

Osiągnięcia w hodowli mieszańców \times *Festulolium*

A. RZEŹNIK¹, P. GOLIŃSKI²

¹*Instytut Politechniczno-Rolniczy, PWSZ im. J.A. Komeńskiego w Lesznie*

²*Katedra Łąkarstwa i Krajobrazu Przyrodniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

Breeding achievement of \times *Festulolium* hybrids

Abstract: The aim of this work was to analyze the achievements of \times *Festulolium* breeding. On the basis of a thorough review of both domestic and foreign literature on the subject as well as our own experiences from investigations carried out at the Szelejewo Plant Breeding Station Ltd. in 2005–2010, the authors analyzed the actual status and perspectives of breeding works concerning \times *Festulolium*. It turned out that in the breeding of \times *Festulolium* hybrids significant progress in the global context was achieved. Currently 38 cultivars of \times *Festulolium* hybrids on the OECD are registered and 34 cultivars in EU common catalogue are recorded. From the point of view of the number of gained cultivars the highest interest of breeding is focusing on *Festulolium braunii* hybrids obtained from *Lolium multiflorum* \times *Festuca pratensis* crossing on the basis of amphiploidization and introgressive hybrids of *Festulolium pabulare* obtained from crossing between *Lolium multiflorum* (2x) \times *Festuca arundinacea* var. *genuina* (6x).

Key words: breeding, cultivars, fodder grasses, hybrids, \times *Festulolium*

1. Wstęp

W hodowli traw pastewnych w ostatnich latach wzrasta zainteresowanie mieszańcami międzyrodzajowymi i międzygatunkowymi w obrębie kompleksu *Lolium-Festuca*. Krzyżowanie w obrębie tych taksonów umożliwia połączenie w jednym genomie wielu komplementarnych cech rodzajów *Lolium* i *Festuca*. Życice odznaczają się wysokim plonem suchej masy, doskonałym składem chemicznym, bardzo dobrą smakowitością i strawnością. Natomiast kostrzewy, mające lepiej rozwinięty system korzeniowy, charakteryzują się większą zimotrwałością i odpornością na suszę. Powstałe mieszańce *Lolium* \times *Festuca* oraz ich pochodne amfiploidalne i introgresywne formy łączą cechy obu gatunków rodzicielskich i są z powodzeniem wykorzystywane w praktyce rolniczej w postaci odmian \times *Festulolium* Asch. et Graebn., zarejestrowanych w wielu krajowych i międzynarodowych katalogach roślin uprawnych (THOMAS i HUMPHREYS, 1991). Wprowadzone w Polsce cztery odmiany *Festulolium* są niewątpliwie sukcesem rodzimej hodowli.

Celem pracy jest analiza dotychczasowych osiągnięć w hodowli mieszańców \times *Festulolium* w skali krajowej i globalnej.

2. Koncepcja pracy i jej zakres

W niniejszej pracy przeanalizowano i dokonano syntezy osiągnięć w hodowli oraz wyników badań z zakresu pozyskiwania mieszańców \times *Festulolium* Asch. & Graebn. w Polsce i na świecie. Punktem wyjścia był szeroki przegląd literatury krajowej i zagranicznej, a także rejestry i listy odmian oryginalnych na płaszczyźnie katalogu wspólnotowego i poszczególnych krajów Unii Europejskiej, a także listy odmian zakwalifikowanych do obrotu nasiennego OECD. Efektem studiów literaturowych jest synteza danych na temat dotychczasowych osiągnięć hodowli \times *Festulolium* w postaci zarejestrowanych odmian. W analizie posłużono się także materiałami z własnych prac badawczych przeprowadzonych w Hodowli Roślin Szelejewo w latach 2005–2010. Praca ma charakter koncepcyjno-przeeglądowy z elementami badań własnych.

3. Istota mieszańców \times *Festulolium*

Trawy pastewne rodzajów *Lolium* i *Festuca*, należące do rodziny *Poaceae*, podrzyny *Festucoideae*, tworzą kompleks *Lolium-Festuca*. Należy do niego ponad 400 gatunków rodzaju *Festuca* L. (CLAYTON i RENVOIZE, 1986), wśród których najważniejsze dla gospodarki paszowej są: *Festuca pratensis* Huds., *Festuca arundinacea* Schreb. oraz dwa gatunki z rodzaju *Lolium*: *Lolium multiflorum* Lam. oraz *Lolium perenne* L. (ZWIERZYKOWSKI i NAGANOWSKA, 1994; LEŚNIEWSKA-BOCIANOWSKA i WSP., 2001; THOMAS i WSP., 2003). Charakteryzują się one odmiennymi, komplementarnymi cechami (tab.1).

Życice charakteryzują się bardzo wysoką wartością pokarmową, przejawiającą się zwłaszcza dużą koncentracją w suchej masie białka ogólnego i węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie. Ze względu na niewielkie stężenie lignin, celulozy i hemiceluloz oznaczają się najwyższą, ze wszystkich traw pastewnych, strawnością i smakowitością. Wyróżniają się wysoką konkurencyjnością w stosunku do innych komponentów runi, zwłaszcza w sprzyjających warunkach siedliskowych. Do wzrostu i rozwoju wymagają dostatecznych ilości azotu. Są wrażliwe na stresowe uwarunkowania wilgotnościowe, szczególnie źle znoszą letnie posuchy. Charakteryzują się niską mrozoodpornością i zimotrwałością (KOZŁOWSKI i WSP., 2012; FALKOWSKI i WSP., 1982).

Wartość pokarmowa kostrzew zależy od gatunku. W przypadku kostrzewy łąkowej wysoka koncentracja węglowodanów rozpuszczalnych i białka oraz niska węglowodanów strukturalnych, predysponują ją do cennej, smakowitej trawy pastewnej. Natomiast kostrzewa trzcinowa odznacza się wysoką zawartością lignin i hemiceluloz, także znaczną koncentracją alkaloidów i glukozydów cyjanogennych, które obniżają strawność i smakowitość. Kostrzewy oznaczają się wyższą niż życice odpornością na zmienne uwarunkowania termiczne i wilgotnościowe. Stwierdzenie to odnosi się szczególnie do kostrzewy trzcinowej (KOZŁOWSKI i WSP., 2012; FALKOWSKI i WSP., 1982).

Komplementarność cech obydwóch rodzajów jest z powodzeniem wykorzystywana w programach hodowlanych, zwłaszcza, że w naturalnych siedliskach diploidalne formy obcopolnych gatunków *Lolium multiflorum* ($2n = 2x = 14$), *Lolium perenne* ($2n = 2x =$

Tabela 1. Wybrane cechy biologiczne i fitochemiczne ważniejszych gatunków z rodzajów *Lolium* i *Festuca* (FALKOWSKI i WSP., 1982, zmienione; KOZŁOWSKI i WSP., 2012, zmienione)

Table 1. Selected biological and phytochemical features of more imported species of *Lolium* and *Festuca* genus (FALKOWSKI i WSP., 1982, changed; KOZŁOWSKI i WSP., 2012, changed)

Gatunek Species	Cechy biologiczne Biological features				Cechy fitochemiczne Phytochemical features			
	konkurencyjność competitiveness	trwałość durability	zimotrwałość winter hard- ness	odporność na suszę drought resi- stance	smakowitość palatability	strawność digestibility	weglowodany rozpuszczalne soluble carbo- hydrates	weglowodany strukturalne structural car- bohydrates
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	++++	+	+	+	++++	+++	+++	+
<i>Lolium perenne</i> L.	++++	++	+	+	+++	++++	+++	+
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	+	++	++	++	+++	+++	+	++
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	++++	+++	+++	+++	+	++	+	+++

+ – niska – low
 ++ – średnia – middle
 +++ – wysoka – high
 ++++ – bardzo wysoka – very high

14) są zdolne do krzyżowania z obcopolnymi gatunkami *Festuca* z sekcji *Bovinae* tj. *Festuca pratensis* ($2n = 2x = 14$) oraz *Festuca arundinacea* ($2n = 6x = 42$), tworząc mieszańce międzyrodzajowe (JAUHAR, 1975). Występują one w wielu regionach świata, między innymi na wyspach brytyjskich i w krajach północno-zachodniej Europy (BORRILL, 1975; LEWIS, 1975). Mieszańce tworzy się także za pomocą zabiegów hodowlanych, których celem jest połączenie w jednym genotypie komplementarnych cech różnych gatunków. Jest to możliwe dzięki krzyżowaniu oddalonemu, amfiploidyzacji (połączenie kompletnych genomów) lub introgresji – krzyżowaniu wstecznemu (przeniesienie genu z jednego gatunku do drugiego) (ZWIERZYKOWSKI i WSP., 1993). Wszystkie mieszańce powstałe w wyniku przekrzyżowania gatunków z rodzaju *Festuca* oraz gatunków z rodzaju *Lolium* to mieszańce \times *Festulolium* ssp. (2004/55/EC). HOPKINS i WSP. (2009) wymieniają siedem gatunków *Festulolium*. Nazwy poszczególnych mieszańców zależą od kombinacji krzyżówkowych (tab. 2).

