

**PRODUKCYJNOŚĆ *Festulolium braunii* (K. Richt.)
A. CAMUS I *Festuca pratensis* L. UPRAWIANYCH
W MIESZANKACH Z *Lotus corniculatus* L.
NA TLE ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA AZOTEM**

Marzenna Olszewska

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. Wyniki badań pochodzą z eksperymentu polowego realizowanego w latach 2004-2006 w Stacji Dydaktyczno-Doświadczalnej w Tomaszkanie (53°42' N; 20°26' E). Celem badań było porównanie festulolium i kostrzewy łąkowej uprawianych w mieszankach z komonicą zwyczajną pod względem wymiany gazowej, poziomu chlorofilu w liściach oraz plonowania, na tle zróżnicowanego nawożenia azotem. Stwierdzono, że w warunkach okresowego deficytu wody większą intensywnością fotosyntezy odznaczało się festulolium, natomiast w warunkach dobrego uwilgotnienia kostrzewa łąkowa. Podczas trzyletniego okresu badań kostrzewa łąkowa charakteryzowała się istotnie większą intensywnością transpiracji i większym indeksem zieloności liści niż festulolium. W warunkach korzystnych dla rozwoju traw, kostrzewa łąkowa lepiej wykorzystywała wodę niż festulolium, natomiast w warunkach niedoboru wody większym współczynnikiem WUE odznaczało się festulolium. Mieszanki z udziałem testowanych gatunków traw nie różniły się istotnie pod względem plonu suchej masy. Nawożenie azotem mineralnym zwiększało intensywność fotosyntezy i plonowanie mieszanek tylko w korzystnych warunkach pogodowych; w warunkach braku opadów duży wpływ miał udział komonicy zwyczajnej w runi. Zastosowany azot wpływał dodatnio na ograniczenie transpiracji i lepsze wykorzystanie wody przez trawy, zwiększał również poziom chlorofilu w liściach.

Słowa kluczowe: festulolium, fotosynteza, indeks zieloności liści, komonica zwyczajna, kostrzewa łąkowa, transpiracja, WUE

WSTĘP

Festulolium braunii (K. Richt.) A. Camus jest krzyżówką powstałą z międzyrodzajowych mieszańców kostrzewy łąkowej i życicy wielokwiatowej. Wyróżnia się lepszą trwałością niż życica oraz lepszą energią odrastania, wyższym plonowaniem i lepszą

jakością paszy niż kostrzewa łąkowa [Jokś i in. 1998, Domański i Jokś 1999, Borowiecki 2002]. *Festulolium* może być wykorzystywane w polowej produkcji pasz [Janicka i Stypiński 2001, Kryszak 2001], a także do podsiewu na trwałych użytkach zielonych [Richter i Milimonka 1991, Wolski i in. 2006]. Z badań wynika, że może być uprawiane nie tylko w zasiewach jednogatunkowych, ale również w mieszankach trawiastych i z roślinami motylkowatymi, zwłaszcza z koniczyną czerwoną [Borowiecki 2005]. Dane literaturowe potwierdzają również możliwość uprawy *festulolium* z lucerną [Borowiecki 1997, Kryszak 2001] i koniczyną białą [Kitczak i Czyż 2006]. Brakuje natomiast publikacji na temat uprawy tego mieszańca z komoniką zwyczajną. Zachodzące w ostatnich latach zmiany klimatyczne skłaniają do wykorzystania w produkcji pasz gatunków odpornych na suszę. Takim gatunkiem bez wątplenia jest komonica zwyczajna. Częstym komponentem mieszanki z tą rośliną jest kostrzewa łąkowa. Należy ona jednak do traw mało odpornych na suszę, dlatego w warunkach niedoboru wody w glebie gatunkiem konkurencyjnym w stosunku do kostrzewy łąkowej może być głęboko korzeniące się *festulolium*.

Przedstawione powyżej zagadnienia były inspiracją do przeprowadzenia badań, których celem było porównanie *festulolium* i kostrzewy łąkowej uprawianych w mieszankach z komoniką zwyczajną pod względem wymiany gazowej, poziomu chlorofilu w liściach oraz plonowania, na tle zróżnicowanego nawożenia azotem.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2004-2006 na polu Stacji Dydaktyczno-Doświadczalnej w Tomaszowie (województwo warmińsko-mazurskie, 53°42' N; 20°26' E). Ścisłe doświadczenie polowe założono metodą losowanych podbloków, w czterech powtórzeniach na glebie brunatnej właściwej, wytworzonej z gliny lekkiej, klasy bonitacyjnej III b, należącej do kompleksu 2 (pszennego dobrego). Zawartość próchnicy w glebie wynosiła 1,50%, natomiast właściwości chemiczne przedstawiały się następująco: pH w 1 mol KCl 7,1 dm³, N – ogółem – 0,085%, P – 54 mg, K – 108 mg i Mg – 50 mg·kg⁻¹. W badaniach porównywano dwa gatunki traw: *festulolium* odmiany Sulino i kostrzewę łąkową odmiany Skawa w zasiewie z komoniką zwyczajną odmiany Skrzyszowicka. Udział wagowy nasion w mieszance wynosił po 50%. Zastosowano następujące normy wysiewu nasion na 1 ha: *festulolium* – 18 kg, kostrzewa łąkowa – 24 kg, komonica zwyczajna w mieszance z *festulolium* – 11,5 kg, komonica zwyczajna w mieszance z kostrzewą łąkową – 10 kg. Trawy porównywano na tle zróżnicowanego nawożenia azotem: objekty bez nawożenia, objekty nawożone dawkami: 60 i 120 kg N·ha⁻¹. Nawożenie azotem (34% saletrą amonową) stosowano w trzech równych dawkach pod każdy odrost. Nawożenie fosforem i potasem na wszystkich obiektach było stałe. Fosfor stosowano jednorazowo wiosną w ilości 80 kg P₂O₅·ha⁻¹ (46% superfosfat), natomiast potas w ilości 120 kg K₂O·ha⁻¹ (60% sól potasowa) w dwóch równych dawkach: wiosną i po pierwszym pokosie. W okresie wegetacji mierzono intensywność fotosyntezy i transpiracji liści traw za pomocą przenośnego analizatora gazowego Li-Cor 6400. Wskaźniki oznaczono przy stałym stężeniu CO₂, wynoszącym 400 ppm, oświetleniu 1000 μmol·m⁻²·s⁻¹. Ponadto oznaczono indeks zieloności liści traw za pomocą chlorofilometru SPAD-502. Urządzenie to mierzy różnicę między absorpcją światła przy długości fali 650 i 940 nm, a iloraz tych wartości przedstawiony jest jako indeks zieloności liścia. Pomiary wykonywano na najmłodszych, w pełni rozwiniętych liściach roślin losowo

