0,07	0,63	0,83	0,23	-
<i>Fusarium equiseti</i>	0,13	1,47	1,33	-	-
<i>Fusarium graminearum</i>	-	0,57	0,20	-	-
<i>Fusarium oxysporum</i>	-	0,07	0,07	-	-
<i>Fusarium poae</i>	-	0,30	0,10	-	-
<i>Fusarium semitectum</i>	0,10	0,37	0,17	0,23	-
<i>Fusarium solani</i>	0,23	0,23	0,60	0,10	-
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	-	0,07	-	-	-
<i>Fusarium tricinctum</i>	-	0,03	0,03	-	-
<i>Microdochium</i> spp.	0,07	-	-	-	-
<i>Mucor</i> spp.	0,23	0,87	0,80	0,60	0,03
<i>Papularia arundinis</i>	0,17	0,37	-	0,23	-
<i>Penicillium</i> spp.	2,03	9,43	13,40	12,47	5,97
<i>Phoma</i> spp.	0,80	2,57	0,50	1,90	-
<i>Rhizopus</i> sp.	0,27	1,33	1,30	0,63	0,07
<i>Septoria</i> sp.	0,27	0,17	0,03	0,17	-
<i>Sordaria fimicola</i>	0,03	-	-	-	-
<i>Stemphylium botryosum</i>	1,03	0,27	0,17	-	-
<i>Stemphylium consortiale</i>	0,70	1,60	0,33	0,10	-
<i>Trichoderma viride</i>	0,07	0,10	0,03	0,03	-
<i>Trichotecium roseum</i>	-	0,20	-	-	-
grzybnia niezarodnikująca/ non-sporulating mycelium	0,53	0,07	0,07	0,47	0,07
Ogółem/Total	64,79	107,95	88,41	36,96	8,20

material, and its presence also reflects unfavourable weather conditions during seed harvest. Moreover, Kućmierz and Gorajczyk (1991) concluded that *A. alternata* strongly inhibits germination, but reduces the germination capacity only to a small degree. Zang et al. (2006) reported that *Fusarium* spp. and *Bipolaris sorokiniana* have the strongest inhibitory effect on seed germination by producing secondary metabolites or causing direct injury to seed tissues. Our study did not confirm these findings, as the germination capacity of the examined varieties and species was at the level of 87-93% and statistical analysis showed no significant differences between species, varieties or the tested combinations. Nevertheless, it should be noted that the used treatment agents, despite significant changes in the occurrence of fungi, had no significant effect on the germination capacity of tested seeds (Fig. 1). *Fusarium* and *Drechslera* fungi are among the most frequently isolated pathogens of grass seeds (Vargas, 1994; Wiewióra and Prończuk, 2002; Wiewióra, 2012). Our study supports previously reported data, particularly with regard to *Drechslera* species, because on untreated seeds the number of their colonies was 18.50/100 seeds for meadow fescue and 5.50/100 seeds for perennial ryegrass. There were significant differences between cultivars of both grass species. The mean number of colonies ranged from 3.40/100 seeds for Fantazja to 8.87/100 seeds for Artema in meadow fescue, and from 0.53/100 seeds for Flinston to 4.27/100 seeds for Rela in perennial ryegrass. There were also differences in the occurrence of *Drechslera* fungi between harvest years, and the number of colonies ranged from 3.20 to 11.45/100 seeds for meadow fescue and from 1.90 to 2.05/100 seeds for perennial ryegrass (Tabs. 3 and 4). It should also be emphasized that all types of treatments significantly reduced the infection of seeds from both grass species with these pathogens compared to seeds that were only surface-disinfected (Figs. 2b and 3b).

The mean number of isolated *Fusarium* colonies was much lower (untreated samples: 0.92/100 seeds of meadow fescue, and 2.67/100 seeds of perennial ryegrass). The effectiveness of treatments against these pathogens was only observed for chemical agents (Tabs. 3 and 4, Figs. 2c and 3c). The highest frequency of *Fusarium* fungi was observed in seeds treated with biological agents. For meadow fescue seeds the number of colonies increased to 4.58/100 seeds treated with Polyversum and to 5.75/100 seeds treated with Bioczoz. A similar relationship was observed for perennial

ryegrass seeds, where the mean number of *Fusarium* colonies was 6.75/100 seeds treated with Polyversum and 6.42/100 seeds treated with Bioczoz (Tabs. 3 and 4). Significant differences were also observed in the mean number of *Fusarium* colonies between the cultivars of both grass species. It ranged from 0.60/100 seeds for Wanda to 5.60/100 seeds for Fantazja (meadow fescue), and from 1.87/100 seeds for Baronka to 5.40/100 seeds for Flinston (perennial ryegrass). There were also differences in the occurrence of *Fusarium* spp. between harvest years, and the number of colonies ranged from 0.85 to 5.00/100 seeds for meadow fescue and from 0.30 to 7.55/100 seeds for perennial ryegrass (Tabs. 3 and 4).

The analyses of seed health for both grass species indicated that chemical treatments with Maxim and Vitavax effectively inhibited the growth of fungi, including major pathogens of grasses, which was previously confirmed in a study for other seed treatments carried out by Falloon (1980). The tested biological agents were less effective in reducing the number of fungal colonies, including major pathogens, and in improving the germination capacity in relation to chemical agents.

Agents used for the treatment of meadow fescue seeds significantly reduced the number of *Bipolaris* and *Drechslera* colonies, and the highest effectiveness was found for Maxim and Vitavax. The highest numbers of colonies, including *Fusarium* spp., were isolated from seeds treated with Bioczoz and Polyversum. Statistically significant differences in the number of *Fusarium* spp. colonies were also found between seeds treated with these biological agents and chemical agents Maxim and Vitavax (Tab. 3).

Tests on perennial ryegrass revealed that all used agents significantly reduced the number of *Bipolaris* and *Drechslera* colonies compared to untreated seeds, but chemical treatment with Vitavax also caused a significant reduction compared to Bioczoz. There were also significant differences in the number of *Fusarium* colonies. The highest total number of fungal colonies was also isolated from perennial ryegrass seeds treated with Bioczoz and Polyversum (Tab.4).

Among the tested agents, Maxim and Vitavax were most effective in both analysed species of grass. Bioczoz and Polyversum can be used as an alternative in organic farming to reduce the number of *Bipolaris* and *Drechslera* colonies. However, these agents do not control the growth of *Fusarium* fungi as effectively as chemical agents.

Table 2

Tabela 2

The fungi species isolated from the seeds of perennial ryegrass (average of three years and four cultivars).

Wyizolowane z nasion życicy trwalej gatunki grzybów (średnia z trzech lat i czterech odmian).

Gatunek grzyba/ Fungus species	Liczba kolonii (średnio dla odmian i lat badań) Number of colonies (mean for cultivars and research years)				
	Niezaprawiane/ Untreated	Biocos	Polyversum	Maxim	Vitavax
<i>Acremonium atra</i>	0,10	0,53	-	-	-
<i>Acremonium</i> spp.	0,07	0,10	0,10	-	-
<i>Alternaria alternata</i>	48,00	48,03	40,17	22,30	3,23
<i>Arthrotrixyis superba</i>	-	0,13	0,13	-	-
<i>Ascochyta</i> sp.	0,07	-	0,03	0,03	-
<i>Aspergillus</i> spp.	0,07	0,07	0,43	-	0,03
<i>Aureobasidium pullulans</i>	1,53	9,83	12,53	4,50	0,27
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	0,13	0,20	-	-	0,03
<i>Botrytis cinerea</i>	-	0,67	0,87	0,03	-
<i>Cladosporium herbarum</i>	0,67	1,27	1,00	1,90	0,03
<i>Drechslera dematioidea</i>	0,27	0,07	-	-	-
<i>Drechslera dictyoides</i>	1,07	-	-	-	-
<i>Drechslera siccans</i>	3,33	1,97	1,53	0,47	0,13
<i>Drechslera triseptata</i>	0,07	0,03	-	0,10	-
<i>Epicocum purpurascens</i>	7,93	19,10	16,67	3,67	1,20
<i>Fusarium avenaceum</i>	0,57	0,47	0,77	-	0,13
<i>Fusarium culmorum</i>	0,43	0,90	1,20	0,43	0,10
<i>Fusarium equiseti</i>	0,27	0,93	1,07	0,20	-
<i>Fusarium graminearum</i>	0,33	1,07	1,43	0,27	0,03
<i>Fusarium oxysporum</i>	0,20	0,60	0,13	-	-
<i>Fusarium poae</i>	0,20	0,27	0,07	-	-
<i>Fusarium semitectum</i>	-	0,37	0,60	0,10	-
<i>Fusarium solani</i>	0,63	0,93	1,13	0,27	-
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	0,03	-	0,13	0,03	-
<i>Fusarium tricinctum</i>	-	0,20	0,07	-	-
<i>Mucor</i> spp.	0,20	1,67	1,97	1,13	0,10
<i>Microdochium</i> spp.	0,27	0,13	0,10	0,10	-
<i>Papularia arundinis</i>	0,40	0,50	0,93	0,10	-
<i>Penicillium</i> spp.	1,87	24,27	25,50	26,00	20,33
<i>Pestalotia</i> sp.	-	-	0,07	-	-
<i>Phoma</i> spp.	0,43	1,17	1,27	1,93	0,03
<i>Rhizoctonia solani</i>	0,13	0,13	0,13	-	-
<i>Rhizopus</i> sp.	0,10	2,13	2,13	0,80	-
<i>Septonema chaetospora</i>	0,93	0,13	-	-	-
<i>Septoria</i> sp.	0,03	0,07	-	-	-
<i>Sordaria fimicola</i>	0,17	0,03	-	-	-
<i>Stemphylium botryosum</i>	0,30	0,10	-	-	-
<i>Stemphylium consortiale</i>	1,43	0,90	0,70	0,63	0,10
<i>Trichoderma viride</i>	-	0,13	-	0,10	-
grzybnia niezarodnikująca/ non-sporulating mycelium	0,07	0,17	0,17	0,33	-
Ogółem/Total	72,30	119,27	113,03	65,42	25,74

Table 3
Tabela 3

Analysis of variance for some fungi infected seeds of meadow fescue (*Festuca pratensis*).
Analiza wariancji dla wybranych grzybów zasiedlających nasiona kostrzewy łąkowej (*Festuca pratensis*).

Czynnik /Agent		<i>Fusarium</i>		<i>Bipolaris i Drechslera</i>		Grzyby/Fungi	
		Średnie/Mean	Odch. std/ Std. dev.	Średnie/Mean	Odch. std/ Std. dev.	Średnie/Mean	Odch. std/ Std. dev.
Zaprawa Treatment	Niezaprawiane/ Untreated	0,92a	2,04	18,50d	16,34	67,79c	30,91
	Bioczoz	5,75b	8,45	8,50c	10,15	112,75e	25,28
	Polyversum	4,58b	9,33	3,75b	4,66	92,96d	39,22
	Maxim	1,00a	4,49	0,25a	0,68	33,58b	25,78
	Vitavax	0,00a	0,00	0,25a	0,68	7,58a	14,99
NIR/LSD $\alpha = 0,05$		1,61		3,15		5,05	
Odmiana Cultivar	Fantazja	5,60c	11,30	3,40a	5,54	55,70a	39,32
	Wanda	0,60a	1,40	8,67b	13,32	61,80b	47,48
	Pasja	2,13b	3,60	4,07a	5,72	68,03c	50,78
	Artema	1,47ab	3,01	8,87b	15,40	66,20bc	52,77
NIR/LSD $\alpha = 0,05$		1,44		2,82		4,52	
Rok Year	2014	5,00b	9,98	3,20a	7,66	53,05a	44,18
	2015	0,85a	1,80	11,45b	15,49	56,45a	45,17
	2016	1,50a	3,26	4,10a	5,87	79,30b	49,74
NIR/LSD $\alpha = 0,05$		1,25		2,44		3,91	

Table 4
Tabela 4

Analysis of variance for some fungi infected seeds of perennial ryegrass (*Lolium perenne*).
Analiza wariancji dla wybranych grzybów zasiedlających nasiona życicy trwałej (*Lolium perenne*).

Czynnik /Agent		<i>Fusarium</i>		<i>Bipolaris i Drechslera</i>		Grzyby/Fungi	
		Średnie/ Mean	Odch. std/ Std. dev.	Średnie/ Mean	Odch. std/ Std. dev.	Średnie/ Mean	Odch. std/ Std. dev.
Zaprawa Treatment	Niezaprawiane/ Untreated	2,67b	4,20	5,50c	3,45	71,92b	40,65
	Bioczoz	6,42c	8,30	2,17b	3,73	120,75d	23,08
	Polyversum	6,75c	9,25	1,08a	2,36	113,25c	26,44
	Maxim	0,92a	2,12	0,75a	1,94	66,58b	46,58
	Vitavax	0,25a	0,68	0,42a	1,18	36,88a	36,66
NIR/LSD $\alpha = 0,05$		1,69		0,94		5,64	
Odmiana Cultivar	Flinston	5,40c	9,41	0,53a	1,17	86,33b	55,11
	Baronka	1,87a	3,15	1,47b	2,78	91,87c	43,01
	Rela	3,73b	5,19	4,27c	4,06	65,70a	46,77
	Malowana	2,60ab	6,17	1,67b	3,11	83,60b	40,24
NIR/LSD $\alpha = 0,05$		1,51		0,84		5,05	
Rok Year	2014	7,55c	8,87	2,05	2,46	98,33c	34,76
	2015	2,35b	4,37	2,00	3,39	89,20b	46,66
	2016	0,30a	0,85	1,90	3,81	58,10a	49,63
NIR/LSD $\alpha = 0,05$		1,31		ni		4,37	

Fig. 1. Germination capacity of the seeds of meadow fescue and perennial ryegrass depending on the applied seed treatment.

Rys. 1. Zdolność kiełkowania materiału siewnego kostrzewy łąkowej i życicy trwałej w zależności od zastosowanej zaprawy nasiennej.

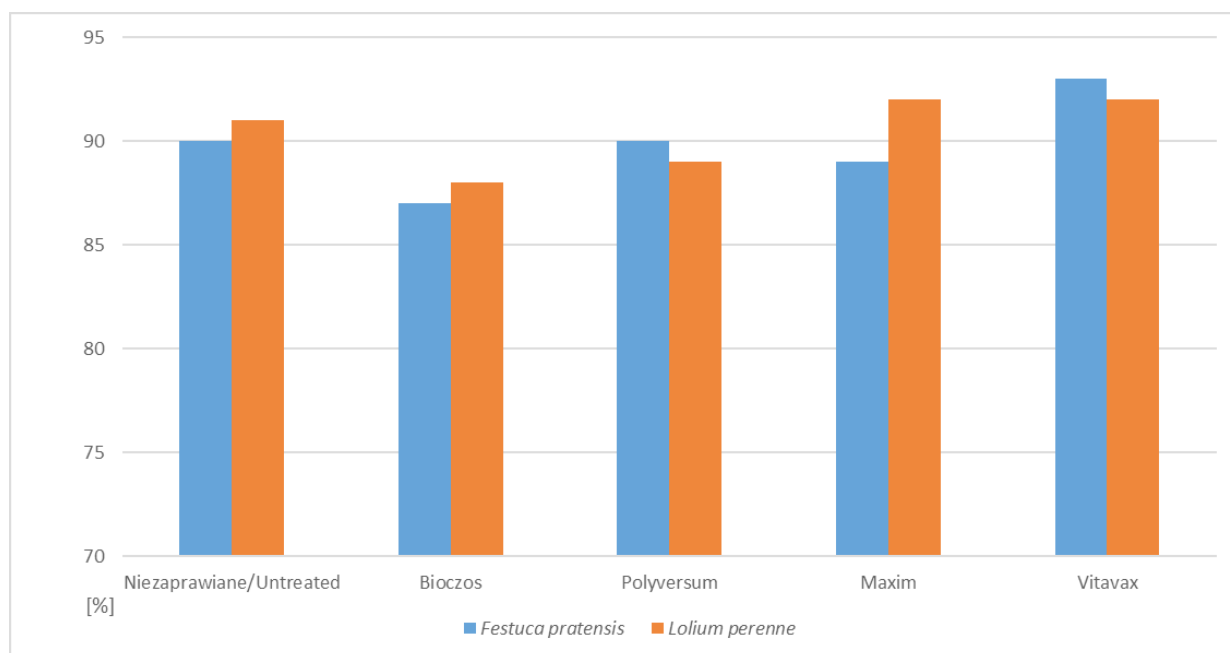
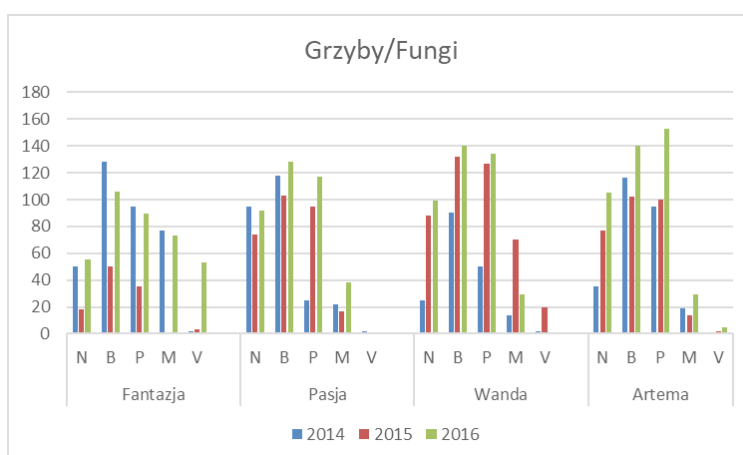


Fig. 2. Occurrence of fungi (a), species of the genera *Fusarium* (b), *Bipolaris* and *Drechslera* (c), isolated from the seeds of the meadow fescue (*Festuca pratensis*) for cultivars and year of harvest depending on used the seed treatment (mean number of colonies/100 seeds).

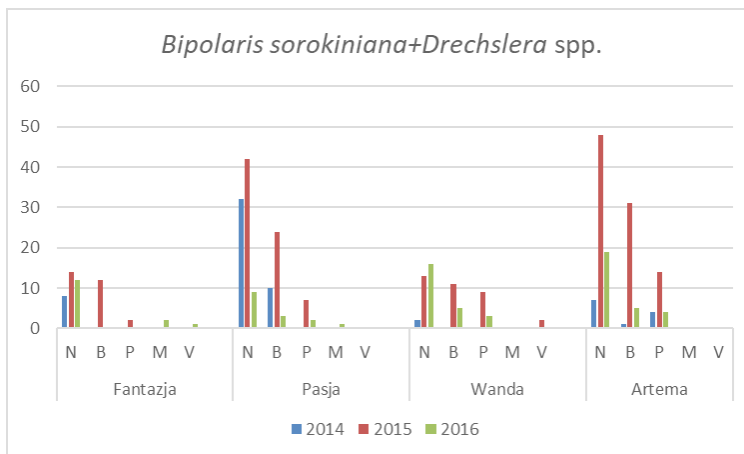
Rys. 2. Występowanie grzybów (a), gatunków z rodzaju *Fusarium* (b), *Bipolaris* i *Drechslera* (c) wyizolowanych z nasion kostrzewy łąkowej (*Festuca pratensis*) dla odmian i lat zbioru w zależności od zastosowanej zaprawy nasiennej (średnia liczba kolonii/100 nasion).

N-niezaprawiane/untreated, B-Bioczos, P-Polyversum, M-Maxim, V-Vitavax

a)



b)



c)

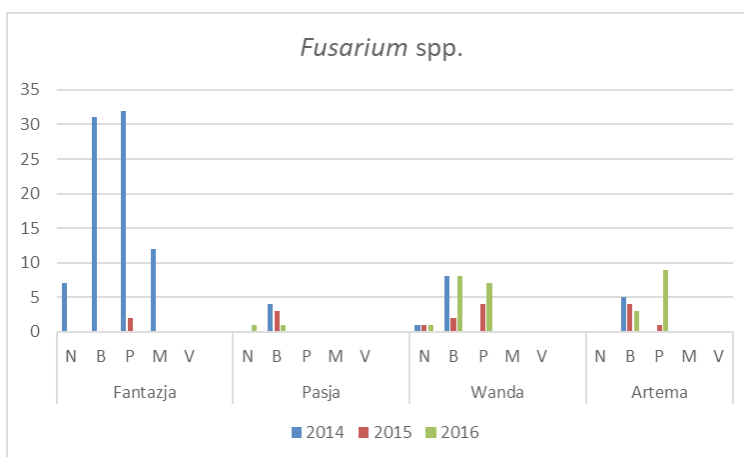
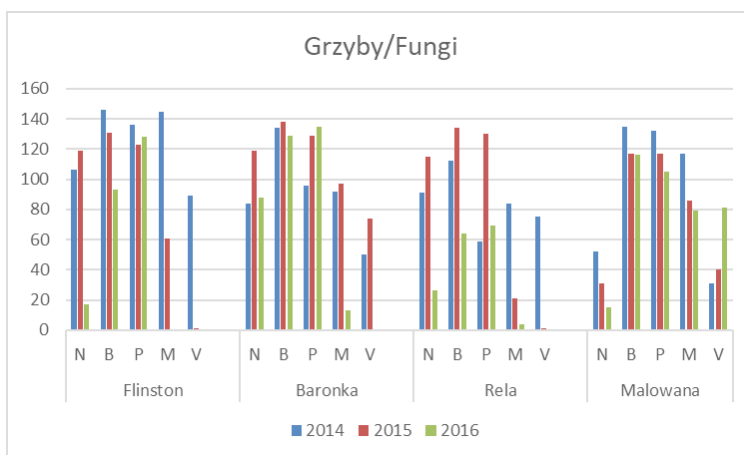


Fig. 3. Occurrence of fungi (a), species of the genera *Fusarium* (b), *Bipolaris* and *Drechslera* (c), isolated from the seeds of the perennial ryegrass (*Lolium perenne*) for cultivars and year of harvest depending on used the seed treatment (mean number of colonies/100 seeds).

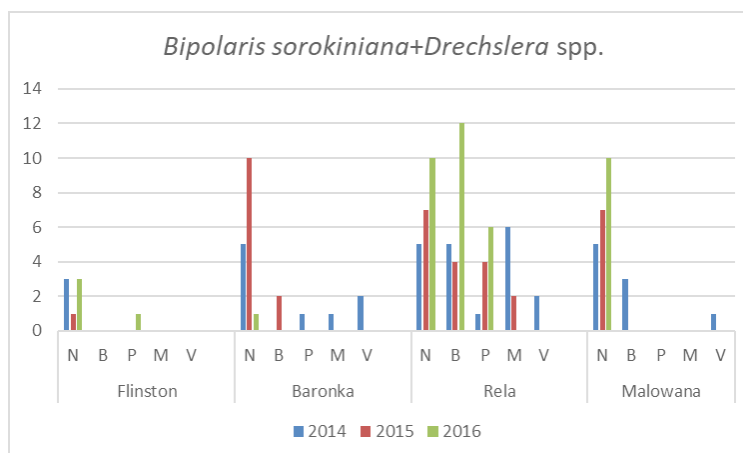
Rys. 3. Występowanie grzybów (a), gatunków z rodzaju *Fusarium* (b), *Bipolaris* i *Drechslera* (c) wyizolowanych z nasion życicy trwałej (*Lolium perenne*) dla odmian i lat zbioru w zależności od zastosowanej zaprawy nasiennej (średnia liczba kolonii/100 nasion).

N-niezaprawiane/untreated, B-Bioczos, P-Polyversum, M-Maxim, V-Vitavax

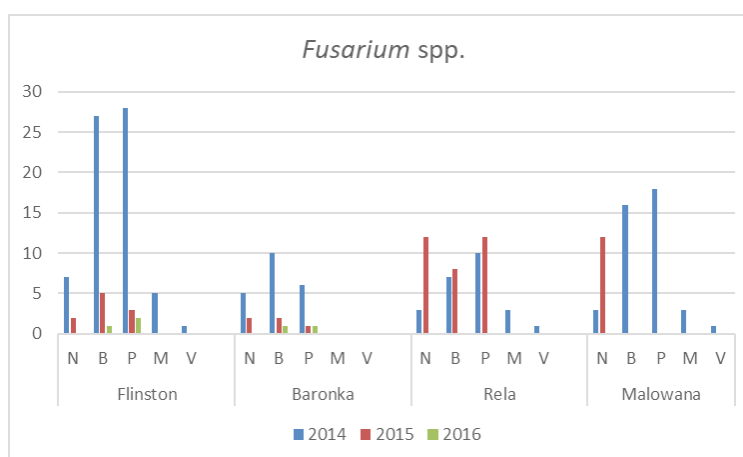
a)



b)



c)



Conclusions

1. The seeds of meadow fescue and perennial ryegrass were colonized by numerous saprophytic and pathogenic fungi. *Alternaria alternata*, commonly isolated from various seeds of agricultural plants, was the dominant species in the analysed seed material.
2. Most pathogenic fungi detected on the seeds of meadow fescue and perennial ryegrass represented two genera, *Drechslera* and *Fusarium*.
3. Chemical treatments with Maxim and Vitavax had a positive effect on the health of the analysed grass seeds. Treatment with biological agents, Bioczos and Polyversum, did not reduce the number of fungal colonies isolated from seeds compared to surface-disinfected seeds or those treated with chemical agents.

References

- Barnett H. L. 1960. Illustrated genera of imperfect fungi. Burgess Pub. Company. Minneapolis: 1 — 225.
- Chidambaram S.B., Matur S.B., Neergaard P. 1972. Handbook on seed health testing. The International Seed Testing Association As-NLH. Norway: 1 — 207.
- Di Menna, M.E., Lauren D.R., Poole P.R., Mortimer P.H., Hill R.A., Agnew M.P. 1987. Zearalenone in New Zealand pasture herbage and the mycotoxin-producing potential of *Fusarium* species from pasture. N. Z. J. Agric. Res. 30:499.
- Di Menna, M. E., Lauren D.R., Sprosen J.M., MacLean K.S. 1991. *Fusarium* and zearalenone on herbage fractions from short and from long pasture. N. Z. J. Agric. Res. 34:445.
- Ellis M. B. 1971. „Dematiaceous Hyphomycetes“. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey, England.
- Falloon R.E. 1980. Seedling emergence responses in ryegrasses (*Lolium* spp.) to fungicide seed treatments. New Zealand Journal of Agricultural Research, 23, 385-391.
- Forsberg G., Kristensen L., Eibel P., Titone P., Haiti W. 2003. Sensitivity of cereal seeds to short duration treatment with hot, humid air. *Journal of Plant Disease and Protection*, 110 (1): 1-16.

- International Rules for Seed Testing. Edition 2019. Published by The International Seed Testing Association (ISTA), P. O. BOX 308, 8303 Bassersdorf, CH-Switzerland.
- Kumar S. 2012. Cultural approaches for plant disease management. *Research & Reviews: Journal of Agricultural Science and Technology*, 1(2): 12-21.
- Kućmierz J., Gorajczyk S., 1991: Pathogenicity of fungi isolated from sowing material of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) for germinating caryopses and seedlings. *Phytopathol. Pol.* 13, 1: 62–65.
- Kućmierz J., Mazur S., Nocoń J., 1992: Mikoflora materiału siewnego kostrzewy łąkowej (*Festucapratenensis* Huds.) oraz patogeniczność wybranych gatunków grzybów dla siewek *in vitro*. *Zesz. Nauk. AR Krak.* 265, Roln. 30: 151–159.
- Kutrzeba M., 1994 a: Występowanie grzybów z rodzaju *Bipolaris* i *Drechslera* na nasionach *Festuca pratensis* Huds. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.* 192: 107–112.
- Kutrzeba M. 1994b. Występowanie grzybów patogenicznych na gatunkach traw z rodzaju *Festuca* Huds. *Biul. IHAR* 192: 113-121.
- Kwaśna H., Chełkowski J., Zajkowski P. 1991. *Flora Polska* T. XXII. Grzyby niedoskonałe. Strzępczakowe. Gruźelkowane. Sierpik (*Fusarium*) PAN Warszawa-Kraków: 1-158.
- Labruyere R.E., 1980: Fungal diseases of grasses grown for seed. In: *Seed production*. Ed. P.D. Hebblethwaite. Butterworths, London, pp. 173–187.
- Malone J. P., Muskett A. E. 1997. Seed-borne fungi. Description of 77 fungus species. 3rd Edition. Sheppard J. W. (ed.). ISTA, Zurich: 1 — 191.
- Pańka D., Jeske M., Szczepanek M., 2010. Effect of fungicidal control of *Festuca rubra* L. ssp. *Commutate* and *F. rubra* L. ssp. *rubra* on seed infection with fungi. In: *Grassland in a changing world. Book of abstracts 23th General Meeting EGF. Kiel, Germany; August 29th–September 2nd 2010.* AGGF, Kiel: 93.
- Prończuk M. 1996. Główne choroby traw w Polsce. *Biul. IHAR* 199: 157169.
- Sharma K.K., Singh U.S., Sharma P., Kumar A., Sharm L. 2015. Seed treatments for sustainable agriculture-A review. *Journal of Applied and Natural Science* 7(1): 521 – 539.
- Smith J.F., Di Menna M.E., McGowan L.T. 1990. Reproductive performance of Coopworth ewes following oral doses of zearalenone before and after mating. *J. Reprod. Fertil.* 89:99.
- StatSoft, Inc. 2014. STATISTICA (data analysis software system), version 12. www.statsoft.com.
- Tulloch M., Leach C.M., 1972: A world-wide survey of the microflora of *Dactylis glomerata* seed. *Ann. Appl. Biol.* 72: 145–154.
- Vargas J.M. 1994. Management of turfgrass diseases. pp. 1-294 in *Lewis Publ. CPR Press, Inc.*
- Wiewióra B. 2012. The effect of seed health of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) on germination capacity. *Plant Breeding and Seed Science* 65, 51-62.
- Wiewióra B., Prończuk M., 2000. Mikroorganizmy zasiedlające nasiona traw i ich wpływ na występowanie chorób w uprawie trawnikowej. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.* 214: 269–284.
- Wiewióra B., Prończuk M. 2002. *Rhizoctonia solani* and other fungi detected in perennial ryegrass seeds after harvest and storage. *Phytopathologia Polonica* 26, 19-27.
- Zang Y. Han J.G. Bolkan H. Shi Q.H. 2006. The mycoflora of perennial ryegrass and their effects on the germination and seedling vigour. *Seed Science and Technology* 34, 429-441.

Sytuacja przemysłu nasiennego i hodowli roślin na Świecie i w Unii Europejskiej

The situation of the seed industry in the world and in the European Union.

Sławomir Podlaski^{id}, Chrystian Chomontowski^{id}✉

Instytut Biologii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 166, 02–787 Warszawa,

✉ e-mail: chrystian_chomontowski@sggw.edu.pl

Postęp naukowy w hodowli roślin oraz globalizacja produkcji nasiennej wpłynęły na gwałtowne zwiększenie wielkości handlu nasionami. Nasiona, obok pestycydów charakteryzują się w największym stopniu globalnym charakterem. W ostatnich latach obserwujemy postępującą koncentrację i monopolizację przemysłu nasiennego. „Wielka czwórka” firm nasiennych może decydować o losach światowej produkcji rolnej. W świecie w sektorze publicznym maleją nakłady na dział R&D, rosną natomiast w sektorze prywatnym. Przemysł nasienny, obok farmaceutycznego jest najbardziej innowacyjnym sektorem gospodarczym. Średnie nakłady na prace B&R wynoszą 17% obrotu rocznie. Niektóre kraje europejskie (Dania, Holandia) uczyniły z przemysłu nasiennego narodową specjalizację.

Słowa kluczowe: hodowla roślin, nasiennictwo, przemysł nasienny, reprodukcja nasienna, Unia Europejska, Świat

Scientific progress in plant breeding and the globalization of seed production led to a rapid increase in the value of seed trade. Apart from pesticides, seeds are characterized by the most global character. In recent years, we have observed a progressive concentration and monopolization of the seed industry. „The big four” seed companies can decide the fate of global agricultural production. In the worlds public sector, expenditure on R&D is decreasing, while in private sector it is growing. The seed industry, next to the pharmaceutical one, is the most innovative economic sector. Average R&D expenditure is 17% of turnover per year. Some European countries like Denmark and the Netherlands have made the seed industry their national specialization.

Key words: plant breeding, seed science, seed industry, seed reproduction, European Union, World

Globalny charakter przemysłu nasiennego

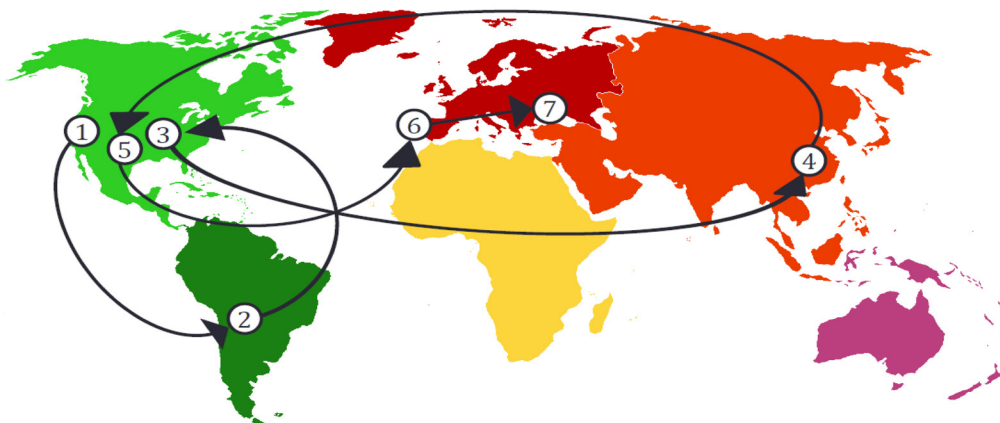
Obecnie hodowla roślin i nasiennictwo funkcjonują nie jako oddzielny sektor gospodarki, ale pewien system organizacyjny, który w sumie tworzy tzw. przemysł nasienny lub po postępującej konsolidacji rynku, przemysł o życiu (przemysł 4.0). Przemysł nasienny obejmuje wzajemnie powiązane ze sobą i sprawnie działające elementy: hodowlę roślin, nasiennictwo, zaplecze naukowe (instytuty, uczelnie wyższe) ocenę odmian, ocenę nasion, banki, instytucje ubezpieczające. Ostatnio przemysł nasienny stopniowo przekształca się w przemysł o życiu zajmujący się wytwarzaniem towarów i usług gwarantujących wysoki poziom i bezpieczeństwo życia. W tym kontekście, oprócz wymienionych uprzednio elementów przemysłu nasiennego, w jego skład wchodzi przemysł farmaceutyczny i przetwórczy oraz bardzo zaawansowany przemysł dotyczący biologii molekularnej i syntetycznej. Pod względem własnościowym, liczący się w świecie narodowy przemysł nasienny, miał i będzie miał charakter prywatny. Wynika to nie ze względów

doktrynalnych, ale jest warunkowane podstawowymi zasadami ewolucji przemysłu nasiennego, który wcześniej czy później z państwowego staje się prywatnym. Prywatyzacja daje nowy impuls rozwojowy dla przemysłu nasiennego. Zasada ta została potwierdzona ewolucją przemysłu nasiennego w wielu krajach, w tym najbardziej spektakularnie, w Indiach. W Indiach, po szerokim wejściu kapitału prywatnego do przemysłu nasiennego, w 1988 roku, roczny przyrost wartości rynku nasiennego w latach 2000–2012 był największy na świecie i wynosił 12% rocznie. Na rynek weszły również międzynarodowe firmy hodowlane, które przejęły udziały w indyjskich firmach. Kapitał prywatny zaangażowany był w hodowlę mieszańców i cennych rynkowo roślin warzywnych. Firmy państwowe zajmowały się hodowlą roślin samopylnych, których nasiona mogły być rozmnażane przez farmerów (Spielman i in., 2014).

Ostatnie badania prowadzone przez OECD (2018), wykazały negatywny związek pomiędzy wielkością innowacji, mierzoną liczbą odmian

wprowadzonych na narodowe listy, a liczbą hodowców zatrudnionych w sektorze publicznym. Każdy 1% zwiększenia liczby hodowców w całkowitej ich liczbie zmniejsza liczbę odmian wprowadzonych na narodowe listy od 1,6 do 2,0%. Co ciekawe, zależność ta nie była modyfikowana przez różny udział używanego materiału ze zbioru. Nasiona i pestycydy mają najbardziej globalny charakter

ze wszystkich środków produkcji rolnej. Oznacza to, że są produkowane na świecie tam, gdzie jest to najbardziej opłacalne i dystrybuowane są w skali globalnej (rys. 1). Dotyczy to najczęściej nasion drobnych i drogich (mieszkańce). Przykładowo, schemat globalnej produkcji nasion pomidora przedstawiono na rysunku poniżej.



Rys. 1. Globalny schemat produkcji nasion pomidora: 1. Produkcja nasion w stopniu pre-basic (przed-elitarne), 2. Produkcja nasion w stopniu basic (elitarne), 3. Magazyn nasion, 4. Produkcja nasion kwalifikowanych, 5. Oczyszczanie, uszlachetnianie, pakowanie, 6. Dostawa nasion do głównego magazynu, 7. Dostawa do kraju finalnego przeznaczenia (Dunkle, 2015)

Fig. 1. Global Tomato Seed Production Scheme: 1. Pre-basic seed (pre-elite) production, 2. Basic seed (elite) production, 3. Seed storage, 4. Certified seed production, 5. Purification, processing, packaging, 6. Delivery of seeds to the main warehouse 7. Delivery to the country of final destination (Dunkle, 2015)

W przypadku stosowania dużych norm wysiewu (wysadzania) i tanich nasion (ziemniaki, zboża), produkcja nasienna ma charakter lokalny, ze względu na duże koszty transportu. W stosunku do nasion wysiewanych przez polskich rolników, nasiona kwalifikowane zbóż (bez kukurydzy) wyprodukowane w Polsce stanowiły 90%, nasiona roślin bobowatych grubonasiennych 99% oraz ziemniaków 89% (Oleksiak, 2017). W obecnym czasie, nowe odmiany i nowe formy nasion, są podstawowym czynnikiem determinującym przyrost plonów. Agrotechnika wpływa na oszczędność środków produkcji, ich większą efektywność i precyzję stosowania oraz na zmniejszenie różnic pomiędzy plonem potencjalnym czy ekonomicznym a plonem uzyskanym na poziomie farmy. Dzięki temu „inteligentne rolnictwo (smart farming)” może zwiększyć plony z jednostki powierzchni nawet o 25%. Pomimo tego, to hodowla roślin i nowe odmiany

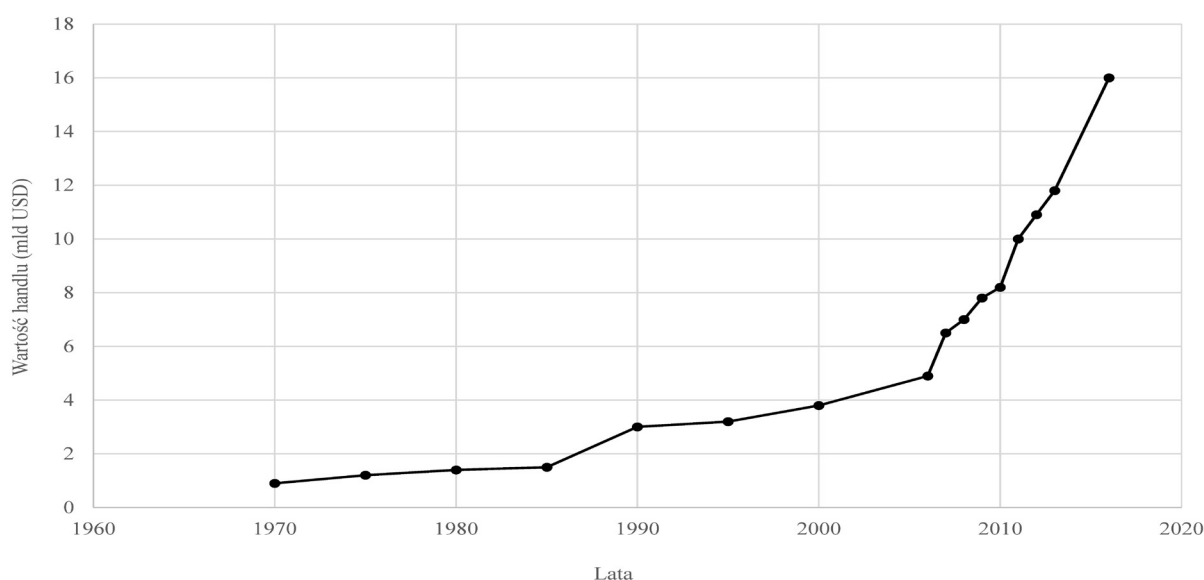
będą głównym motorem zwiększenia produktywności (plonu potencjalnego) na poziomie rośliny i tym samym, przyrostu plonów i produkcji rolnej.

Znaczenie nasion, stanowiących początek procesu produkcji żywności, wpływa na rozwój rynków nasiennych i handlu nasionami. Wartość światowego rynku nasiennego, w latach 2015–16, według różnych ocen, wynosiła od 23,7 do 64,1 mld USD, natomiast roczny przyrost wartości światowego rynku nasion wahał się od 6,8 do 13,3%. Największy wartościowy udział w rynku miały nasiona mieszańcowe – 28,4 mld, następnie materiał siewny GMO o kilku zmodyfikowanych cechach (Bonny, 2017). Nasiona kukurydzy stanowią 40% (20 mld USD) wartości globalnego rynku nasiennego, soi 14%, ryżu około 10% (5 mld USD). Światowa wartość rynku warzyw oceniana jest na 4,7 mld USD (około 9,5%). Wśród warzyw dominują gatunki należące do rodziny psiankowatych (2 mld USD

z czego 43% to pomidory, papryka i bakłażan), rynek warzyw korzeniowych ma wartość 0,8 mld USD, dyniowatych (melon, ogórek, arbuż, kabaczki 0,7 mld USD) (OECD 2018).

Wielkość rynku narodowego jest ściśle powiązana z efektywnością hodowli. Badania OECD (2018) wykazały, że każde zwiększenie wielkości

rynku o 1% prowadzi do zwiększenia liczby odmian wpisanych na narodowe listy o 0,4 – 0,5%. Wartość europejskiego rynku nasion była oceniana na 7 mld € w 2012 roku. Zwiększenie wartości światowego rynku nasiennego jest ściśle powiązane z rozwojem handlu nasionami (rys. 2), który w ostatnich latach gwałtownie przyspieszył.



Rys. 2. Wartość światowego handlu nasionami w latach 1970–2016 (mld USD) (opracowanie własne na podstawie danych FIS)

Fig. 2. World seed trade value 1970–2016 (USD billion) (own study)

Handel nasionami obejmuje około 150 gatunków roślin. Nie ulega wątpliwości, że wzrost wartości rynków nasiennych oraz handlu nasionami powoduje zwiększenie konkurencji na rynkach narodowych i lokalnych. W tym kontekście należy zwrócić uwagę na rosnącą rolę wschodzących rynków nasiennych Chin, Brazylii i Indii (Tugendhat, 2014). Wartość tych rynków jest oceniana odpowiednio na 10, 2,6 i 2 mld USD a wartość eksportu nasion w 2012 roku wynosiła 251, 165 i 67 mln USD. Dotychczasowy główny kierunek eksportu, to kraje afrykańskie, ale rośnie również eksport do Europy odmian reprodukowanych głównie w Chinach. Zwiększenie światowej reprodukcji nasion w Chinach wynika z taniej siły roboczej, dobrego klimatu do produkcji nasion oraz obecności na tych rynkach wielu dużych, w tym globalnych, firm nasiennych które organizują na miejscu produkcję nasienną. Równocześnie, w Chinach, Brazylii i Indiach, coraz silniej rozwija się narodowy sektor hodowli roślin.

Czynniki decydujące o wzroście i ewolucji światowego przemysłu nasiennego

Głównym elementem ewolucji przemysłu nasiennego jest postępująca jego koncentracja i internacjonalizacja. Pierwsze oznaki koncentracji w sektorze hodowli roślin pojawiły się w latach 60–70tych XX wieku. Od tego czasu proces ten uległ przyspieszeniu. Dane dotyczące wzrostu wartości sprzedaży nasion czołowych światowych firm nasiennych zamieszczono w tabeli poniżej (tab. 1).

Koncentracja przemysłu nasiennego może wpływać na jego monopolizację. Zależy to od rodzaju koncentracji: poziomej lub pionowej. Pozioma obejmuje firmy działające na tym samym rynku np. firmy nasienne. Pionowa to koncentracja firm o różnym profilu działania np. nasienne i przetwórcze, czy wytwarzające komplementarne produkty np. chemiczne i nasiona. Koncentracja pozioma zwiększa konkurencję na rynku nasiennym, pionowa niekoniecznie. Jak wynika z tabeli 1, wartość sprzedaży nasion firmy Monsanto w latach

1996–2006, wzrosła o 7,1 mld USD, co daje 700 mln USD rocznie. Dla porównania, firma KWS w tym samym czasie zwiększyła wartość sprzedaży o 665 mln USD czyli o 66,5 mln USD rocznie. Liczby te wskazują na ekspansję ekonomiczną firm hodowlano-nasiennych. Jednocześnie widać, jak dobrym biznesem jest szeroko rozumiany przemysł nasien-ny i generalnie nasiona, jako środek produkcji.