Tabela 2. Taksonomia \times *Festulolium* (HOPKINS i WSP., 2009, uzupełnione)
Table 2. Taxonomy of \times *Festulolium* (HOPKINS i WSP., 2009, supplemented)

Gatunki rodzicielskie – Parent species		Mieszaniec Hybrid
Roślina mateczna Female plants	Roślina ojcowska Male plants	
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	<i>Lolium perenne</i> L.	<i>Festulolium holmbergii</i> (Dörfler) P. Fourn. <i>Schedolium</i> \times <i>holmbergii</i> (Dörfler) Holub
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	<i>Festulolium pabulare</i> nom. nov.
<i>Festuca gigantea</i> (L.) Vill.	<i>Lolium perenne</i> L.	<i>Festulolium brinkmannii</i> (A. Br.) Asch. & Graebn. <i>Schedolium</i> \times <i>brinkmannii</i> (A. Br.) Holub
<i>Festuca gigantea</i> (L.) Vill.	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	<i>Festulolium nilssonii</i> Cugnac & A. Camus
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	<i>Lolium perenne</i> L.	<i>Festulolium loliaceum</i> (Hudson) P.V. Fournier <i>Festulolium loliacea</i> Huds. <i>Festulolium elongata</i> Ehrh.
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	<i>Festulolium braunii</i> (K. Richter) A. Camus
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	<i>Festuca pratensis</i> Huds.	
<i>Festuca rubra</i> L.	<i>Lolium perenne</i> L.	<i>Festulolium ferederici</i> Cugnac & A. Camus

Spośród wymienionych mieszańców najważniejsze dla hodowli i wykorzystania rolniczego są: \times *Festulolium loliaceum* (CASLER i WSP., 2002), \times *Festulolium braunii*, \times *Festulolium pabulare* (WACKER i WSP., 1984) oraz \times *Festulolium holmbergii*.

Diploidalne mieszańce *Festulolium* są całkowicie męskosterylne i wykazują bardzo słabą płodność żeńską. Jednakże stosując krzyżowanie wsteczne z formami rodzicielskimi można otrzymać płodne potomstwo (JENKIN, 1955; SULINOWSKI, 1967; JAUHAR, 1993). Wysoce męskosterylne są także mieszańce diploidalnych gatunków *Lolium* i poliploidalnych form *Festuca* (BUCKNER i WSP., 1961). Natomiast większość mieszańców – autoallotriploidów, powstałych w wyniku krzyżowania syntetycznych autotetraploidalnych gatunków *Lolium perenne* i *Lolium multiflorum* z diploidalnymi gatunkami *Festuca*, jest płodna. Autoallotriploidy zostały wykorzystane w krzyżowaniu introgre-

sywnym do przeniesienia genów mrozoodporności (HUMPHREYS i WSP., 1998), genów odporności na rdzę koronową (*Puccinia coronata* Corda) z *Festuca pratensis* do *Lolium perenne* (ADOMAKO i WSP., 1997) i *Lolium multiflorum* (OERTEL i MATZK, 1999), czy genów odpowiedzialnych za opóźnione starzenie się liści (THOMAS i WSP., 1997). Częściowo płodne pentaploidalne mieszańce, charakteryzujące się dostateczną żywotnością ziarn pyłku, uzyskano także krzyżując autotetraploidalne *Lolium multiflorum* z alloheksaploidalnymi *Festuca arundinacea* oraz *Festuca gigantea* (MORGAN i WSP., 1988; HUMPHREYS, 1989; HUMPHREYS i GHESQUIERE, 1994). Są one wykorzystywane do otrzymywania diploidalnych introgresywnych form życicy, o podwyższonej trwałości, odpornych na suszę oraz o zwiększonej zimotrwałości (HUMPHREYS i THOMAS, 1993; HUMPHREYS i WSP., 1997). Również tetraploidalne mieszańce otrzymane z krzyżowania tetraploidalnej *Festuca glaucescenes* z tetraploidalnym *Lolium multiflorum* są męskopłodne. Są one wykorzystywane do przeniesienia genów odporności na suszę z *Festuca glaucescenes* do *Lolium multiflorum* poprzez krzyżowanie wsteczne do *Lolium*. W badaniach MORGANA i WSP. (2001) wynika, że diploidalne mieszańce pokolenia BC₂ charakteryzowały się wysoką zdolnością krzewienia.

Barierę sterility mieszańców pokonuje także podwojenie liczby chromosomów u mieszańców pokolenia F₁ lub krzyżowanie gatunków o uprzednio podwojonej liczbie chromosomów (ZWIERZYKOWSKI i NAGANOWSKA, 1994). Płodne i stabilne genetycznie są amfipoliploidalne mieszańce *Lolium multiflorum* (4x) \times *Lolium perenne* (4x). Natomiast formy allopoliploidalne *Festulolium braunii*, które uzyskano z krzyżowania *Lolium multiflorum* (4x) \times *Festuca pratensis* (4x) (HERTZSCH, 1966; LEWIS, 1970; MATZK, 1976; ZWIERZYKOWSKI i RYBCZYŃSKI, 1976), oraz krzyżując *Festuca pratensis* (4x) z *Lolium multiflorum* (4x) (HERTZSCH, 1960; MATZK, 1976; ZWIERZYKOWSKI, 1987) są częściowo płodne. Allopoliploidy charakteryzują się nieregularnym przebiegiem mejozy i koniugacją homeologiczną, która powoduje eliminację chromosomów, co prowadzi do powstawania aneuploidów (ZWIERZYKOWSKI i WSP., 1993). Podwojenie liczby chromosomów *Lolium perenne* (4x) umożliwia, w wyniku krzyżowania z *Festuca pratensis* (4x), uzyskanie płodnych mieszańców *Festulolium loliaceum* (LEWIS i WSP., 1973). Bariera sterility występuje także w pokoleniu F₁ tetraploidalnych mieszańców *Festulolium pabulare*, powstałych w wyniku krzyżowania *Lolium multiflorum* (2x) z *Festuca arundinacea* (6x). Podwojenie liczby chromosomów przywraca płodność, jednakże ze względu na niestabilność genetyczną i problem produkcji nasiennej, nie wyhodowano dotychczas amfipoliploidalnych odmian tego mieszańca (ZWIERZYKOWSKI i NAGANOWSKA, 1994). Natomiast mieszańcowe amfitetraploidalne formy *Festulolium holmbergii*, powstałe poprzez wzajemne krzyżowanie kolchitetraploidów *Lolium multiflorum* (4x) z *Festuca arundinacea* var. *glaucescenes* (4x) są genetycznie stabilne. W wyniku prac hodowlanych, prowadzonych w Wielkiej Brytanii (THOMAS i WSP., 1994), Niemczech (NETZBAND, 1991), Czechach (FOJTÍK, 1994), Francji (GHESQUIÈRE i WSP., 1996), Polsce (ZWIERZYKOWSKI i WSP., 1993; ZWIERZYKOWSKI i NAGANOWSKA, 1994; ZWIERZYKOWSKI i WSP., 1998), otrzymano genetycznie stabilne i płodne formy amfitetraploidalne, z których uzyskano odmiany hodowlane, wprowadzone do praktyki rolniczej.

4. Osiągnięcia w hodowli mieszańców \times *Festulolium*

Efektom wieloletnich prac hodowlanych, prowadzonych w wielu krajach, jest uzyskanie stabilnych genetycznie odmian *Festulolium*, charakteryzujących się odrębnością, wyrównaniem i trwałością. Na świecie zarejestrowano dotychczas 60 odmian \times *Festulolium*, wśród których obecnie 38 znajduje się na liście OECD, a 34 we wspólnym katalogu Unii Europejskiej (tab. 3).

Największą ilość odmian *Festulolium braunii* osiągnięto w kombinacji krzyżówkowej *Lolium multiflorum* \times *Festuca pratensis* oraz kombinacji odwrotnej *Festuca pratensis* \times *Lolium multiflorum* wyprowadzonych metodą amfiploidyzacji. Pierwszą odmianą, zarejestrowaną w 1973 roku w Wielkiej Brytanii, była odmiana 'Elmet' (LEWIS, 1975), a następnymi 'Paulita' (1986) w Niemczech (NETZBAND, 1991) oraz 'Perun' (1988) w Czechosłowacji (FOJTİK i WSP., 1990).

