

PRODUKCYJNOŚĆ *Festulolium braunii* (K. RICHT.) A. CAMUS I *Lolium perenne* L. W MIESZANKACH Z *Trifolium repens* 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. Doświadczenie polowe założono w 2003 roku w Stacji Dydaktyczno-Doświadczalnej w Tomaszku w woj. warmińsko-mazurskim. Celem badań było porównanie pod względem wymiany gazowej, poziomu chlorofilu w liściach oraz plonowania życicy trwałej i festulolium uprawianych w mieszankach z koniczyną białą, na tle zróżnicowanego nawożenia azotem. Stwierdzono, że życica trwała odznaczała się większą intensywnością fotosyntezy i transpiracji oraz większymi wartościami indeksu zieloności liści niż festulolium. Gorzej jednak wykorzystywała wodę. Współczynnik wykorzystania wody był u niej znacznie mniejszy niż u festulolium. Badane gatunki najlepiej asymilowały CO₂ przy nawożeniu azotem w dawce 60 kg N·ha⁻¹. Udział koniczyny białej w runi korzystnie wpływał na intensywność fotosyntezy traw. Na obiektach nie nawożonych azotem fotosynteza była większa niż na obiektach nawożonych azotem mineralnym w dawce 120 kg N·ha⁻¹. Zastosowany azot ograniczał transpirację wody i wpływał na jej lepsze wykorzystanie przez testowane gatunki. Mieszanka życicy trwałej z koniczyną białą plonowała istotnie wyżej niż mieszanka festulolium z koniczyną białą. Nawożenie azotem mineralnym zwiększało plonowanie tylko w latach z dużą ilością opadów, natomiast w roku ze znacznym ich niedoborem istotnie wyższe plony uzyskano na obiektach nie nawożonych azotem. Wysokie temperatury i niedobór opadów hamowały intensywność fotosyntezy i transpiracji traw oraz ograniczały plonowanie mieszanek, sprzyjały natomiast gromadzeniu chlorofilu w liściach.

Słowa kluczowe: festulolium, fotosynteza, transpiracja, indeks zieloności liści, WUE, plonowanie, życica trwała

WSTĘP

Festulolium i życica trwała zaliczane są do traw o najwyższej wydajności, z tego względu stosowane są w produkcji pasz, zwłaszcza na przemiennych użytkach zielo-