wybranych z każdego poletka. W każdym odroście wykonano po 4 pomiary w odstępach tygodniowych. W pracy przedstawiono średnie wartości dla poszczególnych odrośców. Na podstawie chwilowych wartości fotosyntezy i transpiracji wyliczono fotosyntetyczny współczynnik wykorzystania wody (WUE – Water Use Efficiency). Rośliny koszone trzy razy w ciągu sezonu wegetacyjnego. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 10 m². Zebraną biomasę zważono i w celu określenia plonu suchej masy 1-kilogramowe próby wysuszono w temperaturze 105°C do stałej wagi. Wyniki badań opracowano statystycznie, korzystając z programu STATISTICA 6.0.

Warunki pogodowe w latach badań były zróżnicowane (tab. 1). W 2004 roku średnie dobowe temperatury powietrza w okresie wegetacji były zbliżone do średnich z wielolecia, jedynie w sierpniu znacznie przewyższały te wartości. Lata 2005-2006 charakteryzowały się wysokimi średnimi temperaturami powietrza; szczególnie wysokie wartości odnotowano w lipcu, wrześniu i październiku. Rozkład opadów w okresie wegetacji roślin charakteryzował się dużą zmiennością. W latach 2004 i 2006 suma opadów w okresie wegetacji przewyższała średnią z wielolecia o około 18%. W 2004 r. duża ilość opadów wystąpiła w kwietniu, maju, czerwcu i sierpniu, natomiast znaczne niedobory odnotowano we wrześniu. W 2006 roku najwięcej opadów było w maju i sierpniu, zaś znaczne niedobory wystąpiły w kwietniu i lipcu. W roku 2005 opady były o 20% mniejsze od średniej z wielolecia; szczególnie suche były miesiące: kwiecień, maj, czerwiec i sierpień, natomiast w lipcu suma opadów przewyższała średnią z wielolecia o 25%, a we wrześniu aż o 33%.

Tabela 1. Średnia dobową temperatura powietrza i miesięczne sumy opadów atmosferycznych w latach 2004-2006 (dane ze stacji meteorologicznej w Tomaszku)
Table 1. Mean daily air temperature and monthly total rainfall over 2004-2006 (as reported by the Meteorological Station at Tomaszko)

Miesiąc – Month	Średnia dobową temperatura powietrza Mean daily air temperature, °C			Średnia z lat Mean for years 1961-1990	Suma opadów atmosferycznych Total of rainfalls, mm			Średnia z lat Mean for years 1961-1990
	2004	2005	2006		2004	2005	2006	
Styczeń – January	-6,4	1,4	-8,5	-3,0	29,8	43,0	19,8	28,3
Luty – February	-0,9	-5,0	-3,3	-2,8	51,9	27,1	27,6	19,5
Marzec – March	2,0	-3,6	-2,5	1,0	33,7	38,6	6,0	24,5
Kwiecień – April	7,3	7,4	7,3	6,5	46,5	10,9	25,6	32,8
Maj – May	11,0	11,5	12,5	12,6	79,3	33,7	89,2	49,4
Czerwiec – June	14,6	13,9	16,0	15,7	111,2	47,6	79,2	83,9
Lipiec – July	16,7	19,7	20,9	17,4	76,1	93,6	29,3	74,9
Sierpień – August	18,2	16,3	17,2	16,9	99,0	33,1	165,0	71,4
Wrzesień – September	12,4	16,8	14,8	12,5	22,6	78,4	51,0	58,8
Październik – October	8,4	9,8	9,9	7,8	52,3	19,6	38,3	46,6
Listopad – November	2,5	4,6	5,1	2,8	29,8	40,3	79,3	51,3
Grudzień – December	2,3	-0,3	4,3	-1,3	43,4	57,0	45,4	37,4
Średnia z okresu wegetacji Mean for vegetative period	13,4	14,3	14,8	13,6	434,7	297,3	439,3	371,2

WYNIKI I DISKUSJA

Intensywność fotosyntezy w liściach badanych gatunków traw była zróżnicowana w poszczególnych latach badań. Najwyższe jej wartości stwierdzono w trzecim roku badań, a najniższe w drugim (tab. 2, 3, 4). W pierwszym i trzecim roku eksperymentu kostrzewa łąkowa uprawiana w mieszance z komoniką zwyczajną charakteryzowała się większą intensywnością fotosyntezy niż festulolium, natomiast w drugim roku badań istotnie większe wartości fotosyntezy stwierdzono w liściach festulolium. Nawożenie azotem w istotny sposób zwiększało intensywność fotosyntezy w pierwszym roku badań, przy czym nie stwierdzono istotnych różnic między zastosowanymi dawkami azotu. W drugim roku eksperymentu trawy najlepiej asymilowały przy nawożeniu 60 kg N·ha⁻¹, zaś w trzecim roku istotnie największą intensywność fotosyntezy stwierdzono u traw nie nawożonych azotem mineralnym. Koresponduje to z udziałem komonicy zwyczajnej w runi badanych mieszanek (rys. 1) i świadczy o pozytywnym wpływie tego gatunku na fotosyntezę traw. Jak podają Warda i Krzywiec [1997], korzenie komonicy wchodzi w bliski kontakt z korzeniami traw i dzięki temu istnieje możliwość efektywniejszego przekazywania azotu związanego symbiotycznie. Intensywność asymilacji CO₂ w liściach analizowanych traw zmieniała się w czasie wegetacji roślin i zależała od warunków pogodowych. Pomiaru wykonane w warunkach niedoboru opadów wykazały znaczne ograniczenie procesu fotosyntezy, który jest szczególnie podatny na niesprzyjające warunki klimatyczne [Kalaji i Żebrowski 2004]. Najwyższe wartości fotosyntezy odnotowano w trzecim odroście runi w 2006 roku, kiedy po upalnym i suchym lipcu wystąpiły duże opady deszczu. W warunkach okresowego deficytu wody większą intensywnością fotosyntezy odznaczało się festulolium, natomiast w warunkach dobrego uwilgotnienia – kostrzewa łąkowa.