4.1. Struktura genomu \times *Festulolium*

Odmiany *Festulolium* różnią się między sobą licznymi cechami ilościowymi i jakościowymi, które zależą przede wszystkim od informacji genetycznej zakodowanej w genomie. Poznanie struktury genomu mieszańców pozwala rozróżnić chromosomy *Lolium* i *Festuca*, określić fizyczną lokalizację sekwencji DNA w chromosomach, która jest odpowiedzialna za specyficzne cechy mieszańców. Analizę genetyczną *Festulolium* po raz pierwszy przeprowadzili THOMAS i WSP. (1994), stosując genomową hybrydyzację kwasów nukleinowych *in situ*. Metodę GISH stosowali także HUMPHREYS i WSP. (1995), HUMPHREYS i PAŠAKINSKIENE (1996), ZWIERZYKOWSKI i WSP. (2003). Wykonywano także inne analizy takie jak mapowanie rybosomowego DNA metodą FISH (fluorescencyjna hybrydyzacja kwasów nukleinowych *in situ*) (KOSMAŁA i WSP., 2006; LIDEIKYTĖ i WSP., 2006; 2008), analizę białek markerowych metodą dwukierunkowej elektroforezy (2-DE) (BARTKOWIAK i WSP., 2001), czy też detekcję prostych sekwencji powtarzalnych (SSR) (MOMOTAZ i WSP., 2004).

ZWIERZYKOWSKI i WSP. (1998) przeprowadzili badania genomowej struktury mieszańców pokolenia F₈ *Festulolium braunii*, pochodzących z czterech polskich odmian 'Felopa', 'Sulino', 'Agula' (*Festuca pratensis* (4x) \times *Lolium multiflorum* (4x)) oraz 'Rakopan' (*Lolium multiflorum* (4x) \times *Festuca pratensis* (4x)). W analizowanym materiale zaobserwowano obecność kompletnych chromosomów należących do *Lolium* i *Festuca* oraz chromosomy zrekombinowane, zawierające segmenty chromatyny obu gatunków z punktami translokacji rozmieszczonymi na całej długości ramion chromosomu. Średnia długość chromatyny *Lolium multiflorum* we wszystkich badanych obiektach wynosiła od 49,2% do 66,7% i była większa od długości chromatyny *Festuca pratensis*.

KOPECKÝ i WSP. (2006) wykonali analizę GISH dla 17 odmian *Festulolium braunii*. Wykazali, że pomimo iż wszystkie badane odmiany są tetraploidalne, występuje u nich wysoka frekwencja aneuploidów. Biorąc pod uwagę zakres chromosomów, stosunki chromosomów oraz strukturę genomu, autorzy stwierdzili, że nie są one homogeniczne i można je zaklasyfikować do 3 grup. Do grupy pierwszej, z wysokim udziałem całych

Tabela 3. Wykaz dotychczas zarejestrowanych odmian hodowlanych \times *Festulolium* Asch. & Graebn.
 Table 3. Specification of so far registered cultivars of \times *Festulolium* Asch. & Graebn.

Mieszaniec Hybrid	Kombinacja krzyżówkowa Crossing combination	Metoda hodowlana Breeding method	Odmiana Cultivar	Kraj rejestracji wg kodu OECD* Country of registration acc. OECD code*
<i>Festulolium braunii</i>	<i>Lolium multiflorum</i> × <i>Festuca pratensis</i>	Amfiploidyzacja	Abermiche ¹² Achilles ¹² Barfest Elmet Emrys ¹ Festum ¹² Hż 14DK LE 16–26 ¹ Lifema ¹² Lina DS ¹² Merlin ¹² Perseus ¹² Perun ¹² Rakopan Spring Green ¹² Tanden Tatay II ¹	GB CZ, DE, FR, SK ¹⁹ US ¹⁹ GB ² GB ¹⁹ IT CZ ¹⁹ UY DE, FR, LU, NO ¹⁹ LT SI CZ, DE, SK ³ CZ, EE, HR, LT, SK ⁴ PL ⁵ US, IT ¹⁹ US ¹⁹ AR
			Evergreen Honor ² Hostyn ¹² Kemal Tanden	US ¹ CZ CZ US ¹ US ¹
	<i>Festuca pratensis</i> × <i>Lolium multiflorum</i>	Amfiploidyzacja	Agula ¹² Fedoro ¹² Felopa ¹² Gain Paulita ¹² Pulena Punia DS ¹² Sulino ¹²	PL ⁵ DE PL, DE, DK, SE ⁵ US DE, NO ⁶ DE ¹⁷ LT ⁷ PL ⁵

<i>Festulolium loliaceum</i>	<i>Lolium perenne</i> × <i>Festuca pratensis</i>	Amfiploidyzacja	Fabel ¹² Prior Saitkava Vizule ²	NO ⁽⁶⁾ GB ⁽²⁾ LV ⁽⁸⁾ LV
<i>Festulolium pabulare</i>	<i>Lolium multiflorum</i> (2x) × <i>Festuca arundinacea</i> var. <i>glaucescens</i>	Amfiploidyzacja	Lueur ² Lusilium Luxane	FR ⁽⁰⁾ FR ⁽⁰⁾ FR ⁽⁰⁾
	<i>Lolium multiflorum</i> (2x) × <i>Festuca arundinacea</i> var. <i>genuina</i> (6x)	Introgesja	Bečva ^{12*} = Bečva ² Felina ¹² Felovia ¹² Fojtan ¹² Hykor ¹ Icarus ¹ Johnstone Kebo ¹² Kenhy Korina ¹ KY2N56 Lesana ¹² Lofa ¹² Mahulena ¹² Puga ¹² Rebab ¹² Tohoku I go ¹ Vetra ¹²	CZ, IT, SK ⁽⁴⁾ CZ, EE, FI, LT, LV, NO, SK ⁽¹⁾ CH ⁽¹⁾ CZ ⁽²⁾ CZ, EE, FI ⁽¹⁾ JP ⁽⁸⁾ US ⁽⁵⁾ CZ US ⁽⁴⁾ CZ ⁽¹⁾ US ⁽⁵⁾ US ⁽³⁾ CZ, EE, HR, RO, SK ⁽⁴⁾ DE LT ⁽²⁾ CZ JP ⁽⁸⁾ LT ⁽¹⁾
		Introgesja	Duo Matrix ¹² Revolution ¹² Ultra ¹	US ⁽¹⁾ NZ, IT ⁽⁹⁾ NZ, IT NZ

¹ odmiany zarejestrowane w Katalogu Europejskim (CATALOGUE, 2014) – cultivars registered in Common Catalogue (CATALOGUE, 2014)

² odmiany zarejestrowane na liście OECD (OECD, 2014) – cultivars registered on OECD list (OECD, 2014)

*łącznie z ze źródłem charakterystyki odmiany – including source of cultivar characteristics

¹⁾ GHESQUIÈRE i WSP., 2010; ²⁾ LEWIS i WSP., 1973; ³⁾ HOUDEK, 2005; ⁴⁾ FOJTIK i WSP., 1990; ⁵⁾ ZWIERYKOWSKI i WSP., 1998; ⁶⁾ NETZBAND, 1991; ⁷⁾ NEKROŠAS i WSP., 1995; ⁸⁾ GUTMANE i ADAMOVIČ, 2009; ⁹⁾ CASLER i WSP., 2001; ¹⁰⁾ GHESQUIÈRE i WSP., 1996; ¹¹⁾ FOJTIK, 1994; ¹²⁾ NEKROŠAS i WSP., 2007; ¹³⁾ BUCKNER i WSP., 1977; ¹⁴⁾ BUCKNER i WSP., 1983; ¹⁵⁾ PEDERSEN i WSP., 1990; ¹⁶⁾ RŠTREM i WSP., 2013; ¹⁷⁾ YAMADA, 2011; ¹⁸⁾ AKIYAMA i WSP., 2012; ¹⁹⁾ KOPECKÝ i WSP., 2006

chromosomów *Lolium* oraz liczbą kompletnych chromosomów *Festuca* mniejszą niż 1, zaklasyfikowano 3 czeskie odmiany ‘Achilles’, ‘Perun’ oraz ‘Perseus’. Drugą grupę z siedmioma kompletnymi chromosomami *Lolium* i więcej niż jeden kompletnym chromosomem *Festuca* reprezentowały 3 polskie odmiany ‘Agula’, ‘Felopa’ oraz ‘Sulino’, 1 litewska odmiana ‘Punia’ i niemiecka ‘Paulita’ oraz 1 brytyjska odmiana ‘Elmet’ i polska ‘Rakopan’, które pochodzą z kombinacji krzyżówkowej *Lolium multiflorum \times *Festuca pratensis*. Do trzeciej grupy z kompletnymi chromosomami *Lolium* o liczbie powyżej 22 i liczbą kompletnych chromosomów *Festuca* poniżej 0,5 lub ich całkowitym brakiem należały wyhodowane w Stanach Zjednoczonych introgresywne odmiany ‘Spring Green’ oraz ‘Kemal’. LIDEIKYTĚ i WSP. (2008) wykonali analizę GISH litewskiej tetraploidalnej odmiany ‘Puga’. W genomie badanej odmiany wykryto średnio 17 kompletnych chromosomów *Lolium* oraz 1,68 chromosomów *Festuca*. Zmienność pomiędzy odmianami może wynikać z różnicy pomiędzy składnikami rodzicielskimi, z których wyprowadzano odmiany, stosowanej strategii podczas selekcji (np. dążąc do uzyskania typu najbliższego *Lolium*), czy w wyniku różnicy pokoleń, w której znajdowały się odmiany w czasie wykonywania analizy (KOPECKÝ i WSP., 2006).*