Proces koncentracji firm hodowlanych ma charakter globalny. W Niemczech liczba firm zajmujących się hodowlą zbóż w latach 2005, 2010, 2015 i 2020 wynosiła czy będzie wynosić odpowiednio: 30, 27, 20 i 15 (Raport nasienny, 2018). We Włoszech w 1999 roku funkcjonowało 360 firm nasiennych w 2004 – 300, w 2009 – 270 i w 2013 – 220 (Narddi, 2016). Najszybsze i największe zmniejszenie liczby firm hodowlanych obserwujemy głównie w hodowli tych gatunków roślin, gdzie używa się dużych ilości nasion ze zbioru. Do takich

gatunków należą głównie zboża, bobowate grubo-nasienne i ziemniaki. W Niemczech w latach 2009–2014, liczba firm hodujących ziemniaki zmniejszyła się z 10 do 8. Jednocześnie wzrosła liczba firm zajmujących się hodowlą roślin ozdobnych z 7 do 12, warzyw z 6 do 7 i roślin oleistych z 15 do 19 (Schäfer, 2010; Jorasch, 2014). Duże prywatne firmy hodowlane mają przewagę nad firmami z sektora publicznego, również w najbardziej rozwiniętych krajach świata. Posiadają one zimowe szkółki, duże szklarnie, najnowszą aparaturę, specjalistów z zakresu ochrony roślin, genetyki molekularnej, fizjologii i biochemii roślin, technologii nasiennej, marketingu a nawet specjalne zespoły grafików zajmujące się opracowaniem katalogów odmian. Hodowlę i ocenę materiałów hodowlanych prowadzą jednocześnie w wielu miejscach świata (Wolinsky, 2010).

Tabela 1
Table 1

Wartość sprzedaży (mln USD) nasion dziesięciu czołowych firm hodowlano-nasiennych w latach 1985–2016 w stosunku do wartości światowego rynku nasiennego* (opracowanie własne)

Sales value (USD million) of seeds of ten leading breeding and seed companies in 1985–2016 in relation to the value of the global seed market* (own study)

1985			1996			2006			2016		
Firma	Mln USD	%	Firma	Mln USD	%	Firma	Mln USD	%	Firma	Mln USD	%
Pioneer	735	4,1	Pioneer	1500	5,0	Monsanto	7297	17,4	Mon-santo	9988	20,0
Sandoz	290	1,6	Novar-tis	900	3,0	Du Pont Pioneer	4700	11,2	Du Pont Dow	8188	16,4
Dekalb	201	1,1	Lima-grain	650	2,2	Syngenta	2564	6,1	Syn-genta	2657	5,3
Upjohn	200	1,1	Advan-ta	460	1,5	Limagrain	1155	2,8	Lima-grain	1746	3,5
Lima-grain	180	1,0	Semi-nis	375	1,3	KWS	920	2,2	KWS	1506	3,0
Shell	175	1,0	Takii	320	1,1	Land O'Lakes	550	1,3	Bayer	1427	2,9
Takii	175	1,0	Sakata	300	1,0	Bayer	465	1,1	DLF	533	1,1
Ciba Geigy	152	0,8	KWS	255	0,9	Delta Pine	417	1,0	Sakata	529	1,1
Sakata	120	0,7	Dekalb	250	0,8	Sakata	410	1,0	Takii	480	1,0
KWS	75	0,4	Mon-santo	170	0,6	DLF	365	0,9	Rijk Zwaan	431	0,9
Razem	2303			4980			18843			27485	
Udział		12,8			17,4			45,0			55,2

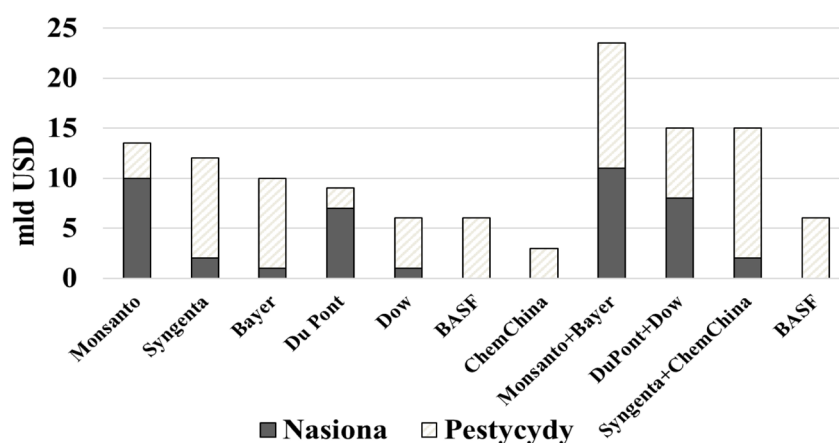
*wartość światowego rynku nasiennego: 1985 – 18, 1996 – 30, 2006 – 42, 2016 – 50 mld USD

Czołowych 10 firm, decydowało o sprzedaży w 2016 roku 55,2% nasion. Koncentracja sektora ciągle postępuje pomimo sprzeciwów

amerykańskich i europejskich urzędów antymonopolowych. W 2013 roku łączna sprzedaż nasion, agrochemikaliów i genetycznie zmodyfikowanych cech roślin wielkiej szóstki (Bayer, Dow, Monsanto, BASF, DuPont i Syngenta) sięgnęła 65 mld USD. W konsekwencji w 2013 roku firmy te kontrolowały 75% światowego rynku agrochemikaliów, 63% nasion i wydatkowały więcej niż 75% światowych nakładów na prywatne badania w sektorze R&D (Bonny, 2017). Ostatnia koncentracja doprowadziła do powstania w miejsce wielkiej szóstki, wielkiej czwórki, w wyniku połączenia następujących firm: Bayer i Monsanto, Dow i DuPont oraz ChemChina i Syngenta. Bayer został zmuszony do wycofania się z biznesu nasiennego na rzecz BASF oraz rezygnacji z produkcji nieselektywnego herbicydu Liberty. Dzięki temu, wartość sprzedaży nasion

i cech biotechnologicznych BASF sięgnęła już 18% całości rolniczej sprzedaży tej firmy. Coraz częściej sugeruje się, że koncentracja rynku środków produkcji dla rolnictwa wynika z rozpoczynającej się czwartej rewolucji rolniczej, opartej na technologii pozwalającej znacznie lepiej modyfikować procesy życiowe i cechy organizmów żywych oraz rozwoju „społeczeństwa informacyjnego” (Bonny, 2017). Wiek XXI, staje się czasem rozwoju biologii i technologii informatycznych, które znajdują zastosowanie w rolnictwie.

Konsekwencją opisanych powyżej połączeń firm, jest dalsze ekonomiczne ich wzmocnienie. Powstałe cztery duże firmy mogą w zasadniczy sposób decydować o losach światowego sektora hodowli roślin i nasiennictwa, forsując takie rozwiązania jakie im są wygodne np. wzmocnienie prawa własności intelektualnej do odmian czy przejście na amerykański system patentowy ochrony odmian.



Rys. 3. Wartości produkcji nasion i pestycydów różnych firm przed i po połączeniach (Bonny, 2017)

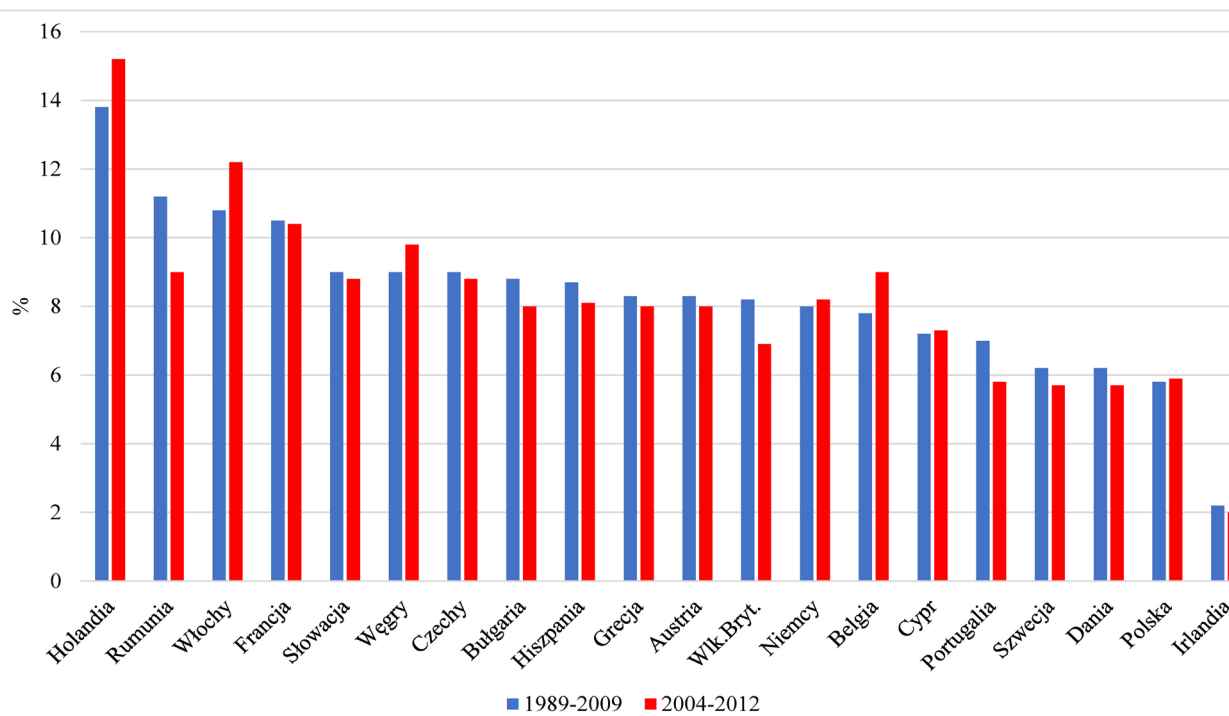
Fig. 3. The values of seed and pesticide production of various companies before and after mergers (Bonny, 2017)

Dla farmerów, największe negatywne konsekwencje koncentracji firm hodowlanych, może mieć przewidywany wzrost cen nasion. W latach 1990–2010 w USA, ceny nasion podwoiły się w stosunku do cen uzyskanych przez farmerów za produkowane surowce. W Unii Europejskiej w latach 2000–2008, ceny materiału rozmnożeniowego wzrosły średnio o 30%. Przeprowadzone symulacje wykazały, że wynikiem ostatniej koncentracji firm, może być wzrost ceny nasion kukurydzy od 1,5 do 7,0%, soi od 1,0 do 6,5% oraz bawełny od 13,1 do 21,3% (Bryant i in., 2016). Pomimo

rosnących cen, udział kosztów nasion w całkowitych kosztach produkcji rolniczej nie jest duży i waha się w wybranych krajach UE od 2 do 15% (rys. 4). Duże różnice w udziale kosztów nasion w produkcji rolniczej poszczególnych krajów zależne są od wielu czynników, takich jak: struktura użytków rolnych (np. pastwiska czy łąki vs uprawy polowe), rodzaj nasion (mieszańce vs samopylne), stopień uszlachetniania, koszty produkcji nasiennej czy norma wysiewu. Nic dziwnego, że największy udział nasion w kosztach produkcji (ok. 15%) obserwujemy w Holandii, gdzie dominują uprawy

polowe i szklarniowe oraz nasiona mieszańcowe, w tym drogie warzywa, a najmniejszy w Irlandii (około 2%), gdzie tylko 8% powierzchni użytków rolnych stanowią uprawy polowe a reszta to wieloletnie łąki i pastwiska. Pozytywnym trendem było zmniejszenie w UE udziału kosztów nasion w produkcji rolniczej w latach 2004–2012. W Polsce udział kosztów nasion w całkowitych kosztach produkcji rolniczej można ocenić na około 5,8% (Wesseler i in., 2015).

Ponadto należy zwrócić uwagę, że bezwzględne koszty nasion kwalifikowanych na jednostkę powierzchni są bardzo zbliżone, przy zróżnicowanych plonach. Zjawiska tego nie obserwujemy w przypadku nawozów i środków ochrony roślin, gdzie chcąc zwiększyć plony musimy zwiększyć intensywność stosowania tych środków produkcji. W związku z tym najlepszym sposobem na obniżenie udziału kosztów nasion w całkowitych kosztach produkcji rolniczej jest maksymalizacja plonów.



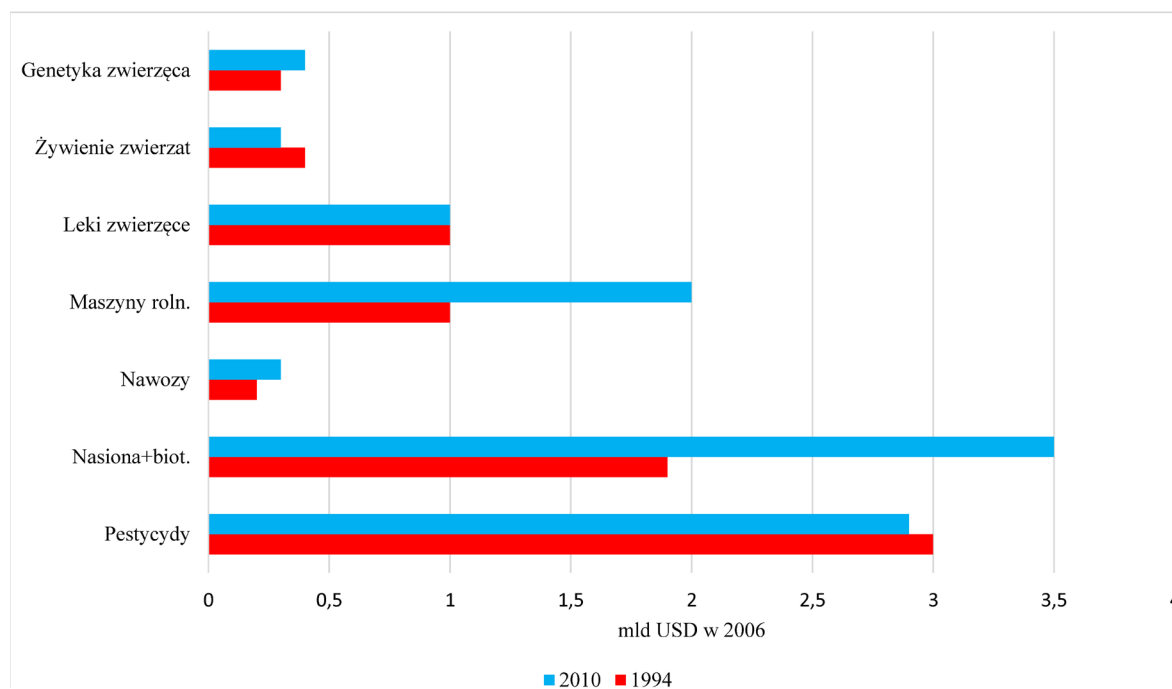
Rys. 4. Procentowy udział kosztów nasion w całkowitych kosztach produkcji rolniczej. Średnie dla krajów UE w latach 1989–2009 i 2004–2012 (Wesseler i in., 2015)

Fig. 4. The percentage share of seed costs in the total costs of agricultural production. Means for EU countries in 1989–2009 and 2004–2012 (Wesseler et al., 2015)

Światowe finansowanie sektora R&D w ramach przemysłu nasiennego

Analizę finansowania sektora R&D można przeprowadzać w zależności od: pochodzenia i efektywności źródeł finansowania oraz sposobu finansowania. Wyróżniamy 3 źródła finansowania sektora nasiennego: ze źródeł własnych (prywatnych) firm hodowlano-nasiennych, z funduszy publiczno-prywatnych oraz ze źródeł publicznych. Najefektywniejsze jest finansowanie ze źródeł własnych firm hodowlano-nasiennych. Większość dużych firm posiada własne zaplecze naukowe, które realizuje badania na rzecz firmy. Efektywność sektora

naukowego jest oceniana na zasadzie relacji pomiędzy nakładami a praktycznymi efektami naukowymi. Efekty badań najczęściej nie są publikowane. W Wielkiej Brytanii 89% środków na badania pochodzi z własnych źródeł firm hodowlanych, pozostałe to fundusze obce. Wśród światowych prywatnych nakładów na badania naukowe, dotyczących szeroko rozumianej produkcji rolniczej, dominują wydatki na nasiona, rośliny zmodyfikowane genetycznie oraz pestycydy (rys. 5). Jednocześnie największy przyrost wartości nakładów pomiędzy latami 1994 i 2010 nastąpił w przypadku nasion i cech biotechnologicznych.

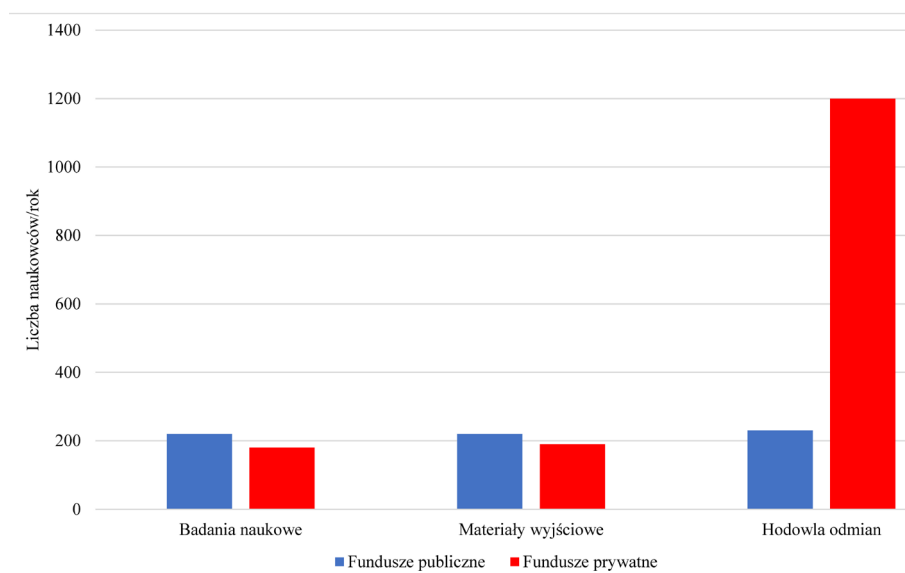


Rys. 5. Światowe pozapaństwowe wydatki na badania naukowe w różnych sektorach produkcji rolniczej w latach 1994 i 2010 (mld USD wg wartości w 2006) (Fuglie i in., 2011)

Fig. 5. World private research spending in various agricultural production sectors in 1994 and 2010 (USD billion by value in 2006) (Fuglie et al., 2011)

Z funduszy publicznych wspierane są przede wszystkim badania podstawowe, ochrona zasobów genowych, wytwarzanie materiałów wyjściowych (pre-breeding) i hodowla gatunków niecieszących

się zainteresowaniem sektora prywatnego. Sektor prywatny zaangażowany jest głównie w praktyczną hodowlę tzw. cash crops (rośliny towarowe – uprawiane dla czystego zysku) (rys. 6).



Rys. 6. Różna alokacja funduszy prywatnych i publicznych w USA, zależnie od etapów hodowli roślin (Fuglie and Walker, 2001)

Fig. 6. Different allocation of private and public funds in the US depending on the stages of plant breeding (Fuglie and Walker, 2001)

W ramach funduszy publiczno-prywatnych finansowane są sieci naukowo-hodowlane oraz 15 globalnych centrów badawczych (CGIAR – Consortium of International Agricultural Research Centers) zaangażowanych w szeroko rozumiane badania rolniczo-leśne oraz praktyczną hodowlę, głównie dla krajów rozwijających się. W Europie w Niemczech, przykładowymi sieciami nauko-hodowlanymi są: German Seed Alliance, realizujący hodowlę roślin w Rosji i dla Rosji, proWeizen Alliance for Wheat Research and Breeding, intensyfikująca hodowlę pszenicy czy różne Crop Genetic Improvements Networks w Wielkiej Brytanii. W krajach rozwiniętych, szczególnie w USA, obserwujemy wyraźną tendencję do zmniejszenia finansowania sektora hodowlanego z funduszy publicznych na rzecz prywatnych. Ten trend jest również obserwowany w największych krajach europejskich. W świecie istnieją co najmniej 2 sposoby zarządzania wprowadzaniem innowacji w przemyśle nasiennym: poprzez rynek oraz poprzez tworzenie sieci naukowo-hodowlanych, w ramach najczęściej partnerstwa publiczno-prywatnego. Pierwszy sposób dominuje

w USA, gdzie panuje liberalna gospodarka, drugi jest typowy dla Europy w której poziom regulacji państwowych gospodarki jest większy niż amerykański.

Zasadniczym problemem jest ocena ekonomicznej efektywności finansowania działalności R&D. Miernikami efektywności mogą być: wielkość całkowitych nakładów R&D dla firm/firmy/państwa, liczba uzyskanych patentów i „know-how” w wyniku działalności badawczej, zyski uzyskane w wyniku działalności R&D wyrażające się liczbą uzyskanych odmian, ich jakości i długością życia w stosunku do nakładów. Przemysł nasienny charakteryzują się wyjątkowo wysoką innowacyjnością, jedynie przemysł farmaceutyczny może z nim się równać. W 2018 roku w Niemczech i Holandii nakłady na sektor R&D w przemyśle nasiennym, wynosiły średnio około 17–19% w stosunku do obrotu i stopniowo rosły. Natomiast firmy biotechnologiczne i niektóre holenderskie firmy hodowli roślin warzywnych, przeznaczają nawet 30% na prowadzone badania naukowe. Nakłady w sektorze R&D różnych firm przedstawiono w tabeli poniżej (tab. 2).

Tabela 2
Table 2

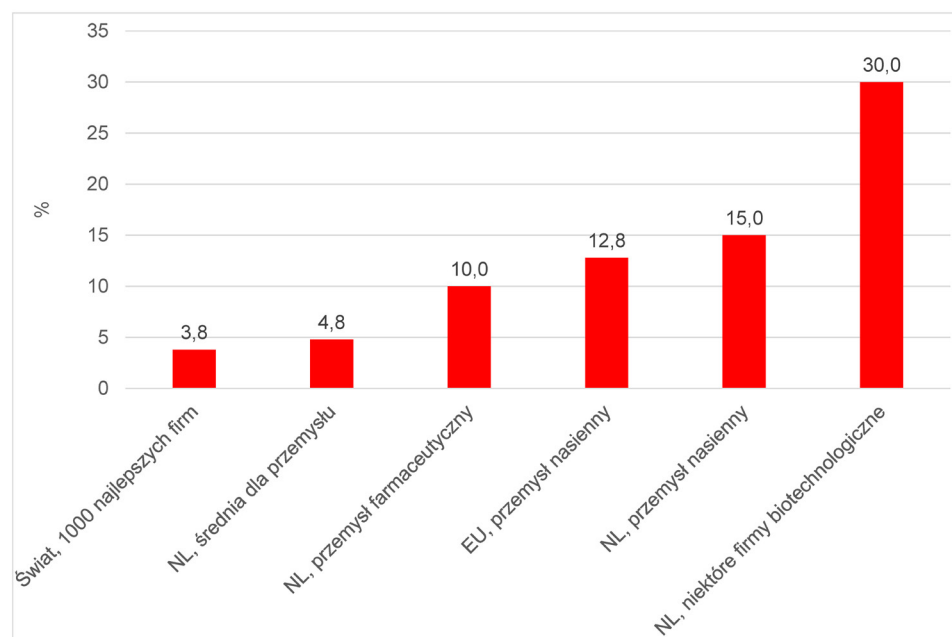
Dzienne wydatki na sektor R&D (mln USD) różnych firm hodowlanych (opracowanie własne na podstawie raportów finansowych)

Daily R&D spending (USD million) of various breeding companies (own study)

Firma	2008	2014–2016	2017
Bayer	8,5	11,1	14,0
Monsanto	2,6	4,4	4,4
Syngenta	2,5	3,7	3,6
KWS	0,09	0,52	0,61
Limagrain	0,19	0,50	0,51
Polska	Fundusz postępu biologicznego		0,014

Dla lepszego porównania, łączne finansowanie polskiej hodowli roślin z funduszu postępu biologicznego wynosiło w 2017 roku około 15,7 mln zł (5,1 mln USD) rocznie. Firma Monsanto wspiera dziennie swoją hodowlę podobną kwotą, jaką stanowiło roczne wsparcie dla polskiej hodowli roślin. Jednocześnie wielkość funduszu R&D firmy Bayer była dokładnie 1000 razy większa niż polskiego funduszu postępu biologicznego.

Do różnicy w wielkości wsparcia naukowego należy dołączyć większą jego efektywność, wynikającą z faktu prywatnej własności obu firm. Dane dotyczące porównania wydatków na R&D w holenderskim przemyśle nasiennym w porównaniu z innymi sektorami gospodarki oraz średnią dla przemysłu nasiennego Unii Europejskiej przedstawiono na rysunku poniżej (rys. 7).



Rys. 7. Wydatki na badania i rozwój wyrażone w procentach obrotu w Holandii w 2009 roku (Bakker i in. 2012)

Fig. 7. Research and development expenditure as a percentage of turnover in the Netherlands in 2009 (Bakker et al. 2012)

Wydatki w sektorze R&D przekładają się na nowe techniki i technologie hodowlane, a w konsekwencji na odmiany o specyficznych cechach. Ostatnio, do najbardziej spektakularnych osiągnięć, w tym względzie należą: uzyskanie odmian buraków cukrowych w oparciu o technologię Conviso Smart, coraz szersze upowszechnianie się odmian mieszańcowych zbóż oraz opracowanie nowej techniki hodowli ziemniaka w oparciu o botaniczne nasiona. Technologia Conviso Smart obejmuje dwa elementy: odmiany mieszańcowe buraka firmy KWS odporne na herbicydy z grupy ALS oraz herbicyd Conviso One, firmy Bayer. Odmianę uzyskano metodą selekcji miliardów komórek w kulturach komórkowych hodowanych na podłożu selekcyjnym, zawierającym herbicyd. Buraki uzyskano metodami konwencjonalnej technologii hodowlanej a efekt jest identyczny, jaki uzyskało Monsanto z technologią Roundup Ready® uzyskując organizmy GMO. Mieszańce zbóż stają się coraz bardziej popularne na rynkach światowych. Wynika to co najmniej z dwóch powodów: lepszych cech roślin w wyniku ujawnienia się efektu heterozji oraz konieczności corocznej wymiany nasion, co leży w interesie firm nasennych. Obecnie po 35 latach (od 1984) pojawienia się w Europie pierwszych mieszańców żyta, odmiany hybrydowe tego gatunku bardzo się rozpowszechniły. W 2014 roku w Niemczech 81% powierzchni żyta stanowiły mieszańce, w Danii stanowią one

podstawową paszę dla świń. W 2017 roku w Polsce, udział odmian mieszańcowych żyta w rejestrze przekroczył 30% wszystkich odmian z czego tylko 3% stanowiły formy krajowe (Oleksiak, 2017). W różnych krajach żyto mieszańcowe plonuje o 15–30% lepiej niż odmiany syntetyczne czy populacyjne. W Polsce, w latach 2015, 2016 i 2017, 6 odmian żyta mieszańcowego firmy KWS plonowało średnio na wysokości 128,8%, na poziomie agrotechniki a-1 (przeciętny poziom agrotechniki), a 7 odmian konwencjonalnych na poziomie 102,4%. W pozostałych gatunkach zbóż, postęp hodowli mieszańcowej jest mniejszy, jednak jest to kwestia czasu, kiedy odmiany mieszańcowe wejdą do szerokiej uprawy. Holenderska firma Solynta zrewolucjonizowała sposób hodowli ziemniaka. Metodą chowu wsobnego uzyskano pełne wigoru diploidalne linie rodzicielskie. Linie te krzyżowano ze sobą pod kątem ich wartości kombinacyjnej uzyskując nasiona botaniczne mieszańców F1. Linie rodzicielskie drogą krzyżowania i selekcji zostały wzbogacone o pożądane cechy, jak np. odporność na zarazę ziemniaka. Dzięki wykorzystaniu nasion, hodowla skróciła się z 10 do 3 lat. Mieszańce są utrzymywane, produkowane i rozmnażane za pomocą nasion. W efekcie nie ma problemów z przeniesieniem chorób przez bulwy oraz kłopotów z logistyką. Dwadzieścia pięć gram nasion mieszczących się w małej kopercie zastępuje 2,5 t sadzenia, co starczy do obsadzenia 1 hektara.

Przemysł nasienny w Unii Europejskiej

Rynek nasienny UE jest trzecim co do wielkości światowym rynkiem nasion po USA i Chinach i stanowi około 20% tego rynku. Jak wspomniano, jego wartość była oceniana na 7 mld € a liczba firm w sektorze nasiennym ma sięgać 7000. Ta ostatnia liczba jest mocno przeszacowana, prawdopodobnie w tych dwóch krajach wliczono również stanowiska z nasionami w supermarketach i podobnych miejscach. W tabeli 3, zawarto wykaz firm o największej sprzedaży netto w UE. Jest ona bardzo podobna do listy światowej. Trzy największe europejskie firmy hodowlano nasienne, sprzedające nasiona na terenie Europy, mają wartość sprzedaży powyżej lub około 1 mld €, najmniejsze około 200 mln € (tab. 3).

W porównaniu do rynku światowego, rynek europejski jest mniej skoncentrowany i bardziej zróżnicowany pod względem wielkości (wielkość

obrotów, liczby zatrudnionych) hodowanych gatunków roślin i zasięgu geograficznego aktywności hodowlanej. Występują jednak duże różnice w koncentracji rynku i udziale w nim poszczególnych firm hodowlano nasiennych. W przypadku 3 czołowych firm zajmujących się hodowlą buraków cukrowych, ich udział wynosi 79%, w tym 39% udziału ma KWS. Dla kukurydzy dane te wynoszą 56%, a 22% udziału ma DuPont/Pioneer. Podobnie dość silnie skoncentrowany jest rynek warzyw. W hodowli pomidorów Monsanto ma 20% udziału w rynku. Najmniej skoncentrowany jest rynek zbóż, ze względu na brak dużego udziału mieszańców i względnie niski udział nasion kwalifikowanych. Największy udział w rynku zbóż mają następujące firmy: Limagrain/Villmorin, KWS i RAGT. Mała koncentracja europejskiego rynku zbóż oznacza, że stosunkowo najłatwiej mogą na nim działać małe firmy nasienne.

Tabela 3
Table 3

Wartość sprzedaży netto (mln €) największych 10 firm europejskich (Wesseler i in., 2015)

Net sales value (million €) of the top 10 European companies (Wesseler et al., 2015)

Firma	2010		2012		2013		2014	
	€	%	€	%	€	%	€	%
DuPont/Pioneer	968	13,4	1419	16,5	1514	16,1	1467	14,3
Monsanto	719	10,0	1006	11,7	1112	11,8	1164	11,3
Syngenta	822	11,4	891	10,3	965	10,2	999	10,7
Limagrain/Vilmorin	543	7,5	689	8,0	698	7,4	752	7,3
KWS	480	6,7	6,19	7,2	657	7,0	673	6,5
Bayer Crop Science	351	4,9	428	5,0	428	4,5	460	4,5
DOW	152	2,1	366	4,3	411	4,4	428	4,2
DLF Trifolium	186	2,6	213	2,5	268	2,8	279	2,7
RAGT	bd		bd		bd		200	
Euralis	bd		bd		bd		200	
Land O'Lakes	Brak danych							
Europejski rynek	7217		8616		9414		1028	
Rynek nasion UE	6974		7106		7127			

Koncentracja rynku buraków i warzyw będzie prawdopodobnie dalej rosła, dotyczyć to będzie także innych gatunków roślin. Motorem napędowym koncentracji rynku będzie zmniejszanie liczby firm hodowlano-nasiennych i konieczność zwiększania nakładów na badania naukowe (Wesseler, 2015).

Powierzchnia plantacji nasiennych w Unii Europejskiej w latach 2012–2017, wahała się od 1,91 do 2,03 mln ha. Francja, Włochy i Hiszpania są krajami charakteryzującymi się największą powierzchnią plantacji nasiennych (Tabela 4). W latach 2014–2017 nie zanotowano większych zmian w wielkości plantacji nasiennych w krajach Europy. Całkowita wartość nasion kwalifikowanych produkowanych na terenie UE sięga około 2,5 mld €. Z danych zawartych w tabeli 4 wynika, że niektóre kraje specjalizują się w produkcji nasiennej różnych gatunków roślin. Stanowi to pokaźne źródło dochodu farmerów i państwa. Dla przykładu Francja specjalizuje się w produkcji nasiennej zbóż, rzepaku oraz kukurydzy, Dania natomiast jest pierwszym producentem traw nasiennych

na Świecie (40% nasion traw i 70% nasion mieszańcowych szpinaku pochodzi z tego kraju). Czechy są trzecim europejskim producentem nasion bobowatych (fasoli, grochu łubinów i wyki) uprawiającym plantacje nasienne na powierzchni 18,5 tys. ha. Pierwsze miejsce w tym względzie zajmują Włochy 61,7 tys. ha, a drugie Francja 35,5 tys. ha. Produkcja sadzeniaków na powierzchni 40,4 tys. ha to domena Holandii. Kraj ten jest dużym producentem nasion różnych gatunków roślin i surowych warzyw. Produkcja nasiennej w Danii zajmuje aż 2,7% powierzchni użytków rolnych tego kraju, w Holandii natomiast jest to 1,1%. Eksport nasion holenderskich w 2014 roku, osiągnął wartość 3,1 mld €, natomiast sprzedaż zagraniczna świeżych warzyw wyrosłych z holenderskich nasion to wartość 7 mld €. Z 1800 nowych odmian warzyw, pojawiających się corocznie na rynku UE, aż 65% pochodzi z Holandii. Dla porównania polski eksport nasion w 2016 roku wynosił w sumie 106 mln €, w tym warzywa 6 mln €, kwiaty 2 mln € i rośliny rolnicze 98 mln €.

Tabela 4
Table 4

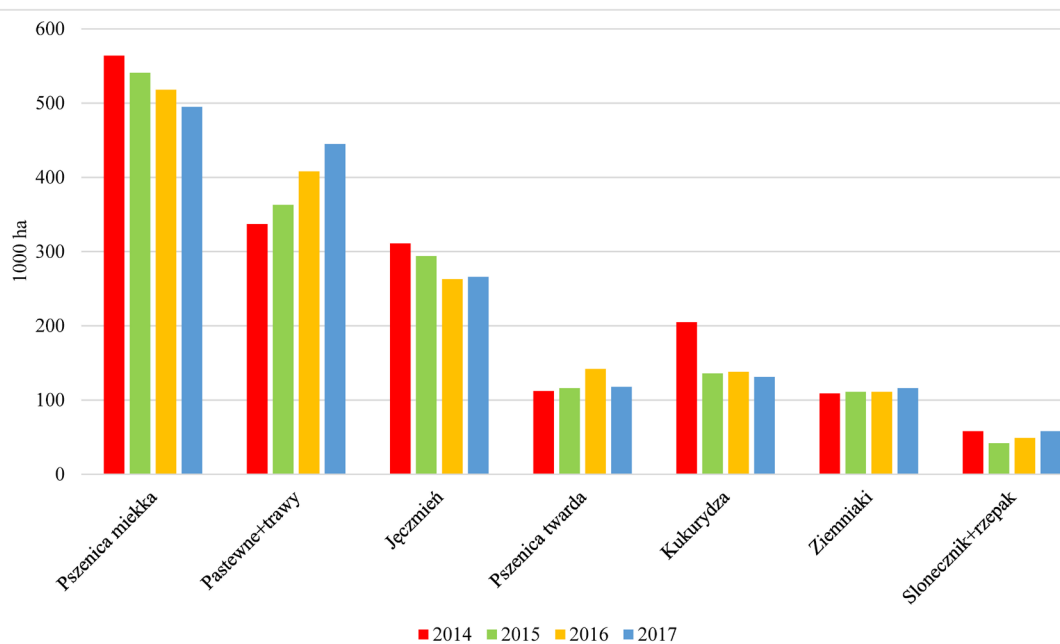
Charakterystyka produkcji nasiennej (bez warzyw i kwiatów) dziesięciu największych producentów nasion rolniczych UE w 2017 roku według ESCAA (European Seed Certification Agencies Association, 2017)

Characteristics of seed production (excluding vegetables and flowers) of the ten largest EU agricultural seed producers in 2017 according to ESCAA (European Seed Certification Agencies Association, 2017)

Państwo	Powierzchnia produkcji (tys. ha)					Nasiona kwalifikowane tys.t.			
	Całkowita	Zboża	Rzepak	Trawy pastewne	Kukurydza	Zboża	Rzepak	Kukurydza	Ziemiaki
Francja	354,1	143,6	9,8	13,1	59,3	494,0	17,8	212,6	612,8
Włochy	205,0	107,5	0,2	3,2	5,2	120,2	bd	bd	0,8
Hiszpania	185,2	117,1	1,9	3,5	1,2	270	0,3	5,1	30,9
Niemcy	171,4	106,7	2,6	24,7	3,7	764,7	20,0	25,6	bd
Rumunia	144,8	84,5	0,05	2,7	22,1	114,2	0,17	93,5	18,7
Polska	135,6	73,8	0,6	22,1	4,0	339,6	0,94	14,6	bd
Dania	131,3	52,8	0,7	69,1	0	22,2	0	0,07	1122,4
Węgry	107,1	36,4	0,7	5,2	21,3	152,0	2,7	103,9	2,9
Czechy	104,6	51,1	0,1	10,4	0,6	177,9	0,1	0,8	53,9
UK	94,7	59,3	0,4	6,0	0	285	1,0	0	bd
Holandia	60,6	3,9	0,0	13,7	0,02				
Razem EU-28	2029,9	1040,1	17,7	206,6	131,1				

Dane dotyczące Holandii i Dani wskazują, że dobrze zorganizowana hodowla roślin połączona z produkcją nasienną, może stać się ważnym elementem narodowej gospodarki. W latach 2014–2017 na rynku nasiennym UE wystąpiły ciekawe tendencje zmian w powierzchni upraw nasiennych. Powierzchnia upraw pszenicy miękkiej zmniejszyła się o: 69 tys. ha (12%), jęczmienia o 45 tys. ha (14,5%) i kukurydzy o 74 tys. ha (36,1%) (rys. 8). Powierzchnia uprawy sadzeniaków ziemniaka zmieniała się w małym stopniu i wynosiła

ok. 100–110 tys. ha. Obszar plantacji nasiennych słonecznika i rzepaku wahał się w granicach 50–58 tys. ha. Zwiększeniu natomiast z 337 do 445 tys. ha (36,1%) uległy plantacje nasienne roślin pastewnych i traw. Jak już wcześniej wykazano (tab. 3) na rynku nasiennym UE, działa kilka dużych firm hodowlanych o zasięgu globalnym, niewielka liczba firm dużych i przeważająca liczba bardzo małych, małych i średnich przedsiębiorstw (tab. 5). Zwykle mniejsze firmy są zaangażowane bardziej w produkcję nasienną niż w hodowlę.



Rys. 8. Zmiany w powierzchni plantacji nasiennych UE w latach 2014–2017, wybranych gatunków roślin (ESCAA, 2017)

Fig. 8. Changes in the area of EU seed plantations of selected plant species in 2014–2017 (ESCAA, 2017)

Tabela 5

Table 5

Struktura przemysłu nasiennego w wybranych krajach europejskich (opracowanie własne)

The structure of the seed industry in selected European countries (own study)

Państwo	Liczba (szt.) odmian rocznie wyhodowanych	Liczba firm hodowlanych (szt)	Udział wydatków R&D w obrocie%	Liczba firm nasiennych (szt)	Rynek krajowy (mln €)	Liczba plantatorów (szt)
Francja	550	70	13	246	2179	19 000
Holandia	1000–1200	100 R 100 O 130 OZ	15–30	300–350	514	10 000
Niemcy	300	58	17	130	1000	bd
Dania	bd	bd	15	bd	170	5000
Włochy	bd	bd	13	220 R 80 O	680–700	17 000
Szwecja	30	10	13	13	195	1150
Wielka Brytania	73	23 RO 13 OZ	15	90	335	

Warunkiem koniecznym dobrego funkcjonowania przemysłu nasiennego, jest jednakowy status wszystkich firm, bez preferencji, czy tym bardziej wsparcia ekonomicznego niektórych z nich. Z nierównym traktowaniem spotykamy się najczęściej wtedy, gdy na tym samym rynku nasiennym znajdują się nasiona wyprodukowane przez firmy państwowe, często wspierane różnymi dotacjami czy preferencjami w dostępie do materiałów wyjściowych i nasiona firm prywatnych bez takich możliwości. Firmy małe gwarantują spełnienie specyficznych żądań odbiorców nasion. Niekiedy żądania te są tak małe w wymiarze ekonomicznym, że dużym firmom nie opłaca się wchodzić na tak mały rynek. Ponadto przewaga firm lokalnych leży w znajomości lokalnych rynków, środków produkcji i niekiedy osobistej znajomości z odbiorcami nasion. Poprzez swą wielkość i mniejszą biurokrację, małe firmy są bardzo elastyczne, jeśli chodzi o reakcję na potrzeby rolników. W wielu przypadkach małym firmom trudniej funkcjonować ponieważ nie mają dużych możliwości a szczególnie rezerw finansowych. Ponoszenie długotrwałych strat finansowych, przez małą firmę, może doprowadzić do jej upadku, podczas gdy dla dużej pogarsza to jedynie ogólny bilans fiskalny. Firmy o małym i bardzo małym potencjale hodowlanym i ekonomicznym spełniają istotną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu rynków nasiennej i w zaspokajaniu potrzeb rolników na określone odmiany czy gatunki roślin. Często firmy lokalne, współpracują z dużymi firmami hodowlanymi, kupując od nich komponenty hodowlane, wykorzystując ich osiągnięcia naukowe, czy podpisując umowy na wyłączność praw do odmiany. Małe firmy, w znacznie większym stopniu niż duże przedsiębiorstwa, zależne są od polityki Państwa wspierającego sektor hodowlany. Tylko wtedy, gdy Państwo udostępnia małym firmom kredyty, wyniki badań naukowych, a szczególnie wyprodukowane przez naukowe instytucje publiczne, materiały wyjściowe, lokalne firmy hodowlane mają szansę na rozwój.

Badania brytyjskie wykazały, że firmy małe (zatrudnionych mniej niż 50 osób, obrót mniejszy niż 10 mln £), zajmują się głównie hodowlą odmian populacyjnych roślin samopylnych. Przeciętna firma jest właścicielem kilku odmian. Firmy małe, inwestują dziesięciokrotnie mniej w badania, niż firmy średnie (mniej niż 250 zatrudnionych, obrót poniżej 50 mln €). Głównym problemem tych firm jest brak kapitału.

Podsumowanie

Podsumowując można stwierdzić, że cechą charakterystyczną światowego przemysłu nasiennego jest jego postępująca globalizacja i koncentracja, co przekłada się na wzrost handlu nasionami i zwiększenie konkurencji na rynkach międzynarodowych i krajowych. Przemysł nasenny w porównaniu do innych działów gospodarki, jest najbardziej innowacyjny pod względem udziału nakładów R&D w stosunku do sprzedaży czy obrotu nasionami. Brak efektywnego wsparcia przemysłu nasiennego przez badania naukowe ogranicza efektywność hodowli roślin. Firma Monsanto wydaje dziennie na prace hodowlane podobną kwotę, jak Polska na cały rok, firma Bayer posiada 1000 razy większy fundusz R&D niż Polski Fundusz Postępu Biologicznego. Przemysł nasenny UE jest mniej skoncentrowany niż przemysł światowy. Niektóre kraje UE takie jak Holandia, czy Dania stworzyły z przemysłu nasiennego ważny element gospodarki narodowej.

Literatura

- Bakker T., Dijkxhoorn Y., van Galen M. 2012. Plant reproduction materials, LEI, Wageningen UR, 12–012.
- Bonny S. 2017. Corporate concentration and technological change in the global seed industry. *Sustainability*, 9, 1632, doi: 10.3390/su9091632.
- Bryant H.A., Maisashvili J., Outlaw J., Richardson J. 2016. Effects of proposed mergers and acquisitions among biotechnology firms on seed prices. *Texas A&M University, Agricultural and Food Policy Center* p.35.
- Dunkle R. 2015. Seed Phytosanitary Testing Issues: Industry Perspective. NAPPO, Phytosanitary Workshop, July, 28–29.
- ESCAA (European Seed Certification Agencies Association). 2017. Seed growing area in EU. <http://www.escaa.org>.
- Fuglie, K., Walker, T. 2001. Economic Incentives and Resource Allocation in U.S. Public and Private Plant Breeding. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 33 (3), 459–473. doi: 10.1017/S1074070800020939
- Fuglie K, Heisey P, King JL, Pray CE, Day-Rubenstein K, et al. 2011. Research investments and market structure in the food processing, agriculture input and biofuel industries worldwide. Rep. 130, ERS, US Dep. Agric.
- Jorasch P. 2014. Public-private partnership in plant breeding research within Germany. *International Workshop Public-private partnership on prebreeding.. Montpellier France, February 2–4.*
- Narddi M. 2016. The role of the seed sector in Italy for a modern and competitive agriculture. *Italian J.Agronomy*, 11 (2), 137–142, <https://doi.org/10.4081/ija.2016.761>.