Tabela 2. Intensywność fotosyntezy traw w 2004 r., $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
Table 2. Intensity of photosynthesis of the grasses in 2004, $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

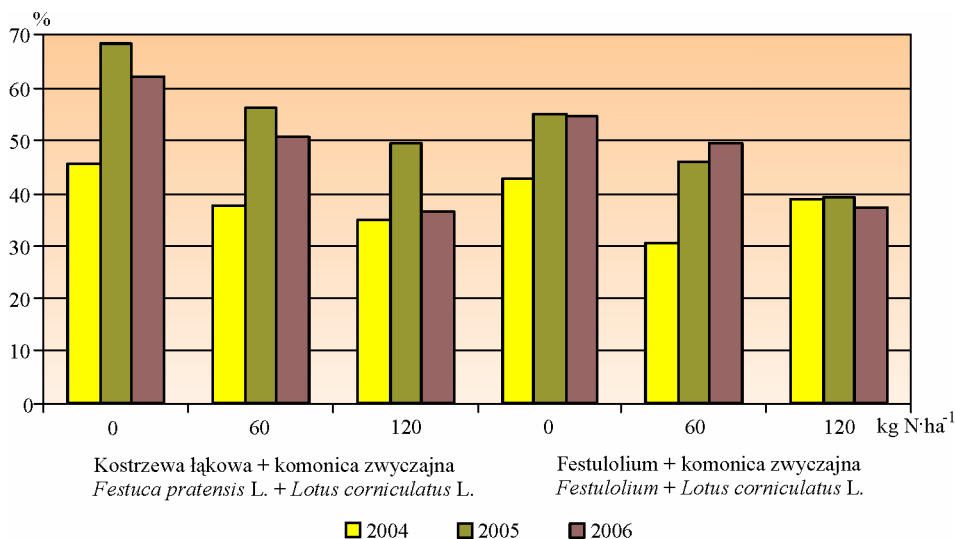
Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization kg N·ha ⁻¹	I odrost 1 st regrowth	II odrost 2 nd regrowth	III odrost 3 rd regrowth	Średnia Mean
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna <i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	0	18,83 c	11,63 c	12,13 c	14,19 c
	60	19,98 c	16,36 d	14,06 d	16,80 d
	120	18,92 c	16,46 d	15,67 e	17,01 d
Festulolium + komonica zwyczajna <i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	0	11,25 b	9,45 a	3,21 a	7,97 a
	60	9,68 a	10,48 b	6,14 b	8,76 b
	120	12,49 b	8,71 a	5,50 b	8,90 b
Średnia dla mieszanek – Mean for mixture					
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna <i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>		19,24 b	14,81 b	13,95 b	16,00 b
Festulolium + komonica zwyczajna <i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>		11,14 a	9,55 a	4,95 a	8,54 a
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
0 kg N·ha ⁻¹		15,04 ab	10,54 a	7,67 a	11,08 a
60 kg N·ha ⁻¹		14,83 a	13,42 c	10,10 b	12,78 b
120 kg N·ha ⁻¹		15,70 b	12,59 b	10,58 b	12,96 b

Tabela 3. Intensywność fotosyntezy traw w 2005 r., $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
 Table 3. Intensity of photosynthesis of the grasses in 2005, $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization kg N·ha ⁻¹	I odrost 1 st regrowth	II odrost 2 nd regrowth	III odrost 3 rd regrowth	Średnia Mean
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna	0	9,78 c	6,60 b	8,47 c	8,28 b
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	60	7,48 a	6,91 bc	8,56 c	7,65 a
	120	8,83 b	5,13 a	10,68 d	8,22 ab
Festulolium + komonica zwyczajna	0	9,63 c	8,07 c	5,64 b	7,78 ab
<i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	60	6,93 a	14,60 e	7,93 c	9,82 c
	120	8,46 b	12,86 d	2,11 a	7,81 ab
Średnia dla mieszanek – Mean for mixture					
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna		8,70 b	6,21 a	9,23 b	8,05 a
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>					
Festulolium + komonica zwyczajna		8,34 a	11,84 b	5,22 a	8,47 b
<i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>					
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
0 kg N·ha ⁻¹		9,70 c	7,33 a	7,05 b	8,02 a
60 kg N·ha ⁻¹		7,20 a	10,76 c	8,24 c	8,73 b
120 kg N·ha ⁻¹		8,65 b	9,00 b	6,39 a	8,01 a