W badaniach CANTERA i WSP. (1999) nad strukturą genomową *Festulolium loliaceum* odmiany ‘Prior’, zaobserwowano przewagę średniej długości chromatyny *Lolium* (62,1%) nad chromatyną *Festuca* (37,9%). Na genotyp przypadało średnio 17,9 chromosomów *Lolium* i 9,7 chromosomów *Festuca*. Podobne wyniki otrzymali LIDEIKYTĚ i WSP. (2008). U odmiany tej zaobserwowano przewagę chromosomów *Lolium* nad *Festuca*, jednak w mniejszym stopniu niż u tetraploidalnych odmian *Festulolium braunii*. Natomiast diploidalna odmiana ‘Matrix’ oraz tetraploidalna ‘Duo’ nie posiadały w swoim genomie ani chromosomów *Festuca* ani chromosomów z translokacjami. Brak kompletnych chromosomów *Festuca* zauważono także u trzech introgresywnych (do *Lolium multiflorum*) odmian *Festulolium pabulare*: ‘Becva’, ‘Bečva selected’ oraz ‘Lofa’. Odmiany otrzymane w wyniku krzyżowania wstecznego do *Festuca arundinacea* tj. ‘Felina’, ‘Hykor’, ‘Korina’ i ‘Lesana’ miały przeważającą część genomu *Festuca*. W genomie tetraploidalnej odmiany *Festulolium pabulare* ‘Vetra’ występowały chromosomy *Festuca* ze znaczną przewagą kompletnych chromosomów *Lolium*.

KOPECKÝ i WSP. (2006) przeprowadzili także analizę tetraploidalnego rodu *Festulolium pabulare* pochodzącego z krzyżowania *Lolium multiflorum \times *Festuca arundinacea* var. *glaucescenes* ‘99-01’, rodu ‘99-04’ wyprowadzonego w wyniku krzyżowania wstecznego rodu ‘99-01’ \times *Lolium multiflorum* oraz rodu ‘01-1’ powstałego ze skrzyżowania rodu ‘99-04’ z *Lolium perenne*. Ród ‘99-01’ cechował się przewagą genomu *Lolium* w podobnym zakresie jak mieszańce tetraploidalne *Festulolium braunii*.*

MOMOTAZ i WSP. (2004) wykonali genotypową identyfikację 10 odmian *Festulolium* (6 odmian *Festulolium braunii*: ‘Evergreen’, ‘Paulita’, ‘Perun’, ‘Tandem’, ‘Felopa’, ‘Sulino’, 1 odmianę i 1 linię *Festulolium loliaceum*: ‘Prior’, ‘Bx350’ oraz 2 odmiany *Festulolium pabulare*: ‘Felina’, ‘Kenhy’), używając detekcji prostych sekwencji powtarzalnych SSR, otrzymanych z *Lolium perenne* (30 markerów LPSSR) oraz *Lolium multiflorum* (14 markerów LMSSR). Jak podają autorzy, odmiana ‘Prior’ oraz linia ‘Bx350’ posiadała 50% frekwencję alleli *Lolium perenne*, odmiana ‘Evergreen’ 77% alleli *Lolium multiflorum* w porównaniu do 23% alleli specyficznych dla *Festuca pratensis*.

Natomiast proporcja rozkładu alleli dla odmian ‘Felopa’ i ‘Sulino’ była zbliżona i wynosiła 57% alleli charakterystycznych dla *Festuca pratensis* oraz 43% dla *Lolium multiflorum*. Pozostałe odmiany charakteryzowały się wysokim udziałem alleli pochodzących od *Lolium multiflorum* (60–66%) oraz niższą frekwencją alleli *Festuca pratensis* (34–39%). Wyjątek stanowiły odmiany introgresywne *Festulolium pabulare*. Odmiana ‘Kenhy’ posiadała tylko 8% alleli *Lolium multiflorum*, natomiast w przypadku odmiany ‘Felina’ nie stwierdzono allelicznego udziału *Lolium multiflorum*.

Dla porównania genetycznej odległości między taksonami odmian i gatunków rodzicielskich, MOMOTAZ i WSP. (2004) przeprowadzili również analizę za pomocą metody dendrogramu UPGMA. Wszystkie odmiany gatunków rodzicielskich zostały zaklasyfikowane w oddzielnych klastrach. Pomimo bardzo bliskiego pokrewieństwa filogenetycznego *Lolium perenne* było oddzielone od *Lolium multiflorum* klastrem przedstawiającym *Festuca arundinacea*. Odmiana i linia *Festulolium loliaceum* została umiejscowiona pomiędzy klastrami *Lolium perenne* i *Festuca pratensis*, co potwierdza ich amfiploidalną strukturę genomu. Odmiany *Festulolium braunii* były umiejscowione blisko klastrow *Lolium multiflorum*, jednakże odseparowane były od odmiany ‘Prior’ i *Festuca pratensis*. Jak tłumaczą autorzy, takie odległe umiejscowienie klastrow na dendrogramie może sugerować, że większość podłoży genetycznych genotypów tych mieszańców pochodzi od *Lolium multiflorum* z wybiórczą introgresją odcinków genomu *Festuca pratensis*. W oddzielnej grupie, położonej pomiędzy klastrem *Festuca pratensis* i klastrem *Festuca arundinacea*, zostały umieszczone odmiany *Festulolium pabulare*. Może to oznaczać, że dominującym podłożem genetycznym jest genom *Festuca arundinacea* zawierający introgresywne odcinki genomu *Lolium multiflorum*, który jest wynikiem prowadzonej hodowli w czasie wyprowadzania mieszańców. Stosowana w czasie hodowli odmian selekcja ukierunkowana na uzyskanie pożądanych cech bardziej lub mniej charakterystycznych dla jednego z gatunków rodzicielskich, poprzez kreowanie struktury genomu mieszańca, wpływa na jego fenotyp i cechy użytkowe.

4.2. Plon zielonej i suchej masy

Odmiany *Festulolium* różnią się między sobą cechami użytkowymi takimi jak: wysokość plonu zielonej i suchej masy, cechami jakościowymi plonu, strawnością, smakowitością, zimotrwałością i mrozoodpornością, odpornością na suszę czy też na choroby grzybowe. Mieszańce *Festulolium braunii* charakteryzują się wysokiej jakości plonem zielonej masy, trwałością (do 3–4 lat) oraz zimotrwałością. W dwuletnich badaniach DOMAŃSKIEGO i JOKSIA (1999), stwierdzono, że polskie odmiany ‘Felopa’ i ‘Sulino’ przewyższały plonem świeżej i suchej masy odmianę wzorcową ‘Paulita’. Lepiej plonowały również w porównaniu od odmiany *Festuca pratensis* ‘Skra’. Odmiany charakteryzowała także duża plenność i szybki przyrost masy w pierwszym odroście, co jednak negatywnie wpływało na rozkład plonu. Badane odmiany charakteryzowały się także wysokim poziomem strawności (80% s.m.) w stadium dojrzałości pastwiskowej, który wraz z przyrostem plonu s.m. obniżał się do poziomu 60% w czasie fazy rozwojowej pełni kwitnienia. Zmiany zawartości białka ogólnego okazały się zbliż-

one do *Festuca pratensis* odmiany 'Skra'. Ruń badanych odmian zawierała około 20% białka ogólnego w s.m. w połowie maja i 5–6% przy końcu kwitnienia. Zawartość cukrów rozpuszczalnych w wodzie również ulegała zmianie, z poziomu 16% w fazie pełni kłoszenia, wzrastała do 20% w fazie pełni kwitnienia.

ŁYSZCZARZ (2001) porównał odmianę 'Felopa' *Festulolium braunii* z odmianą 'Motycka' *Festuca pratensis* oraz odmianą 'Nadmorski' *Lolium perenne*. Z wyjątkiem pierwszego roku badań, w kolejnych latach najwyższym plonem s.m. charakteryzowały się *Festulolium braunii* 'Felopa' oraz odmiana życicy trwałej 'Nadmorski'. W ostatnim roku analizy najwyższej plonowała 'Felopa', co świadczy o przedłużonym w czasie potencjale produkcyjnym odmiany. Autor wykazał, że z przebiegu linii trendu charakteryzującej średnią plonowania z trzech lat wynika, że *Festulolium braunii* 'Felopa' plonuje prawie na takim samym poziomie jak kostrzewa łąkowa.