- OECD 2018. Concentration in Seed Markets: Potential Effects and Policy Responses. OECD Publishing Paris. <https://doi.org/10.1787/9789264308367-3>.
- Oleksiak T. 2017. Rynek środków produkcji dla rolnictwa-stan i perspektywy. Analizy rynkowe nr 45.
- Raport nasienny 2018. Ewolucja rynku nasiennego w Polsce. 10 lat Top Farms Nasiona.
- Schäfer C.S. 2010. Germaqn Seed Industry, Bundesverband Deutscher Pflanzenzuchter e.V. 29th ISTA Congress, Cologne.
- Spielman D.J., Deepthi E., Kolady D.E., Cavalieri A., Rao Ch. N. 2014. The seed and agricultural biotechnology industries in India: An analysis of industry structure, competition, and policy options. *Food Policy* 45, 88–100.
- Wesseler J., Bonanno A., Drabik S., Matera V.C., Malaguti L., Meyer M., Venus T. 2015. Overview of the agricultural inputs sector in the EU. Directorate General for Internal Policies. Policy Department B: Structural and Cohesion Policies. European Union 2015.
- Tugendhat H. 2014. Emerging Seed Markets: The Role of Brazilian, Chinese and Indian Seeds in African Agriculture. *Future agricultures*, Policy Brief 79, October.
- Wolinsky H. 2010. Crop shortages. *EMBO Rep.* July; 11 (7): 508–510. doi: 10.1038/embor.2010. 87.

Phenotypic variation of yielding of medium-early cultivars of table potato

Fenotypowa zmienność plonowania średnio wczesnych odmian ziemniaka jadalnego

Marek Kołodziejczyk  

Department of Agroecology and Crop Production, University of Agriculture in Krakow, Al. Mickiewicza 21, 31–120 Krakow,

 e-mail: m.kolodziejczyk@ur.krakow.pl

The aim of the study was to analyse the genotypic and environmental variation in yield, as well as the structure of the yield of tubers of medium-early cultivars of table potato. The field study was carried out in the years 2015–2019 at the experimental station in Prusy near Krakow (50°07'N, 20°05'E) on chernozem soil. The following five potato cultivars were evaluated: Finezja, Oberon, Laskara, Satina and Tajfun. The total and commercial yield of tubers, the average tuber mass, the quantity of tubers from a plant, as well as the share of the fraction of large, commercial and small tubers were determined in the study. Of the potato features that were evaluated, the share of the commercial tuber fraction was the most stable. A low diversity was also found in the case of total and commercial yield of tubers, whereas the share of the fraction of small tubers was the least stable feature. The size of yields and their structure were determined mostly by environmental factors. Only in the case of the share of fractions of large and small tubers were the varietal properties more decisive than the genotypic-environmental interaction.

Key words: potato cultivars, tuber yield, variability of characteristics, yield structure

Celem badań była analiza zmienności genotypowej i środowiskowej plonu oraz struktury plonu bulw średnio wczesnych odmian ziemniaka jadalnego. Badania polowe realizowano w latach 2015–2019 w Stacji Doświadczalnej w Prusach k. Krakowa (50°07'N i 20°05'E) na czarnoziemie typowym. Ocenie poddano 5 odmian ziemniaka: Finezja, Oberon, Laskara, Satina i Tajfun. W badaniach określono plon ogólny i handlowy bulw, średnią masę bulwy, ilość bulw z rośliny oraz udział frakcji bulw dużych, handlowych i małych. Spośród ocenianych cech ziemniaka najbardziej stabilny okazał się udział frakcji bulw handlowych. Małe zróżnicowanie stwierdzono także w przypadku plonu ogólnego i handlowego bulw, natomiast najmniej stabilną cechą był udział frakcji bulw małych. Wielkości plonów oraz ich struktura najsilniej determinowane były czynnikami środowiska. Właściwości odmianowe w większym stopniu niż interakcja genotypowo-środowiskowa decydowały tylko o udziale frakcji bulw dużych oraz małych.

Słowa kluczowe: odmiany ziemniaka, plon bulw, struktura plonu, zmienność cech

Introduction

Poland's climatic-soil conditions are favorable for potato cultivation. However, the high amplitude of yields obtained in individual years is indicative of a significant effect of the weather course on the utilization of the yielding potential of this crop. In the study conducted by Wierzbicka and Trawczyński (2016), cultivars of table potato made use of the yielding potential, on average, at a level of 76%. The size of actual tuber yields is determined both by genetic properties, habitat and agrotechnical conditions, as well as by the interaction of these factors. Rijk et al. (2013) believe that the yielding potential of late cultivars of potato stems from the better use of habitat conditions, mainly the amount of photosynthetically active solar energy that reaches the plant, whereas early cultivars use genetic sources more effectively. Habitat factors that

determine the environmental variability include soil and weather conditions, which, according to Drzazga and Krajewski (2001), have a stronger effect on the character of the genotype-environmental interaction. According to Węgrzyn (2001), low, and ideally zero interaction between the genotype and weather conditions, and any interaction between the genotype and localities facilitate recommendation of the applicability of cultivars for cultivation in a given region. This is because changes in weather conditions are more and more frequent and intense, both over a short and long period of time, as opposed to edaphic factors (physicochemical properties of soil), whose character is rather stable.

Owing to its capacity to produce substantial plant biomass as well as its poorly developed root system, the potato is characterized by considerable water requirements. The potato

water requirement is highest during tuberization and in the period from flowering to maturation (Chmura et al., 2013). Both deficiency and excess of precipitation in these periods has a negative effect on potato yielding (Radzka et al., 2015). Temperature also plays a significant role in shaping the size of the potato tuber yield. This is because temperature, in conjunction with moisture conditions, by extending or shortening the duration of individual developmental stages, diversifies the magnitude of yield components such as the number of set tubers and their average mass (Rykaczewska, 2015). Learning about the relationships between yield components and the impact of weather conditions on the shaping of these features is an important issue both in the context of tuber production and cultivation of new cultivars.

The aim of the study was to analyze the share of genotypic and environmental variability in the total variability of yield and the shaping of the tuber yield components of medium-early table potato cultivars. The research hypothesis assumes that the varietal properties are the main factor determining the size and structure of the potato tuber yield.

Material and Methods

The study was conducted in the years 2015–2019 at the Experimental Station in Prusy (50°07'N and 20°05'E), which belongs to the University of Agriculture in Krakow. The single-factor field experiment was set up on Haplic Chernozem soil (*CWt*), classified in the very good wheat complex and soil quality class I, in a randomized block design with 3 replications. The arable soil layer (0–30 cm) revealed: medium abundance in phosphorus (124–147 mg kg⁻¹); medium to high potassium content (183–252 mg kg⁻¹); medium magnesium abundance (86–98 mg kg⁻¹) and slightly acid pH (pH 5.8–6.1). The study determined the total and commercial yield of tubers, the number of tubers from a plant, the average tuber mass, as well as the share of large, commercial and fine medium-early cultivars of table potato: Finezja, Oberon, Laskara, Satina and Tajfun.

The potatoes were planted in the second ten days of April at 75 x 35 cm spacing, and the harvest was carried out in the latter part of September. The size of an experimental plot for harvest was 15.75 m². Winter wheat was the forecrop. Mineral fertilization (150 kg N, 39.2 kg P and 199.2 kg K₂O per 1 ha) was used in potato cultivation. The weed infestation was reduced by a mechanical-chemical method, using

double ridging and herbicides: a soil-applied one, against dicotyledonous weeds (Command 480 EC 0.2 l ha⁻¹), and a foliar one against monocotyledonous weeds (Targa Super 05 EC 1.5 l ha⁻¹). In the potato growing season, 2–3 fungicidal measures (Ridomil Gold MZ 67.8 WG 2 kg ha⁻¹, Infinito 687.5 SC 1.5 l ha⁻¹) and 1–2 insecticide measures were applied (Actara 25 WG 0.08 kg ha⁻¹, Karate Zeon 050 CS 0.15 l ha⁻¹). Tubers were harvested at their full physiological maturity. During the harvest, the total tuber yield was determined, and samples were taken to determine its structure. The size of the commercial yield of tubers was estimated based on the share of the commercial tuber fraction with transverse diameter more than 3.5 cm, separating tubers which were heavily deformed, greenish (over 20% surface area), and with symptoms of fungal and bacterial diseases. Small tubers consisted of the fraction with diameter below 3.5 cm, and large tubers with the fraction with diameter above 5 cm. The research was carried out according to the methodology of post-registration trials.

The obtained study results were subjected to statistical assessment by carrying out analysis of variance. The significance of differences between the plots was verified using Tukey's test at a significance level of $\alpha = 0.05$. The variability of features of individual potato cultivars was assessed using the variation coefficient. To determine the share of individual sources of variation (genetic and environmental) and their cooperation in the total variation (phenotypic) of the studied features, an assessment of variation components was conducted, according to a random model using Statistica 13.1 software. The empirical values of the mean squares obtained from the analysis of variance were compared with their expected values. By solving the system of equations in this way, an estimate of the variance components corresponding to individual sources of variability was obtained. The mutual relations of the estimated variance components and their percentage structure were the basis for the assessment of the influence of the varietal factor (genotypic variability) and the years of study (environmental variability) on the total (phenotypic) variability of the tuber yield and the features of the yield structure.

The years of the study differed significantly in term of thermal conditions, as well as in the quantity and distribution of precipitation, which finds reflection in Sielianinov's coefficient values, which are a measure of the efficiency of precipitation in a given period (Table 1). In the five-year study

Phenotypic variation of yielding of medium-early cultivars of table potato.

cycle, three growing periods of potato were classified as dry, and two as humid. The distribution of precipitation was erratic, and its sum from April to August in individual years of the study varied from 292 to 444 mm. The best humidity conditions were in 2017, when the sum of precipitation

was close to precipitation requirements for medium-early potato cultivars, and air temperature was the lowest in the study cycle. Particularly unfavorable weather conditions were recorded in 2018, where air temperature and precipitation deficiency were significantly higher than in other growing periods.

Table 1
Tabela 1

Weather conditions during potato vegetation in years 2015–2019
Warunki pogodowe w okresie wegetacji ziemniaka w latach 2015–2019

Month/Year	Mean of temperature (°C)	Sum of rainfall (mm)	Differences between the rainfall and:		Sielianinow coefficient	The month's classification**
			needs* (mm)	long-term (mm)		
2015						
IV	9,1	24	-39	-24	0,9	dry
V	13,3	101	42	22	2,5	very wet
VI	17,5	53	-24	-36	1,0	fairly dry
VII	20,6	72	-33	-13	1,1	fairly dry
VIII	22,0	42	-64	-35	0,6	very dry
mean	16,5	292	-40	-86	1,2	fairly dry
2016						
IV	9,5	59	-6	11	2,1	wet
V	14,5	41	-25	-38	0,9	dry
VI	18,8	60	-23	-29	1,1	fairly dry
VII	19,6	93	-7	8	1,5	optimal
VIII	18,5	62	-16	-15	1,1	fairly dry
mean	16,5	315	-77	-63	1,3	fairly dry
2017						
IV	7,6	111	55	63	4,9	extremely wet
V	14	84	12	5	1,9	fairly wet
VI	18,8	45	-38	-44	0,8	dry
VII	19,2	84	-14	-1	1,4	optimal
VIII	20,3	84	-13	7	1,3	optimal
mean	16,0	408	2	30	2,1	wet
2018						
IV	14,7	7	-84	-41	0,2	extremely dry
V	17,5	62	-18	-17	1,2	fairly dry
VI	18,5	86	5	-3	1,5	optimal
VII	19,9	120	19	35	1,9	fairly wet
VIII	20,8	56	-44	-21	0,9	dry
mean	18,3	331	-122	-47	1,1	fairly dry
2019						
IV	10,3	76	7	28	2,5	very wet
V	12,4	205	151	126	5,4	extremely wet
VI	22,2	22	-78	-67	0,3	extremely dry
VII	19,2	53	-45	-32	0,9	dry
VIII	20,5	88	-10	11	1,4	optimal
mean	16,9	444	25	66	2,1	wet

* rainfall needs according to Klatt, citation for Nyc (2006); ** classification according to Skowera and Pula (2004)

Results and Discussion

Mean values of total yield of tubers of the studied table potato cultivars' shape were in a narrow range from 60.0 to 63.8 t ha⁻¹ (Table 2). Commercial yields of tubers were more varied, ranging from 50.8 to 58.8 t ha⁻¹. In the five-year study cycle, the 'Tajfun' cultivar was characterized by the highest variation in total yield (11.8%), and 'Oberon'—the highest variation in commercial yield (14.2%). 'Laskara' and 'Satina' cultivars had the most stable tuber yields. In the study by Radzka (2015), variation in yielding of 9 medium-early potato cultivars, assessed at six locations, ranged between 14.1 and 19.4%. Sawicka and Pszczółkowski (2017) showed a greater variation in yielding of early potato cultivars (15.0–42.8%). The sizes of the total and commercial yield of tubers were determined

mostly by weather conditions—59.9 and 46.7% of total variation, respectively (Table 3). The interaction between the cultivars and years was 29.5% responsible for the variation in the total yield and 38.0% for the variation in the commercial yield of tubers. Varietal properties explained 0.6% of the variability in the total yield, and 5.5% in the commercial yield. A study by Sawicka et al. (2011) also confirms the decisive impact of weather conditions (with a small role of the genetic factor in shaping the total yield of tubers of medium-late and late cultivars of potato). On the other hand, according to Sawicka and Pszczółkowski (2017), the interaction between cultivars and years is the primary source of variation in tuber yield in the group of very early and early potato cultivars.

Table 2
Tabela 2

Characteristics of variability of tuber yield and its structure
Charakterystyka zmienności plonu bulw oraz jego struktury

Feature	Statistical measure	Cultivar				
		Finezja	Oberon	Laskara	Satina	Tajfun
total yield of tubers (t ha ⁻¹)	arithmetic mean	60.0	61.7	61.9	63.8	62.1
	variability range	52.0–69.1	54.3–70.8	57.1–69.2	55.1–72.0	46.8–70.2
	<i>V</i> *	9.7	9.0	6.0	8.9	11.8
commercial yield of tubers (t ha ⁻¹)	arithmetic mean	53.9	52.1	55.7	58.8	50.8
	variability range	46.0–67.1	38.8–65.1	50.8–66.9	52.0–65.2	46.2–66.0
	<i>V</i> *	11.2	14.2	8.5	7.6	12.2
average weight of tubers (g)	arithmetic mean	141	124	146	142	136
	variability range	88–207	87–197	110–185	104–212	99–222
	<i>V</i> *	33.9	31.1	16.7	27.8	30.6
number of tubers per plant	arithmetic mean	12.2	13.8	11.8	12.2	12.5
	variability range	7.0–17.2	7.4–18.6	7.8–16.0	7.0–17.4	5.8–18.6
	<i>V</i> *	29.0	29.4	23.3	30.0	32.9
share of commercial tubers (%)	arithmetic mean	97.1	91.4	96.6	95.7	95.0
	variability range	91.3–99.8	74.4–98.9	91.8–99.6	87.9–99.8	83.3–98.9
	<i>V</i> *	2.5	9.0	2.4	3.7	5.5
share of large tubers (%)	arithmetic mean	61.1	48.0	73.0	75.8	70.5
	variability range	44.0–99.0	32.7–82.1	61.0–67.4	60.0–88.8	52.7–89.0
	<i>V</i> *	32.9	35.8	13.4	13.3	15.2
share of small tubers (%)	arithmetic mean	2.9	8.6	3.4	4.3	5.0
	variability range	0.2–8.7	1.1–25.6	0.4–8.2	0.2–12.1	1.1–16.7
	<i>V</i> *	84.1	96.0	67.4	82.0	105.0

* coefficient of variation (%)

Table 3
Tabela 3Variance components of examined characteristics of potato
Komponenty wariancyjne badanych cech ziemniaka

Feature	Variance components				Proportion of total variation (%)			
	cultivars	years	cultivars x years	error	cultivars	years	cultivars x years	error
total yield of tubers	0.2	22.6**	11.1**	3.8	0.6	59.9	29.5	10.0
commercial yield of tubers	2.3	19.7**	15.7**	3.7	5.5	46.7	38.0	8.8
average weight of tuber	87.9	1237.8**	507.7**	78.6	4.6	64.7	26.6	4.1
numer of tubers per plant	0.6	11.0**	3.6**	1.2	3.6	67.2	22.1	7.1
share of commercial tubers	2.5	14.0**	10.9**	2.7	8.2	46.5	36.3	8.9
share of large tubers	112.5**	154.5**	71.3**	6.3	32.7	44.8	20.7	1.8
share of small tubers	84.8*	151.1**	99.9**	6.2	24.8	44.2	29.2	1.8

The years of the study played the dominant role in phenotypic variation in tuber yield components. The share of this source of variation in the shaping of the average tuber mass and the number of tubers per plant were 64.7 and 67.2%, respectively. Genotypic variation in these features constituted 4.6 and 3.6% of total variation, respectively. A higher share of environmental variation than genotypic variation in the shaping of yield components results in a considerable diversification in yields in individual years. As studies by Zabihi-e-Mahmoodabad (2011) and by Kołodziejczyk (2014) indicate, the average tuber mass determines the size of yield more strongly than the number of tubers per plant. In the conducted study, the coefficient of variation for the average tuber mass was within the range from 16.7 to 33.9%, whereas for the number of tubers per plant—from 23.3 to 32.9%. The ‘Laskara’ cultivar was characterized by the greatest stability of these features, whereas the ‘Tajfun’ cultivar was the least stable in terms of the number of set tubers, and ‘Finezja’ in the case of the average tuber mass. The share of the commercial tuber fraction (with diameter > 3.5 cm) in the total yield of the studied medium-early cultivars of table potato was within a wide range from 91.4 to 97.1%, and the coefficient of variation—from 2.4 to 9.0%. A less stable feature was the share of the large tuber fraction (with diameter > 5 cm), ranging from 48.0 to 75.8%, and the coefficient of variation, ranging from 13.3 to 35.8%. The share of the small tuber fraction in the total yield ranged from 2.0 to 8.6%, and the coefficient of variation—from 67.4 to 105.0%. The years of the study played

a dominant role in phenotypic variation in the share of the fraction of commercial, large and small tubers in the total yield: 46.5, 44.8 and 44.2% of total variation, respectively. Genotypic variation constituted 8.2% of the total variation in the share of commercial tuber mass, as well as 32.7% of the share of large tuber mass in yield. The most important factors that decide on environmental variation may include: quality of seed-potatoes (size, health), diversity of the soil environment (abundance in nutrients, pH), as well as the impact of weather conditions (precipitation, temperature, light conditions). The last group of environmental factors, according to Stefańczyk and Śliwka (2013), has a significant effect on potato tuberization. Studies conducted by many authors also point to a considerable environmental variation in the features of the tuber yield structure (Bussan et al., 2007; Gauch et al., 2008; Pytlarz-Kozicka 2004]. In a study by Sawicka and Pszczółkowski (2017), environmental factors exerted a decisive impact on the number of shoots and the share of the mass of tubers with diameter of 4–5 cm. The share of small tubers (diameter below 4 cm) and large ones (5–6 and > 6 cm) depended mainly on the genotype-environmental interaction. The source literature indicates that the main cause of inter-cultivar differences in stability of features is the genotype-environmental interaction, described as a changeable expression of a given feature in response to specific environmental conditions (Gauch et al., 2008; Jankowska et al., 2015; Mądry and Iwańska, 2011).

The study showed that the average tuber mass correlated positively with the share of the fraction

of commercial and large tubers, and negatively with the total yield, number of tubers per plant, and with the share of small tubers (Table 4). On the other hand, the number of tubers per plant was positively correlated with the total yield and the share of small tubers, and negatively correlated with the share of the fraction of commercial and large tubers. The observed relationships find confirmation

in the study by Sawicka and Pszczołkowski (2017). On the other hand, Alam et al. (2020) observed a positive correlation of tuber yield with average tuber mass, and a negative correlation with the number of tubers per plant, whereas Khayatnezhad et al. (2011) showed a positive correlation between yield and average tuber mass, as well as the quantity of set tubers.

Table 4
Tabela 4

Pearson's correlation coefficients between the analyzed features of medium early cultivars of potato

Współczynniki korelacji Pearson'a pomiędzy analizowanymi cechami średnio wczesnych odmian ziemniaka

Variables	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
X ₁	1.00						
X ₂	0.71***	1.00					
X ₃	-0.52***	-0.08	1.00				
X ₄	0.60***	0.15	-0.88***	1.00			
X ₅	0.05	0.44***	0.43**	-0.30***	1.00		
X ₆	-0.37**	0.13	0.52***	-0.66***	0.43**	1.00	
X ₇	-0.05	-0.44***	-0.43**	0.30***	-1.00***	-0.43***	1.00

X₁ – total yield of tubers; X₂ – commercial yield of tubers; X₃ – average weight of tubers; X₄ – number of tubers per plant; X₅ – share of commercial tubers; X₆ – share of large tubers; X₇ – share of small tubers

Conclusions

1. The size of yields and their structure were determined mostly by environmental factors. Only in the case of the share of fractions of large and small tubers were the varietal properties more decisive than the genotypic-environmental interaction.
2. Of the potato features that were evaluated, the share of the commercial tuber fraction was the most stable. Little diversity was also found in the case of the total and commercial yield of tubers. The share of the small tuber fraction turned out to be the least stable feature.
3. In the group of five medium-early cultivars of table potato, 'Laskara' was distinguished with the lowest variation with respect to yielding and shaping of the elements of yield structure, whereas 'Oberon' and 'Tajfun' cultivars were distinguished with the highest.

Literature

Alam, M. S, Islam, M. F., Rahman, M. S., Molla, M.M., Uddin, M.Z., Mian, M.A.K. 2020. Varietal evaluation and selection of yield-associated traits of potato (*Solanum tuberosum*) using correlation and path analysis in haor area of Moulvibazar, Bangladesh. Journal of Agricultural Science and Engineering Innovation 1 (1): 1–9.

Bussan, A. J., Mitchell, P. D., Copas, M. E., Drilias, M. J. 2007. Evaluation of the effect of density on potato yield

and tuber size distribution. Crop Science 47: 2462–2472.

Chmura, K., Dzieżyc, H., Piotrowski, M. 2013. Response of medium early, medium late and late potatoes to water factor on wheat and rye soil complex. Infrastructure and Ecology of Rural Areas 2: 103–113.

Drzazga, T., Krajewski, P. 2001. Differentiation of locations with respect to the interaction with genotypes for series of winter wheat experiments. Bulletin IHAR 218/219: 111–115.

Gauch, H. G., Piepho, H. P., Annicchiarico, P. 2008. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. Further considerations. Crop Science 48: 866–889.

Jankowska, J., Pietraszko, M., Lutomińska, B. 2015. The analysis of yielding stability of some potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars on light soil. Fragmenta Agronomica 32 (3): 32–43.

Khayatnezhad, M., Shahriari, R., Gholamin, R., Jamaati-Somarin, S., Zabihi-e-Mahmoodabad, R. 2011. Correlation and path analysis between yield and yield components in potato (*Solanum tuberosum* L.). Middle-East Journal of Scientific Research 7 (1): 17–21.

Kołodziejczyk, M. 2014. Effect of nitrogen fertilization and microbial preparations on potato yielding. Plant, Soil and Environment 60 (8): 379–386.

Mądry, W., Iwańska, M. 2011. Usefulness of statistical methods and measures for evaluating cultivar stability and adaptation: an overview of research. Bulletin IHAR. 260/261: 193–217.

Nyc, K. 2006. Entering of irrigation systems. In: Water needs

- of crop plants. Eds. S. Karczmarczyk, L. Nowak, PWRiL Warsaw, pp. 157–174
- Pytlarz-Kozicka, M. 2004. Planting density as a factor forming the structure of a potato plant. *Bulletin IHAR* 232: 113–119.
- Radzka, E., Rymuza, K., Lenartowicz, T. 2015. Precipitation impact on yields of medium-early cultivars of edible potato in various regions of Poland. *Acta Agrophysica* 22 (4): 421–432.
- Rijk, B., Ittersuma, M., Withagen, J. 2013. Genetic progress in Dutch crop yields. *Field Crop Research* 149: 262–268.
- Rykaczewska, K. 2015. The effect of high temperature occurring in subsequent stages of plant development on potato yield and tuber physiological defects. *American Journal of Potato Research* 92 (3): 339–349.
- Sawicka, B., Michałek, W., Pszczółkowski, P. 2011. Determinants of yield potential of medium-late and late potato cultivars in central-eastern Poland. *Bulletin IHAR* 259: 219–228.
- Sawicka, B., Pszczółkowski, P. 2017. Phenotypic variation of the yield and its structure very early and early potato cultivars. *Fragmenta Agronomica* 34 (1): 76–91.
- Stefańczyk, E., Śliwka, J. 2013. Effect of photoperiod on potato biology. *Bulletin IHAR* 267: 58–67.
- Węgrzyn, S. 2001. An application of some statistical methods in plant breeding trials. *Bulletin IHAR* 218/219: 5–14.
- Wierzbicka, A., Trawczyński, C. 2016. Yields potential and level of their utilization by the potato cultivars registered in the years 2006–2015. *Fragmenta Agronomica* 33 (4): 145–154.
- Zabih-e-Mahmoodabad, R., Jamaati-e-Somarin, S., Khayatnezhad, M., Gholamin, R. 2011. Correlation of tuber yield with yield components of potato affected by nitrogen application rate in different plant density. *Advances in Environmental Biology* 5 (1): 131–135.

Parch srebrzysty (*Helminthosporium solani*) – objawy i zwalczanie

Silver scab (*Helminthosporium solani*) – symptoms and control

Jerzy Osowski[✉], Janusz Urbanowicz^{id}

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB, Radzików,
Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemi, 76–009 Bonin 3
✉ e-mail: j.osowski@ihar.edu.pl

Zwiększające się od lat zapotrzebowanie rynku i konsumentów na produkty przetworzone z ziemniaków oraz popyt na ziemniaki myte i paczkowane sprawiają, że jakość bulw (gładka skórka, brak oznak chorób) oraz przydatność do przetwórstwa mają duże znaczenie. Taka tendencja powoduje, że każdy patogen przyczyniający się do uszkodzenia skórki nabiera znaczenia ekonomicznego. Jednym z nich jest grzyb *Helminthosporium solani* wywołujący parcha srebrzystego. Znaczenie choroby i jej sprawcy wynika także i z innych czynników, spośród których istotny jest brak odmian odpornych, złożony przebieg choroby z mniej znaczącą fazą polową i trudnym do opanowania etapem rozwoju podczas przechowywania. Dodatkowym czynnikiem jest także brak dostępnych środków do chemicznego zwalczania patogena. Stwierdzona w latach 70. i 80. XX w. odporność na tiabendazol stosowany zarówno wiosną jak i jesienią była jedną z ważniejszych przyczyn wzrostu znaczenia choroby. Z tych powodów zwalczanie parcha srebrzystego jest trudne i wymaga zastosowania wszystkich dostępnych metod w ochronie integrowanej.

Słowa kluczowe: choroba skórki, grzyb, *Helminthosporium solani*, ziemniak, zwalczanie

The long-standing market and customer demand for processed potato products and the demand for washed and packaged potatoes mean that tubers' quality (smooth skin, no signs of disease) and suitability for processing are of great importance. This tendency makes any pathogen causing skin damage of economic importance. One of them is the fungus *Helminthosporium solani*, the preparator of silver scab. The importance of the disease and its cause is also due to other factors: the lack of resistant varieties, the complex cycle of disease development with a less significant field phase, and a difficult-to-control phase of development during storage. An additional factor is the lack of available chemical disease control agents. The resistance to thiabendazole used both in spring and autumn, found in the 1970s and 1980s, was one of the most important reasons for the increased importance of the disease. Due to the complex cycle of disease development (field and storage phase), combating this disease is difficult and requires all available methods of integrated protection.

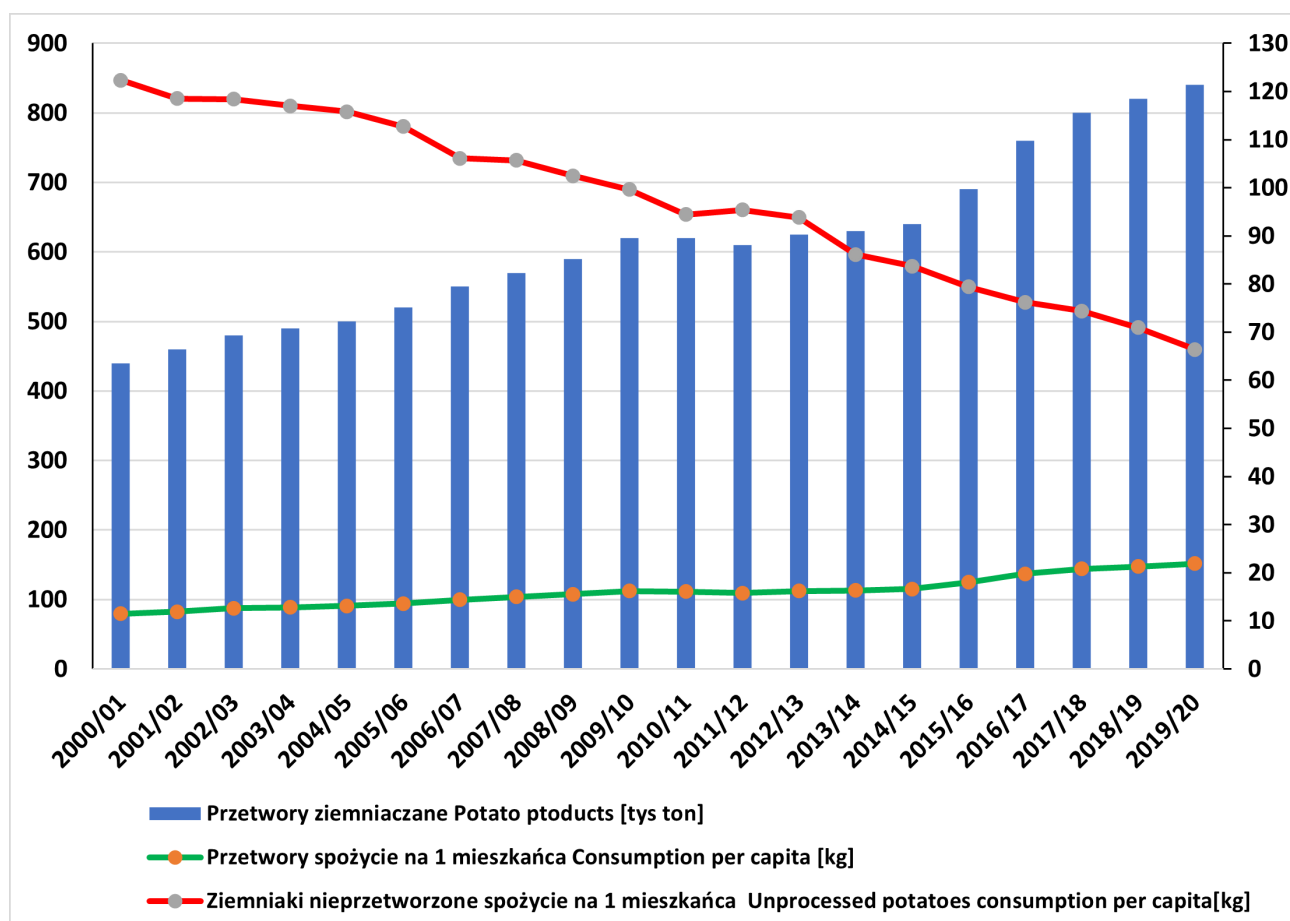
Keywords: disease control, fungus, *Helminthosporium solani*, potato, skin disease

Wstęp

Utrzymująca się na świecie tendencja do spożywania ziemniaków przetworzonych oraz mytych i paczkowanych w małe opakowania sprawia, że standardy zdrowotne bulw wymagane przez przetwórców oraz w obrocie ziemniakami świeżymi stały się wyższe. Obraz taki można obserwować także w Polsce, gdzie w ciągu ostatniego dwudziestolecia wyraźnie spadło spożycie bulw nieprzetworzonych, a wzrosło przetworów ziemniaczanych (rys. 1). Ponadto zwiększający się popyt na ziemniaki umyte i pakowane w przezroczyste worki oraz lepszą jakość produktu, na którą nalegają konsumenci sprawiają, że choroby skórki nabierają znaczenia ekonomicznego.

Jedną z tych chorób jest parch srebrzysty powodowany przez grzyba *Helminthosporium solani* Dur. e Mont. (synonim *Helminthosporium*

atrovirens (Harz) E.W. Mason & Hughes, *Spondylocladium atrovirens* (Harz) Harz ex Sacc.) należącego do rzędu *Pleosporales*, rodziny *Massarinaceae* (Weber 2011a). Pierwsze doniesienia o chorobie pochodzą z 1871 roku z Moskwy (Harz, 1871). Na początku XX wieku parch srebrzysty uważany był za chorobę bulw ziemniaka o małym znaczeniu, obecnie występuje ona we wszystkich rejonach jego uprawy (Errampali i in. 2001, Tian i in. 2007). Od lat 70. i 80. ubiegłego stulecia zaczęto notować nasilanie się porażania bulw ziemniaka przez *H. solani* (Adams, Hide 1980, Hide i in. 1988, Read i in. 1995), a chorobę zaczęto uważać za coraz poważniejszą (Errampali i in. 2001). Jedną z ważnych przyczyn tego wzrostu jest pojawienie się odporności grzyba *H. solani* na stosowany do jego ograniczania tiabendazol (Merida i Loria 1990; Śnieg 1992, Holley i Kawchuk 1996).



Rys. 1. Produkcja przetworów ziemniaczanych (tys. ton) i spożycie ziemniaków (kg) w przeliczeniu na mieszkańca w latach 2000-2019 w Polsce (wg Dzwonkowski i in. 2019)

Fig. 1. Production of processed potatoes (thousand tonnes) and consumption of potatoes (kg) per capita in 2000-2019 in Poland (Dzwonkowski i in. 2019)

Innych powodów zwiększania się znaczenia parcha srebrzystego można także szukać w zmianie upodobań konsumentów i branży przetwórczej. Rosnący popyt na ziemniaki myte i pakowane w przezroczyste opakowania (Frazier i in. 1998, Errampali i in. 2001, Osowski, Bernat 2005, Wale i in. 2008) oraz wzrost spożycia produktów przetworzonych z ziemniaka (Avis i in. 2010) sprawiają, że jakość bulw (gładka skórka, brak oznak chorób) oprócz ich walorów do przetwórstwa, staje się ważna. Zwiększone zapotrzebowanie na bulwy przydatne do tych kierunków użytkowania spowodowało, że każdy patogen przyczyniający się do uszkodzenia skórki bulw, w tym sprawca parcha srebrzystego, nabrał znaczenia ekonomicznego. Ważnym więc czynnikiem decydującym o znaczeniu gospodarczym parcha srebrzystego stały się także straty ponoszone przez przemysł przetwórczy do 8,5 mln \$ w Idaho USA (Shetty i in. 1996, Brad

i in. 2001) oraz handel (13% plonu bulw handlowych na skutek odparowywania wody z uszkodzonych parchem ziemniaków) (Cunnington i in. 2002). Dodatkowym efektem ubocznym wpływającym na wzrost strat wynikających z występowania parcha srebrzystego na skórcie bulw jest gorsza jakość wysmażania się frytek i chipsów. Skórka porażona parchem nie schodzi w procesie mechanicznego obierania i w trakcie smażenia przypala się obniżając jakość i smak frytek (Holley, Kawchuk 1996).

Objawy choroby

Parch srebrzysty jest chorobą powodującą uszkodzenia skórki bulw (Avis i in. 2010, Rębarz 2018, Osowski 2019). Do infekcji grzybem dochodzi w glebie, gdzie odpadające z trzonek zarodniki uwalniane z zainfekowanych bulw sadzeniaka przedostają się na młode bulwy potomne.



Fot. 1 Początkowe objawy choroby na bulwie
Fot. 1 Initial symptoms of the disease on the tuber



Fot. 2a Początkowe objawy choroby na bulwie o czerwonej skórcie
Fot. 2a. Initial disease symptoms on red-skinned tuber



Fot. 2b Charakterystyczne objawy utraty pigmentu na skutek rozwoju choroby

Fot. 2b Characteristic symptoms of pigment loss as a result of the development of the disease



Fot. 3 Srebrzyste zabarwienie plam nekrotycznych

Fot. 3 Silvery color of necrotic spots



Fot. 4a Charakterystyczny wygląd nekrozy (często spotykany na bulwach w sieciach handlowych)

Fot. 4a Characteristic necrosis appearance (often found on tubers in retail chains)



Fot. 4b Charakterystyczne ciemniejsze zabarwienie brzegów plam nekrotycznych

Fot. 4b Characteristic darker color of the edges of necrotic spots



Fot. 5a i 5b Łuszczenie się naskórka z nekroz o silnym porażeniu
Fot. 5a i 5b Peeling of the epidermis from severely infested necrosis



Fot. 6 Charakterystyczne pomarszczenie skórki w miejscu nekrozy (elephant ear texture)
Fot. 6 Characteristic wrinkling of the skin at the necrosis site (elephant ear texture)



Fot. 7a i 7b Nalot utworzony ze skupisk trzonków i zarodników konidialnych (powstaje w warunkach wysokiej wilgotności)
Fot. 7a i 7b The coating formed by clusters of stems and conidial spores (occurs in high humidity conditions)

W trakcie przechowywania symptomy zakażenia można zauważyć najczęściej w miejscu przyczepu bulwy do stolonu. Początkowo są to pojedyncze, jasnobrunatne, nieregularnego kształtu plamy (rys. 2), które zwiększając swoją powierzchnię mogą się łączyć ze sobą obejmując znaczną część bulwy (Secor i Gudmestad 1999, Stevenson i in. 2001, Wale i in. 2008, Osowski 2019). Na bulwach o czerwonej skórce rozwój choroby objawia się utratą pigmentu (Errampali i in. 2001), co prowadzi do powstawania charakterystycznych plam (rys. 3a i 3b). W miarę nasilania się choroby jasnobrunatne plamy na skórce stają się srebrzyste (rys. 4). Ten srebrzysty kolor tworzy się na skutek rozwarstwienia komórek i wypełnienia powietrzem powstałych szczelin (Weber 2011a). Właśnie temu charakterystycznemu zabarwieniu plam nekrotycznych choroba zawdzięcza swoją nazwę. Według Johnson i in. (2014) we wczesnych stadiach rozwoju brzegi plam ze srebrzystym wyglądem są często ciemniejsze co świadczy o tym, że może zachodzić tam proces zarodnikowania. Objawy takie często można zauważyć na bulwach umytych, które są sprzedawane w sieciach handlowych (rys. 5a, 5b). Przy silnym porażeniu można obserwować łuszczenie się skórki bulw z plam nekrotycznych (rys. 6a, 6b). Zjawisko powstaje na skutek znacznego odparowania wody, co sprawia, że skórka kurczy się i obsycha (Olivier i in. 1998). W trakcie przechowywania na porażonych ziemniakach widoczne jest silne pomarszczenie skórki bulw (rys. 7) określane jako „elephant ear texture skin” (skóra na uchu słonia) (Wale i in. 2008). W warunkach wysokiej wilgotności można zauważyć inną zmianę typową dla

parcha srebrzystego. Na powierzchni plam nekrotycznych tworzy się brunatnoczarny, aksamitny nalot, który powstaje ze skupisk trzonek i zarodników konidialnych (Weber 2011a, Osowski 2019) – rys. 8a i 8b.

Parch srebrzysty pomimo charakterystycznych oznak jest często mylony z inną chorobą skórki bulw – antraknozą ziemniaka wywoływaną przez grzyba *Colletotrichum coccodes*. Na porażonych bulwach pierwsze zmiany pojawiają się jako brązowe do szarych przebarwienia o nieregularnym kształcie, które mogą obejmować znaczną część bulwy (Johnson i in. 2014, Poradnik sygnalizatora ochronny ziemniaka 2016, Rębarz 2018) – rys. 9. Jednak w odróżnieniu od objawów parcha srebrzystego brzegi nekroz spowodowanych przez *C. coccodes* są słabo oddzielone od zdrowej skórki (rys.10). Innym wspólnym symptomem, utrudniającym identyfikację, jest występowanie na powierzchni skórki nalotu. W przypadku parcha srebrzystego jest on utworzony przez skupienia trzonek i zarodników konidialnych, barwy brunatnoczarnej (Weber 2011a) – rys. 8a i 8b, a przy antraknozie ziemniaka przez mikrosklerocja (Weber 2011b) – rys.11 i 12.

Według Errampali i in. (2001), sprawcę choroby można skutecznie rozpoznać po morfologii zarodników używając lupy o powiększeniu 10 x lub mikroskopu. Pod mikroskopem w przypadku *H. solani* widoczne są trzonki konidialne z wielopiętrowo ułożonymi zarodnikami. Konidia są buławkowate, ciemno zabarwione, podzielone na 5–9 gruboobłonionych komórek o wymiarach 29–66 x 6–12 μm (Wnękowski, Błaszczak 1997).



Fot. 8 Objawy antraknozy ziemniaka na bulwie

Fot. 8 Symptoms of potato anthracnose on potato tuber



Fot. 9 Objawy parcha srebrzystego (bulwa z lewej) i antraknozy (bulwa z prawej)

Fot. 9 Symptoms of potato silver scab (tuber on the left) and anthracnose (tuber on the right)



Fot. 10 Objawy zarodnikowania *H. solani* (bulwa z lewej) i *C. coccodes* (bulwa z prawej)

Fot. 10 Symptoms of sporulation *H. solani* (tuber on the left) and *C. coccodes* (tuber on the right)



Fot. 11 Zarodnikowanie *C. coccodes* na bulwie

Fot. 11 Sporulation *C. coccodes* on the tuber

Cykl rozwoju

Do infekcji bulw dochodzi w glebie, a głównym źródłem zakażenia są porażone sadzenia-ki (Geary, Johnson 2006, Avis i in. 2010). Jednak Merida i Loria (1994) zwracają uwagę na znaczenie inokulum glebowego w porażeniu bulw i rozwoju choroby. W warunkach laboratoryjnych Frazier i in. (1998) obserwowali, że *H. solani* może przeżyć w glebie przez 9 miesięcy. Errampali i in. (2001) wykazali, że w doświadczeniach polowych, gdy bulwy były wysadzone na polach, na których nie uprawiano ziemniaków przez kolejne kilka lat (do 4) po zbiorze stwierdzano bulwy zainfekowane parchem srebrzystym. Merida i Loria (1994) wykrywając *H. solani* na starzejących się tkankach liści lucerny, sorgo, żyta, owsa, kukurydzy, pszenicy, rzepaku, koniczyny czerwonej i gryki wykazali, że sprawca parcha srebrzystego może być saprotrofem.

Wilgotność jest uważana za ważny czynnik zwiększający występowanie chorób. W przypadku parcha srebrzystego opinie takie są zróżnicowane. Hide i in. (1994b), Lutomirska i Szutkowska (2005) oraz Osowski i Bernat (2005) stwierdzają, że wysoka wilgotność w okresie gromadzenia plonu sprzyja rozwojowi choroby. Z kolei Adams i in. (1987), Firman i Alen (1993) oraz Errampali (2001) nie potwierdzają tej opinii. Dodatkowo Lutomirska i Szutkowska (2005) zwracają uwagę na znaczenie składu granulometrycznego gleby jako czynnika wpływającego na patogena. Stwierdzają, że gleby cięższe o skłonności do długiego utrzymywania się wilgoci są bardziej sprzyjające wystąpieniu choroby.