Tabela 4. Intensywność fotosyntezy traw w 2006 r., $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
 Table 4. Intensity of photosynthesis of the grasses in 2006, $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization kg N·ha ⁻¹	I odrost 1 st regrowth	II odrost 2 nd regrowth	III odrost 3 rd regrowth	Średnia Mean
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna	0	19,30 c	2,12 a	30,03 c	17,15 b
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	60	19,20 c	3,95 ab	25,18 b	16,11 b
	120	15,73 b	4,55 bc	30,10 c	16,79 b
Festulolium + komonica zwyczajna	0	17,03 b	6,03 c	26,88 b	16,64 b
<i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	60	11,03 a	11,38 d	21,00 a	14,47 a
	120	9,15 a	13,50 e	19,60 a	14,08 a
Średnia dla mieszanek – Mean for mixture					
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna		18,08 b	3,54 a	28,43 b	16,68 b
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>					
Festulolium + komonica zwyczajna		12,40 a	10,30 b	22,49 a	15,06 a
<i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>					
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
0 kg N·ha ⁻¹		18,16 c	4,07 a	28,45 c	16,89 b
60 kg N·ha ⁻¹		15,11 b	7,66 b	23,09 a	15,29 a
120 kg N·ha ⁻¹		12,44 a	9,03 c	24,85 b	15,44 a



Rys. 1. Średni udział komonicy zwyczajnej w runi badanych mieszanek

Fig. 1. Mean share of *Lotus corniculatus* L. in the sward of tested mixtures

Średnie wartości transpiracji wykazały, że podczas trzyletniego okresu badań kostrzewa łąkowa charakteryzowała się istotnie większą intensywnością transpiracji niż festulolium (tab. 5, 6, 7).

Tabela 5. Intensywność transpiracji traw w 2004 r., m mol H₂O·m⁻²·s⁻¹Table 5. Intensity of transpiration of the grasses in 2004, m mol H₂O·m⁻²·s⁻¹

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization kg N·ha ⁻¹	I odrost 1 st regrowth	II odrost 2 nd regrowth	III odrost 3 rd regrowth	Średnia Mean
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna <i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	0	8,93 d	4,00 b	4,27 bc	5,73 d
	60	7,46 c	4,27 bc	3,44 a	5,05 c
	120	6,23 b	4,47 bc	4,90 c	5,20 cd
Festulolium + komonica zwyczajna <i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	0	3,04 a	4,94 bc	3,76 ab	3,91 b
	60	2,63 a	5,01 c	4,31 bc	3,98 b
	120	3,16 a	2,98 a	3,31 a	3,15 a
Średnia dla mieszanek – Mean for mixture					
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna <i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>		7,54 b	4,25 a	4,20 b	5,32 b
Festulolium + komonica zwyczajna <i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>		2,94 a	4,31 a	3,80 a	3,68 a
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
0 kg N·ha ⁻¹		5,99 b	4,47 b	4,02 a	4,82 b
60 kg N·ha ⁻¹		5,04 a	4,64 b	3,87 a	4,52 ab
120 kg N·ha ⁻¹		4,70 a	3,72 a	4,11 a	4,17 a

Najmniej wody transpirowały liście traw nawożonych dawką 120 kg N·ha⁻¹. W odniesieniu do obiektów kontrolnych ilość wyparowywanej wody zmniejszyła się średnio o około 14-36%. Wykazano to również w wcześniejszych badaniach własnych [Ol-

szewska 2005]. W kolejnych latach eksperymentu badane gatunki silniej reagowały na nawożenie wyższą dawką azotu i w większym stopniu ograniczały parowanie. Intensywność transpiracji wody zależała w dużej mierze od ilości opadów. Odrosty traw przypadające w okresie dużej ilości opadów odznaczały się większą transpiracją.

Tabela 6. Intensywność transpiracji traw w 2005 r., m mol H₂O·m⁻²·s⁻¹
Table 6. Intensity of transpiration of the grasses in 2005, m mol H₂O·m⁻²·s⁻¹

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization kg N·ha ⁻¹	I odrost 1 st regrowth	II odrost 2 nd regrowth	III odrost 3 rd regrowth	Średnia Mean
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna	0	3,12 f	3,75 b	3,67 d	3,51 d
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	60	2,22 e	4,74 c	3,09 c	3,35 cd
	120	1,80 d	2,20 a	4,35 e	2,78 b
Festulolium + komonica zwyczajna	0	1,66 c	5,42 c	2,41 b	3,16 c
<i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	60	1,34 a	6,50 d	2,81 c	3,55 d
	120	1,41 b	2,26 a	1,83 a	1,83 a
Średnia dla mieszanek – Mean for mixture					
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna		2,38 b	3,56 a	3,71 b	3,22 b
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>					
Festulolium + komonica zwyczajna		1,47 a	4,73 b	2,35 a	2,85 a
<i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>					
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
0 kg N·ha ⁻¹		2,39 c	4,59 b	3,04 a	3,34 b
60 kg N·ha ⁻¹		1,78 b	5,62 c	2,95 a	3,45 b
120 kg N·ha ⁻¹		1,60 a	2,23 a	3,09 a	2,31 a

Tabela 7. Intensywność transpiracji traw w 2006 r., m mol H₂O·m⁻²·s⁻¹
Table 7. Intensity of transpiration of the grasses in 2006, m mol H₂O·m⁻²·s⁻¹

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization kg N·ha ⁻¹	I odrost 1 st regrowth	II odrost 2 nd regrowth	III odrost 3 rd regrowth	Średnia Mean
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna	0	4,20 b	1,45 ab	8,03 c	4,56 c
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	60	4,08 b	1,85 abc	2,90 a	2,94 a
	120	2,20 a	1,30 ab	5,00 b	2,83 a
Festulolium + komonica zwyczajna	0	4,55 b	0,73 a	5,93 b	3,73 b
<i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	60	2,63 a	2,73 c	3,24 a	2,86 a
	120	2,00 a	2,38 bc	3,02 a	2,47 a
Średnia dla mieszanek – Mean for mixture					
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna		3,49 a	1,53 a	5,31 b	3,44 b
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>					
Festulolium + komonica zwyczajna		3,06 a	1,94 a	4,06 a	3,02 a
<i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>					
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
0 kg N·ha ⁻¹		4,38 c	1,09 a	6,98 c	4,15 b
60 kg N·ha ⁻¹		3,35 b	2,29 b	3,07 a	2,90a
120 kg N·ha ⁻¹		2,10 a	1,84 b	4,01 b	2,65 a

W pierwszym roku doświadczenia, najbardziej korzystnym dla rozwoju traw, kostrzewa łąkowa lepiej wykorzystywała wodę niż festulolium (tab. 8).