W badaniach KACHLICKIEJ i WSP. (2001) porównano odmianę 'Felopa' oraz dwarody 'L \times F' i 'F \times L' *Festulolium braunii* z odmianą wzorcową 'Paulita' *Festulolium braunii*, odmianą 'Elmet' *Festulolium braunii* i odmianą 'Prior' *Festulolium loliaceum*. Z punktu widzenia plonu rocznego najlepszą okazała się odmiana wzorcowa (190,3 dt ha⁻¹), nieco mniejsze plony odnotowano w przypadku odmiany 'Felopa' (178,8 dt ha⁻¹) oraz rodów 'L \times F' i 'F \times L' (około 180 dt ha⁻¹), natomiast najgorzej plonowała odmiana 'Elmet' (168,4 dt ha⁻¹).

KRYSZAK i WSP. (2002) wykazali, że odmiany 'Felopa', 'Sulino' oraz 'Rakopan' *Festulolium braunii* plonowały na poziomie od 14,0–14,5 t ha⁻¹ s.m. Wynik ten był zbliżony do plonu suchej masy odmiany 'Solen' *Lolium perenne* i był większy niż u odmiany 'Skra' *Festuca pratensis*. Wyżej plonowała tylko odmiana 'Lotos' *Lolium multiflorum*. Jak wynika z analizy przeprowadzonej przez autorów, najwyższą zawartością białka strawnego charakteryzowała się odmiana 'Rakopan' *Festulolium braunii* (135 g kg⁻¹ s.m.). Wszystkie odmiany *Festulolium braunii* charakteryzowały się większą niż pozostałe gatunki zawartością węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie (najlepsza pod tym względem okazała się odmiana 'Sulino' z stężeniem cukrów na poziomie 180 g kg⁻¹ s.m.). Strawność genotypów *Festulolium braunii* była zbliżona do odmian *Lolium multiflorum*, *Lolium perenne* i *Festulolium pabulare* i wahała się w zakresie 71,5–75,9%.

Badania przeprowadzone w Czechach w warunkach pastwiskowego użytkowania odmiany 'Perun' *Festulolium braunii* oraz trzech odmian *Festulolium pabulare* – 'Hykor', 'Becva' i 'Felina' – wykazały, że w porównaniu do kontrolnej mieszanki pastwnej, najwyższe plony suchej masy uzyskano w przypadku odmiany 'Hykor' (118%) i 'Felina' (113%). Odmiana 'Perun' plonowała na poziomie 97%, jednak jej wynik był większy o 10–20% od plonu *Festuca pratensis* (Fojtik, 1994).

NEKROŠAS i KEMEĐYTĖ (2007) przeprowadzili badania plonu litewskiej odmiany 'Puga' *Festulolium braunii*, czterech linii hodowlanych i odmiany 'Sodrė' *Lolium perenne* oraz czterech linii hodowlanych i odmiany 'Ugne' *Lolium multiflorum*. Stwierdzono, że odmiana 'Puga' plonowała podobnie jak linie i odmiana *Lolium multiflorum*, gdyż z dwóch lat badań uzyskano średnio od 8,7–10,9 t ha⁻¹ s.m. Natomiast najniższy plon suchej odnotowano u odmiany 'Sodrė' *Lolium perenne*.

4.3. Odporność na stresowe warunki środowiska

Plon odmian *Festulolium* zależy w głównej mierze od odporności na stresowe warunki termiczne i wilgotnościowe, takie jak zimotrwałość, mrozoodporność i odporność na suszę. DOMAŃSKI i JOKŚ (1999) w swoich badaniach wskazali, że polskie odmiany 'Felopa' i 'Sulino' *Festulolium braunii* cechują się dobrą zimotrwałością, większą niż odmiana wzorcowa 'Paulita'. W latach mroźnych zim, u *Festulolium braunii* spadek plonu pierwszego pokosu był dwukrotnie niższy, w porównaniu do *Lolium multiflorum*. Autorzy Ci odnotowali także, że najlepiej zimowała *Festuca pratensis*.

Dobrej zimotrwałości *Festulolium braunii* nie potwierdziły badania ŁYSZCZARZA (2001). W pierwszym roku użytkowania, po ostrej zimie, w czasie której temperatury dochodziły do -21°C , największe przemarznięcie stwierdzono u odmiany 'Felopa' i u odmiany 'Anna' *Lolium perenne*, u których wymarzło ponad 80% roślin. Wysoką mrozoodpornością cechowały się natomiast rośliny kostrzewy łąkowej u której wypadło 5% kęp. Warto dodać, że wszystkie odmiany dobrze się zregenerowały w okresie wegetacji.

W porównaniu do *Festulolium braunii* lepszą zimotrwałością cechują się odmiany *Festulolium pabulare*. OPITZ i BANZHAF (2006) porównali odmiany dwóch gatunków *Festulolium* w warunkach pastwisk zimowych. Odmianami, które wyróżniły się najwyższym plonem suchej masy były 'Felina' i 'Hykor' *Festulolium pabulare*. Osiągnęły one w czasie ostrych zim większy, średnio o 100–140%, plon niż odmiana 'Lofa' (typ życiowcy) *Festulolium pabulare* i odmiana 'Perun' *Festulolium braunii*. Autorzy wykazali także, że w czasie łagodnych zim odmiana 'Perun' *Festulolium braunii* plonowała na porównywalnym poziomie jak kreacje hodowlane *Festulolium pabulare*, z wyjątkiem odmiany 'Lofa'. Stwierdzono także, że plon białka ogólnego odmiany 'Perun' był większy od plonu odmian 'Felina' i 'Hykor' *Festulolium pabulare* o 38,0–56,8%.

Badania wykonane w Norwegii, jakie przeprowadzili RSTREM i LARSEN (2008), potwierdzają gorszą zimotrwałość *Festulolium braunii*. Stwierdzono, że największy plon suchej masy uzyskała odmiana 'Hykor' *Festulolium pabulare* ($11,03 \text{ t ha}^{-1}$) oraz ród 'FuRs0463' (obecnie 'Fabel') *Festulolium loliaceum* ($10,68 \text{ t ha}^{-1}$). Odmiana 'Felopa' *Festulolium braunii* uzyskała mniejszy plon ($8,52 \text{ t ha}^{-1}$) niż odmiany 'Fure' *Festuca pratensis* i 'Napoleon' *Lolium multiflorum* ($9,89 \text{ t ha}^{-1}$).

Gorszą zimotrwałość odmian *Festulolium*, w porównaniu do *Festuca pratensis*, lecz lepszą niż u *Lolium multiflorum* zaobserwowali CASLER i WSP. (2001). Podobne wyniki uzyskali także NEKROŠAS i KEMEDYTĒ (2007). Zimotrwałość odmiany 'Punia' i dwóch linii *Festulolium braunii* kształtowała się na poziomie 7,0–7,5 stopni i była lepsza od *Lolium multiflorum* (6,5–6,8 stopni). Najmniejszą zimotrwałością cechowała się odmiana *Lolium perenne* 'Sodrë'.

Jak podają ĐIMKŪNAS i WSP. (2009), zimotrwałość *Festulolium braunii* może być związana ze zdolnością mieszańców do wytwarzania pędów generatywnych. Autorzy stwierdzili, że najlepsze przezimowanie było u roślin, które w roku wysiewu wytworzyły największą liczbę pędów generatywnych. Stwierdzenie to dotyczy odmian 'Felopa' (89,7%), 'Sulino' (70,5%) i 'Punia' (49,5%). Odmiany wytwarzające najmniej pędów kwiatowych przezimowały najgorzej, czego przykładem jest 'Perun' (25,5%).

W konsekwencji odnotowano, że mieszańce najbardziej zimotrwałe plonowały najwyżej. Autorzy wysunęli tezę, że rośliny *Festulolium braunii*, które wytwarzają dużo pędów generatywnych w roku wysiewu, są zdolne do formowania nowych pędów odpornych na stresowe warunki zimowania.

Rośliny cechujące się dobrą zimotrwałością czy mrozoodpornością są najczęściej mało podatne na choroby grzybowe, zwłaszcza pleśń śniegową. Zależność tą udowodniono w badaniach POCIECHY i PŁAŻEK (2010), w których przeprowadzono test odporności na *Microdochium nivale* wybranych genotypów *Festulolium braunii*, *Lolium multiflorum*, *Festuca pratensis* i *Festuca arundinacea*. Okazało się, że najwyższy stopień odporności na patogena wykazywały kostrzewy oraz odmiana 'Felopa' *Festulolium braunii*. W liściach tych gatunków występowała wyższa koncentracja fenoli, których obecność jest wynikiem wysokiego poziomu respiracji w czasie hartowania roślin przed zimą. Najniższą odporność odnotowano u życicy wielokwiatowej.