Według Errampali i in. (2001), Lutomirskiej i Szutkowskiej (2005) oraz Geary i in. (2007) w przebiegu choroby można wyróżnić dwie fazy – polową i przechowalniczą. Johnson i in. (2014) uważają, że źródłem infekcji bulw potomnych w polu jest inokulum pochodzące z porażonych bulw sadzenia, a zmiany wywołane rozwojem choroby mają nieregularny kształt i są umiejscowione na końcu rozłogu. Objawy porażenia powstające w wyniku infekcji w przechowalni pojawiają się po trzech-czterech miesiącach przechowywania (Johnson i in. 2014) w dowolnym miejscu na bulwie i mają bardziej regularny kształt (rys. 5b i 10). Podczas przechowywania źródłem inokulum są zainfekowane w polu bulwy oraz zanieczyszczona gleba. Johnson i in. (2014) za możliwe źródło zarodników sprawcy uważają także skażone drewno i inne materiały organiczne. Patogen wnika do bulwy przez przetchlinki i bezpośrednio przez perydermę. Zarodniki *H. solani* znajdowano już tydzień po umieszczeniu bulw w przechowalni, gdzie konidia mogą się unosić i rozpraszać w powietrzu przez system wentylacji. Tworzą się one na powierzchni chorych bulw przy wilgotności względnej powietrza powyżej 90% i temperaturach bulwy powyżej 3°C (Errampali i in. 2001, Cunha, Rizzo 2004, Johnson i in. 2014). Zarodniki konidialne mogą stanowić źródło inokulum dla kolejnych cykli infekcji przechowywanych bulw (Rodriguez i in. 1996). Zakres temperatur korzystnych do rozwoju patogenu jest szeroki i waha się od 2–3°C do 30°C z optimum 21–27°C (Weber 2011a). Według Errampali i in. (2001) wilgotność i temperatura są istotnymi czynnikami sprzyjającymi zarodnikowaniu.

W temperaturze 4°C liczba konidiów wahała się od 0 do $1,2 \times 10^4$, a w temperaturze 10°C wynosiła od 0 do $2,4 \times 10^4$ dziennie. Rodriguez i in. (1996) oszacowali, że w ciągu dnia system wentylacyjny może przenieść około 24 000 konidiów. Wpływ tych czynników jest także widoczny w zakażaniu ziemniaków mytych i pakowanych. Errampali i in. (2001) obserwowali wzrost infekcji bulw w ciągu 2 tygodni od ich przygotowywania i konfekcjonowania. Okres przechowywania sprzyja rozwojowi choroby, Cunha i Rizzo (2004) oceniają, że w trakcie sześciu miesięcy przechowywania powierzchnia porażenia bulw parchem srebrzystym może wzrosnąć z 3,5 do ponad 35%. Według ich oceny w trakcie przechowywania wzrasta także liczba uszkodzonych ziemniaków powodowanych przez patogena. Intensywność choroby jest również wyższa w pierwszych miesiącach przechowywania.

Sposoby ograniczania rozwoju choroby Zabiegi agrotechniczne i odporność odmian

Errampali i in. (2001) stwierdzają, że w ograniczaniu chorób, w tym także parcha srebrzystego duże znaczenie mają zabiegi agrotechniczne takie, jak: płodozmian, data sadzenia, gęstość sadzenia, wielkość sadzeniaków i ich zdrowotność, desykcja, zbiór i jego przygotowanie do przechowywania. Johnson i in. (2014) uważają, że ziemniaki powinny być wysadzone na to samo pole po około 2, a najlepiej po 4 latach przerwy. Wynika to z krótkiego okresu przeżywalności sprawcy choroby w glebie, którą Merida i Loria (1994) określili na 1 rok. Znaczenie płodozmiannu jako czynnika zmniejszającego nasilenie choroby i ograniczającego jej negatywne skutki podkreślają także Carter i in. (2003) oraz Peters i in. (2003).

Innymi czynnikami, które mogą hamować rozwój parcha srebrzystego są termin i gęstość sadzenia. Firman i Allen (1995a) stwierdzają, że opóźnienie terminu sadzenia sprzyjało rozwojowi *H. solani* na bulwach. Według nich także duże znaczenie dla występowania choroby ma gęstość sadzenia. Dla produkcji nasiennej istotne jest gęste sadzenie (poniżej 30 cm) w celu otrzymania jak największej ilości bulw frakcji sadzeniaka. Bliska odległość stwarza korzystne warunki do infekowania bulw potomnych. W swoich doświadczeniach Firman i Allen (1995a) obserwowali, że większe nasilenie choroby występowało przy gęstości sadzenia poniżej 30 cm, a malało przy 40 centymetrach. Jako czynnik sprzyjający Adams i in. (1970) wskazują długość stolonów, na których zawiązują i rozwijają się bulwy potomne. Wyrażają pogląd, że infekcji sprzyjają krótkie stolony.

Duże znaczenie Errampali i in. (2001), Geary i in. (2007) oraz Johnson i in. (2014) przywiązują do zdrowotności sadzeniaków i wskazują je jako źródło przenoszenia choroby na sezon następny uważając, że poziom porażenia sadzeniaków ma wpływ na nasilenie choroby. Firman i Allen (1995b) stwierdzają, że do zaistnienia choroby wystarczy niewielkie, 5% porażenie skórki bulw. Errampali i in. (2001) za jedną z przyczyn wzrostu znaczenia choroby uważają brak wysokiego poziomu odporności uprawianych odmian na parcha srebrzystego. W programach hodowlanych próbowano zwiększyć odporność odmian ziemniaka wykorzystując do tego celu dzikie gatunki *Solanum* spp., jednak nie uzyskano całkowitej odporności (Murphy i in. 1999, Avis i in. 2010). Także badania prowadzone przez IHAR-PIB, Oddział w Jadwisinie wykazały zróżnicowanie odporności

Tabela 1
Table 1

Odporność odmian ziemniaka na parcha srebrzystego (wg Charakterystyka Odmian 2020)
The resistance of potato cultivars to silver scab (according to Cultivar Characteristic 2020)

Odmiana Cultivar	Typ kulinarny** Culinary type	Parch srebrzysty* Silver scab
Odmiany jadalne bardzo wczesne Very early table cultivars		
Berber	B	5,5
Denar	AB	6
Fresco	B	4
Impala	AB	5,5
Irys	B	6
Justa	B/BC	6
Lord	AB	5

Odmiana Cultivar	Typ kulinarny** Culinary type	Parch srebrzysty* Silver scab
Odmiany jadalne średnio wczesne Mid early table cultivars		
Jurek	B-BC	6
Laskara	B-BC	6,1
Lech	B-BC	5,2
Malaga	B-BC	6,4
Mazur	BC	5,2
Oberon	AB	4,9
Orchestra	AB	7

Tabela 1 cd.

Table 1 cont.

Odporność odmian ziemniaka na parcha srebrzystego (wg Charakterystyka Odmian 2020)**The resistance of potato cultivars to silver scab (according to Cultivar Characteristic 2020)**

Milek	BC	6
Riviera	A-AB	6,1
Tacja	B	4,9
Tonacja	AB	5,7
Viviana	AB	7
Odmiany jadalne wczesne Early table cultivars		
Altesse	AB	5,8
Bellarosa	B	6
Odmiany jadalne średnio wczesne Mid early table cultivars		
Bila	B	5
Bohun	B	6,2
Carrera	B	6,5
Gwiazda	B	6
Ignacy	B	6,5
Innovator	B/BC	4
Latona	B	4
Lawenda	B	5,4
Madaleine	B	6,8
Michalina	B	5,5
Owacja	B/BC	5,5
Vineta	B/AB	4,5
Odmiany skrobiowe wczesne Starchy early cultivars		
Cedron		4
Odmiany skrobiowe średnio wczesne Starchy mid early cultivars		
Boryna		4,5
Głada		4
Harpun		5
Jubilat		5
Kaszub		4
Kuba		3,5
Mieszko		5,7
Pasat		5
Rumpel		3,5
Szyper		6
Zuzanna		6
Odmiany skrobiowe średnio późne Starchy mid late cultivars		
Amarant		4,7
Ikar		4
Pasja Pomorska		4
Odmiany skrobiowe późne Starch late cultivars		
Bzura		4
Hinga		5
Inwestor		5,5
Jasia		3,5
Kuras		5,5
Pokusa		5
Rudawa		4
Skawa		3,5

*skala 9-stopniowa, gdzie 9 oznacza całkowitą odporność, a 1 największą podatność;

The 9-point scale where the score of 9 indicates the maximum level of resistance and the score of 1 – the highest susceptibility

** A – sałatkowy A – salad/waxy, AB – sałatkowy do wszechstronnie użytkowego, AB – waxy to the all-rounder

B – wszechstronnie użytkowy B- all-purpose, C – mączysty C – mealy/starchy

odmian ziemniaka zarejestrowanych w Krajowym Rejestrze Odmian (tab. 1).

Jak uważają Merida i Loria (1994) wpływ na nasilenie choroby ma nie tylko termin sadzenia, ale także termin zbioru. Według nich długość ekspozycji bulw potomnych na sprawcę (termin od zawiązywania bulw do zbioru) jest ważnym czynnikiem wpływającym na rozwój choroby. Opóźnianie terminu zbioru bulw sprzyja ich porażeniu przez grzyba. Również Firman i Allen (1995b) potwierdzają, że wcześniejszy termin zbioru zmniejsza poziom choroby. W swoich doświadczeniach uzyskali niższe porażenie parchem srebrzystym po przechowaniu bulw zbieranych we wcześniejszych terminach. Merida i Loria (1994) uważają, że głównym wyznacznikiem nasilenia choroby jest czas pomiędzy zawiązywaniem bulw a terminem zbioru. Wczesne zamieranie roślin sprzyja porażeniu bulw potomnych, ponieważ skórka bulw zaczyna szybciej dojrzewać (Johnson i in. 2014). Dlatego należy jak najdłużej utrzymywać rośliny w stanie zielonym.

Przygotowanie do przechowywania i przechowywanie

Cykl rozwoju choroby ma dwie fazy: polową i przechowalniczą (Errampali i in. 2001). Infekcja

pierwotna występuje zarówno w polu, jak i podczas przechowywania, a konidia produkowane w przechowalniach służą jako inokulum do wtórnych cykli infekcji. Znaczenie właściwego przygotowania bulw do przechowywania jako istotnego czynnika ograniczającego możliwość rozwoju choroby jest podkreślane w wielu pracach (Errampali i in. 2001, Cunha i Rizzo 2004, Avis i in. 2010, Johnson i in. 2014). Zapewnienie odpowiednich warunków sanitarnych oraz usuwanie resztek roślin i gleby zmniejsza nasilenie choroby przez cały okres przechowywania, gdyż redukuje ilość inokulum w pobliżu bulw.

Istotnym czynnikiem jest także redukcja wilgotności względnej powietrza w przechowalni i unikanie kondensacji wilgoci na bulwach, która stwarza korzystne warunki do zarodnikowania sprawcy (Avis i in. (2010). Konidia grzyba roznoszą się poprzez systemy wentylacji i zakażają inne bulwy (Hardy i in. 1997). Doświadczenia Frazier i in. (1998) wykazały, że zmniejszenie poziomu wilgotności względnej z 95% do 85% obniża nasilenie parcha srebrzystego. Secor i Gudmestad (1999) wyrażają pogląd, że redukcja poziomu wilgotności względnej powietrza do 90% w pierwszym miesiącu przechowywania opóźnia sporulację patogenu. Errampali i in. (2001) oraz

Tabela 2
Table 2

Warunki wymagane podczas przechowywania ziemniaków (Czerko 2016)

Conditions required for the storage of potatoes (Czerko 2016)

Etap przechowywania Storage stage	Czas trwania Duration	Rodzaj użytkowania Type of use	Temperatura (°C) Temperature (°C)	Wilgotność powietrza (%) Air humidity (%)
I osuszanie/drying	3–5 dni/days	wszystkie kierunki/ all directions	12–18	75–90
II dojrzewanie/ripening	10–14 dni/days	wszystkie kierunki/ all directions	12–18	90–95
III schładzanie/cooling	3–6 tygodni/ weeks	wszystkie kierunki/ all directions	obniżanie o 0,2–0,5°C na dzień	90–95
IV przechowywanie/storage	6–7 m-cy/ months	sadzeniaki/seed	2–6	90–95
	do 8 m-cy/ months	jadalne/table	4–6	
	do 9 m-cy/ months	przetwórstwo spożywcze/ food processing	6–8	
	3–8 m-cy	pasza, przemysł/forage, processing	2–4	
V przygotowanie do użytko- wania/preparation for use	około 10 dni about 10 days	jadalne, przetwórstwo/table, processing	10	85–95
		sadzeniaki/seed	10–15*	75–80

* temperatura właściwa dla prowadzenia podkielkowania/temperature proper to induce pre-sprouting

Avis i in. (2010) za istotny czynnik ograniczający rozwój choroby uważają właściwe przygotowanie bulw do przechowywania. Wyróżniają oni w tym okresie trzy fazy: I – zabliznianie ran i uszkodzeń, II – schładzanie i III – przechowywanie. W warunkach Polski Czerko (2016) okres przygotowania do przechowywania oraz przechowywanie i przygotowywanie do przerobu i sadzenia dzieli na 5 etapów (tab. 2).

Bulwy zbierane w dobrych warunkach dojrzewają (przechodzą okres zablizniania i gojenia uszkodzeń i ran oraz suberyzacji) w temperaturze od 10 do 15°C przez okres od dwóch do trzech tygodni (Errampali i in. 2001, Czerko 2016). Okres ten, nie tylko zapobiega wtórnym infekcjom przez patogeny powodujące choroby przechowalnicze, ale także korzystnie wpływa na ograniczenie rozwoju parcha srebrzystego. Wydłużenie tego okresu jeszcze bardziej ogranicza rozwój choroby (Hide i in. 1994b). Natomiast brak etapu dojrzewania w trakcie przygotowań do przechowywania skutkuje wzrostem infekcji *H. solani*.

Kolejnym etapem przygotowującym bulwy do długotrwałego przechowywania jest okres stopniowego ich schładzania do temperatury korzystnej dla kierunku ich wykorzystania (tab. 2). Zbyt gwałtowne wahania temperatury mogą prowadzić do kondensacji pary wodnej, co może zwiększyć podatność skórki bulw i ilość konidiów sprawcy. Liczba konidiów w zależności od temperatury może wynosić od 1×10^6 w temperaturze 5°C do $1,7 \times 10^7$ w temperaturze 15°C (Hardy i in. 1997, Pringle i in. 1998). Avis i in. (2010) uważają, że generalnie obniżanie temperatury podczas okresu przechowywania jest jednym ze skutecznych sposobów ograniczania rozwoju parcha srebrzystego. Ogilvy (1992) wykazał, że składowanie bulw w temperaturze do 4°C jest efektywniejszym sposobem hamowania rozwoju patogenu w porównaniu do zabiegów fungicydowych. Należy jednak pamiętać, że zmiany warunków przechowywania mogą oddziaływać na bulwy, a szczególnie na ich jakość. Nadmierne zmniejszanie wilgotności względnej w celu zwalczania parcha srebrzystego może wpływać na zwiększone odparowywanie i utratę wagi bulw. Ponadto przechowywanie bulw w temperaturze 4°C jest powszechnie stosowane w przypadku sadzeniaków oraz bulw przeznaczonych do sprzedaży jako świeże do bezpośredniego spożycia. Przetrzywanie w tej temperaturze bulw do przerobu na frytki i chipsy nie jest wskazane, gdyż obniży to ich jakość (gorszy kolor wysmażania).

Ochrona chemiczna i biologiczna

Za przyczyny wzrostu znaczenia parcha srebrzystego Errampali i in. (2001), Cunha i Rizzo (2003) uznają nie tylko brak odmian odpornych na chorobę, ale także pojawienie się odpornych izolatów sprawcy na stosowane fungicydy. Jednym z powodów wzrostu nasilenia choroby może być odporność sprawcy na tiabendazol stosowany zarówno jesienią po zbiorze jak i wiosną przed sadzeniem (Errampali i in. 2001). Przed wprowadzeniem tiabendazolu do powszechnego stosowania parcha srebrzystego zwalczano wykorzystując środki odkażające i fungicydy do zabiegów glebowych oraz zaprawiania bulw. Potwierdzona w latach 70. i 80. ubiegłego stulecia odporność na tiabendazol spowodowała, że zaczęto poszukiwać nowych substancji skutecznie zwalczających parcha srebrzystego. Przebadano wiele substancji (tab. 3), a wyniki były bardzo zróżnicowane (Avis i in. 2010).

Cayley i in. (1983) oraz Jellis i Taylor (1977) stwierdzili mniejsze porażenie bulw potomnych po zastosowaniu imazalilu i benomylu. Tsror i Peretz-Alon (2004) także potwierdzają skuteczność imazalilu, a dodatkowo tak jak Ogilvy (1992) uzyskali pozytywne efekty po użyciu fludioksonilu i azoksystrobiny. Badania Kutuzowej i in. (2017) potwierdziły skuteczność difenokonazol oraz srebra koloidalnego w ograniczaniu rozwoju *H. solani* w przypadku azoksystrobiny uzyskane wyniki nie dały jednoznacznej odpowiedzi. Pasche i in. (2005) oraz Pobiedinskaya i in. (2012) zwrócili uwagę na potwierdzoną odporność innych patogenów roślin na działanie tej substancji aktywnej. Wyrazili także zdanie, że powszechne, dogłębne stosowanie azoksystrobiny przeciwko *H. solani* może wkrótce doprowadzić do powstania odpornych szczepów sprawcy.

Rodriguez i in. (1996) zwracają uwagę na aspekt rozwoju choroby i wzrost jej nasilenia w okresie przechowywania. Stwierdzają, że ze względu na wydłużający się czas składowania i wzrost infekcji może być konieczne stosowanie zabiegów bezpośrednio przed przechowywaniem lub w jego trakcie. Podobną opinię wyrażają Denner i in. (1997). Różnice w skuteczności badanych fungicydów wykazywane w doświadczeniach prowadzonych w różnych ośrodkach, mogą wynikać z wielu przyczyn, między innymi z: poziomu inokulumu sprawcy w glebie, rodzaju gleby, populacji drobnoustrojów glebowych oraz warunków środowiskowych (Geary i in. 2007). Jako czynnik obniżający efektywność działania zastosowanych

Tabela 3

Table 3

Skuteczność różnych substancji aktywnych w ograniczaniu parcha srebrzystego (opracowanie wg Avis i in. 2010)

Effectiveness of various active substances in reducing potato silver scab (Avis et al. 2010)

Substancja aktywna fungicydu Fungicide active ingredients	Sposób aplikacji Application method	Redukcja choroby Disease reduction	Literatura References
Azoksystrobina/azoxystrobin	zaprawianie bulw/ seed dressing	skutecznie/ effectively	Geary i in. (2000), Tsrer, Peretz-Alon (2004), Geary i in. (2007)
	zaprawianie bulw/ seed dressing	brak/none	Hervieux i in. (2001)
Kaptan/captan	oprysk po zbiorze/ spraying after harvest	skutecznie/ effectively	Copeland, Logan (1975)
Kaptafol/captafol	oprysk po zbiorze/ spraying after harvest	skutecznie/ effectively	Copeland, Logan (1975)
Fenpiklonil/fenpiclonil	zaprawianie bulw/ seed dressing	brak/none	Cooke, Little (1995)
	zaprawianie bulw/ seed dressing	skutecznie/ effectively	Gaucher (1998), Leadbeater, Kirk (1992), Welsh (1996);
Fludioksonil/fludioxonil	zaprawianie bulw/ seed dressing	skutecznie/ effectively	Shetty i in. (1994), Frazier i in. (1998); Geary i in. (2000), Errampalli i in. (2001), Tsrer, Peretz-Alon (2004), Geary i in. (2007)
	zaprawianie bulw/ seed dressing	brak/none	Hervieux i in. (2001)
Flutolanil/flutolanil	zaprawianie bulw/ seed dressing	skutecznie/ effectively	Gaucher (1998)
Fuberidazol/fuberidazol	oprysk po zbiorze/ spraying after harvest	skutecznie/ effectively	Copeland, Logan (1975)
Imazalil/imazalil	oprysk po zbiorze/ spraying after harvest	skutecznie/ effectively	Cayley i in. (1983), Hide i in. (1987), Hall, Hide (1992), Collet-Elimane, Jouan (1993), Hide (1994); Hide i in. (1994a), Tsrer, Peretz-Alon (2002); Tsrer, Peretz-Alon (2004)
	zaprawianie bulw/ seed dressing	brak/none	Cooke, Little (1995), Hervieux i in. (2001)
Iprodion/iprodion	zaprawianie bulw/ seed dressing	brak/none	Hervieux i in. (2001)
	zaprawianie bulw/ seed dressing	skutecznie/ effectively	Tsrer, Peretz-Alon (2004)
Mankozeb/mancozeb	zaprawianie bulw/ seed dressing	skutecznie/ effectively	Collet-Elimane, Jouan (1993), Le Corre i in. (1993); Gaucher (1998), Tsrer, Peretz-Alon (2004)
	zaprawianie bulw/ seed dressing	brak/none	Hervieux i in. (2001), Geary i in. (2007)
Pencykuron/pencycuron	zaprawianie bulw/ seed dressing	brak/none	Cooke, Little (1995)
Prochloraz/prochloraz	zaprawianie bulw/ seed dressing	skutecznie/ effectively	Denner i in. (1997), Hide i in. (1987), Tsrer, Peretz-Alon (2004)
Propiconazol/propikonazol	zaprawianie bulw/ seed dressing	skutecznie/ effectively	Bisht, Bains (1995), Hide i in. (1987)
Propineb/propineb	zaprawianie bulw/ seed dressing	skutecznie/ effectively	Tsrer, Peretz-Alon (2004)
Tiofanat-metylu/thiophanate-methyl	zaprawianie bulw/ seed dressing	skutecznie/ effectively	Jouan i in. (1974), Bisht, Bains (1995)
	zaprawianie bulw/ seed dressing	skutecznie/ effectively	Frazier i in. (1998), Geary i in. (2007)
Tiram/thiram	oprysk po zbiorze/ spraying after harvest	skutecznie/ effectively	Copeland, Logan (1975)
Tolyfluanid/tolyfluanid	zaprawianie bulw/ seed dressing	skutecznie/ effectively	Wainwright i in. (1996)

fungicydów podaje się także, na przykładzie fludioksoniłu i mankozebu, brak mobilności stosowanych substancji aktywnych i wynikającą z tego możliwość atakowania bulw przez inokulum glebowe.

Aby ograniczyć źródła infekcji w trakcie przechowywania konieczne jest więc dezynfekowanie pomieszczeń przed załadunkiem ziemniaków oraz zaprawianie bulw przed przechowywaniem, a nawet w jego trakcie. Kutuzowa i in. (2017) wskazują, że do zaprawiania bulw w tym okresie w Rosji zarejestrowane są kwas benzoesowy, fludioksonil oraz tiabendazol. W UE do stosowania po zbiorze zatwierdzony jest tylko imazalil (rozporządzenie wykonawcze Komisji UE nr 540/2011). W USA oprócz imazalilu i tiabendazolu zezwala się także na używanie fludioksonilu, azoksystrobiny i difenokonazolu. W Polsce do zwalczania parcha srebrzystego dopuszczone jest stosowanie protiokonazolu (zaprawianie wiosenne przed i w trakcie sadzenia) oraz imazalilu (jesienią po zbiorze) – tab. 4. Jak stwierdzają Kutuzowa i in. (2017) przypadki odporności *H. solani* na wykorzystywane obecnie konwencjonalne fungicydy, wymuszają konieczność poszukiwania nowych środków do zaprawiania bulw po zbiorze. Dobrym rozwiązaniem jest według nich stosowanie fungicydu Zeroxe opartego na koloidach srebra, który uzyskał już rejestrację w niektórych krajach Azji Południowo-Wschodniej i Ameryki Łacińskiej, a także jest w trakcie rejestracji w Rosji.

Wraz z rosnącymi obawami dotyczącymi odporności na fungicydy oraz zwiększającą się świadomością społeczną dotyczącą pośredniego i kumulacyjnego wpływu fungicydów na środowisko i zdrowie ludzi idea ograniczania stosowania fungicydów syntetycznych w rolnictwie staje się coraz ważniejsza i coraz powszechniej wprowadzana. W tym kontekście inne związki chemiczne, w tym sole, środki dezynfekujące i roślinne olejki eteryczne są testowane jako alternatywa do zastąpienia syntetycznych fungicydów stosowanych do zwalczania parcha srebrzystego (Avis i in. 2010).

Poszukując skutecznych substancji mogących zastąpić syntetyczne fungicydy badano chlor

i dwutlenek chloru (Hervieux i in. 2002), wykorzystywano także po zbiorach roślinne olejki eteryczne. Frazier i in. (2006) wykazali, że wielokrotne stosowanie olejku goździkowego skutecznie hamuje rozwój choroby na bulwach. Podobne wyniki uzyskała Bång (2007) testując olejki eteryczne z czosnku i szałwii.

Spośród dostępnych na rynku biopestycydów Johnson (2007) badał Serenade ASO (preparat *Bacillus subtilis*) wykazując, że użycie tego środka obniżyło nasilenie choroby i o 5 miesięcy opóźniło jej pojawienie się w trakcie przechowywania. W USA zarejestrowano inne biopestycydy wykorzystujące szczepy *Pseudomonas syringae* do stosowania po zbiorze bulw (Stockwell i Stack 2007).

Zwalczanie parcha srebrzystego jest prowadzone głównie przy zastosowaniu metod agrotechnicznych (zdrowy sadzeniak, optymalny termin sadzenia, zbiór po dojrzeniu skórki, przygotowanie do przechowywania i przechowywanie). Ze względu na cykl rozwojowy patogena, a zwłaszcza jego intensywny rozwój w trakcie przechowywania metody te nie są w stanie skutecznie zabezpieczyć zebrane bulwy przed infekcją. Ważnym elementem w strategii zwalczania parcha srebrzystego staje się więc zastosowanie fungicydów. Obecnie do jego zwalczania w Europie dopuszczona jest tylko 1 substancja czynna – imazalil, w Polsce dopuszcza się także stosowanie protiokonazolu. Nie jest to ilość pozwalająca na skuteczne zwalczanie tej choroby zwłaszcza w okresie jej intensywnego rozwoju podczas przechowywania. Poszukiwanie nowych substancji mogących ograniczać szkodliwość parcha srebrzystego nie tylko wśród syntetycznych fungicydów, ale także wśród substancji pochodzenia roślinnego i biologicznego może być korzystnym rozwiązaniem dla ludzi i środowiska.

Można stwierdzić, że skuteczne zwalczanie parcha srebrzystego będzie zależało od wspólnych działań producentów ziemniaka, przemysłu i naukowców oraz promowania integrowanej strategii ochrony łączącej wszystkie dostępne metody i środki w celu skutecznego i zrównoważonego zwalczania choroby.

Tabela 4
Table 4

Fungicydy zarejestrowane do zwalczania parcha srebrzystego jesienią po zbiorze i wiosną przed lub w trakcie sadzenia
(wg www.gov.pl/web/rolnictwo/wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin [dostęp 8-01-2021])
Fungicides registered for the control of silver scurf in fall after harvest and in spring before or during planting
(according to www.gov.pl/web/rolnictwo/wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin [access 8-01-2021])

Nazwa handlowa Comercial name	Maksymalna/zalecana dawka do jednorazowego zastosowania na 100 kg sadzeniaków The maximum/recommended dose for a single use per 100 kg of seed potatoes	Substancja aktywna Active ingredient	Grupa chemiczna Chemical group	Sposób działania* Mode of action	Kod FRAC** FRAC Code	Zwalczany patogen/choroba Controlled pathogen/disease
Monceren Pro 258 FS	rizoktonioza black scurf 60 ml parch srebrzysty silver scurf 80 ml	penykuron – 250 g, protiokonazol – 8 g	triazole/triazoles pochodne fenyllo- moczniaka phenylurea deri- vatives	G1 Układowy , działanie zapobiegawcze i lecznicze. Hamuje syntezę ergosterolu G 1 Systemic , preventive, and curative action. It inhibits the synthesis of ergosterol B4 Powierzchniowy , działanie zapobiegawcze. Hamuje wzrost grzybnii i kiełkowanie sklerocjów B4 Contact , preventive action. It inhibits the growth of mycelium and the germination of sclerotia	3 20	Rhizoctonia solani – rizoktonioza/black scurf Helminthosporium solani – parch srebrzysty/silver scurf
Ernesto Silver 118 FS	20 ml/100 kg	penflufen – 100 g, protiokonazol – 18 g	karboksamidy carboxamides pochodne fenyllo- moczniaka phenylurea deri- vatives	C2 Układowy , działanie zapobiegawcze. Zakłóca procesy energetyczne. C 2 Systemic , preventive, disrupts energy processes B4 Powierzchniowy , działanie zapobiegawcze. Hamuje wzrost grzybnii i kiełkowanie sklerocjów B4 Contact , preventive action. It inhibits the growth of mycelium and the germination of sclerotia	7 20	Rhizoctonia solani – rizoktonioza/black scurf Helminthosporium solani – parch srebrzysty/silver scurf
Diabolo 100 SL	1.5 ml/100 kg	imazalil – 100 g	imidazole (DMI) imidazoles	G1 Układowy , działanie zapobiegawcze, lecznicze i wyniszczające. Hamuje biosyntezę ergosterolu. G 1 Systemic , preventive, curative, and debilitating action. It inhibits the synthesis of ergosterol	3	Helminthosporium solani – parch srebrzysty/silver scurf; Fusarium spp. – sucha zgnilizna; / dry rot Phoma exiigua var. foveata – fomoza, gangrena/gangrene

*wg *Vademecum środków ochrony roślin*; **wg *FRAC 2020* https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list-2020-finalb16c2b2c512362eb9a1ef00004acf5d.pdf?sfvrsn=54f499a_2 [dostęp 2-12-2020]

* according to *Vademecum of plant protection products*; ** according to *FRAC 2020* https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list-2020-finalb16c2b2c512362eb9a1ef00004acf5d.pdf?sfvrsn=54f499a_2 [access 2-12-2020]

Literatura

- Adams A., Sander N., Nelson D.C., 1970. Some properties of soils affecting russet scab and silver scurf of potatoes. *American Potato Journal* 47: 49 – 57.
- Adams M.J., Hide G.A. 1980. Relationships between disease levels on seed tubers on crops during growth and in stored potatoes. 5. Seed stocks grown at Rothamsted. *Potato Res.* 23: 291 – 302.
- Adams M.J., Read P.J., Lapwood D.H., Cayle G.R., Hide G.A. 1987. The effect of irrigation on powdery scab and other tuber diseases of potatoes. *Annals of Applied Biology* 110, 287 – 294.
- Avis T.J., Martinez C., Tweddel R.J. 2010. Integrated management of potato silver scurf (*Helminthosporium solani*). *Can. J. Plant Pathol.*, 32 (3): 287 – 297.
- Bång U. 2007. Screening of natural plant volatiles to control the potato (*Solanum tuberosum*) pathogens *Helminthosporium solani*, *Fusarium solani*, *Phoma foveata* and *Rhizoctonia solani*. *Potato Res.*, 50: 185 – 203.
- Bisht V.S., Bains P.S. 1995. Silver scurf of potato: disease dynamics over generations and fungicidal control in the field. *Can. J. Plant Pathol.*, 17: 289.
- Brad, D.A. Johnson, P.B. Hamm, S. James and K.A. Rykbost. 2001. Silver Scurf, an Emerging Potato Disease. *Am J Potato Res* 78:454
- Carter M.R., Kunelius H.T., Sanderson J.B., Kimpinski J., Platt H.W., Bolinder M.A. 2003. Productivity parameters and soil health dynamics under longterm 2-year potato rotations in Atlantic Canada. *Soil Till. Res.*, 72: 153–168.
- Cayley G.R., Hide G.A., Read P.J., Dunne Y. 1983. Treatment of potato seed and ware tubers with imazalil and thiabendazole for control of silver scurf and other storage diseases. *Potato Res.*, 26: 163 – 173.
- Charakterystyka Krajowego Rejestru Odmian Ziemniaka (2020). *Red. nauk. W. Nowacki IHAR-PIB Oddz. Jadwisin* s 44.
- Collet-Elimane R., Jouan B. 1993. Étude de possibilités de traitement contre l'*Helminthosporium solani* agent de la gale argentée de la pomme de terre. In: *Proceedings of the 12th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, Paris, July 18 – 23, 1993*: 485 – 486.
- Cooke L.R., Little G. 1995. Evaluation of fungicidal seed tuber treatments on progeny tuber infection. *Tests of Agrochemicals and Cultivars*. 16. *Ann. Appl. Biol.*, 126: 26 – 27.
- Copeland R.B., Logan N.C. 1975. Control of tuber diseases, especially gangrene, with benomyl, thiabendazole and other fungicides. *Potato Res.*, 18: 179 – 188.
- Cunha M.G., Rizzo D.M. 2003. Development of Fungicide Cross Resistance in *Helminthosporium solani* Populations from California. *Plant Disease* v.87 (7): 798 – 803.
- Cunha M.G., Rizzo D.M. 2004. Occurrence and epidemiological aspects of potato silver scurf in California. *Horticultura Brasileira, Brasília*, v.22 (4): 690 – 695.
- Cunnington A. C., Gray D., Ross D.W., Stroud G.P., Peters J.C. 2002. Quality demands for pre-packing. [In] *Abstr. 15th Conf. EAPR. Hamburg, The Germany 14–19 July* s. 223.
- Czerko Z. 2016. Technika i technologia przechowywania ziemniaków. *Monografie i rozprawy naukowe 50/2016 IHAR-PIB Radzików*: ss 135.
- Denner F.D.N., Millard C., Geldenhuys A., Wehner F.C. 1997. Treatment of seed potatoes with prochloraz for simultaneous control of silver scurf and black dot on progeny tubers. *Potato Res.*, 40: 221 – 227.
- Dzwonkowski W., Szczepaniak I., Zdziarska T. 2019. Popyt na ziemniaki. [W:] *Rynek Ziemniaka stan i perspektywy (red. nauk. W. Dzwonkowski)*. IERiGŻ-PIB Warszawa 46: 20 – 26.
- European Commission, 2011. EU Commission implementing regulation No. 540/2011: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:153:0001:0186:EN:PDF> [dostęp 9–01–2021]
- Errampali D., Saunders J.M., Holley J.D. 2001. Emergence of silver scurf (*Helminthosporium solani*) as an economically important disease of potato. *Plant. Pathol.*, 50: 141 – 153.
- Firman D. M., Allen E. J. 1993. Effects of windrowing, irrigation and defoliation of potatoes on silver scurf (*Helminthosporium solani*) disease. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 121: 47 – 53.
- Firman D.M., Allen E.J., 1995a. Effects of seed size, planting pattern on the severity of silver scurf (*Helminthosporium solani*) and black scurf (*Rhizoctonia solani*) diseases of potatoes. *Annals of Applied Biology* 127: 73 – 85.
- Firman D.M., Allen E.J. 1995b. Transmission of *Helminthosporium solani* from potato seed tubers and effects of soil conditions, seed inoculum and seed physiology on silver scurf disease. *J. Agr. Sci.*, 124: 219–234.
- Frac code list. 2020. https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2020-finalb16c2b2c512362eb9a1eff00004acf5d.pdf?sfvrsn=54f499a_2 [dostęp 2–12–2020]
- Frazier M.J., Kleinkopf G.E., Olsen N. 2006. The effects of clove oil treatment on potato sprouting and silver scurf control. *Am. J. Potato Res.*, 83: 110.
- Frazier M.J., Shetty K.K., Kleinkopf G.E., Nolte P. 1998. Management of silver scurf (*Helminthosporium solani*) with fungicide seed treatments and storage practices. *A. J. Potato Res.*, 75: 129 – 135.
- Gaucher D. 1998. Gale argentée – efficacité des matières actives. *La pomme de terre française*, 504: 31 – 33.
- Geary B., Hamm P.B., Johnson D.A., James S.R., Rykbost K.A. 2000. Effects of fungicides and location on development of silver scurf. *Am. J. Potato Res.*, 77: 399.
- Geary B., Johnson D.A. (2006). Relationship between silver

- scurf levels on seed and progeny tubers from successive generations of potato seed. *Am. J. Potato Res.*, 83, 447 – 453.
- Geary B., Johnson D.A., Hamm P.B., James S.R., Rykbost K.A. 2007. Potato Silver Scurf Affected by Tuber Seed Treatments and Locations and Occurrence of Fungicide Resistant Isolates of *Helminthosporium solani*. *Plant Dis.*, 91: 315 – 320.
- Hall S.M., Hide G.A. 1992. Fungicide treatment of seed tubers infected with thiabendazole resistant *Helminthosporium solani* and *Polyscytalum pustulans* for controlling silver scurf and skin spot on stored progeny tubers. *Potato Res.*, 35: 143 – 147.
- Hardy C.E., Burgess P.J., Pringle R.T. 1997. The effect of condensation on sporulation of *Helminthosporium solani* on potato tubers infected with silver scurf and held in simulated storage conditions. *Potato Research* 40: 169 – 180.
- Harz I. 1871. *Spondylocladium atrovirens*. Bulletin of Society Imperial, Moscow, 44: 42.
- Hervieux V., Chabot R., Arul J., Tweddell R.J. 2001 Evaluation of different fungicides applied as seed tuber treatments for the control of potato silver scurf. *Phytoprotection*, 82: 41 – 48.
- Hervieux V., Yaganza E.S., Arul, J., Tweddell R.J. 2002. Effect of Organic and Inorganic Salts on the Development of *Helminthosporium solani*, the Causal Agent of Potato Silver Scurf. *Plant Dis.*, 86: 1014–1018.
- Hide G.A., Boorer R.K.J., Hall S.M. 1994a Controlling potato tuber blemish diseases on cv. Estimate with chemical and non-chemical methods. *Ann. Appl. Biol.*, 124: 253 – 265.
- Hide G.A., Boorer K.J., Hall S.M. 1994b. Effects of watering potato plants before harvest and of curing conditions on development of tuber diseases during storage. *Potato Research* 37: 169 – 172.
- Hide G.A., Hall S.M., Boorer K.J. 1988. Resistance to thiabendazole in isolates of *Helminthosporium solani*, the cause of silver scurf disease of potatoes. *Plant Pathol.*, 37: 377 – 380.
- Hide G.A., Read P.J., Sandison J.P., Hall S.M. 1987. Control of potato diseases with fungicides applied to seed tubers. Tests of Agrochemicals and Cultivars, 8. *Ann. Appl. Biol.*, 110: 72 – 73.
- Holley J.D., Kawchuk L.M. 1996. Distribution of thiabendazole and thiophanate-methyl resistant strains of *Helminthosporium solani* and *Fusarium sambucinum* in Alberta potato storages. *Can. Plant Dis. Surv.*, 76: 21 – 27.
- Jellis G. J., Taylor G. S. 1977. Control of silver scurf (*Helminthosporium solani*) disease of potato with benomyl and thiabendazole. *Ann. Appl. Biol.* 86: 59 – 67.
- Johnson S.B. 2007. Evaluation of a Biological Agent for Control of *Helminthosporium solani*. *Plant Pathol. J.*, 6: 99 – 101.
- Johnson D.A., Hamm P.B., Miller J., Olsen. 2014. Managing Silver Scurf in Potatoes <https://plantpath.wsu.edu> > 2014/06 [dostęp 7.12.2020]
- Jouan B., Lemaire J.M., Perennec P., Saily M. 1974. Études sur la gale argentée de la pomme de terre *Helminthosporium solani* Dur. Et Mont. *Ann. Phytopathol.*, 6: 407 – 423.
- Kutuzova I.A., Kokaeva L.Yu., Pobendinskaya M.A., Krutyakov Yu.A., Skolotneva E.S., Chudinova E.M., Elansky S.N. 2017. Resistance of *Helminthosporium solani* to selected fungicides applied for tuber treatment. *Journal of Plant Pathology*, 99 (3): 635 – 642.
- Le Corre P., Bedin P., Dusson G., Salvan M. 1993. Efficacité du mancozebe dans le cadre de la lutte contre la gale argentée. In: Proceedings of the 12th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, July 18 – 23, 1993: 487 – 488.
- Leadbeater A.J., Kirk W.W. 1992. Control of tuber borne diseases of potatoes with fenpiclonil. In: Proceedings of Brighton Crop protection Conference, Pests and Diseases, November 23 – 26, 1992: 657 – 662.
- Lutomirska B., Szutkowska M. 2005. Wpływ gleby i wybranych zabiegów agrotechnicznych na porażenie bulw parchem srebrzystym (*Helminthosporium solani*). *Ziemiak Polski* 3: 20 – 22.
- Mérida C.L., Loria R. 1990. First Report of Resistance of *Helminthosporium solani* to Thiabendazole in the United States. *Plant Dis.*, 74: 614.
- Mérida C.L., Loria R. 1994. Survival of *Helminthosporium solani* in soil and *in vitro* colonization of senescent plant tissue. *Am. Potato J.*, 71, 591 – 598.
- Murphy A.M., DE Jong H., Proudfoot K.G. 1999. A multiple disease resistant potato clone developed with classical breeding methodology. *Can. J. Plant Pathol.*, 21: 207–212.
- Ogilvy S.E. 1992. The use of pre-planting and postharvest fungicides and storage temperatures for the control of silver scurf in ware potatoes. *Aspects Appl. Biol.*, 33: 151–158.
- Olivier C., Halseth D.E., Mizubuti E.S.G., Loria R. 1998. Postharvest Application of Organic and Inorganic Salts for Suppression of Silver Scurf on Potato Tubers. *Plant Disease* 82: 213 – 217.
- Osowski J., Bernat E. 2005. Problem parcha srebrzystego na wybranych odmianach ziemniaka zarejestrowanych w Polsce. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*: 336–341.
- Osowski J. 2019. Choroby skórki bulw ziemniaka – występowanie, objawy i sposoby zwalczania. *Ziemiak Polski* 1: 33 – 42.
- Pasche J.S., Piche L.M., Gudmestad N.C., 2005. Effect of the F129L Mutation in *Alternaria solani* on Fungicides Affecting Mitochondrial Respiration. *Plant Disease* 89: 269 – 278.
- Peters R.D., Surz A.V., Carter M.R., Sanderson J.B. 2003.

- Developing disease-suppressive soils through crop rotation and tillage management practices. *Soil Till. Res.*, 72: 181–192.
- Pobedinskaya M.A., Plutalov P.N., Romanova S.S., Kokaeva L.Y., Nikolaev A.V., Alexandrova A.V., Elansky S.N., 2012. Resistance of potato and tomato early blight pathogens to fungicides. *Mikologiya I Fitopatologiya* 46: 402 – 408.
- Poradnik sygnalizatora ochrony ziemniaka. 2016. Opr. zbior. pod red. A. Wójtowicza i M. Mrówczyńskiego. IOR-PIB Poznań: 52 – 58.
- Pringle R.T., Hardy C.H., Clayton R., McGovern R., Potter K. 1998. Chemical free storage of potatoes. *Scottish Agricultural College Information Bulletin*, Aberdeen, UK: SAC, 1 – 3.
- Read P.J., Storey R.M.J., Hudson D.R. 1995. A survey of black dot and other fungal tuber blemishing diseases in British potato crops at harvest. *Ann. of Appl. Biol.*, 126: 249 – 258.
- Rębarz K. 2018. Choroby grzybowe. [W:] *Ziemniak identyfikacja agrofagów oraz niedoborów pokarmowych*. Agro Wydawnictwo, Suchy Las: 128 – 168.
- Rodriguez D.A., Secor G.A., Gudmestad N.C., Francel L.J. 1996. Sporulation of *Helminthosporium solani* and Infection of Potato Tubers in Seed and Commercial Storages. *Plant Disease* 80: 1063 – 1070.
- Secor G.A., Gudmestad N.C. 1999. Managing fungal diseases of potato. *Can. J. Plant Pathol.*, 21: 213 – 221.
- Shetty K.K., Frazier M.J., Kleinkopf G.E. 1994. Recent research information on silver scurf control under Idaho potato production and storage conditions. 26th Annual Idaho potato School: 191 – 194.
- Stevenson W.R., Loria R., Franc G.D., Weingartner D.P. 2001. *Compendium of Potato Diseases* (2nd ed.). St. Paul, MN: APS Press.
- Stockwell V.O., Stack J.P. 2007. Using *Pseudomonas* spp. for integrated biological control. *Phytopathology*, 97: 244 – 249.
- Śnieg L. 1992. Effectiveness of liming at selected stages of crop rotation. 1. Effect of liming at different stages of the rotation on tuber yield and infection with common scab and silver scab in four potato cultivars. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Szczecinie, Rolnictwo* 52: 127 – 132.
- Tian S.M., Chen Y.C., Zou M.Q., Xue Q. 2007. First report of *Helminthosporium solani* causing silver scurf of potato in Hebei Province, North China. *Plant Dis.*, 91: 460.
- Tsror L., Peretz-Alon I. 2002. Reduction of silver scurf on potatoes by pre- and post-storage treatment of seed tubers with imazalil. *Am. J. Potato Res.*, 79, 33–37.
- Tsror L., Peretz-Alon I. 2004. Control of silver on potato by dusting or spraying seed tubers with fungicides before planting. *Am. J. Potato Res.*, 81: 291 – 294.
- Vademecum środków ochrony roślin. 2017. Opracowanie zbiorowe. Red. nauk. M. Korbas, A. Paradowski, P. Węgorok. Wyd. Agronom ss 672.
- Wainwright A., Nicholson T., Mann D.H. 1996. Control of silver scurf and black scurf in potatoes with a pencycuron/tolyfluanid seed tuber treatment. In: *proceedings of Brighton Crop Protection Conference, Pests and Diseases*, November 18 – 21, 1996: 275 – 280. Farnham, UK: British Crop Protection Council.
- Wale S., Platt H.W., Cattlin N. 2008. Fungal and fungal like diseases. [W:] *Diseases, pests and disorders of potatoes*. Manson Publishing Ltd: 28–70.
- Weber Z. 2011a. Parch srebrzysty ziemniaka. [W:] *Fitopatologia T. 2 Choroby roślin uprawnych*. Red. nauk. S. Kryczyński, Z. Weber. PWRiL Poznań 2011: 317.
- Weber Z. 2011b. Choroby powodowane przez grzyby z typu *Ascomycota* (workowce) [W:] *Fitopatologia T 2 Choroby roślin uprawnych*. Red. nauk. S. Kryczyński, Z. Weber. PWRiL Poznań 2011: 288 – 289.
- Welsh R.D. 1996. Evaluation of fenpiclonil as a potato seed tuber treatment for the control of *Rhizoctonia solani* and *Helminthosporium solani*. In: *Proceedings of the 49th New Zealand Plant Protection Conference*, August 13 – 15, 1996: 152 – 156. Nelson, New Zealand: New Zealand Plant Protection Society.
- Wnękowski S., Błaszczak W. 1997. *Choroby ziemniaka* [W:] *Ochrona Roślin Red. nauk. Kochman J., Węgorok W. Plantpress, Kraków 1997: 505 – 535.*
- www.gov.pl/web/rolnictwo/wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin [dostęp 8–01–2021]

Research on *in vitro* haploidization of heterozygotic breeding lines of tomato (*Solanum lycopersicum* L.)