Tabela 8. Współczynnik wykorzystania wody (WUE) w 2004 r., $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
 Table 8. Water use efficiency (WUE) in 2004, $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization kg N·ha ⁻¹	I odrost 1 st regrowth	II odrost 2 nd regrowth	III odrost 3 rd regrowth	Średnia Mean
Kostrzewa łąkowa + komonica	0	2,12 a	2,92 bc	2,86 c	2,63 ab
zwyczajna	60	2,69 ab	3,94 d	4,13 d	3,58 d
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	120	3,05 bc	3,70 cd	3,21 c	3,32 cd
Festulolium + komonica zwyczajna	0	3,73 cd	1,92 a	0,86 a	2,17 a
<i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	60	3,71 cd	2,09 ab	1,43 ab	2,41 ab
	120	4,03 d	2,96 bc	1,68 b	2,89 bc
Średnia dla mieszanek – Mean for mixture					
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna		2,62 a	3,52 b	3,40 b	3,18 b
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>					
Festulolium + komonica zwyczajna		3,82 b	2,32 a	1,32 a	2,49 a
<i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>					
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
0 kg N·ha ⁻¹		2,92 a	2,42 a	1,86 a	2,40 a
60 kg N·ha ⁻¹		3,20 ab	3,01 b	2,78 b	3,00 b
120 kg N·ha ⁻¹		3,54 b	3,33 b	2,45 b	3,11 b

W kolejnych latach badań istotnie większym współczynnikiem WUE odznaczało się festulolium (tab. 9, 10). Testowane gatunki najlepiej gospodarowały wodą w trzecim roku badań; współczynnik WUE mieścił się w zależności od obiektu w zakresie 3,29-5,78 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Tabela 9. Współczynnik wykorzystania wody (WUE) w 2005 r., $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
 Table 9. Water use efficiency (WUE) in 2005, $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization kg N·ha ⁻¹	I odrost 1 st regrowth	II odrost 2 nd regrowth	III odrost 3 rd regrowth	Średnia Mean
Kostrzewa łąkowa + komonica	0	3,13 a	1,76 a	2,31 b	2,40 a
zwyczajna	60	3,37 a	1,47 a	2,77 cd	2,54 a
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	120	4,91 b	2,36 b	2,46 bc	3,24 b
Festulolium + komonica zwyczajna	0	5,81 c	1,48 a	2,35 b	3,21 b
<i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	60	5,19 b	2,25 b	2,82 d	3,42 b
	120	6,00 c	5,70 c	1,16 a	4,29 c
Średnia dla mieszanek – Mean for mixture					
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna		3,80 a	1,86 a	2,51 b	2,73 a
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>					
Festulolium + komonica zwyczajna		5,67 b	3,15 b	2,11 a	3,64 b
<i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>					
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
0 kg N·ha ⁻¹		4,47 a	1,62 a	2,33 b	2,81 a
60 kg N·ha ⁻¹		4,28 a	1,86 a	2,80 c	2,98 b
120 kg N·ha ⁻¹		5,46 b	4,03 b	1,81 a	3,76 c

Nawożenie azotem mineralnym istotnie zwiększało wykorzystanie wody przez trawy. Piotrowska i in. [2003], badając wpływ nawożenia azotem na współczynnik wykorzystania wody przez owies, nie stwierdzili istotnych różnic pod wpływem dawek azotu.

Natomiast z badań przeprowadzonych przez Wyszyńskiego i in. [2002] wynika, że tylko w warunkach optymalnego zaopatrzenia w wodę nawożenie azotem znacząco modyfikuje współczynnik wykorzystania wody przez rośliny.

Tabela 10. Współczynnik wykorzystania wody (WUE) w 2006 r., $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
Table 10. Water use efficiency (WUE) in 2006, $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization kg N·ha ⁻¹	I odrost 1 st regrowth	II odrost 2 nd regrowth	III odrost 3 rd regrowth	Średnia Mean
Kostrzewa łąkowa + komonica	0	4,67 a	1,47 a	3,74 a	3,29 a
zwyczajna	60	4,74 a	2,17 a	8,84 c	5,25 b
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	120	7,37 b	3,96 ab	6,03 ab	5,78 b
Średnia dla mieszanek – Mean for mixture					
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna		5,59 b	2,53 a	6,20 a	4,77 a
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>					
Festulolium + komonica zwyczajna	0	3,79 a	8,70 c	4,60 ab	5,70 b
<i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	60	4,43 a	4,48 ab	6,90 bc	5,27 b
	120	4,59 a	6,22 bc	6,48 bc	5,77 b
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
0 kg N·ha ⁻¹		4,23 a	5,09 a	4,17 a	4,50 a
60 kg N·ha ⁻¹		4,59 a	3,32 a	7,87 c	5,26 ab
120 kg N·ha ⁻¹		5,98 b	5,09 a	6,26 b	5,78 b

Pomiary indeksu zieloności liści wykazały, że w pierwszym i drugim roku badań kostrzewa łąkowa odznaczała się większą ilością barwników chlorofilowych w liściach niż festulolium, natomiast w ostatnim roku nie stwierdzono istotności różnic między gatunkami pod względem badanej cechy (tab. 11, 12, 13).