Odporność na suszę pozwala wykorzystać mieszańce w regionach o małej ilości opadów w czasie wegetacji. Jak podają DOMAŃSKI i JOKŚ (1999), w latach badań plon świeżej masy *Festulolium braunii* był wysoki w pierwszym wiosennym odroście i względnie niski w kolejnych pokosach, przed którymi występowały okresy suszy. Pomimo spadków plonu runi mieszańce dorównywały *Festuca arundinacea* pod względem plonu suchej masy. Autorzy zwrócili uwagę, że rośliny *Festulolium braunii* cechowały się mocnym systemem korzeniowym.

Podobną zależność zaobserwowała STANIAK (2006). W efekcie suszy wzrost roślin *Festulolium braunii* był słabszy po pierwszym pokosie zarówno w roku siewu, jak i w latach pełnego użytkowania. BOROWIECKI i STANIAK (2001) odnotowali, że w roku pełnego użytkowania największy udział (50%) w rocznym plonie suchej masy miał pierwszy wiosenny pokos. Z powodu niedoboru wody w czasie drugiego i czwartego odrostu zróżnicowanie plonu kolejnych pokosów było niewielkie. Na zahamowanie wzrostu i rozwoju roślin *Festulolium braunii* wskutek bardzo niekorzystnych warunków wilgotnościowych w roku założenia doświadczenia zwrócili uwagę STYPIŃSKI i WSP. (2001). Wskazali, że stres wilgotnościowy utrudnił wschody i opóźnił termin pierwszego pokosu runi, który został zebrany dopiero w sierpniu.

4.4. Płodność męska i żeńska

Warunkiem uzyskania form włączanych do programów hodowlanych nowych odmian jest osiągnięcie dostatecznej płodności męskiej i żeńskiej, będących niezbędnym warunkiem podczas reprodukcji, szczególnie, że u allopoliploidalnych mieszańców *Festulolium* występują nieregularności w przebiegu mejozy, co w konsekwencji prowadzi do aneuploidalności (ZWIERZYKOWSKI i WSP., 1993). Stopień aneuploidalności *Festulolium braunii* jest zależny od stopnia rozmnożenia i może nieznacznie wzrastać z pokolenia na pokolenie (OSBORNE i WSP., 1977), jednakże jak zaobserwowano w badaniach ZWIERZYKOWSKIEGO i WSP. (1993) aneuploidalne osobniki o liczbie chromosomów $2n = 27$ i $2n = 29$ nie różniły się pod względem płodności męskiej i żeńskiej od osobników tetraploidalnych. Natomiast pod względem płodności żeńskiej, istnieje

duża zmienność pomiędzy osobnikami w obrębie kolejnych pokoleń. W zależności od stopnia rozmnożenia, przy wykonywaniu selekcji na płodność, wynosiła ona od 15% (F₁) do 53,5% (F₇). Według ZWIERZYKOWSKIEGO i WSP. (1993), płodność żeńska na poziomie około 50% jest wystarczająca, zwłaszcza, że cecha ta u tetraploidalnej odmiany 'Kroto' *Lolium multiflorum* wynosiła od 51% do 84%. W przypadku męskiej płodności analiza ziaren pyłku wykazała wysoką, średnią wartość żywotności, która wynosiła od 61,5% (F₁) do 78,5% (F₃).

W wyniku stosowania selekcji na płodność, w kolejnych pokoleniach zmienia się także struktura genomu mieszańców. Przy zastosowaniu analizy GISH w pokoleniach F₂–F₄ tetraploidalnego mieszańca *Festulolium loliaceum*, ZWIERZYKOWSKI i WSP. (2003) obserwowali stopniowy wzrost liczby chromosomów i długości chromatyny *Lolium*, a także zmniejszenie udziału chromosomów i długości chromatyny *Festuca* oraz liczne translokacje. Jednak, jak podaje ZWIERZYKOWSKI i WSP. (2004), dotychczasowe badania nie dowiodły istnienia korelacji pomiędzy strukturą genomu a płodnością męską.

5. Podsumowanie

W hodowli mieszańców \times *Festulolium* uzyskano w skali światowej znaczny postęp. Argumentem dla tej tezy są liczne odmiany hodowlane różnych kombinacji krzyżówkowych zarejestrowane na listach OECD (obecnie 38), EU (obecnie 34) oraz krajowych. Z punktu widzenia liczby wyprowadzonych odmian największym zainteresowaniem hodowli cieszą się mieszańce *Festulolium braunii* uzyskane z przekrzyżowania *Lolium multiflorum* \times *Festuca pratensis* na drodze amfiploidyacji oraz mieszańce introgressywne *Festulolium pabulare* otrzymane z krzyżowania *Lolium multiflorum* (2x) \times *Festuca arundinacea* var. *genuina* (6x). W Polsce zarejestrowano do tej pory cztery odmiany *Festulolium braunii*. Mimo prowadzonych prac hodowlanych oraz szerokiej współpracy międzynarodowej nad nowymi formami mieszańców gatunków *Lolium* z gatunkami *Festuca* w ostatnich kilkunastu latach nie wprowadzono do rejestru nowych odmian.

Zainteresowanie mieszańcami \times *Festulolium* w przyszłości będzie z pewnością wzrastać. Związane to jest z postępującymi zmianami klimatycznymi, które nie sprzyjają wzrostowi i rozwojowi gatunków traw pastewnych kompleksu *Lolium-Festuca*. Dzięki uzyskanym mieszańcom \times *Festulolium* możliwa jest efektywna produkcja pasz dla zwierząt trawożernych w warunkach stresu suszy latem oraz stresu termicznego w okresie zimy. Ponadto pojawiają się możliwości wykorzystania mieszańców \times *Festulolium* do celów pozapaszowych.

Literatura

- ADOMAKO B., THOROGOOD D., CLIFFORD B.C., 1997. Plant reaction types to crown rust (*Puccinia coronata* Corda) disease inoculations in meadow fescue (*Festuca pratensis* L.), perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and *L. perenne* introgression lines. International Turfgrass Society Research Journal, 8, 823–831.
- AKIYAMA Y., KIMURA K., YAMADA-AKIYAMA H., KUBOTA A., TAKAHARA Y., UHEYAMA Y., 2012. Genomic characteristics of a diploid F(4) festulolium hybrid (*Lolium multiflorum* \times *Festuca arundinacea*), 55, 8, 599–603.
- BARTKOWIAK S., ŁUCZAK M., ZWIERZYKOWSKI Z., 2001. Białka markerowe odmian *Festulolium* i jego gatunków rodzicielskich. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 474, 67–72.
- BOROWIECKI J., STANIAK M., 2001. Wpływ terminu koszenia pierwszego pokosu na poziom plonowania i zawartość białka *Festulolium* odmiany Felopa. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 474, 235–239.
- BORRILL M., 1975. *Festuca* L. W: Hybridization and the Flora of the British Isles, (red. C.A. Stace), Academic Press, London, 543–547.
- BUCKNER R.C., BOLING J.A., BURRUS II P.B., BUSH L.P., HEMKEN R.A., 1983. Registration of 'Johnstone' tall fescue. Crop Science, 23, 399–400.
- BUCKNER R.C., BURRUS P.B. Jr., BUSH L.P., 1977. Registration of 'Kenhy' tall fescue. Crop Science, 17, 672–673.
- BUCKNER R.C., HILL H.D., BURRUS II P.B., 1961. Some characteristics of perennial and annual ryegrass \times tall fescue hybrids and the amphidiploid progenies of annual ryegrass \times tall fescue. Crop Science, 17, 672–673.
- CANTER P.H., PAŠAKINSKIENE I., JONES R.N., HUMPHREYS M.W., 1999. Chromosome substitutions and recombination in the amphiploid *Lolium perenne* \times *Festuca pratensis* cv. Prior ($2n = 4x = 28$). Theoretical and Applied Genetics, 98, 809–814.
- CASLER M.D., PETERSON P.R., HOFFMAN L.D., EHLKE N.J., BRUMMER E.C., HANSEN J.L., MLYNAREK M.J., SULC M.R., HENNIG J.C., UNDERSANDER D.J., PITTS P.G., BIKLEY P.C., ROSE-FRICKER C.A., 2002. Natural selection for survival improves freezing tolerance, forage yield and persistence of *Festulolium*. Crop Science, 42, 1421–1426.
- CASLER M.D., PITTS P.G., ROSE-FRICKER C., BILKEY P.C., WIPFF J.K., 2001. Registration of 'Spring Green' *Festulolium*. Crop Science, 41, 1365–1366.
- CATALOGUE, 2014. \times *Festulolium* Asch. & Graebn, stand January 2014, <http://ec.europa.eu/food/plant/propagation/catalogues/database>
- CLAYTON W.D., RENVOIZE S.A., 1986. Genera Graminum. Grasses of the world. Kew Bulletin Additional Series XIII, 389.
- DOMAŃSKI P., JOKŚ W., 1999. Odmiany *Festulolium* – efekty postępu biologicznego. Zeszyty Naukowe AT-R w Bydgoszczy, 220, Rolnictwo, 44, 87–94.
- FALKOWSKI M. (red.), 1982. Trawy Polskie. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- FOJTÍK A., 1994. Methods of grass improvement used at the Plant Breeding Station Hladké živočice. Genetica Polonica, 35A, 25–31.
- FOJTÍK A., SVETLIK V., HORÁK J., ČERNOCH V., 1990. New Varieties of *Festulolium*, *Festuca arundinacea* and *Poa pratensis*. Proceedings of the 13th General Meeting of the European Grassland Federation. Banská Bystrica, 459–461.