Badania nad haploidyzacją *in vitro* heterozygotycznych lini hodowlanych pomidora (*Solanum lycopersicum* L.)

Waldemar Kiszczak¹✉, Urszula Kowalska¹, Maria Burian²

¹Research Institute of Horticulture, Konstytucji 3 Maja 1/3, 96–100 Skierniewice, Poland,

²Institute of Experimental Plant Biology and Biotechnology, Faculty of Biology, University of Warsaw, Miecznikowa 1, 02–096 Warsaw, Poland,

✉ waldemar.kiszczak@inhort.pl

Experiments were made in order to examine the influence of various factors on the induction of androgenesis in heterozygous breeding material of tomato. The factors like: length of buds the manner of sterilization, type and the composition of induction media, genotype and thermal shock were included in conducted experiments. Most of all sterile cultures with the highest number of anther-derived callus were obtained by applying 2,5% calcium hypochlorite for 5 minutes. Anther-derived calli was obtained in 9 breeding lines from 18 used genotypes. The induction medium with the composition based on B₅ medium with the addition of 750 mg L⁻¹ calcium chloride and 100 g L⁻¹ sucrose proved to be the best for inducing androgenesis. The addition of thidiazuron and NAA to this medium in the following season and silver nitrate in the other experiment improved the efficiency of this process, which was depended on the genotype. Despite the lack of statistically significant differences, the highest number of anther-derived calli was obtained when anthers were cooled for 2 days in +4°C in the refrigerating chamber.

Key words: genotype, microsporogenesis, phytohormones, sterilization, thermal shock, tomato

Przeprowadzono doświadczenia, w których zbadano wpływ różnych czynników na indukcję androgeny u heterozygotycznych linii hodowlanych pomidora. Poddano analizie następujące czynniki: długość pąka, sposób wyjąławiania materiału roślinnego, genotyp, rodzaj i skład pożywki indukcyjnej oraz szok termiczny. Wykazano, że długość pylnika jest dobrym zewnętrznym markerem faz rozwojowych mikrospor pomidora. Stosując 2,5% podchloryn wapnia przez 5 minut uzyskano najwięcej czystych kultur i największą ilość kalusa pochodzącego z tych kultur. Z 18 użytych linii hodowlanych u 9 linii hodowlanych uzyskano kalus pochodzenia pylnikowego. Skład pożywki indukcyjnej B₅ z 750 mg L⁻¹ chlorku wapnia i 100 g L⁻¹ sacharozę okazał się najlepszy dla wywołania androgeny. Dodatek thidiazuronu oraz kwasu naftylo-1-octowego do tej pożywki w następnym sezonie oraz azotanu srebra w innym doświadczeniu podniósł efektywność tego procesu, który jak wykazaliśmy, uzależniony był od genotypu. Mimo braku statystycznie istotnych różnic zaobserwowano najwyższą ilość kalusa, gdy pylniki chłodzono przez 2 doby w +4°C.

Słowa kluczowe: fitohormony, genotyp, mikrosporogeneza, sterylizacja, szok termiczny, pomidor

Abbreviations: NAA: 1-naphthaleneacetic acid; 2,4-D: 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid; TDZ: thidiazuron

Introduction

Androgenesis is the process of plant development from microspores or young pollen grains. In higher plants such process can be induced by the culture of anthers or isolated microspores on the different media in *in vitro* conditions. As a result of the application of various stimuli, microspores can change their development pathway and form directly or indirectly calli on an embryo, which in the end is converted to a haploid plant or doubled haploid (Heberle-Bors and Reinert 1979, Wang et al. 2000, Shariatpanahi et al. 2006). In the conventional heterozygotic breeding process the selection of homozygous

lines is conducted on the large population of plant material for many years. One of the solutions to this problem may be the application of induced androgenesis, because the recessive features are already disclosed in the regeneration stage of *in vitro* cultures. This allows for the quick and effective selection, in which less amount of valuable plant material is used.

The amount and the range of experiments on the gametic embryogenesis of tomato is very limited (Bal and Abak 2007). The first reports on the induction of androgenesis in tomato come from the year 1971, when Sharp and the team applied so-called nurse cultures. In their study,

a few haploid cells were obtained as a result of the incubation of microspores in the presence of anthers. The greater number of this cells was obtained by Zamir *et al.* (1980). Five years later, Dunwell (1985) reported that he obtained an embryogenic callus and embryos in anther cultures. The following authors: Jaramillo and Summers (1990); Summers *et al.* (1992) have examined and determined the influence of microspore development phases, the presence and the lack of light and gelling agents on the efficiency of androgenesis in tomato. Shtereva *et al.* (1998) examined the effect of the various microspore development stages and the various growing conditions of donor plants on the efficiency of androgenesis process. In the same year, Zagorska *et al.* (1998) published the result of the conducted studies, in which they demonstrated a correlation between the genotype and the efficiency of androgenic callus formation in tomato. In the following article, the same authors described an influence of the growth environment of donor plants, the microspore development stages, the size of anthers and the media composition on the androgenesis process (Shtereva *et al.* 1998). In 1999, Brasileiro *et al.* analysed the effect of growth regulators on the induction of androgenesis in tomato anther cultures. In the year 2007, Seguí-Simarro and Nuez obtained only a few proembryoids in tomato microspore cultures, whereas in anther cultures the androgenic callus was induced and then regenerated into plants. Zagorska *et al.* (2004) obtained regenerants and presented their morphological, cytological, biochemical and genetic characteristics. Nevertheless, Seguí-Simarro *et al.* (2011) stated that until the time of publication of their work there were a lack of reliable and standardized production methods of tomato DH lines with the use of gametic embryogenesis. Moreover, authors presented that despite of several dozen years of conducting research only two research teams published the results, in which regenerated tomato plants were obtained (Zagorska *et al.* 2004; Seguí-Simarro and Nuez 2007). In 2015, Julião *et al.* still recognized the necessity of conducting studies on the standardization of methods of obtaining double haploid lines of tomato through gametic embryogenesis. The main reason for this is the strong genotype determination, which is limiting the ability to induce androgenesis in tomato. Therefore, it is necessary to confirm the ability of inducing androgenesis for each genotype and determine the optimal parameters for particular factors enabling the induction of androgenesis. Experiments conducted

in the Research Institute of Horticulture, Skierniewice, Poland were executed in order to determine the optimal parameters for androgenesis induction in heterozygotic breeding material of tomato and the ability of individual plants for androgenesis. The influence of the course of microsporogenesis, sterilization methods, the genotype, induction media composition and anther thermal treatments on the efficiency of androgenesis in tomato anther cultures were examined. This is the first stage of the studies which result in the formation of homozygotic androgenic lines of tomato from the valuable heterozygotic breeding material, which is suitable for the breeding process of modern varieties.

Material and methods

Plant material

Plant material included heterozygotic lines of tomato delivered by cooperating Breeding and Seed Company – POLAN Sp. z o.o. in Cracow, Poland. The influence of the genotype was examined in 18 breeding lines. The effect of the remaining factors were analysed on the selected lines, which were chosen randomly, according to the following methodical description.

Seedlings of tomato were planted in 20 litre containers (2 per container) with substrate consisting of 3:1 (v/v) soil and sand and placed in a greenhouse under controlled growth conditions at 18°C during the day and 16°C at night, with a 16 hour photoperiod. Plants were brought to the early phase of flowering in order to collect anthers for further experiments.

Examination of the course of microsporogenesis

Observations of the course of microsporogenesis were conducted. We assessed the correlation between the length of the bud and the phase of microspore development.

Anthers were isolated with the use of dissecting needle. Next, anthers were crushed on the slide with the drop of acetocarmine and closed with the cover slide. The course of microsporogenesis was analysed under a microscope (light microscope, Eclipse E200, Nikon). The following haploid cells development stages were distinguished: 1. tetrad of microspores with separate calosic cell walls, that is four identical microspores formed after meiotic division of mother cell; 2. released microspore in the polarized phase – where the shifted nuclei is located in the dense cytoplasm, and in the late phase – where the nuclei is localized near the sporoderm, surrounded with the vacuolated cytoplasm;

3. binuclear pollen grains where in the early phase both nuclei are localized in the centre part of pollen grains and in the late phase, in which two cells were identified: small generative cell and large vegetative cell. The percentage of microspores/pollen grains in the all specific development phase was defined in tomato buds and divided into 5 groups in respect of the length of the buds as follow: 5, 6, 7, 8, 9 mm. Five buds were analysed for each tested group. From 70 to 100 cells were observed in each bud.

Buds disinfection methods

The following disinfection methods of buds were applied: (A) – 5 min. in 70% ethanol, rinsed three times in sterile distilled water; (B) – 5 min. in 2.5% Ca (ClO)₂, rinsed four times in sterile distilled water; (C) – 15 sec. in 70% ethanol, 5 min. in 2.5% Ca (ClO)₂, rinsed five times in sterile distilled water.

The influence of the medium on androgenesis induction

Anther cultures were induced according to the methodology elaborated for carrot in Institute of Vegetable Crops (Górecka et al. 2005). Anthers from buds of 9 – 8 mm length were placed on the media solidified with agar 6 g L⁻¹ on the basis of: modified B₅ medium with increased to 750 mg L⁻¹ content of CaCl₂ and supplemented with 0.1 mg L⁻¹ 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D), 0.1 mg L⁻¹ 1-Naphthaleneacetic acid (NAA) and 100 g L⁻¹ of sucrose (B5-I medium); N6 medium (Chu et al. 1975) with the addition of 0.1 mg L⁻¹ 2,4-D and Cm medium with the addition of kinetin and 2,4-D (2 mg L⁻¹ each) (Sibi et al. 1979); the amount of 30 g L⁻¹ sucrose was added to the last two media. The pH of the prepared media was adjusted to 5,8. Additionally, we investigated the effect of 5 mg L⁻¹ Thidiazuron (TDZ) and 1 mg L⁻¹ NAA in modified B₅ medium (B5-II medium) and also the influence of 5 mg L⁻¹ AgNO₃ in both tested media – B5-I and B5-II, used for androgenesis induction. Flasks with anthers were placed in the dark at +35°C. After 8 days flasks were exposed to continuous light with an intensity of 30 μmol·m⁻²·s⁻¹ (16/8 hours of light photoperiod) while maintaining the temperature of +25°C (Ercan and Sensoy 2011).

The influence of the genotype on the efficiency of androgenesis

In experiments analysing the impact of the genotype, anthers of 18 breeding lines were placed on medium on the basis of B5 (Gamborg

et al. 1968) containing 5 mg L⁻¹ TDZ and 1 mg L⁻¹ NAA. The amount of 30 g L⁻¹ sucrose was added to the last two media. The pH of the prepared media was adjusted to 5,8. Initiated cultures were conducted in the same way as the next experiment. In which anthers from buds of 9 – 8 mm length were placed in flasks containing tested media. Next the anthers were placed in the dark at +35°C. After 8 days flasks were exposed to continuous light with an intensity of 30 μmol·m⁻²·s⁻¹ (16/8 hours of light photoperiod), while maintaining the temperature of +25°C until the embryos appeared.

The effect of thermal shock

The impact of low temperature on the androgenesis efficiency from anther cultures was examined on B5-I medium. Flasks with anthers were subjected to the following time and temperature algorithms: –1.+4°C for 24 h; 2. + 4°C for 48 h; 3. + 10°C for 24 h; 4. + 10°C for 48 h. The controls were flasks with anthers, which were placed in standard conditions described in the above experiment.

Statistical analyses

Each flask contained 48 anthers. The individual flask was counted as a repetition. The number of repetitions in each experiment ranged from 10 to 15 flasks and depended on genotype and the availability of anthers in a given season. The obtained data were analysed using multivariate ANOVA (MANOVA), nonparametric analyses, such as Kruskal–Wallis at an adopted level of significance of $\alpha = 0.05$. Statistical analyses were performed using the Statistica 8.0 software package for Windows (Statsoft Inc., Tulsa, OK).

Results

Studies on the course of microsporogenesis

During the analysis of the correlation between the length of the buds and the course of microsporogenesis it was established that the most of all microspores in the polarized phase (68%) was found in buds with a length of 9 mm, while 82% of binuclear pollen grains in the early phase was located in buds with a length of 8 mm (Tab.1).

Disinfection methods

The highest percentage of clean cultures was obtained with the use of the B disinfection method, which had a translation into the largest number of anther-derived calli from all tested disinfection methods. In conversion to 100 plated anthers 51.05 of anther-derived calli were obtained. While the lowest number was obtained using C disinfection

method (7.32 on 100 plated anthers). The highest percentage of contaminated anthers was obtained after the application of A disinfection method, 11.30 on 100 plated anthers were obtained (Tab. 2).

Table 1
The haploid cells at particular development phases in respect of the different length of anthers of breeding line No. 44

Anther length (mm)	Development phase										
	Tetradetes		microspores				binuclear pollen grains				
			early		late		early		late		
	No	%	No	%	No	%	No	%	No	%	
5	36	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	27	100	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	37	88	5	12	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	18	82	4	18	18
9	0	0	0	0	34	68	16	32	0	0	0

Table 2
The efficiency of three disinfection methods of flower buds before establishing anther cultures of tomato

Disinfection method	Number of plated anthers	% of contaminated anthers	The number of	
			obtained calli	calli/per 100 anthers
A	2145	20.90	242	11.30b*
B	429	7.20	219	51.05a
C	560	13.20	41	7.32b

* Combinations located in the same homogeneous group (with the same letter) do not differ statistically at a significance level of $\alpha = 0.05$. Kruskal-Wallis test

Table 6
The influence of the genotype of 18 breeding lines on androgenesis efficiency in anther cultures of tomato

No.	Breeding line	The number of		
		plated anthers	obtained anther-derived callus	anther-derived callus/per 100 anthers
1	2	70	5	7.14b*
2	3	74	4	5.40b
3	4	76	8	10.53b
4	9	74	12	16.21b
5	11	73	2	2.74b
6	13	73	4	5.48b
7	16	79	10	12.66b
8	18	67	2	2.98b
9	43	76	193	253.94a
10	8	67	0	0.00c
11	10	67	0	0.00c
12	14	67	0	0.00c
13	15	84	0	0.00c
14	17	84	0	0.00c
15	22	77	0	0.00c
16	29	74	0	0.00c
17	41	73	0	0.00c
18	42	73	0	0.00c

*Combinations located in the same homogeneous group (with the same letter) do not differ statistically at a significance level of $\alpha = 0.05$. Kruskal-Wallis test

The influence of the genotype

The most of all anther-derived callus among all tested lines was obtained in line No. 43 (253.94 of anther-derived callus/per 100 anthers) (Fig. 1). The least, that is 2.74 of anther-derived callus/per 100 anthers, was obtained in the line No. 11. Anther-derived callus was not obtained in 9 from among all 18 tested breeding lines (Tab. 6).

The influence of the medium on androgenesis induction

Three different media were tested in the first stage of the studies. The highest number, that is 11,3 of anther-derived callus per 100 anthers, was obtained using B5-I-100 medium, while only 0.05 of anther-derived callus per 100 anthers was received on N6-1 medium. Whereas androgenesis was not successfully induced on the third tested medium (Tab. 3). In the second experiment, the addition of TDZ and NAA to the B5 medium (B5-II medium) resulted in the increased number of anther-derived callus. On this medium, 15 of anther-derived callus per 100 plated anthers were obtained. Whereas 9.8 of anther-derived

callus per 100 anthers were obtained on B5-I-100 medium (Tab. 4). In the following experiment, the addition of AgNO_3 to B5-I-100 did not increase the number of obtained anther-derived callus. On the medium without this component, 0.3 calli per 100 plated anthers was obtained while 0.2 of anther-derived callus per 100 anthers was obtained on the medium with the addition of this component. While AgNO_3 was added to the B5-II medium, the highest number of callus was obtained, i.e. 0.5 calli per 100 plated anthers. While 0.4 of anther-derived callus per 100 anthers was obtained on the medium without this component (Tab. 5).

The effect of thermal shock

In the experiment on the influence of the thermal shock, the highest number of anther-derived callus (16.7) per 100 plated anthers were obtained when anthers were placed in the temperature of $+4^\circ\text{C}$ for 48 h. The least effective conditions, in which anthers were placed, were 48 h in the temperature of $+10^\circ\text{C}$ where 5.0 of anther-derived callus were obtained per 100 plated anthers (Tab. 7).

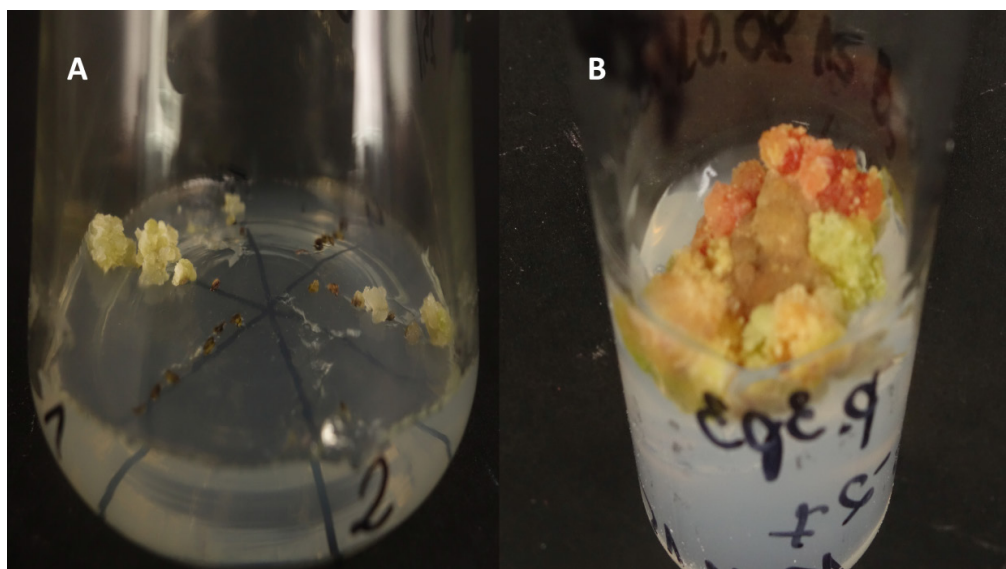


Fig.1 Anther culture of tomato: A – anther-derived callus, B – proliferating anther-derived callus in the test tube

Table 3

The influence of the medium on androgenesis efficiency in tomato line No. 44

Medium	The number of		
	plated anthers	obtained anther-derived callus	anther-derived callus/per 100 anthers
¹ B5-I	2145	242	11.30a*
² N6-I	1914	1	0.05b
³ Cm	1142	0	0.00c

¹B5-I medium contained: 0.1 mg L⁻¹ 2,4-D and 0.1 mg L⁻¹ NAA

²N6-I medium contained: 0.1 mg L⁻¹ 2,4-D

³Cm medium contained: 2.0 mg L⁻¹ 2,4-D and 2.0 mg L⁻¹ kinetin

* Combinations located in the same homogeneous group (with the same letter) do not differ statistically at a significance level of $\alpha = 0.05$. Kruskal-Wallis test

Table 4

The influence of two combinations of various phytohormones on the efficiency of androgenesis in tomato line No. 44 in the first season.

Medium	The number of		
	plated anthers	obtained anther-derived callus	anther-derived callus/per 100 anthers
¹ B5-I	174	17	9.80a*
² B5-II	180	27	15.00a

*Combinations located in the same homogeneous group (with the same letter) do not differ statistically at a significance level of $\alpha = 0.05$. Kruskal-Wallis test

¹ B5-I medium contained: 0.1 mg L⁻¹ 2,4-D and 0.1 mg L⁻¹ NAA

² B5-II medium with: 5 mg L⁻¹ TDZ and 1 mg L⁻¹ NAA

Table 5

The influence of AgNO₃ in various combinations of B5 medium on androgenesis efficiency in tomato line No. 44 in the second season

Medium	The number of		
	plated anthers	obtained anther-derived callus	anther-derived callus/per 100 anthers
B5-I	682	2	0.30a*
B5-I+AgNO ₃	647	1	0.15b
B5-II	757	3	0.40a
B5-II-Ag NO ₃	599	3	0.50a

*Combinations located in the same homogeneous group (with the same letter) do not differ statistically at a significance level of $\alpha = 0.05$. Kruskal-Wallis test

Table 7

The influence of the application of thermal shock on the efficiency of anther cultures of tomato breeding line no. 4081

Thermal shock	The number of		
	anthers	anther-derived callus	anther-derived callus/per 100 anthers
Control	60	6	10.00a
24 h +4°C	60	7	11.70a
48 h +4°C	60	10	16.70a
24 h +10°C	60	9	15.00a
48 h 10°C	60	3	5.00b

*Combinations located in the same homogeneous group (with the same letter) do not differ statistically at a significance level of $\alpha = 0.05$. Kruskal-Wallis test

Discussion

According to the literature data, the most suitable for androgenesis induction in crop plants are microspores in the late phase or early-bicellular pollen grain (Kiszczak et al. 2005, Dubas et al. 2010, Soriano et al., 2013). Many authors indicate, that the bud length is a good morphological indicator of microspore development phases and thus it can be considered as a valid marker of anther usability for anther cultures (Moraes et al., 2008, Parra-Vega et al., 2013). Julião et al. (2015) with the use of flow cytometer confirmed a correlation between the microspore development phases in tomato anthers and the length of the bud, in which they were located. Jaramillo (1988) indicated, on the basis of the literature data, the correlation between the bud length and the length of the anthers located inside. Author observed over 50% of microspores in the mononuclear phase in anthers with a length of 1,6 mm, which corresponds with buds with the length of approximately 3 mm. The observations were made with the use of the direct cytological method. The same method was applied in our studies, where over 50% of microspores in the desirable phase were observed in the buds with the length of 8–9 mm. In presented work, in buds with the length of 8 mm was more than 80% of bicellular pollen.. Previously, Seguí-Simarro and Nuez (2007) and also Asoliman et al. (2007) demonstrated the differences in the course of microsporogenesis in buds of the same length between cultivars. Julião et al. (2015), with the use of indirect cytological method that is flow cytometry, confirmed this fact for the length of the tomato buds. Depending on the cultivar, the optimal length of the bud was in the range of 1–6 mm. Buds collected directly from the plant, as every type of explants introducing to the *in vitro* cultures, must be subjected to the disinfection process. This stage, as described by Kouakou et al. (2015), is a great challenge for obtaining the aseptic cultures of all plant species. In our experiments, aseptic cultures were obtained in case of all tested methods of bud disinfection. The combination of 70% ethanol with the disinfection in the sodium hypochlorite was applied successfully by various authors (Jaramillo 1988., Zagorska et al., 2004). Julião et al. (2015) used 1% calcium hypochlorite solution combined with the former disinfection in 70% ethanol. The lower androgenesis efficiency was obtained by using ethanol combined with calcium hypochlorite in comparison to the method, where only 2.5% calcium hypochlorite solution was applied, which constitute a progress in the procedure preparation. Successful sterilization allowed to establish

the experiment, in which the influence of the genotype on androgenesis efficiency was analysed. The studies conducted by Zagorska and coauthors (1998) clearly indicate that the genotype is the very important factor determining the induction of androgenesis. In their experiments, androgenic callus was obtained in 53 from among 85 genotypes used in the studies. In the presented studies, callus was obtained in 9 breeding lines, which is a half of the 18 lines used in our experiments. Shtereva and Atanassova (2001) were able to induce embryogenesis in all wild mutants of tomato, but the efficiency of this process was different depending on the genotype. Similarly to our studies, 253.94 callus structures per 100 anthers were obtained in the most embryogenic line no. 43, while only 2.74 were observed in the less embryogenic breeding line. The influence of the genotype in our studies was determined with the use of the medium on the basis of the B5 with the addition of 100 g L⁻¹sucrose (B5-1), Shtereva et al. (1998) did not include this medium in their studies. Authors analysed media on the basis of N6, LS (Linsmaier and Skoog 1965), DYI (Gresshoff and Doy 1974) and MS (Murashige and Skoog 1962). The most effective in their studies proved to be the media on the basis of MS, whereas the efficiency of applying N6 media was not given. In our studies, the N6 medium proved to be the less effective in comparison to the B5 medium. In 2007, Seguí-Simarro i Nuez applied NLN medium for androgenesis induction in tomato, while Corral-Martínez et al. (2011) used MS medium. All above-mentioned authors obtained homogeneous androgenic calli on anthers. Therefore, the comparison of the efficiency of our androgenic cultures with the results given by other authors, who present only the percentage share of anthers generating the callus, is inadequate. The efficiency of the best medium (B5) in our experiments is higher in comparison to the media applied by Shtereva et al. (1998), Seguí-Simarro (2007), Corral-Martínez et al. (2011).

On our third tested media (Cm) androgenic callus was not obtained, while Sibi et al. (1979) obtained androgenic embryos on this medium in pepper that belong to the same family as tomato. Plant growth regulators perform an important role in the culture media, including TDZ and NAA. Not many literature reports on the application of TDZ for androgenesis induction were found. Only few reports relate to the application of this cytokinin in the process of somatic embryogenesis. Kaparakis and Alderson (2003) used TDZ for the induction of somatic embryogenesis in tomato seedlings. Authors

demonstrated that TDZ negatively affected this process. However, somatic

embryogenesis due to the principal reasons, that is the formation of embryo or callus by somatic cell divisions, is the different process from gametic, where embryos are formed by a change in the development path of the gametic cell in generative line. The positive effect of TDZ on the androgenesis in pepper, that is the same representative of the family as tomato, was noted by Khan et al. (2006) in their studies. Also in our studies the application of this cytokinin in the induction medium allowed to obtain a higher number of androgenic callus structures of tomato. It has to be noted, that TDZ in the concentration of 5 mg L⁻¹ was added in the combination with 1 mg L⁻¹ NAA. Previously, the same concentration of NAA in the medium was applied by Brasileiro et al. 1999, who demonstrated the positive effect of NAA on the quantity of the androgenic callus in tomato. Whereas, the highest number of androgenic callus was obtained by Asoliman et al. (2007) with the application of 0.5 mg L⁻¹ NAA in anther cultures. Also in pepper, androgenesis was successfully induced by the addition of NAA (Cheng et al. 2013). Authors determined that the significantly lower concentration of 0.2 mg L⁻¹ NAA was the most effective. Also another component, AgNO₃ was used in the studies on androgenesis in pepper (Buyukalaca et al. 2004, Nowaczyk et al. 2006, Popova et al. 2016). Whereas, in 2007 only Seguí-Simarro and Nuez successfully applied silver nitrate for the induction of androgenic callus on the medium for the preculture of tomato anthers. In our experiments on the effect of the silver nitrate on the number of generating callus structures of tomato, we obtained results that indicate its positive effect in medium containing also above-mentioned plant growth regulators. In the previous season, the higher number of anther-derived callus was obtained during the studies concerning the effect of only TDZ and NAA on the efficiency of androgenesis process. Therefore, such inconclusive results can enrich the literature data on the application of AgNO₃, however the studies on this topic require further examination.

The efficiency of androgenesis can be elevated by the selection of the optimal thermal shock parameters. Shtereva et al. (1998) in their studies showed a positive influence of low temperature (+4°C) applied for 48h on the anther cultures of tomato. However, authors applied this stress with the combination of gamma radiation. In presented studies, also the same algorithms of temperature and time proved to be the most effective among

all tested variants. Popova et al. (2016) examined the effect of low temperature shock on the efficiency of androgenesis in pepper anther cultures by placing anthers also in +4°C for 24 or 48 h. Authors obtained the highest efficiency in the control conditions, where low temperature was not applied. In our studies, the lowest efficiency was observed in the control conditions in comparison to the above-mentioned temperature conditions. Noteworthy also the high number of anther-derived callus were obtained after applying the temperature of +10°C for 24 h. The high androgenesis efficiency obtained after applying this variant of low temperature treatment allows this algorithm to be recommended for the induction of androgenesis in anther cultures of tomato.

Conclusions

1. Length of the bud is a good indicator for determining the developmental phases of tomato microspores.
2. The most effective sterilization method is the application of 2.5% Ca (ClO)₂ for 5 min., next rinsing four times in sterile distilled water.
3. The genotype is the primary factor determining the ability of plants to induce androgenesis in tomato.
4. A high factor of induction of androgenesis in tomato is obtained on B5 medium containing 750 mg L⁻¹ calcium chloride and 100 g L⁻¹ sucrose.
5. The addition of 5 mg L⁻¹ TDZ, 1 mg L⁻¹ NAA and 5 mg L⁻¹ AgNO₃ to the B5 medium increases the efficiency of androgenesis.
6. The cooling process of anthers for 2 days in +4°C increase the efficiency of androgenesis in tomato.

References

- Asoliman, S.S., T.A. Ismail, M.A. Zaki and E.S. Amer, (2007). Genetisc studies on tomato anther culture. Factors affecting induction of androgenesis in tomato anther culture. *African Crop Science Conference Proceedings* 8:759–768.
- Bal, U., Abak K. (2007). Haploidy in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.): a critical review. *Euphytica* 158:1–9.
- Brasileiro, A.C.R., Willadino, L., Carvalheira G.G., Guerra, M. (1999). Callus induction and plant regeneration of tomato (*Lycopersicon esculentum* CV. IPA 5) via anther culture. *Ciência Rural* 29 (4): 619–623.
- Buyukalaca, S., Comlekcioglu N., Abak K., Ekbic E., Kilic, N. (2004). Effects of silver nitrate and donor plant growing conditions on production of pepper (*Capsicum annum* L.) ha-ploid embryos via anther culture. *Eur. J. Hortic. Sci.* 69 (5): 206–209.

- Cheng, Y., Ma R., Jiao Y., Qiao N., Li, T. (2013). Impact of genotype, plant growth regulators and activated charcoal on embryogenesis induction in microspore culture of pepper (*Capsicum annuum* L.). *S. Afr. J. Bot.* 88:306–309.
- Chu, C.C., Wang C.C., Sun C.S., Hsu K.C., Yin K.C., Chu C.Y., Bi, F.Y. (1975). Establishment of an efficient medium for anther culture of rice through comparative experiments on the nitrogen sources. *Sci. Sin.* 18:659–668.
- Corral-Martínez, P., Nuez, F., Seguí-Simarro, J.M. (2011). Genetic, quantitative and micro-scopic evidence for fusion of haploid nuclei and growth of somatic calli in cultured ms10³⁵tomato anthers. *Euphytica* 178:215–228.
- Dubas, E., Wędzony M., Petrovska B., Salaj J., Žur, I. (2010). Ercan Cell structural reorganization during induction of androgenesis in isolated microspore cultures of *triticales* (\times *Triticosecale* WITTM.). *Acta Biol. Cracov. Bot.* 52/1:73–86.
- Dunwell, J.M. 1 (1985). Haploid cell cultures. In *Plant cell culture: A practical approach*. R.A. Dixon (Eds.), IRL Press Ltd., Boca Raton, FL. 21–36
- Ercan, N., Sensoy, F.A. (2011). Androgenic responses of different pepper (*Capsicum annuum* L.) *Biyoloji Bilimleri Arastirma*. Dergisi 4 (2): 59–61.
- Gamborg, O.L., Miller R.A., Ojima, K. (1968). Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. *Exp. Cell Res.* 50:148–151.
- Górecka, K., Krzyżanowska D., Kiszczak W., Górecki, R. (2005). Embryo induction in anther culture of *Daucus carota* L. *Veg. Crop. Res. Bull.* 63:25–32.
- Gresshoff, P.M., Doy, C.H. (1974). Development and differentiation of haploid *Lycopersicon esculentum* (tomato). *Planta* 107:161–170.
- Heberle-Bors, E., Reinert, J. (1979). Androgenesis in isolated pollen cultures of *Nicotiana tabacum*: Dependence upon pollen development. *Protoplasma* 99 (3): 237–245.
- Jaramillo, J. (1988). Anther culture in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) callus and plantlet production studies. Retrospectives theses and dissertation. Iowa State University pp: 1–225.
- Jaramillo, J., Summers, W. (1990). Tomato anther callus production: Solidifying agent and concentration influence induction of callus. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 115:1047–1050.
- Julião, S.A., Carvalho, C.R., Silva, T.C.R., Koehler, A.D. (2015). Multiploidy occurrence in tomato calli from anther culture. *Afr. J. Biotechnol.* 14 (40): 2846–2855.
- Kaparakis, G., Alderson, P.G. (2003). Influence of high concentrations of cytokinins on the production of somatic embryos by germinating seeds of tomato, aubergine and pepper. *J. Hort. Sci. Biotech.* 77 (2): 86–190.
- Khan, H., Siddique, I., Anis, M. (2006). Thidiazuron induced somatic embryogenesis and plant regeneration in *Capsicum annuum*. *Biol. Plant.* 50 (4): 789–792.
- Kiszczak, W., Górecka, K., Krzyżanowska, D., Kowalska, U. (2005). Size of flower buds in carrot (*Daucus carota* L.) as an indicator of a stage of microspore-genesis and its suitability for induction of androgenesis. *Veg. Crop. Res. Bull.* 62:81–90.
- Kouakou, L., Doubi, T.S., Koffi, K.K., Kouassi, K.I., Kouakou, T.H., Baudoin, J.P., Zoro bi, I.A. (2015). Androgenic potential and anther *in vitro* culture of *Lagenaria sicaria* (Molina) Standl an edible-seed cucurbit. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4:1779–1789.
- Linsmaier, E.M., Skoog, F. (1965). Organic growth factor requirements of tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 18:100–127.
- Moraes, A.P., Bered, F., Carvalho, F.I.F., Kaltchuk-Santos, E. (2008). Morphological markers for microspore developmental stage in maize. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 51 (5): 911–916.
- Murashige, T., Skoog, F.A., 1962 Revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15: 473–497.
- Nowaczyk, P., Kisiała, A., Olszewska, D. (2006). Induced androgenesis of *Capsicum frutescens* L. *Acta Physiol. Plant.* 28 (1): 35–39.
- Parra-Vega, V., Gonzalez-Garcia, B., Seguí-Simarro, J.M. (2013). Morphological markers to correlate bud and anther development with microsporogenesis and microgametogenesis in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Acta Physiol. Plant.* 35:627–633.
- Popova, T., Grozeva, S., Todorova, V., Stankova, G., Anachkov, N., Rodeva, V. (2016). Effects of low temperature, genotype and culture media on *in vitro* androgenic answer of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Acta Physiol. Plant.* 38:273–282.
- Seguí-Simarro, J.M., Nuez, F. (2007). Embryogenesis induction, callogenesis, and plant regeneration by *in vitro* culture of tomato isolated microspores and whole anthers. *J. Exp. Bot.* 58 (5): 1119–1132.
- Seguí-Simarro, J.M., Corral-Martínez, P., Parra-Vega, V., Gonzales-García, B. (2011) Androgenesis in recalcitrant *solanaceous* crops. *Plant Cell Rep.* 30:765–778.
- Shariatpanahi, M.E., Bal, U., Heberle-Bors, E., Touraev, A. (2006). Stresses applied for the reprogramming of plant microspores towards *in vitro* embryogenesis. *Physiol. Plant.* 127:519–534.
- Sharp, W. R., Dougall D. K., Paddock, E. F. (1971) Haploid plantlets and callus from immature pollen grains of *Nicotiana* and *Lycopersicon*. *Bull. Torrey bot. Club*, 98: 219–222.
- Shtereva, L.A., Zagorska, N.A., Dimitrov, B.D., Kruleva M.M., Oanh, H.K. (1998). Induced androgenesis in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) II. Factors affecting induction of androgenesis. *Plant Cell Rep.* 4:312–317.
- Shtereva, L., Atanassova, B. (2001). Callus induction and plant regeneration via anther culture in mutant tomato

- (*Lycopersicon esculentum* Mill.) lines with anther abnormalities. *Isr. J. Plant Sci.* 49 (3): 203–208.
- Sibi, M., Vaulx R.D., Chambonnet, D. (1979). Obtaining haploid plants by *in vitro* androgenesis in red pepper (*Capsicum annuum* L.). *Annales de l'Amelioration des Plantes*, 29:583–606.
- Soriano, M., Li H., Boutilier, K. (2013). Microspore embryogenesis: establishment of embryo identity and pattern in culture. *Plant Reprod.* 26:181–196.
- Summers, W.L., Jaramillo J., Bailey, T. (1992). Microspore developmental stage and anther length influence the induction of tomato anther callus. *Hortic. Sci.* 7:838–840.
- Wang, M., van Bergen S., Duijn, B. (2000). Insights into a key developmental switch and its importance for efficient plant breeding. *Plant Physiol.* 124:523–530.
- Zagorska, N.A., Shtereva, A., Dimitrov, B.D., Kruleva, M.M. (1998). Induced androgenesis in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Influence of genotype on androgenetic ability. *Plant Cell Rep.* 17: 968–973.
- Zagorska, N.A., Shtereva, L.A., Kruleva, M.M., V.G. Sotirova, D.L. Baralieva and B.D. Dimitrov. (2004). Induced androgenesis in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Characterization of the regenerants. *Plant Cell Rep.* 22:449–456.
- Zamir, D., Kedar, J.N. (1980). Anther culture of male-sterile tomato (*Lycopersicon-Esculentum* MILL) mutants. *Plant. Sci. Lett.* 17 (3): 353–361.

Analiza stabilności i szerokiej adaptacji plonu ogólnego bulw odmian ziemniaka uprawianych na glebie lekkiej

Analysis of stability and wide adaptation of total tuber yield of potato varieties grown on light soil

Joanna Jankowska[✉], Milena Pietraszko[✉]

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział w Jadwisinie,
ul. Szaniawskiego 15, Jadwisin 05–140,
✉ e-mail: j.jankowska@ihar.edu.pl

The aim of the study was to assess the agricultural stability and the degree of wide adaptation of the total tuber yield of potato varieties grown in the years 2014–2017. For the analysis, 34 potato cultivars of different maturity groups of different uses were selected. The application was made using the AMMI model. Measures were used to evaluate the wide adaptation: superiority measure P_p , Eskridge's yield reliability measure R_i and a measure of Kang stability YS_i . For the analyzed parameters, significant differences between years, varieties and genotype \times year interaction were shown. Agriculturally stable varieties were obtained: seven in the total tuber yield. The ranking of varieties made it possible to conclude that the highest degree of wide adaptation in terms of the total yield was shown by the varieties: Mondeo, Ignacy, Gwiazda, Denar, Michalina and Lord.

Key words: genotype \times year interaction, potato, stability, total tuber yield

Celem badań była ocena stabilności rolniczej i stopnia szerokiej adaptacji plonu ogólnego bulw odmian ziemniaka uprawianych w latach 2014–2017 w centralnej Polsce (IHAR-PIB Oddział w Jadwisinie). Do analizy wytypowano 34 odmiany ziemniaka różnych grup wczesności o różnym przeznaczeniu. Wnioskowanie wykonano stosując model AMMI. Do oceny szerokiej adaptacji wykorzystano miary: nadrzędności plonowania P_p , miarę niezawodności przewagi plonowania R_i (tzw. miarę Eskridge'a) oraz miarę stabilności Kanga YS_i . Dla analizowanych parametrów wykazano istotne różnice pomiędzy latami, odmianami oraz interakcją genotyp \times rok. Wyłoniono siedem odmian ziemniaka plonujących stabilnie. Ranking odmian pozwolił na stwierdzenie, że największy stopień szerokiej adaptacji pod względem plonu ogólnego wykazały odmiany: Mondeo, Ignacy, Gwiazda, Denar, Michalina i Lord.

Słowa kluczowe: interakcja genotyp \times rok, ziemniak, stabilność, plon ogólny bulw

Producenci ziemniaka potrzebują odmian o wysokim potencjale plonotwórczym, odpornych na choroby oraz plonu o wysokiej jakości bulw. Plon jest jedną z najbardziej złożonych cech ziemniaka i zależy od uwarunkowanego genetycznie potencjału plonotwórczego odmiany oraz od jej reakcji na warunki środowiskowe. Dlatego też w analizie wyników doświadczeń odmianowych najbardziej interesująca, z punktu widzenia oceny stabilności i zdolności adaptacyjnej, jest interakcja genotypowo-środowiskowa (G \times E). Zróżnicowane reakcje roślin na czynniki środowiskowe, takie jak temperatura, wilgotność, gleba, obserwowane w różnych miejscach i latach wynikają z interakcji zachodzącej pomiędzy genotypem i środowiskiem. Wyniki tej interakcji stanowią bardzo ważną informację o odmianie zarówno dla hodowców ziemniaka jak i rolników. Dają wiedzę o zachowaniu się odmian oraz ich

reakcji na polepszenie lub pogorszenie warunków uprawy [Caliński 1967; Mądry i in. 2010]. Za najbardziej pożądane w hodowli, a później w uprawie, uważa się odmiany stabilne, o szerokiej zdolności adaptacyjnej, plonujące stosunkowo wysoko niezależnie od warunków. Wyniki oceny stabilności plonowania pozwoliłyby na wiarygodną rekomendację odmian do uprawy. Wskazanie odmian ziemniaka najlepiej plonujących w zróżnicowanych warunkach pogodowych czy siedliskowych, mogłoby stanowić uzupełnienie badań porejestrowych prowadzonych przez COBORU (Centralny Ośrodek Badań Odmian Roślin Uprawnych), na podstawie których aktualnie tworzona jest Lista odmian zalecanych do uprawy na obszarze województwa.

W literaturze dotyczącej stabilności odmian można spotkać dwie normy stabilności: stabilność w sensie biologicznym oraz stabilność

w sensie rolniczym [Becker, Leon 1988; Galek i in. 2000]. Genotyp względem danej cechy jest stabilny w sensie biologicznym, jeżeli średnia wartość cechy nie zmienia się w różnych środowiskach. Stabilność w sensie rolniczym oznacza, że średnia wartość cechy zmienia się proporcjonalnie do przeciętnej reakcji w różnych środowiskach. Przeciętna reakcja jest określana za pomocą średnich środowiskowych dla danej cechy [Becker, Leon 1988; Galek i in. 2000; Mądry, Rajfura 2003].

Metody statystyczne pozwalające ocenić stabilność odmian opierają się na modelach, stanowiących różne rozwinięcia modelu stałego i mieszanego jednozmienniej analizy wariancji dla dwukierunkowej klasyfikacji krzyżowej z interakcją [Bombik i in. 2003]. W ostatnich latach rozwinięto wykorzystanie modelu AMMI oraz biplotów typu GGE [Yan i in. 2007; Padarewski, Mądry 2012]. Coraz częściej w opracowaniach dotyczących badania interakcji odmian ze środowiskiem spotyka się ocenę ich stopnia szerokiej adaptacji. Według Iwańskiej i in. [2008], szeroką adaptacją odmiany określamy zdolność odmiany do relatywnie wysokiej produktywności, wyrażonej zdolnością do tworzenia plonu na relatywnie wysokim poziomie w zmiennych warunkach środowiskowych rejonu, lat lub systemów uprawy. Opracowano wiele metod i towarzyszących im miar statystycznych do analizy szerokiej adaptacji odmian m. in.: miara nadrzędności plonowania P_i [Lin, Binns 1988], miara niezawodności przewagi plonowania R_i [Eskridge, Mumm 1992], miara stabilności Kanga YS_i [Kang 1993]. Obok stabilności, szeroka adaptacja odmiany do określonych warunków wydaje się być ważnym atrybutem rolniczym gatunków uprawnych, dlatego wymaga poszukiwania jak najlepszych metod jej oceny. Wykorzystania powyższych metod nie odnajduje się w literaturze związanej z cechami ziemniaka, w związku z czym podjęto próbę zastosowania ich i oceny w niniejszej pracy.