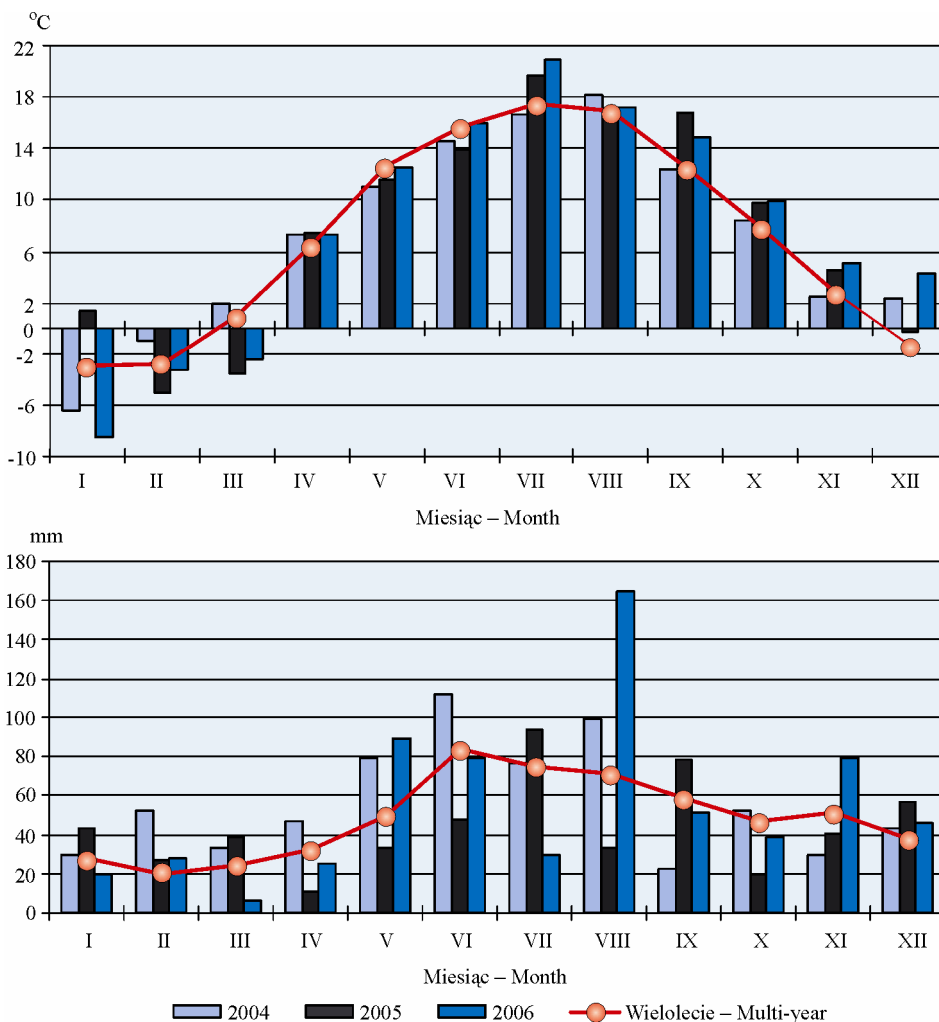
nych. Obecna gospodarka na użytkach zielonych świadomie zmienia swój charakter z bardzo intensywnej na zrównoważoną. Zaleca się obniżenie dawek azotu i gospodarowanie zgodnie z zasadami dobrej praktyki rolniczej [Grzegorzczak 2001, Marks i in. 2001, Kryszak 2003, Stypiński i Grzegorzczak 2005]. W tym kontekście szczególne znaczenie ma uprawa traw w mieszankach z motylkowatymi. Mieszanka życicy trwałej z koniczyną białą była przedmiotem wielu badań, natomiast znacznie mniej jest opracowań dotyczących uprawy festulolium z motylkowatymi, a szczególnie z koniczyną białą [Kitczak i Czyż 2006]. Dlatego celem podjętych badań było porównanie życicy trwałej i festulolium uprawianych w mieszankach z koniczyną białą pod względem wymiany gazowej, poziomu chlorofilu w liściach oraz plonowania, na tle zróżnicowanego nawożenia azotem.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2004-2006. Ścisłe doświadczenie polowe założono metodą losowanych podbloków, w czterech powtórzeniach, na polu Stacji Dydaktyczno-Doświadczalnej w Tomaszowie w województwie warmińsko-mazurskim. Doświadczenie zlokalizowano 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, K – 108, Mg – 50 mg·kg⁻¹. W badaniach porównywano dwa gatunki traw: życicę trwałą odmiany Solen i festulolium odmiany Sulino w zasiewie (po 50%) z koniczyną białą odmiany Rawo. Trawy oceniano na tle zróżnicowanego nawożenia azotem: obiekty bez nawożenia, obiekty nawożone w dawce 60 kg N i 120 kg N·ha⁻¹. Nawożenie azotem (saletra amonowa 34%) 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 (superfosfat 46%), natomiast potas w ilości 120 kg K₂O·ha⁻¹ (sól potasowa 60%), 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 za pomocą chlorofilometru SPAD-502. 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 odrostów. 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 wysuszono 1-kilogramowe próby w temperaturze 105°C do stałej wagi. Wyniki badań opracowano statystycznie, korzystając z programu STATISTICA 6.0.