Tabela 11. Indeks zieloności liści traw (SPAD) w 2004 r.
Table 11. Leaf greenness index of the grasses (SPAD) in 2004

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization kg N·ha ⁻¹	I odrost 1 st regrowth	II odrost 2 nd regrowth	III odrost 3 rd regrowth	Średnia Mean
Kostrzewa łąkowa + komonica	0	32,16 c	32,88 c	33,49 b	32,84 b
zwyczajna	60	34,58 d	36,65 d	37,66 d	36,30 d
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	120	35,88 e	36,89 d	37,53 d	36,76 e
Średnia dla mieszanek – Mean for mixture					
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna		34,21 b	35,47 b	36,23 b	35,30 b
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>					
Festulolium + komonica zwyczajna	0	26,90 a	31,38 ab	31,96 a	30,08 a
<i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	60	27,76 b	30,69 a	31,85 a	30,10 a
	120	32,18 c	31,81 b	36,49 c	33,49 c
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
0 kg N·ha ⁻¹		29,53 a	32,13 a	32,73 a	31,46 a
60 kg N·ha ⁻¹		31,17 b	33,67 b	34,76 b	33,20 b
120 kg N·ha ⁻¹		34,03 c	34,35 c	37,01 c	35,13 c

Tabela 12. Indeks zieloności liści traw (SPAD) w 2005 r.
Table 12. Leaf greenness index of the grasses (SPAD) in 2005

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization kg N·ha ⁻¹	I odrost 1 st regrowth	II odrost 2 nd regrowth	III odrost 3 rd regrowth	Średnia Mean
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna	0	33,76 c	35,95 c	36,86 d	35,52 c
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	60	32,80 b	39,13 d	46,78 f	39,57 d
	120	37,89 d	39,60 d	44,50 e	40,66 e
Festulolium + komonica zwyczajna	0	29,37 a	28,88 a	31,44 b	29,89 a
<i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	60	29,74 a	30,58 b	29,64 a	29,34 a
	120	33,01 b	34,80 c	35,54 c	34,45 b
Średnia dla mieszanek – Mean for mixture					
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna <i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>		34,82 b	38,23 b	42,71 b	38,58 b
Festulolium + komonica zwyczajna <i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>		30,71 a	31,42 a	32,20 a	31,23 a
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
	0 kg N·ha ⁻¹	31,56 b	32,41 a	34,15 a	32,71 a
	60 kg N·ha ⁻¹	31,27 a	34,85 b	38,21 b	34,45 b
	120 kg N·ha ⁻¹	35,45 c	37,20 c	40,02 c	37,56 c

Tabela 13. Indeks zieloności liści traw (SPAD) w 2006 r.
Table 13. Leaf greenness index of the grasses (SPAD) in 2006

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization kg N·ha ⁻¹	I odrost 1 st regrowth	II odrost 2 nd regrowth	III odrost 3 rd regrowth	Średnia Mean
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna	0	36,63 c	38,13 c	35,95 c	36,90 c
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	60	32,95 ab	36,60 bc	32,93 b	34,16 b
	120	33,68 b	35,73 ab	33,85 b	34,42 b
Festulolium + komonica zwyczajna	0	33,65 b	35,38 ab	33,63 b	34,22 b
<i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	60	31,50 a	33,95 a	29,88 a	31,78 a
	120	36,15 c	46,03 d	33,13 b	38,43 d
Średnia dla mieszanek – Mean for mixture					
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna <i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>		34,42 a	36,82 a	34,24 b	35,16 a
Festulolium + komonica zwyczajna <i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>		33,77 a	38,45 b	32,21 a	34,81 a
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
	0 kg N·ha ⁻¹	35,14 b	36,75 b	34,79 c	35,56 b
	60 kg N·ha ⁻¹	32,23 a	35,28 a	31,40 a	32,97 a
	120 kg N·ha ⁻¹	34,91 b	40,88 c	33,49 b	36,43 c

Podczas całego okresu badań nawożenie azotem istotnie zwiększało wartości SPAD w liściach traw. Poziom chlorofilu zmieniał się w okresie wegetacji roślin, w latach 2004 i 2005 zawartość chlorofilu w blaszkach liściowych zwiększała się w kolejnych odrostach, natomiast w 2006 roku największe wartości stwierdzono w drugim odroście runi. Wartości indeksu zieloności liści warunkowane były przebiegiem pogody. Mała ilość opadów i wysoka temperatura powietrza sprzyjały gromadzeniu barwnika w li-

ściach. Podobny wpływ warunków pogodowych na zwiększenie poziomu chlorofilu wykazały również badania Michałka i Sawickiej [2005].

Najwyższe plony suchej masy uzyskano w 2004 roku. Najmniej korzystny pod tym względem okazał się 2005 rok, charakteryzujący się wysoką temperaturą powietrza w okresie wegetacji i małą ilością nierównomiernie rozłożonych opadów (tab. 14, 15, 16). Mieszanki z udziałem testowanych gatunków traw plonowały na podobnym poziomie i nie różniły się istotnie pod względem plonu suchej masy. Większa intensywność fotosyntezy w liściach festulolium w warunkach niedoboru wody nie miała bezpośredniego wpływu na plon suchej masy. Plonowanie jest wynikiem oddziaływania wielu bardzo różnorodnych czynników i zależy nie tylko od ilości wytworzonych asymilatów, ale również od ich dystrybucji i zużycia [Rawson i in. 1983, Carlson 1985, Starck 2002]. Z badań Łyszczarza [2001] wynika, że w okresie trzyletniego użytkowania plony festulolium odmiany Felopa i kostrzewy łąkowej odmiany Motycka były podobne. Natomiast w badaniach Borowieckiego [2005] łączne plony mieszanek z festulolium znacznie przewyższały plony mieszanek z kostrzewą łąkową. W badaniach własnych nawożenie azotem istotnie zwiększało plonowanie tylko w pierwszym roku eksperymentu, w drugim roku badań największy plon uzyskano z obiektów nie nawożonych tym składnikiem, zaś w trzecim – z obiektów nawożonych jego niższą dawką. W warunkach niedoboru opadów stwierdzono słabszy wpływ nawożenia azotem mineralnym na plonowanie. Potwierdzają to również badania Borowieckiego [2002]. Przepuszczalnie w warunkach niedostatku opadów azot związany przez komonicę zwyczajną silniej oddziałuje na plonowanie niż azot mineralny.