Celem badań była ocena stabilności rolniczej i stopnia szerokiej adaptacji plonu ogólnego bulw odmian ziemniaka uprawianych w zróżnicowanych warunkach pogodowych analizowanych lat, z zastosowaniem modelu AMMI, miary nadrzędności plonowania P_i , miary niezawodności przewagi plonowania R_i i miary stabilności Kanga YS_i . Warunki pogodowe analizowanych lat traktowano jako środowiska (środowisko = rok).

Materiały i Metody

Badania polowe

Badania przeprowadzono w latach 2014-2017 w centralnej Polsce, w IHAR-PIB Oddział

w Jadwisinie (52°45' N, 21°63' E). W badaniu uwzględniono 23 odmiany jadalne ziemniaka oraz 11 odmian skrobiowych należących do różnych grup wczesności (tab. 1). W poszczególnych latach badań uprawiano różną liczbę odmian, od 31 do 33. Wszystkie badane odmiany były wpisane do Krajowego Rejestru Odmian Ziemniaka, dwie z analizowanych odmian Mondeo i Syrena zostały wykreślone z rejestru w 2018 roku [Nowacki i in. 2019]

Doświadczenia zakładano metodą losowanych bloków w trzech powtórzeniach. Badania przeprowadzono na glebie lekkiej, o składzie granulometrycznym piasku gliniastego [PTG 2009]. Gleba w poszczególnych latach badań charakteryzowała się odczynem kwaśnym, wysoką zasobnością w przyswajalny fosfor, średnią w potas i średnią do niskiej w magnez (tab. 2).

Nawożenie organiczne pod ziemniaki stanowiła słoma pszenna w dawce 4-5 t·ha⁻¹ przyorywana po żniwach podorywką z dodatkiem azotu mineralnego (1 kg N na 100 kg słomy) oraz zielona masa międzyplonu ścierniskowego z gorczycy białej w dawce 15-16 t·ha⁻¹ przyorywana jesienią orką przedzimową. Nawożenie mineralne fosforem i potasem stosowano w oparciu o zasobność gleby w przyswajalne formy tych składników. Każdego roku jesienią przed wykonaniem orki przedzimowej stosowano 17,5 kg P·ha⁻¹ (superfosfat wzbogacony – 17,4% P) i 99,6 kg K·ha⁻¹ (sól potasowa – 49,8% K). Nawożenie mineralne azotem (saletrzak – 27% N) stosowano wiosną bezpośrednio przed sadzeniem bulw do dawki 100 kg N·ha⁻¹. Chwasty niszczone stosując do wschodów roślin ziemniaka dwukrotnie obsypnik z łańcuchami. Bezpośrednio przed wschodami, po ostatnim obredleniu, zastosowano Linurex 500 SC w dawce 2 l·ha⁻¹, a po wschodach roślin ziemniaka Titus 25 WG w dawce 60 g·ha⁻¹. W okresie wegetacji 4 krotnie przeprowadzono zabiegi ochronne przeciwko zarazie ziemniaka (2 x Ridomil Gold MZ 67,8 WG – 2,5 kg·ha⁻¹; Pyton Consento 450 SC – 2 l·ha⁻¹; Revus 250 SC – 0,6 l·ha⁻¹) oraz 3 krotnie zwalczające stonkę ziemniaczaną (Actara 25 WG – 70 g·ha⁻¹; Apacz 50 WG – 40 g·ha⁻¹; SpinTor 240 SC – 0,15 l·ha⁻¹). Ziemniaki sadzono ręcznie w III dekadzie kwietnia w rozstawie 75x33 cm, a zbierano w III dekadzie września. Powierzchnia poletka wynosiła 14,85 m², a liczba roślin do zbioru 60. Zbiory bulw przeprowadzono po uzyskaniu pełni dojrzałości roślin, w fazie rozwoju 97-99 w skali BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical Industry) [Klingauf 2001; Bleinholder i in. 2005]. Podczas zbiorów oceniano wielkość uzyskanego plonu

Tabela 1

Table 1

Lista odmian ziemniaka uwzględnionych w doświadczeniu

List of potato cultivars chosen for the investigation

Odmiana Cultivar	Grupa wczesności Maturity grup	Użytkowanie Use	Rok rejestracji Year of registration	Właściciel/hdowca Owner/breeder	Kraj Country
Denar	bardzo wczesne very early	jadalne/table	1999	HZ Zamarte	PL
Impalla		jadalne/table	2003	Agrico	NL
Lord		jadalne/table	1999	HZ Zamarte	PL
Milek		jadalne/table	2006	HZ Zamarte	PL
Riviera		jadalne/table	1999	Europlant	DE
Viviana		jadalne/table	2010	Europlant	DE
Altesse	wczesne early	jadalne/table	2009	PMHZ Strzekęcino	PL
Bellarosa		jadalne/table	2006	Europlant	DE
Gwiazda		jadalne/table	2011	HZ Zamarte	PL
Ignacy		jadalne/table	2012	PMHZ Strzekęcino	PL
Michalina		jadalne/table	2010	HZ Zamarte	PL
Owacja		jadalne/table	2006	PMHZ Strzekęcino	PL
Vineta		jadalne/table	1999	Europlant	DE
Boryna	średnio wczesne medium early	skrobiowe/starch	2012	PMHZ Strzekęcino	PL
Finezja		jadalne/table	2007	HZ Zamarte	PL
Głada		skrobiowe/starch	1994	PMHZ Strzekęcino	PL
Harpun		skrobiowe/starch	1993	PMHZ Strzekęcino	PL
Honorata		jadalne/table	2012	Europlant	DE
Jubilat		skrobiowe/starch	2011	PMHZ Strzekęcino	PL
Kaszub		skrobiowe/starch	2012	PMHZ Strzekęcino	PL
Laskara		jadalne/table	2013	PMHZ Strzekęcino	PL
Malaga		jadalne/table	2013	HZ Zamarte	PL
Oberon		jadalne/table	2012	HZ Zamarte	PL
Pasat		skrobiowe/starch	2002	PMHZ Strzekęcino	PL
Satina		jadalne/table	2000	Solana	DE
Tajfun		jadalne/table	2004	PMHZ Strzekęcino	PL
Zuzanna		skrobiowe/starch	2012	Europlant	DE
Jelly		jadalne/table	2005	Europlant	DE
Mondeo		średnio późne medium late	jadalne/table	2013	KWS
Pasja Pomorska	jadalne/table		2010	PMHZ Strzekęcino	PL
Syrena	skrobiowe/starch		2002	PMHZ Strzekęcino	PL
Hinga	późne late	skrobiowe/starch	1996	PMHZ Strzekęcino	PL
Inwestor		skrobiowe/starch	2005	PMHZ Strzekęcino	PL
Kuras		skrobiowe/starch	2007	Agrico	NL

Tabela 2

Table 2

Zawartość przyswajanych form P, K, Mg w glebie oraz pH gleby

Soil content available form of P, K, Mg and pH

Rok Year	pH w KCl pH in KCl	Zawartość w glebie (mg·kg ⁻¹) Content in the soil (mg kg ⁻¹)		
		P	K	Mg
2014	5,0	77	120	34
2015	5,3	75	108	33
2016	5,3	90	112	33
2017	4,5	81	155	22

ogólnego bulw z każdego poletka według metodyki opracowanej w IHAR [Roztropowicz 1999]. Zbiory wykonywano ręcznie.

Warunki meteorologiczne

Warunki meteorologiczne podczas realizacji badań monitorowano przy pomocy Stacji Meteorologicznej Campbell (Campbell Scientific Inc.) zlokalizowanej około 4 km od doświadczeń polowych. Rozpatrywano sumę opadów oraz średnią temperaturę powietrza podczas wegetacji roślin ziemniaka w miesiącach od kwietnia do końca września. W celu dokładnego scharakteryzowania warunków termiczno-wilgotnościowych w latach badań, obliczono współczynnik hydrotermiczny Sielianiowa, na podstawie sumy średnich dobowych temperatur i sumy opadów atmosferycznych dla każdego miesiąca [Skowera i in. 2014].

Lata badań: 2014, 2016, 2017 były ciepłe i wilgotne, o czym świadczyły wartości współczynnika hydrotermicznego Sielianiowa dla okresów wegetacji. Natomiast rok 2015 można określić

jako ciepły i suchy. Rozkład opadów w poszczególnych miesiącach wegetacji był nierównomierny. W roku 2014 nadmiar opadów wystąpił w kwietniu, czerwcu i sierpniu, w maju notowano dostateczną ich ilość, natomiast w lipcu i wrześniu niedobór. W roku 2015 nadmiar opadów zanotowano w kwietniu, w maju i w lipcu była dostateczna ich ilość, natomiast niedobór opadów zanotowano w czerwcu i we wrześniu. Cały okres wegetacji ziemniaka w roku 2016 charakteryzował się nadmiarem opadów, tylko we wrześniu obserwowano ich niedobór. W 2017 roku w kwietniu i maju był znaczny niedobór opadów, natomiast pozostałe miesiące wegetacji charakteryzowały się nadmiarem opadów. Najwyższe średnie temperatury zanotowano w lipcu 2014 roku i sierpniu 2015 roku (tab.3)

Analizy statystyczne

Wyniki badań poddano analizie statystycznej. W procesie analizy wykorzystano średnie nie obciążone ilością obserwacji (ang. unbiased).

Tabela 3
Table 3

Sumy opadów i średnia temperatura powietrza w latach 2014–2017
Sums of atmospheric precipitation, average air temperatures in four growing seasons

Rok/miesiąc	Suma opadów (mm)						
	Sum of rainfall (mm)						
Year/month	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX
2014	10,3	14,1	15,8	21,4	18,3	14,7	15,8
2015	8,3	12,9	17,5	19,6	22,5	15,1	16,0
2016	9,3	15,3	18,7	19,6	18,4	15,7	16,2
2017	7,3	14,1	18,1	18,4	19,4	13,8	15,2
Średnia temperatura powietrza (°C)							
Mean air temperature (°C)							
2014	61,1	41,3	69,8	23,5	79,2	11,9	286,8
2015	27,8	39,5	15,4	62,6	8,6	36,6	190,5
2016	31,4	92,2	85,4	103,6	61,4	9,5	383,5
2017	8,9	10,1	107,5	78,8	57,0	140,8	403,1
Współczynnik hydrotermiczny Sielianiowa (K)							
Sielianinov's hydrothermal Coefficient (K)							
2014	2,0	0,9	1,5	0,4	1,4	0,3	1,1
2015	1,1	1,0	0,3	1,0	0,1	0,8	0,7
2016	1,1	1,9	1,5	1,7	1,1	0,2	1,3
2017	0,4	0,2	2,0	1,4	1,0	3,4	1,4

$K \leq 0,4$ – skrajnie suchy; $0,4 < K \leq 0,7$ – bardzo suchy; $0,7 < K \leq 1$ – suchy; $1,0 < K \leq 1,3$ – dość suchy; $1,3 < K \leq 1,6$ – optymalny; $1,6 < K \leq 2,0$ – umiarkowanie wilgotny; $2,0 < K \leq 2,5$ – wilgotny; $2,5 < K \leq 3,0$ – bardzo wilgotny; $K > 3,0$ – skrajnie wilgotny (Skowera i in. 2014).

Ze względu na braki w obserwacjach wielkości plonu odmian ziemniaka (dane nieortogonalne), analizę AMMI przeprowadzono w dwuetapowym podejściu. W pierwszym etapie analizowano wyniki z każdego roku oddzielnie. W drugim etapie przeprowadzono analizę łączną (ang. combined analysis) na podstawie średnich z pierwszego etapu.

Dla każdej zmiennej wykonano analizę wariancji, następnie wykonano analizę interakcji genotyp \times środowisko (rok) z zastosowaniem modelu AMMI. Szczegółowej interpretacji poddano ocenę istotności składowych addytywnych i multiplikatywnych modelu. Wykonano biploty, pierwszy dla średnich genotypowych i środowiskowych względem składowej środowiskowej IPC(1), drugi dla dwóch pierwszych składowych środowiskowych IPC (1) i IPC (2). Na podstawie pierwszego biplotu oceniono rodzaj i wielkości efektu interakcyjnego dla poszczególnych genotypów i środowisk (lat). Na podstawie drugiego biplotu określono efekt interakcji pod kątem stabilności plonowania badanych odmian oraz wskazano genotypy, które charakteryzowały się relatywnie wysokim plonem w roku badań o określonych warunkach termiczno-wilgotnościowych (wskazano genotypy o wąskiej, lokalnej adaptacji) [Annicchiarico 2002; Kaya i in. 2006].

Ocenę adaptacji badanych odmian przeprowadzono na podstawie dwóch ilościowych miar i porządkowej miary stopnia szerokiej adaptacji odmiany [Iwańska i in. 2008, 2009; Mądry i Iwańska 2011 a, b] tj.:

- miary nadrzędności plonowania i -tej odmiany P_i [Lin i Binns 1988],
- miary niezawodności przewagi plonowania i -tej odmiany R_i [Eskridge i Mumm 1992],
- miary Kanga średniego plonu i jego stabilności YS_i [Kang 1993].

Obliczenia statystyczne wykonano w programie Statistica 13.3 [TIBCO Software Inc., 2017] z dodatkiem Zestaw przyrodnika w wersji 1.0 [StatSoft Polska Sp. z o. o. 2018].

Wyniki

Wartości ocenianej cechy różniły się pomiędzy badanymi odmianami oraz latami badań. W tabeli 4 przedstawiono średnie wartości plonu ogólnego bulw ocenianych odmian ziemniaka w czterech latach.

Najwyższy średni plon ogólny odmian ziemniaka uzyskano w 2016 roku, natomiast najniższy w 2015 roku (tab. 4). Średnio dla czterech lat badań najwyżej plonowały odmiany: Mondeo, Michalina, Ignacy, Gwiazda.

Na podstawie analizy wariancji wg. modelu AMMI stwierdzono, że wielkość plonu ogólnego ziemniaka w największym stopniu zależała od roku (58,6%), następnie od odmiany (17,0%) oraz od interakcji odmiana \times rok (środowisko) (15,0%) (tab. 5). Stwierdzono, istotność wszystkich składowych interakcyjnych (IPC1, IPC2, IPC3). Udział w zmienności interakcji wynosił 61,8% dla IPC(1), 20,3% dla IPC(2) oraz 13,9% dla IPC(3). Dwie pierwsze składowe (IPC1 i IPC2) odpowiadały łącznie za 82,1% całego efektu interakcyjnego.

Na podstawie analizy wykresu średnich plonowania względem IPC1 stwierdzono, największy dodatni efekt interakcyjny u odmiany Kuras, która reagowała relatywnie wyższymi plonami w latach o korzystnych warunkach pogodowych (rys. 1a). Największy ujemny efekt interakcyjny stwierdzono dla odmian Michalina, Gwiazda i Ignacy, które plonowały relatywnie lepiej podczas występowania słabszych warunków pogodowych. Efekty bliskie 0 uzyskano dla genotypów: Miłek, Jelly, Mondeo, Zuzanna, Pasat, Riviera i Syrena, co jest potwierdzeniem stabilności tych odmian pod względem plonowania. Najwyższy efekt główny otrzymano dla odmian: Mondeo, Michalina, Ignacy, Gwiazda. Były to odmiany, które uzyskały w analizowanych latach plony wyższe niż przeciętne. Odmianami o najniższym efekcie głównym (najniższym przeciętnym plonowaniu) były Pasja Pomorska i Głada.

Analiza biplotu dla dwóch pierwszych składowych interakcyjnych: IPC(1) i IPC(2) pozwoliła na wskazanie odmian o wysokiej adaptacji do konkretnych warunków w analizowanych latach (rys. 1b). Odmiany: Denar, Zuzanna, Harpun, Finezja i Malaga plonowały najwyżej w latach 2014 i 2015. Warunki termiczno-wilgotnościowe panujące w roku 2016 sprzyjały plonowaniu odmian Zuzanna, Syrena, Miłek oraz Altesses. Natomiast w warunkach występujących w 2017 roku najwyższe plony uzyskano u odmian Hinga, Pasja Pomorska, Oberon, Zuzanna oraz Lord.

W tabeli 6 przedstawiono miary stopnia szerokiej adaptacji dla odmian ziemniaka objętych badaniami. Pierwszą rozpatrywaną miarą szerokiej adaptacji była miara nadrzędności plonowania P_i . Im wartość tej miary jest bliższa zeru tym odmiana posiada wyższy stopień szerokiej adaptacji. Kolejnym badanym parametrem była miara niezawodności plonowania odmiany R_i , która wyrażała prawdopodobieństwo plonowania danej odmiany powyżej średniej środowiskowej. Odmiana dla której R_i przyjmuje wartość 1, plonuje powyżej średniej środowiskowej dla całego badanego okresu, zatem taka odmiana wykazuje najwyższy

Tabela 4

Table 4

Średnie wartości plonu ogólnego bulw (t·ha⁻¹) w latach badańMean values of total tuber yield (t·ha⁻¹) in years of research

Odmiana Cultivar	Plon ogólny (t·ha ⁻¹) Total tuber field (t·ha ⁻¹)				Średnia Mean	Odchylenie standardowe Standard deviation				2014-2017
	2014	2015	2016	2017		2014	2015	2016	2017	
Denar	54,97	31,4	71,6	55,23	53,3	4,32	3,74	3,99	0,83	14,49
Impalla	49,87	25,2	57,53	52,33	46,23	3,61	5,8	4,14	1,19	13,46
Lord	55,3	30,47	67,63	58,73	53,03	3,89	3,7	6,88	3,09	14,93
Milek	48,9	27,3	48,27	41,1	41,39	3,41	3,96	3,62	2	9,52
Riviera	-*	26,3	48,33	47,07	40,57	-	6,14	6,68	4,04	11,57
Viviana	54,6	19,93	59,5	47,7	45,43	5,88	2,81	17,12	3,16	17,85
Altesse	44,43	31,87	69,6	47,4	48,33	0,83	0,92	3,61	6,15	14,53
Bellarosa	34,57	23,87	60,6	48,47	41,88	1,98	3,06	2,16	2,31	14,65
Gwiazda	54,13	31,03	73,4	64,47	55,76	2,02	2,21	7,08	3,04	16,9
Ignacy	56,33	29,4	80,07	59,93	56,43	2,56	1,05	7,54	4,01	19,23
Michalina	53,57	31,57	78,3	68,17	57,9	1,8	2,39	4,02	4,21	18,56
Owacja	50,53	28,17	67,17	55,1	50,24	1,22	5,12	7,14	8,4	15,64
Vineta	39,47	28,73	67,47	48,73	46,1	2,49	3,29	5,81	6,07	15,38
Boryna	-	33,67	50,57	36,37	40,2	-	7,12	2,51	2,54	8,82
Finezja	45,8	36,7	59,47	41,7	45,92	3,02	7	5,82	9,66	10,58
Glada	42,07	29,17	-	37,3	36,18	2,02	8,65	-	4,35	7,51
Harpun	42,67	25,13	52	33,87	38,42	0,68	4,94	3,49	2,51	10,81
Honorata	49,3	39	55,23	-	47,84	4,2	3,91	4,41	-	7,98
Jubilat	48,87	31,37	59,2	30,8	42,56	1,1	9,07	2,56	13,35	14,39
Kaszub	41,53	33,27	49,23	32,73	39,19	2,41	2,85	3,49	6,25	7,86
Laskara	-	28,63	69,97	48,37	48,99	-	7,72	7,5	7,05	19,03
Malaga	52,53	31,23	-	38,1	40,62	3,27	6,36	-	4,49	10,32
Oberon	54,57	47	67,73	43,4	51,6	2,47	6,64	12,89	7,36	13,17
Pasat	46,9	-	55,37	49,43	50,57	1,21	-	2,85	5,68	4,97
Satina	55,77	40,83	70,43	43,47	52,63	2,25	5,16	8,44	3,85	13,09
Tajfun	51,7	44,17	55,83	45,2	49,23	2,68	3,91	4,25	5,83	6,21
Zuzanna	39,77	29,87	59,17	41,8	42,65	1,13	6,98	2,91	11,21	12,45
Jelly	45,63	34,3	69,8	38,23	46,99	2,1	7,9	3,34	8,36	15,3
Mondeo	56,6	49,83	72,63	-	59,69	0,72	10,32	2,65	-	11,46
Pasja Pomorska	44,67	26,73	54,2	24,17	37,44	0,92	5,3	5,73	3,04	13,53
Syrena	51,47	34,8	68,9	-	51,72	3,18	8,79	2,55	-	15,54
Hinga	46,43	29,73	56,1	28,6	40,22	1,71	4,95	6,32	6,81	12,92
Inwestor	40,5	25,9	55,37	32,2	38,49	1,21	7,83	4,27	2,45	12,19
Kuras	44,37	39,93	55,7	30,53	42,63	0,63	7,32	4,75	6,87	10,58
Średnia / Mean	48,32	32,02	62,07	44,22	x	6,23	7,86	10,16	11,86	x

Tabela 5

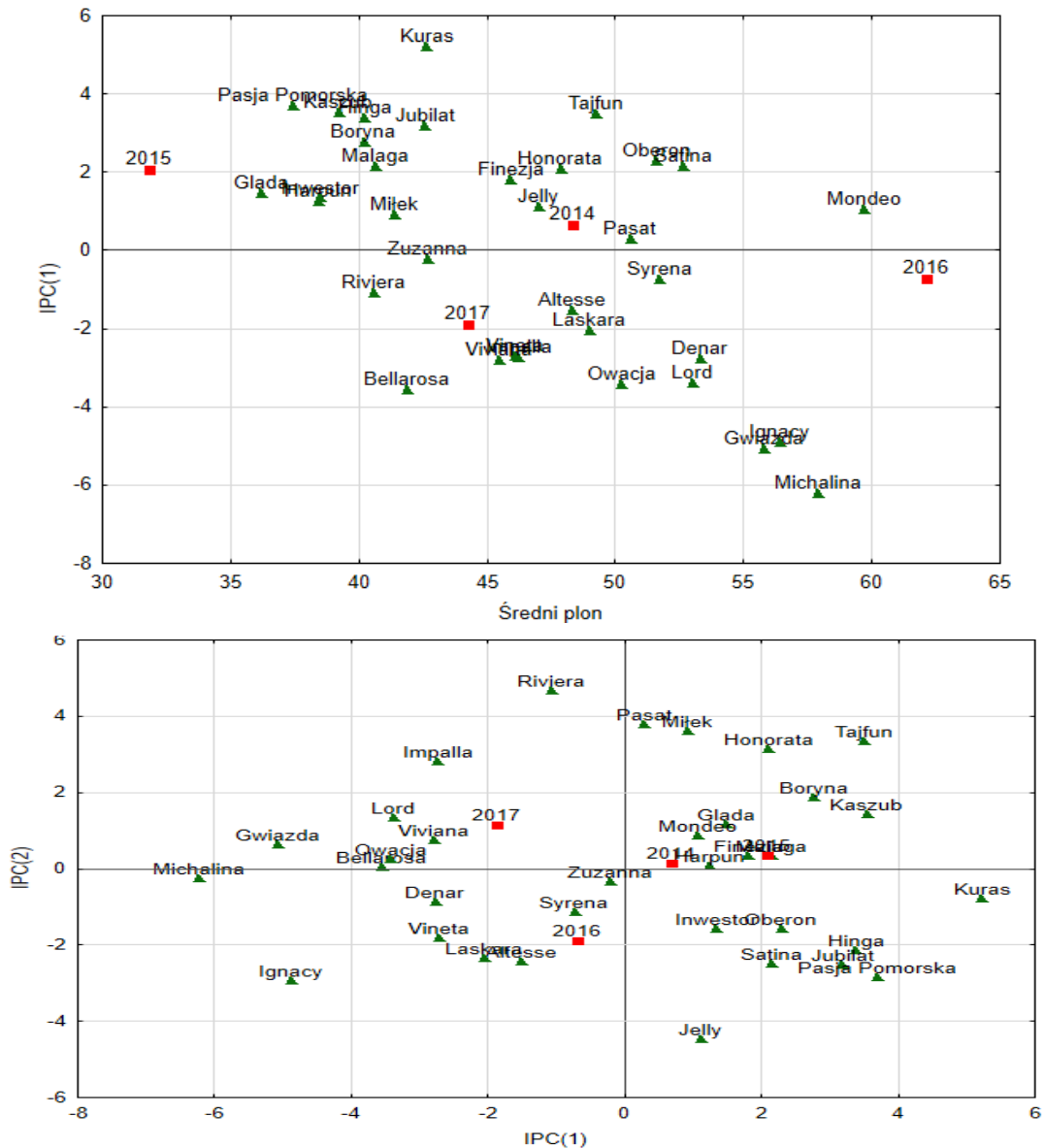
Table 5

Zestawienie wyników analizy wariancji dla analizowanych odmian ziemniaka w czterech latach badań

Comparison of the variance analysis results for analyzed potato varieties in four years of research

Efekty Effects	DS	MS	Procent zmienności Percent of variability	F	wartość p p-value
Ogół Total	380	203,7	100		
Rok Year	3	15133,0	58,6	51,62	0,000
Bloki w latach Blocks in year	8	293,2	3,0	14,69	0,000
Odmiana Cultivar	33	399,2	17,0	20,00	0,000
Odmiana × rok Cultivar × year	90	128,7	15,0	6,44	0,000
IPC 1	35	204,3	9,2 (61,8)*	6,44	0,000
IPC 2	33	71,2	3,0 (20,3)	4,03	0,000
IPC 3	22	73,3	2,1 (13,9)	4,73	0,000
Błąd Error	246	20,0	6,3		

*- procentowy udział w zmienności interakcji



Rys. 1. Biploty uzyskane w analizie AMMI dla plonu bulw a) IPC (1)/średni plon bulw; b) IPC (1)/IPC (2)

Fig. 1. Biplots from AMMI analysis for tuber yield: a) IPC (1)/mean tuber yield; b) IPC (1)/IPC (2)

Tabela 6

Table 6

Zestawienie miar szerokiej adaptacji dla plonu ogólnego

Wide adaptation degree estimation for total tuber yield

Odmiana Cultivar	Miara nadrzędności plonowania P_i Superiority measure P_i	Miara niezawodności przewagi plonowania R_i Eskridey's yield reliability measure	Miara stabilności Kanga YS_i Kang's stability measure YS_i
Altesse	126	0,75	22
Bellarosa	241	0,25	10
Boryna	357	0,33	5
Denar	73	0,75	31
Finezja	177	0,25	15
Głada	265	0,00	-1
Gwiazda	52	0,75	33
Harpun	346	0,00	2
Hinga	331	0,00	6
Honorata	131	0,67	21
Ignacy	61	0,75	34
Impalla	176	0,50	17
Inwestor	342	0,00	3
Jelly	170	0,50	20
Jubilat	279	0,25	11
Kaszub	338	0,25	4
Kuras	282	0,25	12
Laskara	157	0,67	23
Lord	78	0,75	30
Malaga	211	0,33	8
Michalina	43	0,75	31
Miłek	289	0,25	9
Mondeo	9	1,00	36
Oberon	107	0,75	27
Owacja	105	0,75	25
Pasat	176	0,33	26
Pasja Pomorska	410	0,00	1
Riviera	334	0,33	7
Satina	98	0,75	29
Syrena	63	1,00	28
Tajfun	146	0,75	24
Vineta	159	0,50	16
Viviana	217	0,50	14
Zuzanna	227	0,00	13

możliwy stopień szerokiej adaptacji. Ostatnim badanym wskaźnikiem szerokiej adaptacji była miara Kanga YS_i . Stanowi ona pewną funkcję ważoną rang zarówno dla średniej genotypowej plonu odmiany oraz wariancji stabilności. Im wyższa jest wartość YS_i dla odmiany tym wyższy jest jej stopień szerokiej adaptacji.

Stwierdzono że, największa zgodność uporządkowania odmian w rankingu miar szerokiej adaptacji występowała dla odmian o najwyższym stopniu szerokiej adaptacji. Odmiana Mondeo została zgodnie przyporządkowana na pierwsze miejsce w rankingu przez wszystkie trzy rozpatrywane miary stopnia szerokiej adaptacji (tab. 6). Zgodnie z miarą niezawodności plonowania odmiany R_i , odmiany Mondeo i Syrena cechowały się największym prawdopodobieństwem uzyskania plonów powyżej średniej środowiskowej. Według oceny Kanga YS_p , za odmiany o najszerzym stopniu szerokiej adaptacji do warunków środowiska uznano: Mondeo, Ignacy, Gwiazda, Denar, Michalina i Lord.

Dyskusja

W niniejszej pracy przedstawiono ocenę plonu oraz wyniki analizy interakcji genotypowo-środowiskowej 34 odmian ziemniaka. Wykonano ją na podstawie cyklu czteroletniego doświadczenia polowego przeprowadzonego w Centralnej Polsce. Uznanie lat za zmienne środowiska jest możliwe, ponieważ każdy rok charakteryzują inne, odrębne warunki środowiskowe dla uprawianych roślin [Oleksiak i Mańkowski 2003]. Warunki klimatyczne panujące w latach badań mają duży wpływ na udział środowiska w interakcji GxE, a charakter i stopień interakcji w poszczególnych środowiskach zależy bardziej od warunków meteorologicznych panujących w danym roku niż od lokalizacji miejsca doświadczenia [Drzazga i Krajewski 2001; Wójtowicz 2013]. Wyniki badań własnych potwierdzają tę tezę. Warunki meteorologiczne miały ponad trzykrotnie większy wpływ na wielkość plonu ogólnego bulw, niż odmiana i interakcja genotyp x rok. Czynniki pogodowe najsilniej oddziaływały na wielkość plonu ogólnego bulw także w badaniach Kołodziejczyka [2013]. Wielkość plonu ogólnego i handlowego bulw w największym stopniu determinowane były warunkami meteorologicznymi w poszczególnych latach (ponad 76% zmienności całkowitej). Właściwości odmianowe wyjaśniały 4,2% zmienności, z kolei interakcja odmian z latami odpowiadała w 17,9% za zmienność plonu ogólnego. Również w badaniach Sawickiej i Pszczółkowskiego [2004]

warunki meteorologiczne wyjaśniały ponad 95% wariacji plonu ogólnego oraz handlowego bulw, właściwości odmian ponad 3%, a interakcja tych czynników niespełna 1% całkowitej zmienności. Autorzy nie podają jednak udziału błędu doświadczenia, który może stanowić nawet ok. 50% zmienności całkowitej [Bombik i Boligłowa 1994].

Najwyższy plon ogólny stwierdzono w 2016 roku, co było związane z korzystnym układem warunków meteorologicznych w okresie wegetacji roślin. Z badań Głuskiej [2004] wynika, że orientacyjne potrzeby wodne dla odmian wczesnych w okresie od maja do września wynoszą 300 mm, a dla odmian późnych 362 mm. Kowalik i Scalenghe [2009] twierdzą, że średnie zapotrzebowanie ziemniaka na wodę w Polsce wynosi 315 mm w sezonie wegetacyjnym. Według Kalbarczykó [2009], optymalne warunki pogodowe, sprzyjające uzyskaniu wysokich plonów to umiarkowana średnia temperatura powietrza w okresie maj–wrzesień (średnio 15,2°C) i sumy opadów wynoszące około: 45 mm w maju, 65 mm w czerwcu, 90 mm w lipcu, 75 mm w sierpniu i 60 mm we wrześniu. Niedobór opadów i wysoka temperatura w 2015 wpłynęły na znaczne ograniczenie plonowania, o ok 50% w stosunku do 2016 roku. Inni badacze również wykazali wyraźny spadek plonów przy niedoborze opadów [Sawicka, Krochmal-Marczak 2005; Dziezyc i in. 2012].

Analiza interakcji genotyp × rok pozwoliła na wytypowanie odmian stabilnych rolniczo pod względem plonowania w zmiennych warunkach meteorologicznych w poszczególnych latach badań. Udowodniono, że siedem odmian nie wykazało interakcji ze środowiskiem i uznano je za stabilne rolniczo pod względem uzyskanego plonu. Były to odmiany: Miłek, Jelly, Mondeo, Zuzanna, Pasat, Riviera i Syrena. Pozostałe odmiany uznano za plonujące niestabilnie, podlegające silnym wpływom warunków środowiska. Odmiany te można by uznać za tzn. odmiany nieprzewidywalne [Mądry i in. 2010]. Jednak czteroletni okres badań jest zbyt krótki by móc w ten sposób ocenić odmianę. Wyniki badań własnych, podobnie jak w dwuletnich badaniach Flis i in. [2014] prowadzonych w trzech krajach, również wyłoniły odmianę Finezja jako niestabilną pod względem plonowania. Uzyskany wynik dotyczący odmiany Finezja był także zgodny z badaniami Rymuzy i in. [2017], które realizowano w trzech miejscowościach w Polsce w czterech latach badań.

Wyodrębniono odmiany o wysokim dodatnim efekcie głównym: Gwiazda, Ignacy, Michalina i Mondeo, czyli takie które plonowały wyżej

niż średnia odmianowa (rys. 1a, tab. 4). Według Bombika i innych [2007], odmiany o wysokim dodatnim efekcie głównym mogą być rekomendowane do uprawy w zmiennych lub mniej sprzyjających warunkach uprawy. Wykazali oni, że zmienność plonu bulw ziemniaka determinowana była przez efekty interakcyjne lat z badanymi czynnikami i błąd doświadczenia.

Genotypy o szerokiej adaptacji to takie, które charakteryzują się uzyskiwaniem wyższych plonów niż średnia środowiskowa w znacznej większości badanych środowisk [Annicchiarico 2002; Tollenaar, Lee 2002]. Na podstawie badań stwierdzono, że spośród ocenianych odmian największa ich zgodność uporządkowania w rankingu miar szerokiej adaptacji pod względem plonowania dotyczyła odmian: Mondeo, Ignacy, Gwiazda, Denar, Michalina i Lord (tab. 6). Odmiany te odznaczały się zdolnością do gromadzenia plonu na wysokim poziomie w zmiennych warunkach meteorologiczno-glebowych (tab. 4).

Założenia oraz wyniki przeprowadzonego doświadczenia są zgodne z badaniami Loserta i in. [2017] którzy stwierdzili, że trend plonowania odmian można zidentyfikować jedynie poprzez obserwacje plonów przez kilka sezonów wegetacyjnych. W grupie analizowanych odmian, wyróżniała się odmiana Mondeo, która była stabilna w sensie rolniczym oraz znajdowała się na pierwszym miejscu w rankingu miar szerokiej adaptacji względem plonowania. Odmiana Mondeo spełniła warunki genotypu idealnego [Kaya i in. 2006]. W praktyce rolniczej, a także w hodowli poszukuje się właśnie takich odmian - stabilnych pod względem plonowania, odznaczających się szeroką zdolnością adaptacyjną do zróżnicowanych warunków.

Podsumowanie

Interakcja genotyp \times rok pozwoliła wskazać odmiany ziemniaka stabilne i niestabilne rolniczo pod względem plonowania. Oceniono reakcję tych odmian na zmienne warunki lat badań (środowisk) oraz ich adaptację do tych warunków. Zastosowane miary porządkujące tj. stopnia szerokiej adaptacji oraz miara ilościowa – stabilności Kanga, umożliwiły wykonanie rankingu odmian o relatywnie najwyższym (wśród badanych odmian) plonie ogólnym bulw.

Uzyskane wyniki badań odmianowych mogą być pomocne w pracach hodowlanych nad tworzeniem nowych genotypów ziemniaka oraz mogą ułatwić rolnikom wybór odmian stabilnych oraz o szerokiej bądź wąskiej adaptacji do warunków glebowo-klimatycznych gospodarstwa.

Wnioski

1. Wielkość plonu ogólnego bulw zależała istotnie od odmiany, warunków lat badań oraz interakcji odmiana \times rok.
2. Udział interakcji odmiana \times rok w zmienności ogólnej dla wielkości uzyskiwanego plonu wynosił 15%.
3. Szczegółowa analiza AMMI pozwoliła stwierdzić, że odmiany Miłek, Jelly, Mondeo, Zuzanna, Pasat, Riviera i Syrena były stabilne rolniczo pod względem plonowania w badanych warunkach meteorologicznych.
4. Ocena stopnia szerokiej adaptacji odmian do warunków uprawy przeprowadzona za pomocą dwóch miar ilościowych i porządkowej miary Kanga, pozwoliła na stwierdzenie, że najwyższy stopień szerokiej adaptacji do warunków uprawy występujących w badanym okresie wykazały odmiany: Mondeo, Ignacy, Gwiazda, Denar, Michalina i Lord.
5. Pod względem plonowania odmianę Mondeo można określić jako odmianę idealną tzn. nie wykazującą interakcji ze środowiskiem, o szerokiej adaptacji do zróżnicowanych warunków meteorologicznych, charakteryzującą się najwyższym plonem ogólnym spośród porównywanych odmian.

Literatura

- Annicchiarico, P. 2002. Genotype \times environment interaction: challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations. *Plant Production and Protection, Fao, Rome*, (174), 85–86.
- Becker H. C., Leon J. 1988. Stability Analysis in Plant Breeding. *Plant Breeding*, 101(1), 1–23. DOI: 10.1111/j.1439-0523.1988.tb00261.x
- Bleinholder H., Buhr L., Feller C., Hack H., Hess M., Klose R., Meier U., Stauss R., van den Boom T., Weber E., Lancashire P. D., Munger P. 2005. Compendium of Growth Stage Identification Keys for Mono- and Dicotyledonous Plants. Klucz do określania faz rozwojowych roślin jedno- i dwuliściennych w skali BBCH. Tłum. Adameczewski K., Matysiak K. *Instytut Ochrony Roślin*, 15–19, 28–33, 40–43.
- Bombik A., Boligłowa E., 1994. Zmienność cech jakości ziemniaka jadalnego spowodowana nawożeniem dolistnym. *Fragmenta Agronomica*, 2, 52-57.
- Bombik A., Stankiewicz C., Starczewski J. (2003). Interakcja genotypowo-środowiskowa w ocenie wybranych cech jakości ziemniaka. *Biuletyn IHAR (226/227/2)*, 539-546.
- Bombik A., Rymuza K., Markowska M., Stankiewicz C. 2007. Variability analysis of selected quantitative characteristics in edible potato varieties. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*, 6(3), 5–15.

- Caliński T. 1967. Model analizy wariancji dla doświadczeń wielokrotnych. *Rocznik Nauk Rolniczych*, Seria A(93), 549–579.
- Dziężyk H., Chmura K., Dmowski Z. 2012. Określenie wpływu warunków opadowych na plonowanie ziemniaka bardzo wczesnego i wczesnego w południowej Polsce. *ITP Woda Środowisko Obszary Wiejskie*, 12(3(38)), 133–141.
- Drzazga T., Krajewski P., 2001. Zróżnicowanie środowisk pod względem stopnia interakcji w seriach doświadczeń z pszenicą ozimą. *Biul. IHAR*, 218/219, 111–115.
- Eskridge K. M., Mumm R. F. 1992. Choosing plant cultivars based on the probability of outperforming a check. *Theoretical and Applied Genetics*, 84(3), 494–500. DOI: 10.1007/BF00229512
- Flis B., Domański L., Zimnoch-Guzowska E., Polgar Z., Pousa S. Á., Pawlak A. 2014. Stability analysis of agronomic traits in potato cultivars of different origin. *American Journal of Potato Research*, 91(4), 404–413. DOI: 10.1007/s12230-013-9364-6
- Flis B., Tatarowska B. 2019. Analiza interakcji genotypowo-środowiskowej w odniesieniu do wybranych cech użytkowych ziemniaka jadalnego w różnych systemach uprawy. *Biuletyn IHAR*, (286), 239–242.
- Galek R., Bujak H., Kaczmarek J. 2000. Ocena stabilności cech bonitacyjnych i technologicznych w kolekcji żyta jarego na podstawie pięciu parametrów statystycznych. *Biul. IHAR*, (216), 69–76.
- Głuska A. 2004. Wpływ zmiennego rozkładu opadów na cechy bulw ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.) oraz wyznaczenie okresu krytycznego wrażliwości na niedobór wody u odmian o różnej długości okresu wegetacji. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, (496), 217–227.
- Iwańska M., Mądry W., Drzazga T., Rajfura A. 2008. Zastosowanie miar statystycznych do oceny stopnia szerokiej adaptacji odmian pszenicy ozimej na podstawie serii doświadczeń przedrejestrowych. *Biul. IHAR* 250: 67 - 86.
- Iwańska M., Mądry W., Rajfura A., Drzazga T. 2009. Porównanie syntetycznych wskaźników stopnia adaptacji odmian na przykładzie serii doświadczeń przedrejestrowych z pszenicą ozimą. *Biul. IHAR* 253: 31 — 45.
- Kalbarczyk R., Kalbarczyk E. 2009. Potrzeby i niedobory opadów atmosferycznych w uprawie ziemniaka średnio późnego i późnego w Polsce. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, (03), 129–140.
- Kang M. S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. *Agronomy Journal*, (85), 754–757.
- Kaya Y., Akçura M., Taner S. 2006. GGE-Biplot Analysis of Multi-Environment Yield Trials in Bread Wheat. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30(5), 325–337.
- Klingauf F. 2001. *Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. BBCH Monograph*. (2. wyd.). Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry. Pobrano z http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam_uploads/_veroeff/bbch/BBCH-Skala_englisch.pdf
- Kołodziejczyk M. 2013. Fenotypowa zmienność plonowania, składu chemicznego oraz wybranych cech jakości bulw średnio późnych i późnych odmian ziemniaka jadalnego. *Acta Agrophysica*, 2013, 20(3), 411–422.
- Kowalik P. J., Scalenghe R. 2009. Water needs of energy crops – one of the environmental problems of Poland., 1–9.
- Lin C. S., Binns M. R. 1988. A Superiority Measure of Cultivar Performance for Cultivar × Location Data. *Canadian Journal of Plant Science*, 68(1), 193–198. DOI: 10.4141/cjps88-018
- Losert D., Maurer H. P., Marulanda J. J., Würschum T. 2017. Phenotypic and genotypic analyses of diversity and breeding progress in European triticale (× *Triticosecale* Wittmack). *Plant Breeding*, 136(1), 18–27. DOI: 10.1111/pbr.12433
- Mądry W., Iwańska M. 2011 a. Ilościowe miary szerokiej adaptacji odmian i ich zastosowanie w doświadczeniach wstępnych z pszenicą ozimą. *Biul. IHAR* 260/261: 81 — 95.
- Mądry W., Iwańska M. 2011 b. Przydatność metod oraz miar statystycznych do oceny stabilności i adaptacji odmian: przegląd literatury. *Biul. IHAR* 260/261: 193 — 218.
- Mądry W., Mańkowski D. R., Kaczmarek Z., Krajewski P., Studnicki M. 2010. Metody statystyczne oparte na modelach liniowych w zastosowaniach do doświadczeń, genetyki i hodowli roślin. *Biuletyn IHAR*, 34, 13–163.
- Mądry W., Rajfura A. 2003. Analiza statystyczna miar stabilności na podstawie danych w klasyfikacji genotypy x środowiska. Część III. Porównanie estymatorów i testów w rozpatrywanych modelach z dwóch grup oraz przykład liczbowy. *Colloquium Biometricum*, 33, 221–234.
- Nowacki W., Barbaś P., Boguszewska-Mańkowska D., Jankowska J., Pietraszko M., Trawczyński C., Zarzyńska K., Michalak K., Urbanowicz J. 2019. *Charakterystyka Krajowego rejestru odmian ziemniaka*. IHAR-PIB, Jadwisin ss. 43.
- Oleksiak T., Mańkowski D. R. 2003. Ocena stabilności plonowania wybranych odmian pszenicy ozimej na podstawie wyników badań ankietowych z lat 1990–2001. *Biuletyn IHAR*, 228, 4–10.
- Padarewski J., Mądry W. 2012. Zastosowania modelu AMMI do analizy reakcji odmian na środowiska. *Biul. IHAR*, 263, 161–188.
- PTG 2009. Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych – PTG 2008. *Roczn. Glebozn. – Soil Sci. Ann.*, 60 (2), 5–16.
- Roztropowicz S. 1999. *Metodyka obserwacji, pomiarów*

- i pobierania prób w agrotechnicznych doświadczeniach z ziemniakiem.* (T. 1–200). Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Jadwisinie 1–50.
- Rymuza K., Radzka E., Lenartowicz T. 2017. Analiza interakcji genotypowo-środowiskowej średnio wczesnych jadalnych odmian ziemniaka. *Biuletyn IHAR*, (281), 59–68.
- Sawicka B., Krochmal-Marczak B. 2005. Wpływ czynników agrometeorologicznych na długość faz rozwojowych bardzo wczesnych i wczesnych odmian ziemniaka. *Acta Agrophysica*, 6(1), 225–236.
- Sawicka B., Pszczółkowski P. 2004. Fenotypowa zmienność struktury plonu odmian ziemniaka w warunkach środkowo-wschodniej Polski. *Biuletyn IHAR*, (232), 53–66.
- Skowera B., Kopcińska J., Kopeć B. 2014. Changes of thermal and precipitation conditions in Poland in 1971–2013. *StatSoft Polska Sp. z o.o.* 2018. Zestaw Przyrodnika wersja 1.0. www.statsoft.pl.
- TIBCO Software Inc. 2017. <http://statistica.io>
- Tollenaar M., Lee E. A. 2002. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. *Field Crops Research*, 75(2–3), 161–169. DOI: 10.1016/S0378-4290(02)00024-2
- Wójtowicz M. 2013. Rola czynników środowiskowych i agrotechnicznych w kształtowaniu wielkości i jakości plonu rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.). Monografie i rozprawy naukowe 45/2013: 1–111. IHAR-PIB. Radzików
- Yan W., Kang M. S., Ma B., Woods S., Cornelius P. L. 2007. GGE Biplot vs. AMMI Analysis of Genotype-by-Environment Data. *Crop Science*, 47(2), 643–653. DOI: 10.2135/cropsci2006.06.0374

Reakcja pszenicy zwyczajnej ozimej na dolistne nawożenie

The reaction of winter wheat to foliar fertilization

Wacław Jarecki  

Zakład Produkcji Roślinnej, Uniwersytet Rzeszowski, 35–601 Rzeszów, ul. Zelwerowicza 4

✉ e-mail: jarecki@ur.edu.pl

Celem trzyletniego doświadczenia polowego była ocena reakcji pszenicy ozimej, odmiany RGT Kilimanjaro na zróżnicowane nawożenie dolistne. Doświadczenie założono w układzie losowanych bloków na polach Podkarpackiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Boguchwale. Badanym czynnikiem były zróżnicowane warianty nawożenia dolistnego: (B) – dwukrotny oprysk YaraVita Zboże oraz (C) – dwukrotny oprysk YaraVita Zboże, jednokrotny YaraVita Kombiphos i jednokrotny YaraVita Thiotrac, które porównano do kontroli (A). Wykazano, że zmienne warunki pogodowe w latach badań wpłynęły modyfikująco na uzyskane plony. W 2017 r. zebrano ponad 9 t·ha⁻¹ ziarna, natomiast w latach 2018 i 2019 odpowiednio o 2,0 i 0,92 t·ha⁻¹ mniej. Po zastosowaniu nawożenia dolistnego w wariancie C i B uzyskano istotnie wyższe plony w porównaniu do kontroli, odpowiednio o 0,72 t·ha⁻¹ i 0,44 t·ha⁻¹. Czterokrotne nawożenie dolistne (wariant C) wpłynęło na istotny wzrost MTZ oraz indeksów zieloności liści (SPAD) i powierzchni liści (LAI) w porównaniu do kontroli. W przypadku przewodności szparkowej liści (Gs) dowiedziono, że zastosowane nawożenie w wariancie C skutkowało zmniejszeniem odczytów w odniesieniu do kontroli. Użyte nawozy dolistne w wariancie C wpłynęły także na istotny wzrost zawartości w ziarnie białka ogólnego a spadek włókna w odniesieniu do kontroli. W przypadku wariantu B uzyskane różnice były nieistotne. W uprawie pszenicy ozimej należy zatem zalecać intensywniejszy wariant nawożenia dolistnego.