- GHESEQUÏRE M., EMILE J.C., JADAS-HECART J., MOUSSET C., TRAINÉAU R., POISSON C., 1996. First in vivo assessment of feeding value of *Festulolium* hybrids derived from *Festuca arundinacea* var. glaucescens and selection for palatability. *Plant Breeding*, 115, 238–244.
- GHESEQUÏRE M., HUMPHREYS M.W., ZWIERZYKOWSKI Z., 2010. *Festulolium*. W: *Fodder Crops and Amenity Grasses. Handbook of Plant Breeding 5* (eds. B. Boller et al.), 293–315.
- GONZALEZ-CARRANZA Z.H., LOZOYA-GLORIA E., ROBERTS J.A., 1998. Recent developments in abscission: shedding light on the shedding process. *Trends in Plant Science*, 3, 10–14.
- GÛTMANE I., ADAMOVICŠ A., 2009. Influence of Nitrogen Fertilization on *Festulolium* and Hybrid Ryegrass Seed Yield and Structure of Yield. Ražas svętki “Vecauce – 2009”. *Layvijas Lauksaimniecības univērsitātei-70, Zināniskā semināra rakstu krājums 2009*, 42–45.
- HERTZSCH W., 1960. Kreuzungen innerhalb der Gattung *Festuca* und zwischen den Gattungen *Festuca* und *Lolium*. B. Kreuzungen von di- und tetraploidem *Festuca pratensis* mit *Festuca arundinacea* und *Festuca rubra* und von di- und tetraploidem *Festuca pratensis*, *Festuca arundinacea* und *Festuca rubra* mit di- und tetraploidem *Lolium multiflorum*. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*, 44, 301–318.
- HERTZSCH W., 1966., Intergeneric and interspecific hybrids between *Lolium* and *Festuca*. *Proceedings of the X International Grassland Congress, Helsinki, Finland*, 683–685.
- HOPKINS A.A., SAHA M.C., WANG Z.-Y., 2009. Genetic improvement 19. *Breeding, Genetics, and Cultivars*. W: *Tall Fescue*
- HOUDEK I., 2005. ×*Festulolium* ‘Perseus’. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 41, 35–36.
- HUMPHREYS M.W., 1989. The controlled introgression of *Festuca arundinacea* genes into *Lolium multiflorum*. *Euphytica*, 42, 105–116.
- HUMPHREYS M.W., GHESEQUÏRE M., 1994. Assessing success in gene transfer between *Lolium multiflorum* and *Festuca arundinacea*. *Euphytica*, 77, 283–289.
- HUMPHREYS M.W., PAŠAKINSKIENE I., 1996. Chromosome painting to locate genes for drought resistance transferred from *Lolium multiflorum* × *Festuca arundinacea* hybrids. *Heredity*, 77, 530–534.
- HUMPHREYS M.W., PAŠAKINSKIENE I., JAMES A.R., THOMAS H., 1998. Physically mapping quantitative traits for stress-resistance in the forage grasses. *Journal Experimental Botany*, 49 (327), 1611–1618.
- HUMPHREYS M.W., THOMAS H., 1993. Improved Drought Resistance in introgression lines derived from *Lolium multiflorum* × *Festuca arundinacea* hybrids. *Plant Breeding*, 111, 155–161.
- HUMPHREYS M.W., THOMAS H., HARPER J., MORGAN G., JAMES A., GHAMARI-ZARE A., THOMAS H., 1997. Dissecting drought- and cold-tolerance traits in the *Lolium-Festuca* complex by introgression mapping. *New Phytology*, 137, 55–60.
- HUMPHREYS M.W., THOMAS H.M., MORGAN W.G., MEREDITH M.R., HARPER J.A., THOMAS H., ZWIERZYKOWSKI Z., GHESEQUÏRE M., 1995. Discriminating the ancestral progenitors of hexaploid *Festuca arundinacea* using genomic in situ hybridization. *Heredity*, 75, 171–174.
- JAUHAR P.P., 1975. Chromosome relationships between *Lolium* and *Festuca* (Gramineae). *Chromosoma*, 52, 103–121.
- JAUHAR P.P., 1993. *Cytogenetics of the Festuca–Lolium complex, relevance to breeding*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

- JENKIN T.J., 1955. Interspecific and intergeneric hybrids in herbage grasses XVI. *Lolium perene* and *Festuca pratensis* with references to *Festuca loliacea*. Journal of Genetic, 53, 379–441.
- KACHLICKA D., KACZMAREK Z., MEJZA I., JOKŚ W., ZWIERZYKOWSKI Z., 2001. Wielozmienna analiza statystyczna dwuletniego doświadczenia z odmianami *Festulolium*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 474, 177–186.
- KELMAN W.M., CULVENOR R.A., 2003. The genetic correlation of panicle shattering with the intact rachilla form of seed retention in *Phalaris aquatica* L. Euphytica, 130, 405–411.
- KOPECKÝ D., LOUREIRO J., ZWIERZYKOWSKI Z., GHESQUIÈRE M., DOLEŽEL J., 2006. Genome constitution and evolution in *Lolium \times *Festuca* hybrid cultivars (*Festulolium*). Theoretical and Applied Genetic, 113, 731–742.*
- KOSMALA A., ZWIERZYKOWSKI Z., GAŚSIOR D., 2006. GISH/FISH mapping of genes for freezing tolerance transferred from *Festuca pratensis* to *Lolium multiflorum*. Hederity, 96, 3, 1–9.
- KOZŁOWSKI S.(red), 2012. Trawy. Właściwości, występowanie i wykorzystanie. Powszechnie Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, ss. 400.
- KRYSZAK J., DOMAŃSKI P., JOKŚ W., 2002. Use of value of *Festulolium braunii* (K. Richter) A. Camus cultivars registered in Poland. Grassland Science in Europe, 7, 436–437.
- LEŚNIEWSKA-BOCIANOWSKA A., KOSMALA A., SKIBIŃSKA M., ZWIERZYKOWSKI Z., 2001. Zastosowanie genomowej hybrydyzacji *in situ* w badaniach genetycznych mieszańców oddalonych kompleksu *Lolium-Festuca*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 474, 37–46.
- LEWIS E.J., 1970. Intergeneric hybrids between *Lolium* and *Festuca*. Welsh Plant Breeding Station Report for 1969, 21.
- LEWIS E.J. 1975. *Festuca* L. \times *Lolium* L. = *Festulolium* Aschers and Graebn. W: Hybridization and the Flora of the British Isles. (red. C.A. Stace), Academic Press, London, 547–552.
- LEWIS E.J., TYLER B.F., CHORLTON K.H., 1973. Development of *Lolium-Festuca* hybrids. Welsh Plant Breeding Station Report for 1972, 34–37.
- LIDEIKYTĖ L., PAŠAKINSKIENE I., LEMEŽIENE N., NEKROŠAS S., KANAPECKAS J., 2008. FISH assessment of ribosomal DNA sites in the chromosome sets of *Lolium*, *Festuca* and *Festulolium*. Agriculture, 95, 2, 116–124.
- LIDEIKYTĖ L., PAŠAKINSKIENE I., RSTREM L., 2006. ‘Chromosome painting’ by fluorescent *in situ* hybridization (FISH) in the hybrids and introgressions of *Lolium multiflorum*. Biologija, 3, 114–117.
- ŁYSZCZARZ R., 2001. Ilościowe i jakościowe parametry oceny wybranych odmian kostrzewy łąkowej, życicy trwałej i *Festulolium*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 474, 225–233.
- MATZK F., 1976. Attempts to overcoming of incompatibilities in interspecific and intergeneric crosses with grasses. Incompatibility News, 7, 65–74.
- MOMOTAZ A., FORSTER J.W., HAMADA T., 2004. Identification of cultivars and accessions of *Lolium*, *Festuca* and *Festulolium* hybrids through the detection of simple sequence repeat polymorphism. Plant Breeding, 123, 370–376.
- MORGAN W.G., KING I.P., KOCH S., HARPER J.A., THOMAS H.M. 2001. Introgression of chromosomes of *Festuca glaucescens* into *Lolium multiflorum* revealed by genomic *in situ* hybridization (GISH). Theoretical and Applied Genetic, 103, 696–701.
- MORGAN W.G., THOMAS H., LEWIS E.J., 1988. Cytogenetic studies of hybrids between *Festuca gigantea* Vill. and *Lolium multiflorum* Lam. Plant Breeding, 101, 335–343.
- NEKROŠAS S., KEMEDYTĖ V., 2007. Breeding of ryegrass and *Festulolium* in Lithuania. Ūmdirbystė/ Agriculture, 94, 4, 29–39.