Warunki pogodowe w latach badań były zróżnicowane (rys. 1). W roku 2004 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 o około 18% średnią z wielolecia. W 2004 r. duża ilość opadów wystąpiła w kwietniu, maju, czerwcu i sierpniu, natomiast znaczne niedobory odnotowano we wrześniu. W 2006 r. 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%. Podsumowując, najmniej korzystny dla badanych gatunków był rok 2005, charakteryzujący się wysokimi temperaturami powietrza w okresie wegetacji i małą ilością nierównomiernie rozłożonych opadów.



Rys. 1. Średnia dobowa temperatura powietrza i miesięczne sumy opadów atmosferycznych w latach 2004-2006 (dane ze stacji meteorologicznej w Tomaszkwowie)

Fig. 1. Mean daily air temperature and monthly total rainfall over 2004-2006 (as reported by the Meteorological Station at Tomaszkwowo)

WYNIKI I DYSKUSJA

Intensywność fotosyntezy w liściach badanych gatunków traw była zróżnicowana w poszczególnych latach badań i zależała od poziomu nawożenia azotem. W pierwszym roku badań życica trwała uprawiana w mieszance z koniczyną białą charakteryzowała się większą intensywnością fotosyntezy niż festulolium (tab. 1). Średnia wartość fotosyntezy wynosiła u niej $16,61 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, natomiast u festulolium $9,73 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. W drugim roku badań intensywność fotosyntezy wynosiła $8,76 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ dla życicy trwałej i $10,11 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ dla festulolium, w trzecim roku nieco większe wartości fotosyntezy stwierdzono u życicy trwałej, ale różnice były statystycznie nieistotne (tab. 2 i 3). Intensywność asymilacji CO_2 w liściach analizowanych traw zmieniła się w czasie wegetacji roślin. W pierwszym i drugim roku badań największe wartości fotosyntezy stwierdzono w odroście drugim, zaś w trzecim roku w odroście trzecim. Duży wpływ na jej przebieg miały warunki pogodowe. Pomiaru wykonane w warunkach niedoboru opadów wykazały znaczne ograniczenie procesu fotosyntezy. Spośród porównywanych traw bardziej wrażliwa na niedobór opadów okazała się życica trwała. Spadek intensywności fotosyntezy był u niej znacznie większy niż u festulolium.

Tabela 1. Intensywność fotosyntezy traw w 2004 r., $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
Table 1. 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 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$	I odrost 1 st regrowth	II odrost 2 nd regrowth	III odrost 3 rd regrowth	Średnia Mean
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover	0	17,37 d	18,12 c	14,04 c	16,51 c
	60	15,34 c	21,05 d	15,45 c	17,28 d
	120	15,20 c	18,56 c	14,35 c	16,04 c
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover	0	11,35 a	9,76 a	5,85 a	8,99 a
	60	12,99 b	11,23 b	8,90 b	11,04 b
	120	11,38 a	11,06 ab	5,04 a	9,16 a
Średnia dla mieszanki – Mean for mixture					
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover		15,97 b	19,24 b	14,61 b	16,61 b
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover		11,90 a	10,68 a	6,60 a	9,73 a
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
	0 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$	14,36 b	13,94 a	9,94 a	12,75 a
	60 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$	14,16 b	16,14 c	12,18 b	14,16 b
	120 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$	13,29 a	14,81 b	9,69 a	12,60 a

Z badań wynika, że zastosowane nawożenie azotem w istotny sposób wpływało na przebieg procesu fotosyntezy. W pierwszym i drugim roku eksperymentu zarówno życica trwała, jak i festulolium najlepiej asymilowały przy nawożeniu azotem w dawce $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Zwiększenie dawki do $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ spowodowało spadek fotosyntezy. Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic w intensywności fotosyntezy między trawami pochodzącymi z obiektów kontrolnych i nawożonych azotem w ilości $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. W trzecim roku badań rośliny nie nawożone azotem mineralnym fotosyntetyzowały intensywniej niż nawożone dawką $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Wskazuje to na duży wpływ udziału koniczyny białej w runi na intensywność fotosyntezy uprawianych z nią traw. Udział koniczyny białej w runi nie nawożonej azotem wynosił około 51% w mieszance z życi-