Słowa kluczowe: *Triticum aestivum* L., makroelementy, mikroelementy, komponenty plonu, plon, skład chemiczny ziarna, nawożenie

The aim of the three-year field experiment was to evaluate the reaction of winter wheat, RGT Kilimanjaro cultivar to different foliar fertilization. The experiment was set up in a randomized blocks in the fields of the Podkarpackie Agricultural Advisory Center in Boguchwała. The tested factor consisted of various variants of foliar fertilization: B – two-time spraying of YaraVita Grain and C – two-time spraying of YaraVita Grain, one-time YaraVita Kombiphos and one-time YaraVita Thiotrac, which were compared to the control (A). It was shown that the variable weather conditions in the years of the research had a modifying effect on the yields obtained. In 2017, more than 9 t·ha⁻¹ grain was harvested, while in 2018 and 2019, by 2.0 and 0.92 t·ha⁻¹ less, respectively. After applying foliar fertilization in variants C and B, the yields were significantly higher compared to the control, by 0.72 t·ha⁻¹ and 0.44 t·ha⁻¹, respectively. Four-fold foliar fertilization (variant C) significantly increased WTG and indices of Soil Plant Analysis System (SPAD) and leaf area index (LAI) compared to the control. In the case of the stomatal conductivity of leaves (Gs), it was proved that the applied fertilization in variant C resulted in a decrease in readings in relation to the control. The foliar fertilizers used in variant C significantly increased the content of total protein in the grain and the decrease in fiber compared to the control. In the case of variant B, the obtained differences were insignificant. Therefore, in the cultivation of winter wheat, a more intensive variant of foliar fertilization should be recommended.

Key words: *Triticum aestivum* L., macroelements, microelements, yield components, yield, chemical composition, fertilizer

Wstęp

Pszenica zwyczajna ozima jest najważniejszym zbożem w Polsce. Duży areał uprawy pszenicy wynika z wysokiego potencjału plonowania i możliwości wykorzystania ziarna zarówno na cele konsumpcyjne jak i paszowe. Gatunek ten wymaga starannej agrotechniki, w tym optymalnego nawożenia. Jańczak – Pieniążek i in. (2020) podają, że uprawa pszenicy ozimej w technologii wysokointensywnej wpłynęła na wzrost

plonu oraz wyższą zawartość białka ogólnego i glutenu w ziarnie w porównaniu do technologii ekstensywnej. Černý i in. (2010) udowodnili, że nawożenie mineralne pszenicy przyniosło najlepsze rezultaty na glebie o najniższej naturalnej żyzności. Fageria i in. (2009) konkludują, że niezbędne składniki odżywcze dla roślin uprawnych są stosowane głównie do gleby aby zostały pobrane przez system korzeniowy. Dotyczy to zwłaszcza makroelementów. Jednak

w pewnych okolicznościach, np. korygująca dawka azotu, korzystne jest również wykonanie nawożenia dolistnego (pozakorzeniowego). Smytkiewicz i Podleśny (2020) podają, że coraz częściej nawożenie dolistne poprzedzone jest wykonaniem oceny stanu odżywienia roślin. Służą temu różne metody destrukcyjne i niestrukcyjne, np. pomiar indeksu zieloności liścia – SPAD. Wach (2015) wykazał, że wykonanie takiego pomiaru w trakcie wegetacji pszenicy pozwala wykryć niedobory składników mineralnych (głównie azotu) i podjąć decyzję o nawożeniu uzupełniającym. Jankowski i in. (2016) podkreślają, że w praktyce rolniczej coraz częściej stosuje się nawozy dolistne, aby zmaksymalizować potencjał plonowania pszenicy. Często jest to podstawowa metoda dostarczania roślinom niezbędnych mikroelementów. Chwil (2014) zwraca jednak uwagę, że większy wpływ na plon, komponenty plonu oraz zawartość makroskładników w ziarnie i słomie wywiera nawożenie dogłębne w porównaniu do dolistnego. Sztuder (2007) najwyższą efektywność nawożenia pszenicy (12,57 kg ziarna na 1 kg NPK) uzyskała na obiekcie, na którym użyła przedsięwzięcia nawozu zawiesinowego NPK, a pogłównie roztworu mocznika. W badaniach Bleharczyka i in. (2019) najkorzystniej na plonowania pszenicy ozimej wpłynęło łączne nawożenie obornikiem z NPK. Lemańczyk i Piekarczyk (2013) podają jednak, że zwiększenie dawki nawożenia mineralnego z 147 do 221 kg NPK na ha spowodowało wzmożone występowanie ocenianych chorób. Podolska i Wyzińska (2011) wykazały zróżnicowaną reakcję pszenicy ozimej na nawożenie azotem. W rezultacie badań wydzieliły dwie grupy odmian produktywnie wykorzystującą dawkę 2,4 g N na wazon i wykorzystującą dawkę 3,6 g N na wazon. Zróżnicowaną reakcję poszczególnych odmian pszenicy ozimej na nawożenie azotem potwierdzili również Chrzanowska-Drożdż i in. (2004). Potarzycki i in. (2015) niezależnie od formy chemicznej siarki (S) w nawozach, uzyskali korzystny wpływ tego składnika ($25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) na plon ziarna pszenicy ozimej. Przy czym największy efekt plonotwórczy wykazały siarczany wapnia pochodzący z superfosfatu prostego i siarczanu amonu stosowanych wiosną. Kocoń (2009) wykazała, że efektywność plonotwórcza dokarmiania dolistnego zależała od gatunku rośliny oraz zestawu i składu użytych nawozów. Największy przyrost plonu badanych gatunków roślin uzyskała po zastosowaniu najszerszego asortymentu nawozów dolistnych,

zarówno w okresie jesiennym (jednorazowo), jak i wiosennym (3-krotnie). Z kolei Froese i in. (2020) po dolistnym zastosowaniu fosforu nie uzyskali wzrostu plonu oraz poprawy jakości ziarna pszenicy. Makarewicz i in. (2012) największą zawartość białka ogólnego w suchej masie ziarna pszenicy ozimej odnotowali na obiektach nawożonych dolistnie dawką 10% roztworu mocznika. Korzeniowska i Stanisławska-Głubiak (2011) oznaczyły średnią zawartość miedzi w ziarnie na poziomie 2,4–2,6 mg kg^{-1} . Jednokrotny oprysk miedzią w dawce 305 g ha^{-1} nie spowodował istotnego wzrostu zawartości tego pierwiastka w ziarnie badanych odmian pszenicy ozimej, co najprawdopodobniej wynikało z efektu tzw. rozcieńczenia. Kantek i Korzeniowska (2013) wykazały, że pszenica wykazuje duże zapotrzebowanie na mangan i miedź. W uzasadnionym przypadku zamiast nawozu wieloskładnikowego proponują zastosować jednoskładnikowy. Ruszkowska i Wojcieszka – Wyskupajtyś (1996) podają, że zarówno niedobór jak i nadmiar mikroelementów jest szkodliwy dla roślin uprawnych. Stąd zwracają uwagę na konieczność prawidłowego nawożenia mikroelementami, tj. żelazo, cynk czy miedź. Fageria i in. (2009) stwierdzają, że jeżeli nawożenie dolistne zostanie zmieszane z herbicydami powszodowymi, insektycydami lub fungicydami, oczekiwany wzrost plonów może być zwiększony, a koszt aplikacji nawozów dolistnych zmniejszony.

Cele pracy było określenie reakcji pszenicy zwyczajnej ozimej, odmiany RGT Kilimanjaro na zróżnicowane nawożenie dolistne. W hipotezie badawczej założono, że zastosowane warianty zmodyfikują badane cechy biometryczne oraz wielkość i jakość plonu ziarna.

Material i Metody

Ścisłe doświadczenie polowe założono w Podkarpackim Ośrodku Doradztwa Rolniczego w Boguchwale ($21^{\circ}57'E$ $49^{\circ}59'N$). Przeprowadzone zostało w sezonach 2016/2017, 2017–2018 i 2018/2019. Doświadczenie przeprowadzono jako jednoczynnikowe w układzie losowanych bloków w czterech powtórzeniach. W badaniach uwzględniono odmianę RGT Kilimanjaro (RAGT Semences). Jest to jedna z plenniejszych odmian pszenicy ozimej, należąca do grupy jakościowej A. Od 2017 r. jest rekomendowana do uprawy w województwie podkarpackim. Schemat nawożenia dogłębowego (pod całe doświadczenie) i dolistnego (badany

Reakcja pszenicy zwyczajnej ozimej na dolistne nawożenie

czynnik) przedstawiono w tabeli 1.

Skład nawozów stałych, które użyto pod całe doświadczenie przedstawiono w tabeli 2. Nawozy YaraMila 14–14–21 Viking i YaraBela Sulfan to nawozy wieloskładnikowe. Nawóz YaraBela EXTRAN to nawóz azotowy.

Skład nawozów dolistnych przedstawiono w tabeli 3. Nawozy YaraVita Zboże i YaraVita

Kombiphos zawierają zarówno makro- jak i mikroelementy. Nawóz YaraVita Thiotrac zawiera tylko azot i siarkę.

Łączna dawka składników pokarmowych zastosowanych w nawożeniu pszenicy ozimej została przedstawiona w tabeli 4. W przypadku wapnia i boru różnic pomiędzy zastosowanymi wariantami nawożenia nie było.

Tabela 1

Table 1

Schemat zróżnicowanego nawożenia pszenicy ozimej
Scheme of diversified fertilization of winter wheat

Termin nawożenia Date of fertilization	Forma nawozy Form of fertilizers	Wariant/Variant		
		A (kontrola/ kontrol)	B	C
Jesień/Autumn (BBCH 12)	dolistna foliar	-	YaraVita Zboże (0,5 l/ha)	YaraVita Zboże (0,5 l/ha)
Przed ruszeniem wegetacji na wiosnę/ Before the start of vegetation in the spring (BBCH 22–23)	doglebowa soil	YaraMila 14–14–21 Viking (300 kg/ha)		
Krzewienie/Tillering (BBCH 27)	dolistna foliar	-	-	YaraVita Kombiphos (4 l/ha)
Strzelanie w źdźbło/Shooting (BBCH 31)	doglebowa soil	YaraBela EXTRAN (200 kg/ha)		
Liść flagowy/Flag leaf (BBCH 41)	dolistna foliar	-	YaraVita Zboże (1 l/ha)	YaraVita Zboże (1 l/ha)
Początek kłoszenia/Heading begins (BBCH 51)	doglebowa soil	YaraBela Sulfan (200 kg/ha)		
Dojrzałość mleczna ziarna/Milk stage (BBCH 73)	dolistna foliar	-	-	YaraVita Thiotrac (5 l/ha)

Tabela 2

Table 2

Skład chemiczny nawozów doglebowych w%

Chemical composition of soil fertilizers in%

Nawóz stały	N	P	K	Mg	Ca	S	B
YaraMila 14–14–21 Viking	14	14	21	0,7			0,02
YaraBela EXTRAN	33,5						
YaraBela Sulfan	24			1,5	10,5	16,2	

Tabela 3

Table 3

Skład chemiczny nawozów dolistnych w g/l

Chemical composition of foliar fertilizers in g/l

Nawóz dolistny	N	P	K	Mg	S	Cu	Mn	Zn
YaraVita Zboże	64			250		50	150	80
YaraVita Kombiphos		440	75	67			10	5
YaraVita Thiotrac	200				750			

Tabela 4
Table 4Diagram nawożenia w $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$
Fertilization diagram in $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

Składnik/Nutrients	Wariant/Variant		
	A (kontrola/control)	B	C
N	157	157,1	158,1
P	42	42	43,76
K	63	63	63,3
Ca	21	21	21
Mg	5,1	5,48	5,74
S	32,4	32,4	36,15
B	0,06	0,06	0,06
Cu		0,08	0,08
Mn		0,23	0,27
Zn		0,12	0,14

Doświadczenie założono na glebie kompleksu pszennego bardzo dobrego, klasy bonitacyjnej II. Odczyn gleby był lekko kwaśny. Zawartość przyswajalnego fosforu i potasu oceniono jako wysoką, magnezu średnią a siarki średnią lub niską (tab. 5).

Zawartość mikroelementów oceniono jako średnią za wyjątkiem niskiej boru. Analizę próbek glebowych wykonano w Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Rzeszowie.

Tabela 5
Table 5Analiza chemiczna gleby
Chemical analysis of soil

Parametr/Parameter	Jednostka/Unit	2016	2017	2018
pH w/in KCl	-	5,9	5,7	5,6
Próchnica/Humus	%	1,53	1,31	1,27
P ₂ O ₅		19,5	18,5	18,3
K ₂ O		23,3	24,2	22,1
Mg	$\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ gleby/soil	6,5	6,7	5,8
S-SO ₄		1,9	2,1	1,7
Fe		1707	2523	3186
Zn		10,3	8,8	15,6
Mn	$\text{mg}\cdot 1000\text{ g}^{-1}$ gleby/soil	357	438	521
Cu		4,3	5,3	6,4
B		1,2	0,9	0,9

Przedplonem był rzepak ozimy, po zbiorze którego pobrano próbkę glebową (1 kg) do analiz chemicznych. Uprawa polegała na wykonaniu podorywki, bronowania i orki siewnej. Przed siewem zastosowano agregat uprawowy. Materiał siewny zaprawiono preparatem Gizmo 060 FS (50 ml/100kg ziarna). Siew wykonano w terminie: 28.09.2016 r., 29.09.2017 r. i 28.09.2018 r. stosując 350 ziaren $\cdot\text{m}^{-2}$.

Ziarno umieszczono w glebie na głębokości 3–4 cm przy szerokości międzyrzędzi 12,5 cm. Powierzchnia pojedynczego poletka wynosiła 15,0 m² a pasy izolacyjne 1 m. W trakcie okresu wegetacji prowadzono chemiczną pielęgnację roślin (tab. 6). Zabiegi chemiczne były wykonywane opryskiwaczem ciągnikowym, zaś nawożenie dolistne opryskiwaczem plecakowym.

Zabiegi chemicznej ochrony roślin
Chemical plant protection treatments

Preparat/Preparation	Termin/Term	Dawka/Dose
Ekspert Met 56 WG	BBCH 11	1 l/ha
Huzar Activ 387 OD	BBCH 25	0,35 kg/ha
Antywylegacz 725 SL + Modus 250 EC	BBCH 30	1,2 + 0,4 l/ha
Karate Zeon 050 CS	BBCH 51	0,1 l/ha
Boogie Xpro 400 EC	BBCH 55	1,5 l/ha
Fandango 200 EC	BBCH 58	1 l/ha

Obserwacje i Pomiary

Warunki pogodowe podano według notowań stacji meteorologicznej Podkarpackiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Boguchwale

Fazy rozwojowe przedstawiono według skali BBCH (Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie). Pomiar przewodności szparkowej liści (Gs) wykonano aparatem Porometr SC-1 (Meter, USA). Indeks zieloności liści (SPAD) zmierzono za pomocą chlorofilomierza SPAD 502P (Konica Minolta, Japonia). Do określenia powierzchni liści (LAI) użyto aparatu AccuPAR LP-80 (Meter, USA). Pomiary Gs, SPAD i LAI zmierzono w fazie BBCH 75.

Obsadę kłosów policzono na powierzchni 1 m² przed zbiorem. Liczbę ziaren w kłosie i MTZ określono na roślinach pobranych z 0,5 m². Zbiór przeprowadzono kombajnem poletkowym w dniach: 4.08. 2017 r., 3.08. 2018 r. i 30.07. 2019 r. Uzyskany plon przeliczono na 1 ha, przy 14% wilgotności ziarna.

Skład chemiczny ziarna oznaczono metodą bliskiej podczerwieni na aparacie Spektrometr FT-LSD MPA (firma Bruker, Niemcy) w laboratorium Zakładu Produkcji Roślinnej Uniwersytetu Rzeszowskiego.

Istotność różnic pomiędzy wartościami cech stwierdzono na podstawie półprzedziałów ufności Tukeya, przy poziomie istotności $\alpha=0,05$. Obliczenia wykonano programem statystycznym ANALWAR-5.3.FR

Wyniki i Dyskusja

Warunki pogodowe były zróżnicowane w latach badań (tab. 7). We wrześniu 2018 roku odnotowane niskie opady deszczu. Najchłodniejszym miesiącem był styczeń w latach 2017 i 2019, zaś luty w 2018 r. W kwietniu 2018 r. i 2019 r. opady deszczu były poniżej średniej wieloletniej. Zaznaczyć należy, że kwiecień w 2018 r. był znacząco cieplejszy

w porównaniu do danych wieloletnich. Intensywne opady deszczu odnotowano w maju 2019 r. Natomiast w czerwcu każdego roku opady utrzymywały się poniżej średniej wieloletniej. Czerwiec 2019 r. był najcieplejszym miesiącem w okresie wegetacji pszenicy. Zmienny układ warunków pogodowych w poszczególnych sezonach wpłynął na zróżnicowanie uzyskiwanych plonów ziarna.

Sulek i in. (2016) podają, że warunki pogodowe determinowały poziom plonowania i nasilenie chorób grzybowych pszenicy. Tsvey i in. (2021) stwierdzili, że w latach o regularnych opadach w okresie wegetacji (2018–2019) nawozy azotowe miały większy wpływ na plon pszenicy ozimej niż w roku z niedoborem opadów (2017). Z kolei zmiany zawartości białka w ziarnie były mniej zależne od warunków atmosferycznych.

Zastosowane warianty nawożenia nie wywarły istotnego wpływu na liczbę kłosów z 1m², ani na liczbę ziaren w kłosie. Wykazano, że dorodniejsze ziarno wydały rośliny po zastosowaniu nawożenia w wariacie C w porównaniu do wariantu A (tab. 8). Uzyskana istotna różnica wyniosła 1,8 g.

Jaskulska i in. (2015) wykazali, że wieloletnie pomijanie choćby jednego podstawowego makroskładnika w nawożeniu mineralnym, mimo stosowania obornika, skutkuje zmniejszeniem udziału ziarna dużego, a wzrostem udziału w plonie ziarna drobniejszego, głównie frakcji 2,2–2,5 mm. Jankowski i in. (2016) najwyższy plon ziarna pszenicy ozimej (10,16 t·ha⁻¹) uzyskali po zastosowaniu pięciokrotnej aplikacji dolistnej makroelementów i mikroelementów w porównaniu z poletkami, na których nawozy dolistne użyto dwukrotnie. Uzyskany przyrost plonu wynikał ze wzrostu MTZ (optymalny poziom opadów) lub wzrostu liczby kłosów na 1m² (niski poziom opadów). Kocoń (2009) oraz Buczek i in. (2012) potwierdzają, że nawożenie dolistne pszenicy ozimej skutkuje przede wszystkim wzrostem MTZ.

Tabela 7

Table 7

Warunki pogodowe w latach 2016–2019

Weather conditions in 2016–2019

Miesiąc Month	Sumy opadów (mm) Rainfall totals (mm)				Średnie temperatury powietrza (°C) Average air temperatures			
	2016/ 2017	2017/ 2018	2018/2019	wielolecie multi-year	2016/ 2017	2017/ 2018	2018/2019	wielolecie multi-year
IX	40	107	19	63	15,4	13,8	15,1	13,6
X	119	80	28	47	7,5	10,0	9,8	8,8
XI	36	47	14	38	3,5	4,3	5,0	3,6
XII	50	103	30	37	-0,7	2,1	0,9	-0,5
I	4	23	17	31	-6,0	0,9	-2,8	-2,3
II	28	25	11	29	0,3	-1,5	2,7	-1,2
III	37	53	23	37	6,2	0,3	5,9	2,8
IV	55	18	21	46	8,2	13,8	9,9	8,7
V	86	81	112	77	13,5	16,3	13,1	13,7
VI	41	45	31	80	18,4	18,2	21,5	17,1
VII	95	83	50	95,2	18,7	19,3	19,1	19,0

Tabela 8

Table 8

Komponenty plonu (średnia z lat)

Yield components (mean for year)

Wariant nawożenia Fertilization variant	Obsada kłosów (szt. · m ⁻²) Number of ears (pcs. · m ⁻²)	Liczba ziaren w kłosie Number of grains per ear	MTZ (g) Thousand grain weight (g)
A (kontrola/control)	496,1	39,3	39,3
B	501,3	40,1	40,3
C	498,3	40,9	41,1
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	1,68
Średnia ogólna Total mean	498,6	40,1	40,2

r.n. – różnica nieistotna/nonsignificant difference

Zastosowane nawożenie w wariancie C, w odniesieniu do kontroli, wpłynęło na zwiększenie wartości pomiarów LAI i SPAD, co świadczy o korzystnym wpływie zastosowanych nawozów na wzrost i stan odżywienia roślin. Istotnie niższe odczyty wymienionych indeksów uzyskano u roślin kontrolnych. W przypadku przewodności szparkowej liści (Gs) wykazano, że nawożenie w wariancie C skutkowało spadkiem pomiarów w porównaniu do kontroli (tab. 9). Nawozy dolistne wywarły zatem krótkotrwały stres u roślin, który wynikał z bezpośredniego kontaktu z substancjami zawartymi w nawozach.

Kocoń (2016) zwraca uwagę, że przy nawożeniu dolistnym konieczne jest odpowiednie przygotowanie cieczy roboczej aby nie powodować dodatkowego stresu u roślin a nawet ich poparzenia. Zagórda

i Walczyk (2007) wykazali przydatność odczytów SPAD w uprawie pszenicy ozimej do oceny stanu odżywienia roślin. W rezultacie takich pomiarów uzyskali zadowalający plon ziarna i mniejsze o blisko 14% zużycie azotu w odniesieniu do nawożenia tradycyjnego. Rachoń i in. (2018) udowodnili, że odczyty LAI zależały od genotypu pszenicy jarej oraz zastosowanej intensywności produkcji. Wykazali, że w fazie kwitnienia zaznaczył się korzystny wpływ intensywniejszej agrotechniki na uzyskane pomiary LAI. Bobrecka-Jamro i in. (2015) podają, że większa dawka nawożenia mineralnego NPK w porównaniu z niższą wpłynęła na istotny wzrost indeksów SPAD i LAI w uprawie pszenicy jarej. Fageria i in. (2009) konkludują, że nawożenie dolistne wymaga większej powierzchni liści, aby wchłoniąć aplikowane makro- i mikrośkładniki

Reakcja pszenicy zwyczajnej ozimej na dolistne nawożenie

w wystarczającej ilości. Często konieczne jest wykonanie więcej niż jednej aplikacji dolistnej w zależności od stopnia niedoboru składników pokarmowych w roślinie.

Tabela 9

Table 9

Pomiary wskaźników (średnia z lat)
Measurements of indicators (average over the years)

Wariant nawożenia Fertilization variant	SPAD	LAI	Gs
A (kontrola/control)	53,3	3,55	613,8
B	55,6	3,72	593,4
C	58,2	4,33	580,6
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}	4,76	0,69	31,6
Średnia ogólna Total mean	55,7	3,87	595,9

r.n. – różnica nieistotna/nonsignificant difference

W latach badań plon ziarna pszenicy ozimej wyniósł średnio 8,05 t·ha⁻¹. Istotny wzrost poziomu plonowania w stosunku do obiektu kontrolnego uzyskano po zastosowaniu nawożenia w wariancie C i B. Wzrost plonu ziarna w odniesieniu do kontroli po zastosowaniu wariantu C wyniósł 0,72 t·ha⁻¹. Natomiast po zastosowaniu wariantu B 0,44 t·ha⁻¹. Plony pszenicy były zróżnicowane w latach badań. W 2017 r. uzyskano 9,02 t·ha⁻¹ ziarna, natomiast w latach 2018 i 2019 odpowiednio o 2,0 i 0,92 t·ha⁻¹ mniej. W latach badań plonowanie pszenicy ozimej było zmodyfikowane poprzez zmienne nawożenie. Należy zaznaczyć, że w 2018 r. nawożenie w wariancie C skutkowało najwyższym przyrostem plonu w porównaniu do kontroli, o 0,96 t·ha⁻¹. Potwierdzono także istotną różnicą plonu pomiędzy wariantem nawożenia B w odniesieniu do kontroli (tab. 10). Należy zatem wnioskować, że rośliny

pszenicy ozimej korzystnie reagują na zawarte w nawozach dolistnych składniki pokarmowe. Wykonanie analiz chemicznych liści pozwoliłoby uszczegółwić uzyskane wyniki, na co potrzeba jednak odpowiednich środków finansowych.

Podolska i Wyzińska (2011) wykazały korzystny wpływ azotu na plon ziarna pszenicy ozimej, co było związane ze wzrostem liczby kłosów na wazon, liczby ziaren z rośliny oraz zależnie od odmiany MTZ. Sztuder (2007) udowodniła, lepszą przyswajalności składników z nawozów płynnych (NPK) w porównaniu z nawozami stałymi. Buczek i in. (2012) potwierdzają, że nawozy dolistne istotnie zwiększały plon ziarna pszenicy ozimej w zakresie od 0,37 do 0,67 t·ha⁻¹. Największy wzrost plonu ziarna (średnio o 12,2%) uzyskali po aplikacji nawozu Plonvit Z w stosunku do kontroli.

Tabela 10

Table 10

Plon ziarna w t·ha⁻¹Grain yield in t·ha⁻¹

Wariant nawożenia Fertilization variant	2017	2018	2019	Średnia z lat Mean for years
A (kontrola/control)	8,64	6,56	7,78	7,66
B	9,10	6,99	8,21	8,10
C	9,32	7,52	8,30	8,38
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}	0,59	0,38	0,48	0,41
Średnia ogólna Total mean	9,02	7,02	8,10	8,05

Zawartość białka ogólnego wyniosła średnio 13,9% s.m. ziarna. Zastosowane nawożenie w wariancie C istotnie zwiększyło koncentrację omawianego składnika w ziarnie w odniesieniu do kontroli. W przypadku włókna uzyskano

zależność odwrotną. Więcej omawianego składnika oznaczono w ziarnie z kontroli (A) w porównaniu do wariantu C. Zawartość tłuszczu surowego i popiołu nie była istotnie zmodyfikowana (tab. 11).

Chrzanowska-Drożdż i in. (2004) wykazały,

że uzyskanie dobrych wskaźników jakościowych ziarna pszenicy wymagało zastosowania 120 kg/ha azotu i dodatkowo dolistnego dokarmiania mocznikiem. Knapowski i in. (2010) po dolistnym zastosowaniu 30 kg·ha⁻¹ azotu w fazie strzelania w źdźbło, uzyskali istotnie najwyższą zawartość białka w ziarnie pszenicy ozimej odmiany Astella. Buczek i in. (2012) podają, że nawożenie dolistne korzystnie wpływało na cechy jakościowe ziarna,

poprzez zwiększenie zawartości białka oraz dodatkowo dorodności nasion. Również Jaskulska (2010) wykazała, że ziarno pszenicy ozimej pod wpływem nawożenia makro- i mikroelementami zawierało więcej białka a często i glutenu. W badaniach Jankowskiego i in. (2016) intensywne nawożenie dolistne istotnie obniżyło zawartość białka ogólnego (1,1 g kg⁻¹ s.m.) oraz pogorszyło jakość białka w porównaniu do kontroli.

Tabela 11
Table 11

Skład chemiczny ziarna w% s.m. (średnia z lat)

Chemical composition of grain in% DM (average over the years)

Wariant nawożenia Fertilization variant	Białko ogólne Total protein	Tłuszcz surowy Crude fat	Włókno Fiber	Popiół Ash
A (kontrola/control)	13,5	1,53	2,88	1,49
B	13,9	1,51	2,71	1,54
C	14,4	1,48	2,53	1,58
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}	0,82	r.n.	0,31	r.n.
Średnia ogólna Total mean	13,9	1,51	2,71	1,54

r.n. – różnica nieistotna/nonsignificant difference

Wnioski

1. Plonowanie pszenicy ozimej było zmienne w latach badań, na co wpłynął układ warunków pogodowych w poszczególnych sezonach. W 2017 r. uzyskano 9,02 t·ha⁻¹ ziarna, natomiast w latach 2018 i 2019 odpowiednio o 2,0 i 0,92 t·ha⁻¹ mniej.
2. Najwyższy plon ziarna (8,38 t·ha⁻¹) uzyskano po zastosowaniu intensywnego nawożenia dolistnego (wariant C) a istotnie niższy na kontroli. Po zastosowaniu wariantu B w odniesieniu do wariantu C pszenica plonowała na tym samym poziomie.
3. Intensywne nawożenie dolistne (wariant C) wpłynęło na istotny wzrost MTZ oraz indeksów SPAD i LAI w odniesieniu do kontroli. W przypadku przewodności szparkowej liści (Gs) wykazano zależność odwrotną.
4. Zastosowane nawożenie w wariacie C istotnie zwiększyło w ziarnie zawartość białka ogólnego, zaś obniżyło włókna w porównaniu do kontroli.

Literatura

Bobrecka-Jamro, D., Jarecka, A., Jarecki, W. (2015). Response of some spring wheat cultivars to diverse mineral NPK fertilization. *Acta Sci. Pol. Agricultura*, 14 (2): 3–13.

Buczek, J., Tobiasz-Salach, R., Bobrecka-Jamro, D. (2012).

Wpływ nawożenia dolistnego i zmniejszonych dawek herbicydu na plon i cechy jakościowe ziarna pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 29 (1): 7–15.

Černý, J., Balík, J., Kulhánek, M., Čásová, K., Nedvěd, V. (2010). Mineral and organic fertilization efficiency in long-term stationary experiments. *Plant Soil Environ.*, 56: 28–36. <https://doi.org/10.17221/200/2009-PSE>

Chrzanowska-Drożdż, B., Gil, Z., Liszewski, M., Malarz, W. (2004). Wysokość i jakość plonu ziarna pszenicy ozimej w zależności od dawki i sposobu nawożenia azotem. *Biuletyn IHAR*, 233: 29–38.

Chwil, S. (2000). Plonowanie pszenicy ozimej pod wpływem dolistnego dokarmiania wieloskładnikowym nawozem Wuxal Top N w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. *Rocz. Gleb.*, 51 (3/4): 129–134.

Chwil, S. (2014). Effects of foliar feeding under different soil fertilization conditions on the yield structure and quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Agrobot.*, 67 (4): 135–144.

Dick, C.D., Thompson, N.M., Epplin, F.M., Arnall, D.B. (2016). Managing late-season foliar nitrogen fertilization to increase grain protein for winter wheat. *Agron. J.*, 108 (6): 2329–2338. DOI: 10.2134/agronj2016.02.0106

Fageria, N.K., Barbosa, Filho M.P., Moreira, A., Guimarães, C.M. (2009). Foliar Fertilization of Crop Plants. *J. Plant Nutr.*, 32 (6): 1044–1064, DOI: 10.1080/01904160902872826

Froese, S., Wiens, J.T., Warkentin, T., Schoenau, J.J. (2020). Response of canola, wheat and pea to foliar phosphorus

- fertilization at a phosphorus deficient site in eastern Saskatchewan. *Can. J. Plant Sci.*, 100 (6): 642–652 DOI: 10.1139/cjps-2019-0276
- Jankowski, K.J., Hulanicki, P.S., Sokółski, M., Hulanicki, P., Dubis, B. (2016). Yield and quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in response to different systems of foliar fertilization. *J. Elem.*, 21 (3): 715–728. DOI: 10.5601/jelem.2015.20.4.1036
- Jańczak-Pieniżek, M., Buczek, J., Tobiasz-Salach, R., Bobrecka-Jamro, J. (2020). Wpływ intensywności uprawy na produktywność mieszańcowych i populacyjnych odmian pszenicy ozimej. *Biuletyn IHAR*, 288: 59–66. DOI: 10.37317/biul-2020-0007
- Jaskulska, I. (2010). Wpływ dolistnego stosowania makro- i mikroelementów na wielkość i jakość plonów pszenicy ozimej i buraka cukrowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 556: 119–126
- Jaskulska, I., Boczkowski, T., Janiak, A., Jaskulski, D. (2015). Wpływ wieloletniego zróżnicowanego nawożenia na strukturę plonu i zanieczyszczenie ziarna pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 32 (2): 20–28.
- Knapowski, T., Ralcewicz, M., Spychaj-Fabisiak, E., Łożek, O. (2010). Ocena jakości ziarna pszenicy ozimej uprawianej w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. *Fragm. Agron.*, 27 (1): 73–80.
- Kocoń, A. (2009). Efektywność dolistnego dokarmiania pszenicy i rzepaku ozimego wybranymi nawozami w warunkach optymalnego nawożenia i wilgotności gleby. *Ann. UMCS, Sec. E*, 64 (2): 23–28. DOI: 10.2478/v10081-009-0014-0
- Kocoń, A. (2016). Aktualne trendy i innowacje w dolistnym dokarmianiu roślin uprawnych*. *Studia i Raporty IUNG-PIB Puławy*, (48)2: 49–63. DOI: 10.26114/sir.iung.2016.48.04
- Kantek, K., Korzeniowska, J. (2013). Potrzeby nawożenia zbóż mikroelementami. *Studia i Raporty IUNG-PIB Puławy*, 34 (8): 145–157. DOI: 10.26114/sir.iung.2013.34.11
- Korzeniowska, J., Stanisławska-Głubiak, E. (2011). The effect of foliar application of copper on content of this element in winter wheat grain. *Pol. J. Agron.*, 4: 3–6.
- Lemańczyk, G., Piekarczyk, M. (2013). Effect of fertilization, chemical crop protection and sowing density on health status of winter wheat grown in short-time monoculture on light soil. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 53 (3): 487–493
- Makarewicz, A., Gąsiorowska, B., Cybulska, A. 2012. Wpływ dolistnego nawożenia azotem na wybrane parametry jakościowe ziarna pszenicy ozimej. *Frag. Agron.* 29 (1): 105–113.
- Podolska, G., Wyzńska, M. (2011). Reakcja odmian pszenicy ozimej na nawożenie azotem w doświadczeniach wazowych. *Pol. J. Agron.*, 5: 43–48.
- Potarzycki, J., Przygocka-Cyna, K., Wendel, J., Biniek, Ł., Ridiger, B. (2015). Wpływ nawożenia siarką na plonowanie pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 32 (4): 63–72.
- Rachoń, L., Szumiło, G., Michałek, W., Bobryk-Mamczarz, A. (2018). Zmienność wskaźnika powierzchni liści (LAI) i promieniowania fotosyntetycznie aktywnego (PAR) w zależności od genotypu pszenicy i intensyfikacji technologii uprawy. *Agronomy Sci.*, 73 (1): 63–71. <https://doi.org/10.24326/asx.2018.1.6>
- Ruszkowska, M., Wojcieszka – Wyskupajtyś, U. (1996). Mikroelementy – fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 434: 1–11.
- Smytkiewicz, K., Podleśny, J. 2020. Metody oceny stanu odżywienia roślin azotem. *Studia i Raporty IUNG-PIB. Z. 61 (15): 89–99.*
- Sulek, A., Podolska, G., Jaśkiewicz, B. (2016). Plonowanie i zdrowotność dwóch podgatunków pszenicy w zależności od udziału zbóż w strukturze zasiewów w warunkach integrowanej produkcji. *Pol. J. Agron.*, 27: 118–125.
- Sztuder, H. (2007). Produkcyjna i ekologiczna ocena różnych sposobów aplikacji nawozów w uprawie pszenicy ozimej. *Inż. Rol.*, 3 (91): 167–172.
- Tsvey, Y., Ivanina, R., Ivanina, V., Senchuk, S. (2021). Yield and quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) grain in relation to nitrogen fertilization. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, 74 (1): 9413–9422. DOI: 10.15446/rfnam.v74n1.88835
- Wach, D. (2015). Metody oceny stanu odżywiania roślin. *Studia i Raporty IUNG PIB Puławy*, 42 (16): 53–68. DOI: 10.26114/sir.iung.2015.42.2
- Zagórda, M., Walczyk, M. (2007). Precyzyjne nawożenie azotem pszenicy ozimej na podstawie pomiarów SPAD. *Inż. Rol.*, 7 (95): 249–256.

Ocena linii wsobnych kapusty głowiastej białej pod względem przydatności do hodowli odpornościowej na stres suszy

Evaluation of the cabbage inbred lines for resistance breeding to drought stress

Piotr Kamiński¹, Waldemar Treder², Krzysztof Klamkowski²

¹Pracownia Genetyki i Hodowli Roślin Warzywnych, Zakład Hodowli Roślin Ogrodniczych, Instytut Ogrodnictwa – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96–100 Skierniewice,

²Zakład Agrotechnologii, Pracownia Nawadniania, Instytut Ogrodnictwa – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96–100 Skierniewice,

✉ e-mail: piotr.kaminski@inhort.pl

Dwanaście linii wsobnych kapusty głowiastej białej otrzymanych w Pracowni Genetyki i Hodowli Roślin Warzywnych, Zakład Hodowli Roślin Ogrodniczych Instytutu Ogrodnictwa - PIB zostało poddanych ocenie pod względem cech morfologicznych, dynamice wzrostu systemu korzeniowego, intensywności fotosyntezy oraz transpiracji, które mogą wpływać na ich odporność na stres suszy. Badania prowadzono w warunkach kontrolowanych w fazie wiązania główek jak również w fazie dojrzałości zbiorczej na polu doświadczalnym. Wszystkie linie wsobne odznaczały się wysoką wartością hodowlaną oraz wyrównaniem, były również silnie zróżnicowane pod względem badanych cech. Linie wsobne kapusty różniły się pod względem reakcji na stres suszy. Genotypy o dużej dynamice wzrostu systemu korzeniowego, mniejszych liściach oraz kompaktowym pokroju roślin, które odznaczały się silniejszym ograniczeniem fotosyntezy oraz transpiracji w warunkach stresu suszy, mogą być wykorzystywane do hodowli odpornościowej. Wysoki poziom zróżnicowania linii wsobnych umożliwia uzyskanie efektu heterozji przy tworzeniu nowych eksperymentalnych mieszańców F_1 lepiej przystosowanych do niekorzystnych warunków środowiska w tym na stres niedoboru wody.

Słowa kluczowe: cechy morfologiczne i użytkowe, fotosynteza, hodowla, kapusta głowiasta, linie wsobne, stres suszy, transpiracja

Twelve head cabbage inbred lines obtained at the Research Institute of Horticulture, Department of Genetics and Breeding, Skierniewice, Poland were evaluated in respect to the morphological characters, dynamic of the root development, photosynthesis and transpiration activity that could affect their resistance for the drought stress. The evaluation was conducted in controlled conditions at head formation stage and at the field when cabbage reached their maturity. All inbred lines were uniform with high breeding value but they were also highly diversified in respect to their characters. Different reactions for drought stress between the lines was recorded. Genotypes with high dynamics of root development, smaller leaf size, compact shape of plant, with stronger transpiration and photosynthesis reaction will be probably less susceptible to drought stress. High level of diversity of cabbage inbred lines reflects their potential for the breeding of the new F_1 cultivars with better adaptation for the abiotic stresses including drought stress in the future.

Key words: morphological traits, photosynthesis, breeding, head cabbage, inbred lines, drought stress, transpiration

Wstęp

Kapusta głowiasta biała jest jednym z najważniejszych gatunków roślin warzywnych uprawianych w Polsce, której produkcja zajmuje około 23 tys. ha i wynosi ponad 1 mln ton rocznie. Jest cennym źródłem witaminy C, substancji prozdrowotnych i błonnika a dzięki kwaszeniu i przechowywaniu jest dostępna na rynku przez cały rok w stanie surowym i przetworzonym. Dużą rolę odgrywają odmiany mieszańcowe pochodzenia zagranicznego, które odznaczają się większym wyrównaniem, lepszym plonowaniem i zdrowotnością niż odmiany ustalone. Nowoczesna hodowla kapusty wymaga wykorzystania linii

wsobnych o dobrej zdolności kojarzeniowej, wysokiej jakości, wyrównanych oraz odpornych na stesy biotyczne i abiotyczne (Dickson 2007) Hodowla mieszańców kapusty głowiastej białej jest prowadzona w Polsce w Pracowni Genetyki i Hodowli Roślin Warzywnych, Zakład Hodowli Roślin Ogrodniczych Instytutu Ogrodnictwa jak również w firmach hodowlano-nasiennych i ma duże znaczenie gospodarcze. Celem tych programów jest uzyskanie nowych mieszańców heterozyjnych mogących konkurować pod względem jakości, plonowania oraz odporności na stesy biotyczne i abiotyczne z odmianami zagranicznymi. Ze względu na zmiany klimatu i coraz

powszechniejszy niedobór wody, jedną z najbardziej poszukiwanych cech jest wysoka odporność materiałów hodowlanych kapusty głowiastej białej na stres związany z suszą. Kapusta głowiasta biała jak i inne rośliny kapustowate jest gatunkiem o wysokich wymaganiach wodnych zarówno pod względem niedoboru jak i nadmiernej ilości wody, a stres związany z brakiem właściwego nawadniania uwidacznia się w postaci więdnienia i zamierania liści, co w konsekwencji prowadzi do obniżenia lub całkowitej utraty plonu (Kaniszewski i Rumpel 1998, Wiebe 1981). Stres spowodowany deficytem wody prowadzi do szeregu fizjologicznych i biochemicznych zmian w organizmie roślinnym. W wyniku hamowania wymiany gazowej, a więc i asymilacji CO₂, dochodzi do ograniczenia syntezy cukrów. Zmiana stosunków troficznych oraz dystrybucji substancji pokarmowych powoduje konieczność ograniczenia energochłonnych procesów wzrostu, a w skrajnych przypadkach nawet rozwoju generatywnego. Zahamowanie wzrostu, słabsze zawiązywanie owoców oraz obniżenie wielkości plonu a czasem również pogorszenie jego jakości było obserwowane podczas suszy u różnych gatunków roślin uprawnych (Boyer 1970; Singer i in. 2003). Jedną z pierwszych reakcji roślin na suszę jest zamykanie aparatów szparkowych. Powoduje to zmniejszenie transpiracji co jest jedną ze strategii chroniącą rośliny przed nadmierną utratą wody (Chaves i in. 2003). Zamykanie aparatów szparkowych prowadzi również do ograniczenia procesu pobierania dwutlenku węgla. Reakcją taką obserwowano u wielu gatunków roślin rosnących w warunkach niedoboru wody w podłożu (Chandler, Ferree 1990; Flore i in. 1985; Klamkowski, Treder 2006; Klamkowski i in., 2015). Faza wiązania główek jest jednym z najbardziej krytycznych momentów który decyduje o wysokości i jakości plonu kapusty (Smittle 1994). W tym okresie zapotrzebowanie na wodę i składniki odżywcze jest największe. W zależności od wczesności oraz cech morfologicznych, wiązanie główek następuje najczęściej po wytworzeniu 14–18 liści właściwych. Odmiany wczesne kapusty głowiastej, przeznaczone na zbiór 45–60 dni po posadzeniu na miejsce stałe, posiadają szczególnie wysokie wymaganiach wodno-pokarmowe i są bardziej podatne na stres wodny (Dickson 2007, Pavlović i in. 2019). Prowadzenie hodowli uwzględniającej odporności na stres związany z niedoborem wody jest procesem złożonym ze względu na kompleksowy mechanizm dziedziczenia kontrolowany przez ekspresję wielu genów o działaniu częściowym (Asharf i in. 2009, Giuseppe i Dichio, 2012) Hodowla odpornościowa

roślin kapustowatych na stres suszy prowadzona jest zarówno w warunkach naturalnych jak również w warunkach kontrolowanych z wykorzystaniem biometrycznych metod uwzględniających wpływ czynników odpowiedzialnych za aktywność fotosyntezy oraz transpirację (Bahadur i in. 2011, Blum 1988). Poziom odporności kapusty głowiastej na stres wodny zależy również od cech morfologicznych i anatomicznych roślin takich jak powierzchnia, liczba, wielkość, struktura, unerwienie i grubość liści okrywających, pokrój roślin oraz intensywność nalotu woskowego oraz kształt i wielkość systemu korzeniowego (Leonardis i in 2012).