Tabela 14. Plon suchej masy w 2004 r., t·ha⁻¹
Table 14. Dry matter yield in 2004, t·ha⁻¹

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization kg N·ha ⁻¹	I odrost 1 st regrowth	II odrost 2 nd regrowth	III odrost 3 rd regrowth	Średnia Mean
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna <i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	0	4,50 a	4,08 a	3,65 cd	12,23 ab
	60	5,70 abc	5,18 ab	3,95 d	14,83 bc
	120	6,08 bc	5,73 b	4,10 d	15,90 c
Festulolium + komonica zwyczajna <i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	0	4,85 ab	4,68 ab	1,71 a	11,25 a
	60	6,91 c	5,05 ab	2,11 ab	14,07 abc
	120	8,88 d	4,95 ab	2,80 bc	16,62 c
Średnia dla mieszanek – Mean for mixture					
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna <i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>		5,43 a	4,99 a	3,90 b	14,32 a
		6,88 b	4,89 a	2,21 a	13,98 a
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
	0 kg N·ha ⁻¹	4,68 a	4,38 a	2,68 a	11,47 a
	60 kg N·ha ⁻¹	6,30 b	5,11 ab	3,03 ab	14,45 b
	120 kg N·ha ⁻¹	7,48 c	5,34 c	3,45 b	16,26 c

Tabela 15. Plon suchej masy w 2005 r., t·ha⁻¹
Table 15. Dry matter yield in 2005, t·ha⁻¹

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization kg N·ha ⁻¹	I odrost 1 st regrowth	II odrost 2 nd regrowth	III odrost 3 rd regrowth	Średnia Mean
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna	0	4,04 a	2,75 ab	1,22 ab	8,00 ab
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	60	4,60 ab	2,43 a	1,30 ab	8,32 ab
	120	4,40 ab	2,77 ab	1,83 c	8,99 bc
Festulolium + komonica zwyczajna	0	4,88 b	3,10 b	1,58 bc	9,55 c
<i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	60	4,38 ab	2,38 a	1,15 a	7,90 a
	120	4,30 ab	2,43 a	1,68 c	8,40 ab
Średnia dla mieszanek – Mean for mixture					
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna		4,35 a	2,65 a	1,45 a	8,44 a
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>					
Festulolium + komonica zwyczajna		4,52 a	2,63 a	1,47 a	8,62 a
<i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>					
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
0 kg N·ha ⁻¹		4,46 a	2,93 b	1,40 a	8,78 b
60 kg N·ha ⁻¹		4,49 a	2,40 a	1,23 a	8,11 a
120 kg N·ha ⁻¹		4,35 a	2,60 a	1,75 b	8,70 ab

Tabela 16. Plon suchej masy w 2006 r., t·ha⁻¹
Table 16. Dry matter yield in 2006, t·ha⁻¹

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization kg N·ha ⁻¹	I odrost 1 st regrowth	II odrost 2 nd regrowth	III odrost 3 rd regrowth	Średnia Mean
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna	0	4,12 ab	4,26 a	3,90 d	12,28 b
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	60	4,69 bc	4,60 ab	2,46 ab	11,75 ab
	120	5,51 cd	3,84 a	2,87 abc	12,22 b
Festulolium + komonica zwyczajna	0	3,74 a	4,09 a	3,07 bc	10,90 a
<i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	60	5,92 d	5,41 b	3,31 cd	14,64 c
	120	4,84 bc	3,55 a	2,41 a	10,80 a
Średnia dla mieszanek – Mean for mixture					
Kostrzewa łąkowa + komonica zwyczajna		4,77 a	4,23 a	3,08 a	12,08 a
<i>Festuca pratensis</i> + <i>Lotus corniculatus</i>					
Festulolium + komonica zwyczajna		4,84 a	4,35 a	2,93 a	12,11 a
<i>Festulolium</i> + <i>Lotus corniculatus</i>					
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
0 kg N·ha ⁻¹		3,93 a	4,18 a	3,48 b	11,59 a
60 kg N·ha ⁻¹		5,31 b	5,00 b	2,88 a	13,19 b
120 kg N·ha ⁻¹		5,18 b	3,70 a	2,64 a	11,51 a

WNIOSKI

1. Badane trawy istotnie różniły się intensywnością fotosyntezy. W warunkach okresowego deficytu wody większą intensywnością fotosyntezy odznaczało się festulolium, natomiast w warunkach dobrego uwilgotnienia – kostrzewa łąkowa.

2. Podczas trzyletniego okresu badań kostrzewa łąkowa charakteryzowała się istotnie większą intensywnością transpiracji i większym indeksem zieloności liści niż festulolium.

3. W warunkach korzystnych dla rozwoju traw kostrzewa łąkowa lepiej wykorzystywała wodę niż festulolium, natomiast w warunkach niedoboru wody większym współczynnikiem WUE odznaczało się festulolium.

4. Plony suchej masy mieszanki festulolium z komonimą zwyczajną nie różniły się od plonów mieszanki kostrzewy łąkowej z komonimą zwyczajną.

5. Nawożenie azotem mineralnym zwiększało intensywność fotosyntezy i plonowanie mieszanek tylko w korzystnych warunkach pogodowych, natomiast w warunkach braku opadów duży wpływ miał udział komonicy zwyczajnej w runi. Zastosowany azot wpływał dodatnio na ograniczenie transpiracji i lepsze wykorzystanie wody przez trawy, zwiększał również poziom chlorofilu w liściach.