- NEKROŠAS S., SLIESARAVICIUS A., DAPKIENE R., 1995. *Festulolium* variety 'Punia'. žemdirbyste (Agriculture), 50, 203–208.
- NEKROŠAS S., TARAKANOVAS P., SLIESARAVICIUS A., 2007. The new *Festulolium* varieties. žemdirbyste, 94, 150–159.
- NETZBAND K., 1991. Breeding of tetraploid *Festulolium* fodder grasses with different maturity. Proceedings of the EUCARPIA Fodder Crops Section Meeting, Wageningen, The Netherlands, November 1990, 47–48.
- OECD, 2014. List of varieties eligible for seed certification. Stand January 2014, http://www.oecd.org/tad/code/1_Grasses%20and%20Legumes.pdf
- OERTEL C., MATZK F., 1999. Introgression of crown rust resistance from *Festuca* spp. into *Lolium multiflorum*. Plant Breeding, 118, 491–496.
- OPTIZ von BOBERFELD W., BANZHAF K., 2006. Yield and Forage Quality of Different \times *Festulolium* Cultivars in Winter. Journal of Agronomy and Crop Science 192, 239–247.
- OSBORNE R.T., THOMAS H., LEWIS E.J., 1977. *Lolium-Festuca* amphidiploids. Welsh Plant Breeding 5th Report for 1976, 105–106.
- ØSTREM L., LARSEN A., 2008. Winter survival, yield performance and forage quality of *Festulolium* cvs. for Norwegian farming. Grassland Science in Europe, 13, 293–295.
- ØSTREM L., VOLDEN B., LARSEN A., 2013. Morphology, dry matter yield and phenological characters at different maturity stages of \times *Festulolium* compared with other grass species. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science, 531–542.
- PEDERSEN J.F., EIZENGA G.C., BURRUS P.B., 1990. Registration of 'KY-2N56' tall fescue germplasm. Crop Science, 30, 1163.
- POCIECHA E., PŁAŻEK A., 2010. Cold acclimation of forage grasses in relation to pink snow mould (*Microdochium nivale*) resistance. Acta Physiologiae Plantarum, 32, 37–43.
- STANIAK M., 2006. Ocena cech morfologiczno-biologicznych *Festulolium* odmiany Felopa. Łąkarstwo w Polsce, 9, 205–210.
- STYPIŃSKI P., JANICKA M., RATAJ D., 2001. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotowego na plonowanie wybranych gatunków i odmian traw. Pamiętnik Puławski 125, 13–20.
- SULINOWSKI S., 1967. Interspecific and intergenetic hybrids in grasses of *Festuca* and *Lolium* genera. Genetica Polonica, 8, 17–30.
- ĐIMKŪNAS A., VALADINAITĖ S., MAŽEIKĀ V., 2009. Peculiarities of Various *Festulolium braunii* Cultivars Development and Overwintering. LŲŲŲ Mokslo Darbai, 85 (38), 35–38.
- THOMAS H., EVANS C., THOMAS H.M., HUMPHREYS M.W., MORGAN G., HAUCK B., DONNISON I., 1997. Introgression, tagging and expression of leaf senescence gene of *Festulolium*. New Phytologist, 137, 29–34.
- THOMAS H., HUMPHREYS M., 1991. Progress and potential of interspecific hybrids of *Lolium* and *Festuca*. Journal of Agricultural Science Cambridge, 117, 1–8.
- THOMAS H.M., MORGAN W.G., HUMPHREYS M.W., 2003. Designing grasses with nature – combining the attributes of *Lolium* and *Festuca*. Euphytica, 133, 19–26.
- THOMAS H.M., MORGAN W.G., MEREDITH M.R., HUMPHREYS M.W., THOMAS H., LEGGETT J.M., 1994. Identification of parental and recombined chromosomes in hybrid derivatives of *Lolium multiflorum \times *Festuca pratensis* by genomic in situ hybridization. Theoretical and Applied Genetic, 88, 909–913.*
- WACKER G., NETZBAND K., KALTOFEN H., 1984. Neue Futtergeäser. Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, 28, 429–433.
- YAMADA T., 2011. *Festuca*. W: Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources, (red. Millets and Grasses. Kole C.). Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 153–164.

- ZWIERZYKOWSKI Z., 1987. Interspecific and intergeneric hybridization in the *Lolium-Festuca* complex. Proceedings of International Conference Hladke Zivotice, Czechoslovakia, 29–38.
- ZWIERZYKOWSKI Z., APOLINARSKA B., SODKIEWICZ W., KOSMALA A., LEŚNIEWSKA-BOCIANOWSKA A., 2004. Badania cytogenetyczne mieszańców oddalonych zbóż i traw pastewnych. W: Genetyka w ulepszaniu roślin użytkowych. (red. P. Krajewski, Z. Zwierzykowski, P. Kachlicki). Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu, 39–60.
- ZWIERZYKOWSKI Z., JOKŚ W., NAGANOWSKA B., 1993. Mieszańce amfitetraploidalne *Festuca pratensis* Huds. \times *Lolium multiflorum* Lam. { = \times *Festulolium braunii* } (K.Richter) A. Camus). Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, 188, 61–69.
- ZWIERZYKOWSKI Z., NAGANOWSKA B., 1994. Wykorzystanie mieszańców kompleksu *Lolium-Festuca* w hodowli. *Genetica Polonica*, 35A, 11–17.
- ZWIERZYKOWSKI Z., RYBCZYŃSKI J., 1976. Międzyrodzajowy mieszaniec *Lolium multiflorum* Lam. ($2n = 28$) \times *Festuca pratensis* Huds. ($2n = 28$). Ogólnopolskie Seminarium „Problemy genetyki i hodowli traw” Zakład Genetyki Roślin PAN, Poznań, 84–89.
- ZWIERZYKOWSKI Z., TAYYAR R., BRUNELL M., LUKASZEWSKI A.J., 1998. Genome recombination in intergenic hybrids between tetraploid *Festuca pratensis* and *Lolium multiflorum*. *Journal of Heredity*, 89, 324–328.
- ZWIERZYKOWSKI Z., ZWIERZYKOWSKA E., KOSMALA A., ŁUCZAK M., JOKŚ W., 2003. Genome recombination in early generations of *Festuca pratensis* \times *Lolium perenne* hybrids. W: Application of novel cytogenetic and molecular techniques in genetics and plant breeding of grasses. (eds. Z. Zwierzykowski, M. Surma., P. Kachlicki). Institute of Plant Genetics PAS, Poznań, 63–69.

Breeding achievement of \times *Festulolium* hybrids

A. RZEŹNIK¹, P. GOLIŃSKI²

¹*Institute of Polytechnics and Agriculture, Jan Amos Komenski University of Applied Sciences in Leszno*

²*Department of Grassland and Natural Landscape Sciences, Poznan University of Life Sciences*

Summary

In the breeding of \times *Festulolium* hybrids significant progress in the global context was achieved. The argument of this thesis are numerous cultivars of different crossing combinations registered on the lists of the OECD (now 38), EU (currently 34) and national. From the point of view of the number of gained cultivars the highest interest of breeding is focusing on *Festulolium braunii* hybrids obtained from *Lolium multiflorum* \times *Festuca pratensis* crossing on the basis of amphiploidization and introgressive hybrids of *Festulolium pabulare* obtained from crossing between *Lolium multiflorum* ($2x$) \times *Festuca arundinacea* var. *genuina* ($6x$). In Poland so far are four cultivars of *Festulolium braunii* recorded. Despite of the breeding works and broad international cooperation on new hybrid forms between *Lolium* species with *Festuca* species in recent years no new cultivars were entered into the register.

In the future the interest of \times *Festulolium* hybrids will be certainly growing. This is related to the progressive climate changes, which are not favourable to the growth and development of forage grass species of *Lolium-Festuca* complex. Thanks to obtained \times *Festulolium* hybrids, it is possible the efficient production of feeds for herbivorous under drought stress in summer and could stress during the winter. In addition, there are appearing possibilities of using \times *Festulolium* hybrids for non-forage purposes.

Adres do korespondencji – Address for correspondence:

Prof. dr hab. Piotr Goliński

Katedra Łąkarstwa i Krajobrazu Przyrodniczego

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

ul. Dojazd 11, 60-632 Poznań

tel. 61 84874 14, fax 61 848 76 12

e-mail: pgolinsk@up.poznan.pl