Celem podjętych badań była ocena dwunastu linii hodowlanych kapusty głowiastej białej: 1) w warunkach kontrolowanych w fazie wiązania główek pod względem dynamiki wzrostu systemu korzeniowego, cech morfologicznych związanych z odpornością na stres wodny oraz aktywności transpiracji i fotosyntezy w warunkach stresu suszy 2) w warunkach polowych (w okresie dojrzałości zbiorczej główek) pod względem masy, kształtu i wypełnienia główek, długości głąba wewnętrznego, długości okresu wegetacji a także pokroju roślin, unerwienia liści i nalotu woskowego.

Material i Metody

Material

Dwanaście linii hodowlanych kapusty głowiastej białej (PW1265, PW2517, PW1018, PW738, PW703, PW903, PW800, CW2517, PW910, PW1027, CW1018, CW738) zróżnicowanych pod względem pochodzenia oraz cech morfologicznych i użytkowych (Fot. 1A) wyselekcjonowano w Pracowni Genetyki i Hodowli Roślin Warzywnych Instytutu Ogrodnictwa PIB. Linie przeznaczone do oceny zostały wytworzone metodami hodowli wsobnej, odznaczały się wysokim poziomem homozygotyczności, wyrównaniem wewnątrzliniowym, dobrą zdolnością kojarzeniową oraz cechami typowymi dla form uprawnych w warunkach Polski.

Warunki kontrolowane

Linie wsobne kapusty głowiastej białej wysiano w trzecim tygodniu lutego do 2,5 l. doniczek wypełnionych mieszanką substratu torfowego (Kronen), piasku i perlitu (3:1:1) i uprawiano w szklarni temperaturze 16–20 °C przy 12-godzinnym fotoperiodzie. Każda linia była reprezentowana przez 10 roślin. Nawadnianie i nawożenie prowadzono przy pomocy roztworu nawozu Kristalon Zielony (0,3%) 18–18–18 + mikroelementy (Yara) przez uzupełnianie pożywki w matach podsiąkowych na których ustawiono doniczki. W celu obserwacji dynamiki

wzrostu systemu korzeniowego w każdej z doniczek wycięto okno o wymiarach 9 x 13 cm, które zabezpieczono przezroczystą, sztywną folią. (Fot. 1B). Okna odczytu na czas wegetacji zabezpieczono przed światłem z zewnątrz czarnym plastikiem. Rejestracja dynamiki wzrostu systemu korzeniowego prowadzona była dla trzech losowo wybranych roślin każdej z linii nawadnianej zgodnie z potrzebami. Obserwacje prowadzono od pierwszego tygodnia kwietnia, co siedem dni przez okres trzech tygodni. Rejestrację prowadzono poprzez ręczne odwzorowanie przy pomocy markera liczby i długości wszystkich korzeni widocznych w oknie odczytu. Odwzorowanie wykonano na przezroczystej folii wykorzystując 3 różne kolory dla dorysowania kolejnych nowo wytworzonych korzeni które wyrosły w danym terminie pomiaru. (Fot. 1C). Uzyskane zarysy odwzorowania systemu korzeniowego zostały zeskanowane i poddane analizie komputerowej pozwalającej na określenie przyrostu długości korzeni w 1, 2 i 3 tygodniu obserwacji.

Ocenę cech morfologicznych w zależności od stresu wodnego oraz natężenia fotosyntezy i transpiracji przeprowadzono w fazie 16 liści właściwych, w czwartym tygodniu kwietnia. Dla 3 losowo wybranych roślin każdej z linii dokonano pomiarów średnicy łodygi przy szyjce korzeniowej (mm), średniej masy części nadziemnej (g) i średniej wysokości roślin (cm). Pozostałe cechy takie jak barwa, unerwienie liścia oraz nalot woskowy zostały ocenione według kilkustopniowej umownej skali bonitacyjnej zgodnie z UPOV (International Union for the Protection of New Varieties of Plants). W celu oceny stresu suszy, dla pięciu roślin każdej z linii kapusty głowiastej, zaprzestano nawadniania, pozostałe rośliny każdej z linii stanowiły grupę kontrolną. Reakcję na stres spowodowany suszą oceniono po upływie 72 godzin dokonując pomiarów natężenia fotosyntezy oraz transpiracji przy wykorzystaniu analizatora LCPro+, ADC BioScientific, UK oraz oceny stopnia zwiędnięcia roślin w 10-stopniowej skali zarówno dla grupy roślin poddanych stresowi jak i grupy kontrolnej.

Ocena w warunkach polowych

Dwanaście linii wsobnych kapusty głowiastej białej oceniono w doświadczeniu porównawczym na polu doświadczalnym Instytutu Ogrodnictwa – PIB w Skierniewicach. Rośliny w fazie rozsady wysadzono w trzecim tygodniu maja w rozstawie 50 x 60 cm na miejsce stałe w układzie bloków losowanych w trzech powtórzeniach po 20 roślin w każdym powtórzeniu. W celu zapewnienia ochrony przed chorobami i szkodnikami oraz dla

prawidłowego wzrostu roślin zastosowano właściwą dla tego gatunku ochronę chemiczną oraz nawożenie. W trakcie wegetacji nie stosowano dodatkowego nawadniania, zachowując naturalne warunki sprzyjające wystąpieniu stresu suszy, która wystąpiła na przełomie czerwca i lipca po 2 tygodniowym braku opadów oraz wysokim nasłonecznieniu (pomiarzy średniej sumy i częstotliwości opadów oraz temperatury dla Skierniewic, stacja meteorologiczna IO). Oceny stopnia zwiędnięcia roślin dokonano w czwartym tygodniu czerwca w 10-stopniowej skali bonitacyjnej gdzie 10 stanowiło brak objawów a 1 całkowite uschnięcie. Oceny cech morfologicznych i użytkowych dokonano w fazie dojrzałości zbiorczej główek indywidualnie dla każdej z linii. Dokonano pomiarów masy (kg) i kształtu główek (stosunek wysokości do szerokości główki), procentowego udziału głąba wewnętrznego w główce (stosunek długości głąba wewnętrznego do wysokości główki) oraz długości okresu wegetacji od sadzenia do osiągnięcia dojrzałości zbiorczej. Pozostałe cechy takie jak pokrój roślin, unerwienie liści, nalot woskowy, barwa liści zewnętrznych, osadzenie główek, barwa mięszu oraz wypełnienie główek badano na podstawie kilkustopniowej skali bonitacyjnej według UPOV.

Analiza statystyczna

Przyrost długości korzeni w poszczególnych okresach oceny w fazie 16 liści właściwych: średnica szyjki korzeniowej, średnia masa części nadziemnej, średnia wysokość roślin, w fazie dojrzałości zbiorczej: średnia masa główek, kształt główek oraz długość głąba wewnętrznego były poddane jednoczynnikowej analizie wariancji przy wykorzystaniu testu Newmana-Keulsa na poziomie istotności $P=0,05$ (program STATISTICA package StatSoft v.10).

Wyniki

Warunki kontrolowane

Porównanie wyników przyrostu długości korzeni w kolejnych terminach dla każdej z linii wsobnych pozwoliło na wyliczenie całkowitej długości korzeni jak również dynamiki przyrostu długości korzenia w poszczególnych fazach rozwoju roślin. Linie wsobne kapusty głowiastej białej różniły się między sobą pod względem dynamiki wzrostu systemu korzeniowego (Tabela 1). Linie PW1018 i CW1018 odznaczały się większą dynamiką wzrostu systemu korzeniowego w pierwszym terminie obserwacji (46 dni od wysiewu) (odpowiednio 13,6 i 11,9 cm) podczas gdy linie PW910, PW903 i CW738 wykazywały w tym terminie najslabszy

przyrost (odpowiednio 0,9, 1,2, 1,62 cm). W drugim terminie obserwacji (53 dni od wysiewu) największe przyrosty długości korzeni zostały zaobserwowane dla linii PW1027 (113,2 cm), PW800 (102,5 cm) i linii CW2517 (98,8 cm), natomiast linie CW1018, PW910 i PW903 miały najniższe przyrosty (odpowiednio 43,2, 50,4 i 53,1 cm). Średnia dynamika przyrostu systemu korzeniowego dla wszystkich badanych linii kapusty głowiastej białej w 3 terminie obserwacji (113,7 cm) była większa niż w drugim (72,5 cm) i pierwszym terminie (5,7 cm).

Podobnie jak w drugim terminie linie PW1027 i PW800 charakteryzowały się największym przyrostem systemu korzeniowego w trzecim terminie obserwacji (odpowiednio 144,2 i 141,3 cm). Liniami o najdłuższym systemie korzeniowym na podstawie sumarycznej oceny ich długości po 60 dniach od wysiewu były PW1017 (259,5 cm) i PW800 (249,8 cm), najniższym wzrostem systemu korzeniowego odznaczały się linie CW1018 (135,6 cm), PW703 (140,4 cm) i PW903 (146,4 cm) (Tabela 1).

Tabela 1
Table 1

Przyrost długości korzeni (cm) linii wsobnych kapusty głowiastej białej w trzech terminach pomiarów, warunki kontrolowane.

Dynamics of the roots development (cm) of head cabbage inbred lines at three terms of measure, controlled conditions.

Linia Line	Termin I (48 dni od wysiewu) Term I (48 days after sowing)	Termin II (53 dni od wysiewu) Term II (53 days after sowing)	Termin III (60 dni od wysiewu) Term III (60 days after sowing)	Suma I-III termin Total I-III terms
PW1265	2,32 ab	79,16 abcd	115,12 bcde	196,6 bc
PW2517	8,16 abc	90,42 bcd	121,80 cde	220,38 c
PW1018	13,64 c	59,28 abc	88,73 abc	161,65 ab
PW738	8,36 abc	59,44 abc	103,38 abc	171,18 ab
PW703	8,46 abc	58,18 abc	73,78 a	140,42 a
PW903	1,24 a	53,10 ab	92,10 abc	146,44 a
PW800	6,92 abc	101,52 cd	141,32 de	249,76 d
CW2517	2,68 ab	98,78 cd	109,88 bcd	211,34 c
PW910	0,9 a	50,4 ab	104,26 abc	155,56 ab
PW1027	2,08 ab	113,20 d	144,22 e	259,5 d
CW1018	11,92 bc	43,20 a	83,52 ab	138,64 a
CW738	1,62 a	60,30 abc	97,22 abc	159,14 ab
Średnia	5,69	72,25	113,75	184,22

Linie wsobne kapusty głowiastej białej uprawiane w fazie 16 liści właściwych uprawiane w warunkach szklarniowych charakteryzowały się zróżnicowanymi cechami morfologicznymi takimi jak średnica szyjki korzeniowej, średnia masa części nadziemnej, średnia wysokość roślin, unerwienie, nalot woskowy brzeg i barwa liścia (Tabela 2). Najszerszą szyjką korzeniową odznaczały się linie CW2517, PW800 i PW903 (odpowiednio 12,3, 12,2, 11,8 mm), najwęższą linia PW1265 (7,5 mm). Średnia masa części nadziemnej ważona bezpośrednio po ścięciu wynosiła od 215 g. (linia PW1265) do 292 g. (linia PW903). Średnia wysokość roślin dla linii CW1018 i PW800 (19,8, 20,2 cm) była istotnie niższa niż dla linii późnych PW2517 i CW2517 (odpowiednio 25,6 i 25,3 cm).

Liniami o najintensywniejszym unerwieniu były PW738 i CW738, natomiast najniższe unerwienie liści posiadały linie PW800 i PW1018. Cztery spośród dwunastu genotypów wytwarzało silny włos (PW1265, PW2517, PW738 i PW1027), jedynie dwie linie PW1018 i CW1018 posiadały słaby nalot woskowy na powierzchni liści. Linie PW1265, CW2517 i PW1027 odznaczały się karbowanym brzegiem liścia, podczas gdy pozostałe były gładkie lub faliste. Większość linii odznaczała się zieloną barwą liści, cztery linie były ciemnozielone (PW2517, PW738, PW1027, CW1018) (Tabela 2). Reakcja poszczególnych genotypów na stres suszy w warunkach kontrolowanych była zróżnicowana od stosunkowo silnej, powodującej zamieranie starszych liści i częściowe wędnięcie całych roślin

(PW703, PW903 i PW910) do niewielkiej w postaci częściowego więdnienia liści zewnętrznych (PW2517, CW1018, PW738, CW2517) (Tabela 2, Fot. 1D, 1E, 1F, 1G).

Tabela 2

Table 2

Cechy morfologiczne linii wsobnych kapusty głowiastej białej w fazie 16 liści właściwych w warunkach kontrolowanych.
Morphological characters of head cabbage inbred lines at 16 leaf stage in controlled conditions.

Linia Line	Szyjka korzeniowa (mm) Root collar (mm)	Średnia masa cz. nadziemnej (g) Avg. mass of aerial part (g)	Średnia wysokość roślin (cm) Avg. height of plants	Unerwienie liści Leaf innervation	Nalot woskowy Waxiness	Brzeg liścia Leaf edge	Barwa liścia Leaf color	Stres suszy Drought stress
PW1265	7,5 a	215 a	24,3 cd	2	3	3	2	7
PW2517	9,8 ab	237 ab	25,3 d	2	3	1	3	9
PW1018	9,8 ab	220 a	22,3 ac	1	1	1	2	7
PW738	10,2 ab	242 ab	22,3 ac	3	3	1	3	9
PW703	10,9 ab	276 ab	22,0 ac	2	2	1	2	6
PW903	11,8 b	292 b	20,5 ab	2	2	2	2	5
PW800	12,2 b	220 a	20,2 a	1	2	1	2	7
CW2517	12,3b	259 ab	25,6 d	2	2	3	2	9
PW910	11,1 ab	282 ab	23,0 ad	2	2	1	2	6
PW1027	10,4 ab	275 ab	20,7 ab	2	3	3	3	6
CW1018	8,9 ab	267 ab	19,8 a	2	1	0	3	9
CW738	10,6 ab	260ab	23,4 bd	3	2	2	2	7

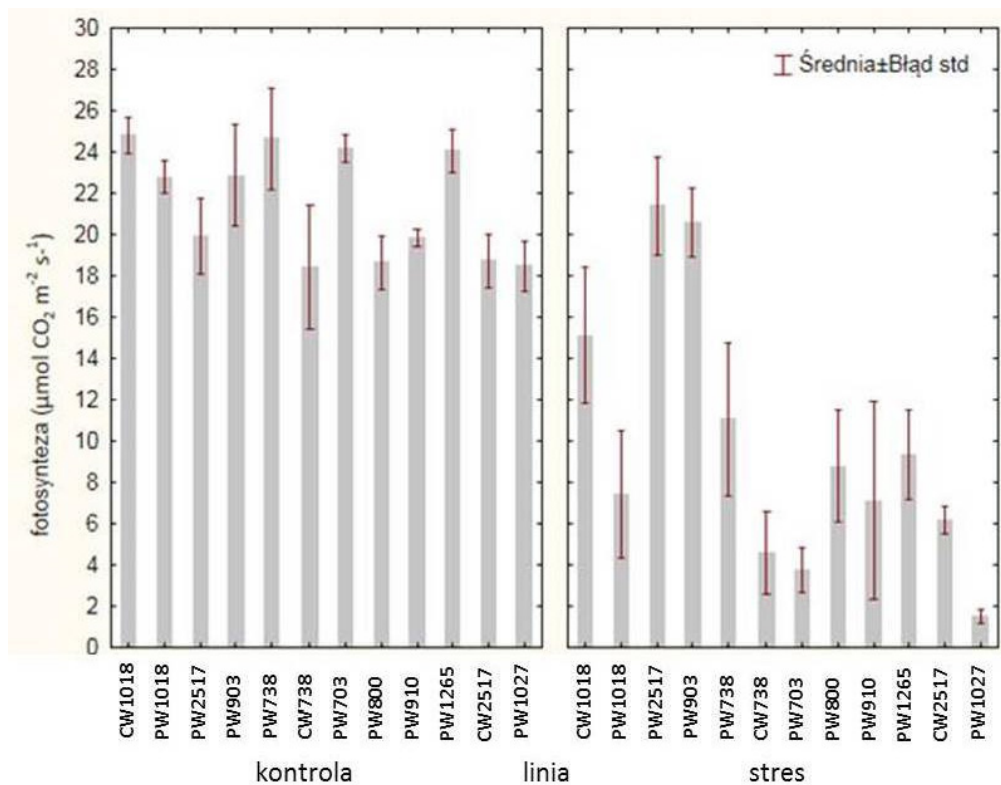
Unerwienie liści: 1 – słabe, 2 – średnie, 3 – silne
Nalot woskowy: 0 – brak, 1 – słaby, 2 – średni, 3 – silny
Brzeg liścia: 0 – gładki, 1 – lekko falisty, 2 – falisty, 3 – karbowany
Barwa liścia: 1 – jasnozielona, 2 – zielona, 3 – ciemnozielona
Stres suszy: 1 – całkowite zaschnięcie, 10 – brak objawów

Leaf innervation: 1 – weak, 2 – medium, 3 – strong
Waxiness: 0 – absence, 1 – weak, 2 – medium, 3 – strong
Edge of leaf blade: 0 – entire, 1 – crenate, 2 – dentate, 3 – serrate
Leaf color: 1 – light green, 2 – green, 3 – dark green
Drought stress: 1 – total death, 10 – no symptoms

Ocena intensywności wymiany gazowej liści dla badanych linii kapusty głowiastej w warunkach kontrolnych i stresu suszy wykazała wysoki poziom zróżnicowania. Natężenie fotosyntezy było zróżnicowane zarówno wśród linii w warunkach optymalnego podlewania jak i poddanych stresowi suszy (Rys. 1). Najwyższym natężeniem fotosyntezy w warunkach optymalnych odznaczały się linie CW1018, PW903, PW738, PW703 i PW1265 (25–23 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), najniższym linie CW738 i PW800 (odpowiednio 18,5 i 19 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Stres suszy obniżył natężenie fotosyntezy u większości badanych obiektów z wyjątkiem linii PW2517, a reakcja linii wsobnych była zróżnicowana. Linia PW903 odnotowała relatywnie najmniejszy spadek natężenia fotosyntezy pod wpływem stresu suszy (2 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), podczas gdy dla linii PW703, PW1027 i PW800 spadek natężenia fotosyntezy pod wpływem stresu suszy w stosunku do poziomu dla linii w warunkach optymalnych był większy i wynosił

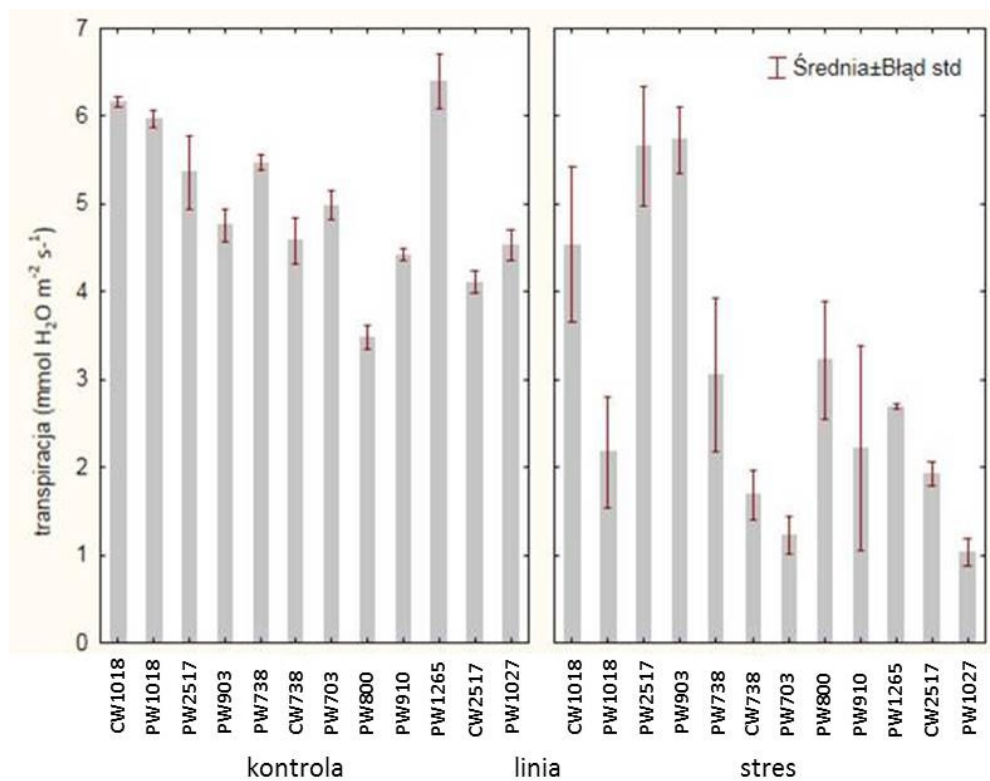
odpowiednio 20, 16 i 15 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Rys. 1). Linie PW1027, PW703 i CW738 charakteryzowały się najniższym poziomem fotosyntezy w warunkach suszy (odpowiednio 1,8; 4 i 5 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Natężenie transpiracji było zróżnicowane zarówno dla linii wsobnych kapusty głowiastej białej w warunkach optymalnych jak i poddanych stresowi wodnemu (Rys. 2). Linia o najniższym natężeniu transpiracji w warunkach optymalnych była linia PW800 (3,5 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), natomiast o najwyższym linia PW1265 (6,5 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). W warunkach stresu wodnego linie PW903 i PW2517 nie wykazywały obniżenia poziomu transpiracji w porównaniu do warunków kontrolnych, podczas gdy dla linii PW703 i PW1018 obniżenie transpiracji w porównaniu do warunków kontrolnych wynosiło odpowiednio 4,6 i 3,7 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Linie PW1027, PW703 i CW738 wykazywały najniższy poziom transpiracji (odpowiednio 1,1, 1,4 i 1,7 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) w warunkach stresu suszy.



Rys. 1. Natężenie fotosyntezy ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) dla 12 linii wsobnych kapusty głowiastej białej w warunkach optymalnych oraz stresu suszy.

Fig. 1. Intensity of photosynthesis ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) for 12 head cabbage inbred lines in optimal conditions under drought stress.



Rys. 2. Natężenie transpiracji ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) dla 12 linii wsobnych kapusty głowiastej białej w warunkach optymalnych oraz stresu suszy

Fig. 2. Intensity of transpiration ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) for 12 head cabbage inbred lines in optimal conditions under drought stress.

Ocena polowa

Linie wsobne kapusty głowiastej białej w warunkach uprawy polowej charakteryzowały się bardzo dobrą jakością główek, wyrównaniem wewnątrzliniowym oraz zróżnicowanymi cechami morfologicznymi takimi jak masa główek, głąb wewnętrzny, wczesność, pokrój roślin, unerwienie liści, nalot woskowy i zwartość główki. Wszystkie linie wsobne posiadały kulisty lub kulisto-wydłużony kształt główek (Tabela 3).

Najwyższą masą główek odznaczała się linia PW1265 (3 kg), a najniższą linie PW1027 (1,48 kg) PW738 (1,50 kg). Najkrótszym gładem wewnętrznym charakteryzowały się linie PW800 i PW1265 (stosunek długości głąba wewnętrznego do wysokości główki odpowiednio 0,26 i 0,29), a najdłuższym – linia PW903 (0,57). Oceniane linie odznaczały się długością wegetacji od 70 dla linii PW1027, PW1018 (Fot. 1H) do 130 dni od sadzenia na miejsce stałe dla linii PW2517 (Fot.1I). Linia (PW703) jako jedyna posiadała pokrój kompaktowy, natomiast

pozostałe linie miały pokrój szeroki (PW1265, PW800, PW910) lub pośredni. Linia PW1265 odznaczała się słabszym unerwieniem liści w porównaniu do pozostałych linii o średnim lub silnym unerwieniu. Dwie linie (PW1265 i PW903) miały słabszy nalot woskowy w polu niż pozostałe genotypy o silnym woskowaniu liści. Linie PW1018 i CW 1018, które w fazie 16 liści właściwych w warunkach kontrolowanych odznaczały się słabym nalotem woskowym w warunkach polowych posiadały silny nalot woskowy. Wszystkie linie posiadały dobre i bardzo dobre wypełnienie główek z wyjątkiem linii PW903 i PW1265. Reakcja na stres suszy poszczególnych linii wsobnych kapusty głowiastej w warunkach polowych była stosunkowo niewielka, jednak pomiędzy poszczególnymi genotypami obserwowano różnice w intensywności więdnienia liści zewnętrznych i okrywających główkę. Liniami reagującymi najsilniej były PW903 i PW1027, najslabiej linia CW2517.

Tabela 3

Table 3

Cechy agromorfologiczne 12 linii wsobnych kapusty głowiastej białej w polu.**Agro-morphological characters of 12 head cabbage inbred lines in the field.**

	Masa główek (kg) Head mass	Kształt główek head shape ^{*1}	Głąb wewnętrzny Internal core ^{*2}	Wegetacja Vegetation period ^{*3}	Pokrój roślin Plant shape ^{*4}	Unerwienie Innervation ^{*5}	Nalot woskowy Waxiness ^{*6}	Zwartość główki. Head firmness ^{*7}	Stres suszy Water stress ^{*8}
PW1265	3,00 e	1,01	0,29 cd	75	3	1	2	8	9,0
PW2517	2,26 bd	1,06	0,53 ab	130	2	2	3	9	8,4
PW1018	1,74 ac	1,06	0,37 ad	70	2	3	3	9	9,0
PW738	1,50 a	1,07	0,48 ad	95	2	3	3	10	9,0
PW703	1,52 ac	1,07	0,44 ad	100	1	2	3	10	9,0
PW903	2,21 bd	1,02	0,57 a	120	2	2	2	7	8,3
PW800	1,77 ac	1,04	0,26 c	95	3	2	3	10	9,0
CW2517	2,36 d	1,03	0,53 ab	130	2	2	3	9	9,7
PW910	2,11 bd	0,98	0,44 ad	110	3	3	3	9	8,0
PW1027	1,48 a	1,06	0,40 ad	70	2	2	3	9	8,3
CW1018	1,60 ac	1,07	0,38 ad	75	2	3	3	9	9,0
CW738	2,28 bd	1,04	0,55 ab	95	2	2	3	10	8,4

*1 – Stosunek wysokości do długości główki; head height/head width coefficient

*2 – Stosunek długości głąba wewnętrznego do wysokości główki; internal core/head height coefficient

*3 – Długość okresu wegetacji od sadzenia do osiągnięcia dojrzałości zbiorczej; vegetation from planting to harvest

*4 – Pokrój roślin: 1-kompaktowy, 2-pośredni, 3-szeroki; Plant shape: 1 – compact, 2 – intermediate, 3 – wide

*5 – Unerwienie: 1-słabe, 2-pośrednie, 3-silne; Innervation: 1 – weak, 2 – intermediate, 3 – strong

*6 – Nalot woskowy: 1-słaby, 2-średni, 3-silny; Waxiness: 1 – weak, 2 – intermediate, 3 – strong

*7 – Zwartość główki: 10-zwarty, 1-luźny; Head firmness: 10 –tight, 1 –loose

*8 – Stres suszy: 0 – całkowite zaschnięcie, 10 – brak objawów; Water stress: 0 – total drought, 10 – lack of symptoms

Dyskusja

Ocena linii wsobnych kapusty głowiastej białej jest częścią badań nad uzyskaniem komponentów rodzicielskich do tworzenia nowych odmian heterozygotycznych odznaczających się większą odpornością na czynniki biotyczne i abiotyczne. Wykorzystanie zróżnicowanych genetycznie homozygotycznych linii wsobnych kapusty głowiastej pozwoliło na identyfikację cech morfologicznych, użytkowych i fizjologicznych oraz różnic pomiędzy liniami w reakcji na stres suszy, co może mieć wpływ na prowadzenie hodowli odpornościowej na stres suszy. Wiednięcie oraz ograniczenie wzrostu roślin kapusty głowiastej białej w wyniku stresu suszy były wcześniej obserwowane przez Kaniszewski i Rumpel 1998, Wiebe 1981. Uzyskane rezultaty potwierdziły, że selekcja wczesnych genotypów o wysokiej dynamice rozwoju systemu korzeniowego może pomóc w uzyskaniu odmian posiadających przewagę w zdobywaniu wody i składników pokarmowych, co przekłada się na mniejszą podatność na stres wodny i w konsekwencji wyższy plon. Na uwagę zasługują linie takie jak PW1027 i PW800, które odznaczały się najintensywniejszym przyrostem systemu korzeniowego i jednocześnie jego dużą dynamiką wzrostu. Szczególnie wczesna linia PW1027 (75 dni od sadzenia) może dzięki silnemu rozwojowi systemu korzeniowego uzyskać przewagę w okresach niedoboru wody w polu i wytworzyć dobry plon. Dynamika wzrostu systemu korzeniowego w pierwszych etapach rozwoju może mieć mniejsze znaczenie dla późnych linii takich jak PW2517, CW2517 i PW903 niż dla linii wczesnych, gdyż dłuższy okres wegetacji (120–130 dni od sadzenia na miejsce stałe) daje większe możliwości kompensacji stresu suszy w trakcie późniejszego rozwoju roślin. Uzyskane wyniki pozwalają przypuszczać, że linie wsobne, które wytworzyły największą masę części nadziemnej w początkowym okresie wzrostu, jak PW903 mogą być bardziej podatne na stres suszy, ze względu na większą powierzchnię liści i silniejszą transpirację. Ograniczenie wymiany gazowej (fotosynteza i transpiracja) w warunkach stresu suszy dla linii wsobnych kapusty głowiastej są zgodne z obserwacjami autorów dla innych gatunków roślin (Chandler, Ferree 1990; Flore i in. 1985; Klamkowski, Treder 2006; Klamkowski i in., 2015). Stosunkowo wysoki poziom wymiany gazowej dla linii PW903 i PW2517 w warunkach niedoboru wody może mieć negatywny wpływ na jej odporność na stres wodny powodując wcześniejsze zasychanie i zamieranie roślin. Ograniczenie transpiracji i oddychania w warunkach stresu jest aktywnym

mechanizmem zabezpieczającym rośliny przed wiednięciem (Leonardis i in. 2012). Z tego względu linie takie jak PW1027, PW703 i CW738, które ograniczały silnie te procesy w warunkach stresu mogą być wykorzystane w hodowli odpornościowej. Również linia PW738 o silnym unerwieniu i nalocie woskowym, gładkiej strukturze i ciemnej barwie liści może być w większym stopniu odporna na warunki stresu.

Przeprowadzona analiza pozwala lepiej zrozumieć mechanizmy związane z reakcją roślin kapusty głowiastej białej na stres wodny oraz przeprowadzić selekcję i rozmnożenie tych genotypów, które wykazują wyższy poziom odporności na suszę. Linie wsobne o kompaktowym pokroju, mniejszych liściach okrywających oraz wzniesionym lub pół-wzniesionym typie wzrostu mogą mieć większą przydatność w hodowli heterozygotycznej, jeśli wykażą mniejszą podatność na stres suszy. Przeprowadzone badania pozwolą w dalszych etapach na ocenę połową kolejnych pokoleń wsobnych linii kapusty głowiastej białej oraz na wytworzenie i ocenę eksperymentalnych mieszańców F_1 w oparciu o komponenty posiadające cechy związane z odpornością na stres wodny.

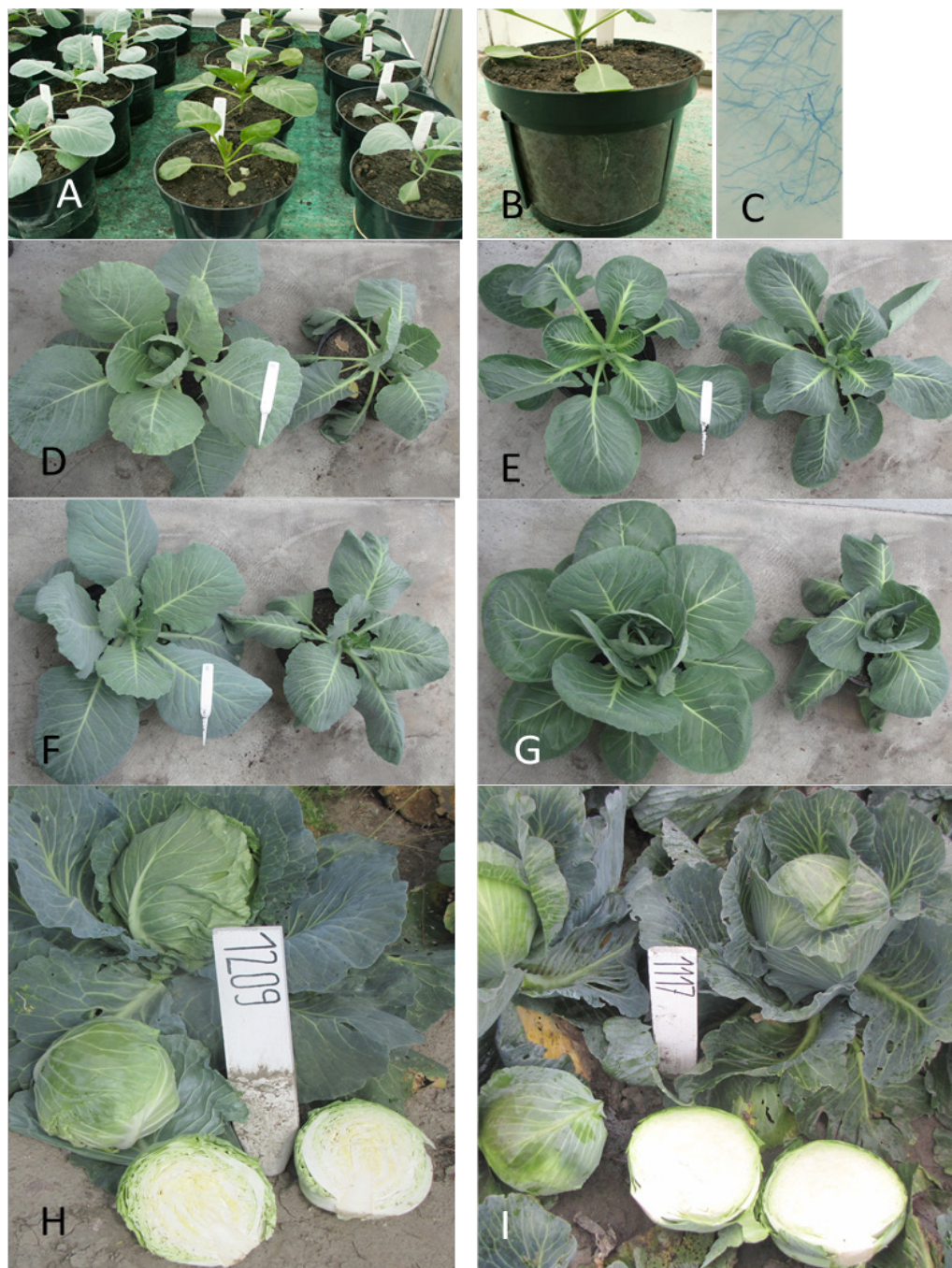
Wnioski

1. Użyte w badaniach linie wsobne kapusty głowiastej były zróżnicowane pod względem cech morfologicznych, użytkowych, wczesności, dynamiki wzrostu systemu korzeniowego oraz aktywności wymiany gazowej (fotosynteza i transpiracja) oraz pod względem reakcji na stres związany z niedoborem wody.
2. Wczesne genotypy o wysokiej dynamice rozwoju systemu korzeniowego mogą być mniej podatne na stres wodny.
3. Linie wsobne kapusty wytwarzające dużą masę części nadziemnej w początkowym okresie wzrostu mogą być bardziej podatne na stres suszy, ze względu na większą powierzchnię liści i silniejszą transpirację.
4. Wysoki poziom wymiany gazowej w warunkach niedoboru wody może mieć negatywny wpływ na odporność linii wsobnych kapusty na stres wodny powodując wcześniejsze zasychanie i zamieranie roślin.
5. Linie wsobne charakteryzujące się dużą dynamiką rozwoju systemu korzeniowego, mniejszymi liśćmi, kompaktowym pokrojem roślin, które odznaczały się także silniejszym ograniczeniem wymiany gazowej w warunkach suszy mogą być wykorzystane w hodowli odpornościowej na stres niedoboru wody.

Badania wykonano w ramach Zadań Celowych MRiRW Zadanie 2. Otrzymywanie materiałów hodowlanych kapusty głowiastej białej o podwyższonym poziomie odporności na stres suszy w warunkach polowych, z cechą cytoplazmatycznej męskiej sterylności oraz wyższą tolerancją na bakteryjne gnicie. Opracowanie efektywnej metody rozmnażania linii i mieszańców z cechą CMS.

Literatura

- Ashraf M., Ozturk M., Athar H. R. Eds.(2009). Salinity and Water Stress. Improving Crop Efficiency. Task for Vegetation Science – 44 Springer Science +Business Media B.V., 1–228.
- Bahadur Anant, Chatterjee Antra, Kumar Rajesh, Singh Major and Naik PS (2011). Physiological and biochemical basis of drought tolerance in vegetables. *Vegetable Science* 38 (1): 1–16.
- Blum A. (1988). *Plant Breeding for Stress Environments*. CRC Press. Plant breeding for stress environments. Boca Raton. CRC Press Inc. 223p.
- Boyer J. S. (1970). Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potentials. *Plant Physiol.*, 46., s. 233–235.
- Chandler, C. K., Ferree, D. C. (1990). Response of 'Raritan' and 'Surecrop' strawberry plants to drought stress. *Fruit Var. J.*, 44, 183–185.
- Chaves, M. M., Maroco, J. P., Pereira, J. S. (2003). Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. *Funct. Plant Biol.*, 30, 239–264.
- Dickson G. R. (2007). *Vegetable Brassica and Related Crucifers*. Crop Production Science in Horticulture 14. CAB International ed. 1–307.
- Flore, J. A., Lakso, A. N., Moon, J. W. (1985). The effect of water stress and vapor pressure gradient on stomatal conductance, water use efficiency, and photosynthesis of fruit crops. *Acta Hort.*, 171, 207–218.
- Giuseppe M. B. Dichio (eds.). (2012). InTech Publisher. 45–74 pp. Breeding for drought tolerance in vegetables. Rajesh Kumar, Shashank Shekhar Solankey and Major Singh *Vegetable Science* 39 (1): 1–15.
- Kaniszewski S., Rumpel J. (1998). Effect of irrigation, nitrogen fertilisation and soil type on yield and quality of cauliflower. *Journal of Vegetable Crop Production* 4, 67–75.
- Klamkowski, K., Treder, W. (2006). Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. *Agric. Conspec. Sci.*, 71, 159–165.
- Klamkowski K., Treder W., Orlikowska T. (2015). Wpływ długotrwałego deficytu wody w podłożu na wybrane parametry fizjologiczne roślin trzech odmian maliny. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*. Nr II/1/2015 603–611.
- Leonardis A. M. D., Petrarulo M., Vita P. D., Mastrangelo A. M. (2012). Genetic and molecular aspects of plant response to drought in annual crop species. *In: Advances in Selected Plant Physiology Aspects*. InTech Publisher, Rijeka, 45–74.
- Pavlović I., Mlinarić S., Tarkowska D., Oklestkova J., Novák O., Lepeduš H., Bok V. Brkanac S., Strnad M., Salopek-Sondi B. (2019). Early Brassica Crops Responses to Salinity Stress: A Comparative Analysis Between Chinese Cabbage, White Cabbage, and Kale. *Frontiers in Plant Science*. SN – 1664–462X. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2019.0045010.3389/fpls.2019.00450>.
- Singer, S. M., Helmy, Y. I., Karas, A. N., Abou-Hadid, A. F. (2003). Influences of different water-stress treatments on growth, development and production of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Acta Hort.*, 614, 605–611.
- Smittle D. A., 1994. Irrigation regimes affect cabbage water use and yield. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119, 20–23.
- Wiebe H. J. (1981). Influence of soil water potential during different growth periods on yield of cauliflower. *Acta Horticulturae* 119, 299–300.



Fot. 1A – Zróżnicowanie morfologiczne oraz reakcja na stres suszy u badanych linii wsobnych kapusty głowiastej białej. 1A. rośliny w fazie 8 liści właściwych od lewej linia PW738, PW1018, PW2517; 1B, 1C – ramka odczytu dynamiki wzrostu systemu korzeniowego i odwzorowanie korzeni (I termin pomiaru); 1D, 1E, 1F, 1G – reakcja na stres suszy linii wsobnych PW703, CW2517, CW1018, PW903 (od lewej rośliny kontrolne, od prawej po stresie suszy w warunkach kontrolowanych); 1H, 1I – od lewej linia PW1018 i CW2517 w fazie dojrzałości zbiorczej (w warunkach polowych).

Fot.1A – Morphological differences of head cabbage inbred lines at 8 leaves stage: from the left PW738, PW1018, PW2517 lines; Fot. 1B, 1C reading frame for root growth observation; Fot. 1D, 1E, 1F, 1G – comparison of the drought stress for PW703, CW2517, CW1018, PW903 inbred lines (from the left: control plants, from the right: plants after drought stress); Fot. 1H, 1I – head cabbage CW1018 (left) and CW2517 lines at harvest stage.

Spis treści Content

BARBARA WIEWIÓRA, DAGMARA BRONISZ	3
Ocena zdrowotności materiału nasiennego traw w zależności od wybranych zapraw nasiennych Estimation of the seed health of sowing material of grasses in dependence of selected seed treatments	
SŁAWOMIR PODLASKI, CHRYSYAN CHOMONTOWSKI	13
Sytuacja przemysłu nasiennego i hodowli roślin na Świecie i w Unii Europejskiej The situation of the seed industry in the world and in the European Union.	
MAREK KOŁODZIEJCZYK	27
Phenotypic variation of yielding of medium-early cultivars of table potato Fenotypowa zmienność plonowania średnio wczesnych odmian ziemniaka jadalnego	
JERZY OSOWSKI, JANUSZ URBANOWICZ	35
Parch srebrzysty (<i>Helminthosporium solani</i>) – objawy i zwalczanie Silver scab (<i>Helminthosporium solani</i>) – symptoms and control	
WALDEMAR KISZCZAK, URSZULA KOWALSKA, MARIA BURIAN	51
Research on <i>in vitro</i> haploidization of heterozygotic breeding lines of tomato (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) Badania nad haploidyzacją <i>in vitro</i> heterozygotycznych lini hodowlanych pomidora (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	
JOANNA JANKOWSKA, MILENA PIETRASZKO	61
Analiza stabilności i szerokiej adaptacji plonu ogólnego bulw odmian ziemniaka uprawianych na glebie lekkiej Analysis of stability and wide adaptation of total tuber yield of potato varieties grown on light soil	
WACŁAW JARECKI	73
Reakcja pszenicy zwyczajnej ozimej na dolistne nawożenie The reaction of winter wheat to foliar fertilization	
PIOTR KAMIŃSKI, WALDEMAR TREDER, KRZYSZTOF KLAMKOWSKI	83
Ocena linii wsobnych kapusty głowiastej białej pod względem przydatności do hodowli odpornościowej na stres suszy Evaluation of the cabbage inbred lines for resistance breeding to drought stress	