PIŚMIENNICTWO

- Borowiecki J., 1997. Przydatność festulolium do uprawy w mieszankach z lucerną. Pam. Puł. 109, 35- 44.
- Borowiecki J., 2002. Wpływ nawożenia azotem na plon i wartość pokarmową *Festulolium braunii* odm. Felopa. Pam. Puł. 131, 39- 48.
- Borowiecki J., 2005. Przegląd prac nad *Festulolium braunii* (K. Richt.) A. Camus. Pam Puł. 140, 15- 23.
- Carlson P.S., 1985. Fotosynteza, produktywność i plon roślin uprawnych [W:] Biologia plonowania, PWRiL Warszawa, 14-57.
- Domański P., Jokś W., 1999. Odmiany *festulolium* – efekty postępu biologicznego. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Rolnictwo 44, 87- 94.
- Janicka M., Stypiński P., 2001. Ocena cech morfologiczno-biologicznych trzech odmian *Festulolium* w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 479, 133-141.
- Jokś W., Nowak T., Jokś E., Zwierzykowski Z., 1998. Charakterystyka botaniczna i rolnicza polskich odmian *Festulolium braunii*. Mat. Konf. *Festulolium* – osiągnięcia i perspektywy, Poznań, 6-11.
- Kalaji H. M., Żebrowski M., 2004. Intensywność fotosyntezy jedno- i dwuliściennych roślin C₃ i C₄ w różnych warunkach środowiska. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 496, 133-142.
- Kitczak T., Czyż H., 2006. Plonowanie mieszanek *Festulolium braunii* (K. Richt.) A. Camus z *Trifolium repens* L. w zależności od udziału komponentów i poziomu nawożenia azotem. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sect. E, Agricultura 61, 333-339.
- Kryszak J., 2001. Plonowanie i jakość mieszanki *Festulolium braunii* (K. Richter) A. Camus z koniczyną łąkową i lucerną siewną na gruntach ornych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 479, 173- 178.
- Łyszczarz R., 2001. Ilościowe i jakościowe parametry oceny wybranych odmian kostrzewy łąkowej, życicy trwałej i festulolium. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 474, 225- 233.
- Michałek W., Sawicka B., 2005. Zawartość chlorofilu i aktywność fotosyntetyczna średnio późnych odmian ziemniaka w warunkach pola uprawnego w środkowo-wschodniej Polsce. Acta Agrophys. 6(1), 183-195.
- Olszewska M., 2005. Wpływ nawożenia azotem na parametry wymiany gazowej, indeks zieloności liści (SPAD) oraz plonowanie wybranych odmian tymotki łąkowej i kostrzewy łąkowej uprawianych na glebie mineralnej. J. Elementol. 10(3), 561-569.

- Piotrowska W., Pietkiewicz S., Wyszyński Z., Łoboda T., Gazdowski D., Kotlarska-Jaros E., Stankowski S., 2003. Wymiana gazowa owsa w zależności od poziomu nawożenia azotem. Biul. IHAR 229, 131- 137.
- Rawson H.M., Hindmarsh J.H., Fischer R.A., Stockman Y.M., 1983. Changes in leaf photosynthesis with plant ontogeny and relationships with yield per ear in wheat cultivars and 120 progeny. Aust. J. Plant. Physiol. 10, 503-514.
- Richter K., Milimonka A., 1991. Results of reseeding on lowland bog soils. EGF Symposium Grassland renovation and weed control in Europe, Graz (Austria), 99-101.
- Starck Z., 2002. Mechanizmy integracji procesów fotosyntezy i dystrybucji biomasy w niekorzystnych warunkach środowiska. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 481, 113-123.
- Warda M., Krzywiec D., 1997. Wpływ roślin motylkowatych na początkowy wzrost, rozwój i wartość pokarmową życicy trwałej (*Lolium perenne* L.). Biul. Oceny Odmian 29, 195- 199.
- Wolski K., Bartmański A., Gawęcki J., 2006. Wpływ różnych metod renowacji łąk z wykorzystaniem *Festulolium* na skład botaniczny i plon runi. Łąkarstwo w Polsce 9, 245- 251.
- Wyszyński Z., Gazdowski D., Łoboda T., Pietkiewicz S., Wołajko E., 2002. Reakcja jęczmienia jarego browarnego w latach o zróżnicowanych opadach przy różnym nawożeniu azotem. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 481, 349-355.

PRODUCTIVITY OF *Festulolium braunii* (K. Richt.) A. CAMUS AND *Festuca pratensis* L. GROWN IN MIXTURES WITH *Lotus corniculatus* L. DEPENDING ON MULTIPLE NITROGEN RATES

Abstract. A field experiment was conducted over 2004-2006. The experiment was established at the Experimental Station in Tomaszkowo, the Warmia and Mazury Province (53°42' N; 20°26' E). The aim of this study was to compare *Festulolium* and *Festuca pratensis* L. grown in mixtures with *Lotus corniculatus* L. with respect to gas exchange parameters, chlorophyll content of leaves and yield, depending on multiple nitrogen rates. It was found that under conditions of temporary water stress the rate of photosynthesis was higher for *Festulolium*, while under adequate moisture conditions – for *Festuca pratensis* L. Over the three-year experimental period *Festuca pratensis* L. was characterized by a significantly higher rate of transpiration and substantially higher leaf greenness values than *Festulolium*. Under optimum growth conditions water use efficiency was higher in *Festuca pratensis* L., whereas under water deficit conditions – in *Festulolium*. Mixtures composed of the tested grass species did not differ significantly with respect to dry matter yield. Mineral nitrogen fertilization increased the rate of photosynthesis and the yield of the investigated grass mixtures only under favorable weather conditions; under rainfall deficiency conditions the above parameters were considerably affected by the presence of *Lotus corniculatus* L. in the sward. Nitrogen fertilizers enabled to limit transpiration as well as to increase water use efficiency in grasses and the chlorophyll content of leaves.

Key words: *Festulolium*, photosynthesis, leaf greenness index, *Festuca pratensis* L., *Lotus corniculatus*, transpiration, WUE

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 23.06.2008