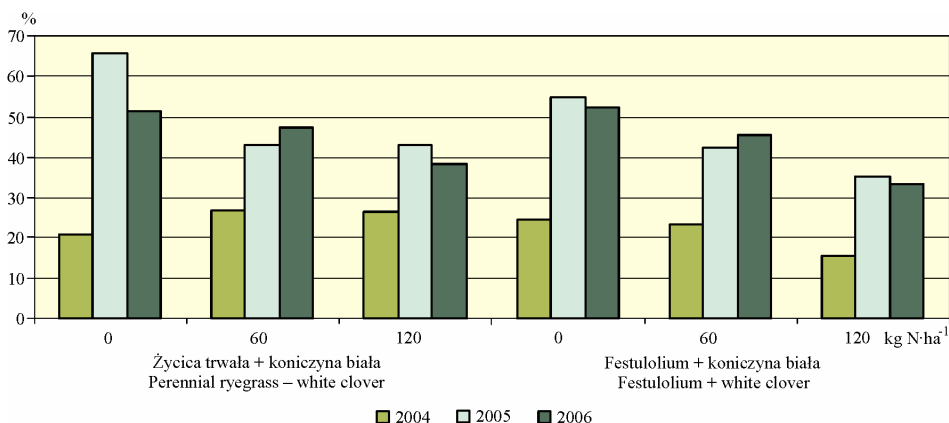
ca trwałą i około 52% w mieszance z festulolium, zaś w runi nawożonej odpowiednio około 38 i 33% (rys. 2).

Tabela 2. Intensywność fotosyntezy traw w 2005 r., $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ Table 2. 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·ha ⁻¹	I odrost 1 st regrowth	II odrost 2 nd regrowth	III odrost 3 rd regrowth	Średnia Mean
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover	0	10,42 d	8,30 a	7,76 b	8,83 ab
	60	7,55 a	12,38 b	7,56 b	9,16 ab
	120	9,89 c	7,39 a	7,57 b	8,28 a
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover	0	7,89 ab	12,75 bc	8,23 bc	9,62 b
	60	9,86 c	15,30 c	9,51 c	11,56 c
	120	8,40 b	13,00 bc	6,05 a	9,15 ab
Średnia dla mieszanki – Mean for mixture					
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover		9,29 b	9,36 a	7,63 a	8,76 a
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover		8,71 a	13,68 b	7,93 a	10,11 b
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
0 kg N·ha ⁻¹		9,16 b	10,53 a	8,00 a	9,23 a
60 kg N·ha ⁻¹		8,70 a	13,84 b	8,53 b	10,36 b
120 kg N·ha ⁻¹		9,15 b	10,20 a	6,81 a	8,72 a

Tabela 3. Intensywność fotosyntezy traw w 2006 r., $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ Table 3. 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
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover	0	22,98 c	2,28 a	28,53 b	17,93 c
	60	15,93 b	13,35 c	19,18 a	16,15 ab
	120	11,20 a	10,18 b	30,33 b	17,23 bc
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover	0	15,65 b	7,93 b	27,45 b	17,01 abc
	60	12,35 a	9,45 b	29,65 b	17,15 abc
	120	9,83 a	14,88 c	21,65 a	15,45 a
Średnia dla mieszanki – Mean for mixture					
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover		16,70 b	8,60 a	26,01 a	17,10 a
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover		12,61 a	10,75 b	26,25 a	16,54 a
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
0 kg N·ha ⁻¹		19,31 c	5,10 a	27,99 b	17,47 b
60 kg N·ha ⁻¹		14,14 b	11,40 b	24,41 a	16,65 ab
120 kg N·ha ⁻¹		10,51 a	12,53 b	25,99 a	16,34 a



Rys. 2. Średni udział koniczyny białej w runi mieszanek
Fig. 2. Mean share of white clover in the sward mixtures

Średnie wartości transpiracji wykazały, że podczas trzyletniego okresu badań życica trwała charakteryzowała się istotnie większą intensywnością transpiracji niż festulolium. W roku 2004, najbardziej korzystnym dla rozwoju traw pod względem warunków pogodowych, intensywność transpiracji malała wraz z kolejnymi odrostami roślin, w następnych dwóch latach badań transpiracja zależała w dużej mierze od ilości opadów (tab. 4, 5, 6).

Tabela 4. Intensywność transpiracji traw w 2004 r., $\text{m mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
Table 4. Intensity of transpiration of the grasses in 2004, $\text{m mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$	I odrost 1 st regrowth	II odrost 2 nd regrowth	III odrost 3 rd regrowth	Średnia Mean
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover	0	6,48 d	4,81 b	3,91 a	5,07 c
	60	4,49 c	5,49 bc	5,15 b	5,04 c
	120	4,41 c	4,96 b	4,13 ab	4,50 b
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover	0	3,06 ab	3,99 a	3,45 a	3,50 a
	60	3,78 bc	5,91 c	4,29 ab	4,66 bc
	120	2,80 a	3,88 a	3,79 a	3,49 a
Średnia dla mieszanki – Mean for mixture					
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover		5,13 b	5,09 b	4,40 b	4,87 b
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover		3,21 a	4,59 a	3,84 a	3,88 a
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
	0 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$	4,77 c	4,40 a	3,68 a	4,28 b
	60 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$	4,13 b	5,70 b	4,72 b	4,85 c
	120 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$	3,61 a	4,42 a	3,96 a	3,99 a

Odrosty traw przypadające w okresie dużej ilości opadów odznaczały się większą transpiracją. Nawożenie azotem miało istotny wpływ na ilość wyparowywanej wody przez liście badanych gatunków traw. W pierwszym i drugim roku badań najwięcej wody z jednostki powierzchni liści wyparowywały trawy nawożone niższą dawką azo-

tu, zaś w trzecim roku trawy nie nawożone azotem. Zwiększenie nawożenia do 120 kg N·ha⁻¹ istotnie ograniczało parowanie u obu testowanych traw. Azot jest czynnikiem regulującym transpirację, stąd przy jego niedostatku rośliny zwiększają transpirację, podczas gdy nawożone optymalnie posiadają zdolność jej zmniejszania do względnego minimum [Stuczyński i in. 1971]. Ograniczenie parowania wody z jednostki powierzchni liści pod wpływem wyższych dawek azotu wykazano również we wcześniejszych badaniach własnych [Olszewska 2005], natomiast Piotrowska i in. [2003] nie stwierdzili istotnego wpływu nawożenia azotem na intensywność transpiracji owsa.

Tabela 5. Intensywność transpiracji traw w 2005 r., m mol H₂O·m⁻²·s⁻¹Table 5. 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
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover	0	2,92 e	4,00 a	2,18 a	3,03 ab
	60	1,76 bc	9,14 d	2,84 cd	4,58 c
	120	1,82 c	6,09 b	1,94 a	3,27 b
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover	0	1,68 b	5,00 ab	2,54 b	3,07 ab
	60	2,65 d	7,21 c	3,00 d	4,28 c
	120	1,43 a	4,33 a	2,56 bc	2,77 a
Średnia dla mieszanki – Mean for mixture					
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover		2,16 b	6,41 b	2,32 a	3,63 b
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover		1,92 a	5,51 a	2,70 b	3,38 a
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
	0 kg N·ha ⁻¹	2,30 c	4,50 a	2,36 a	3,05 a
	60 kg N·ha ⁻¹	2,20 b	8,17 c	2,92 b	4,43 b
	120 kg N·ha ⁻¹	1,62 a	5,21 b	2,25 a	3,03 a

Tabela 6. Intensywność transpiracji traw w 2006 r., m mol H₂O·m⁻²·s⁻¹Table 6. 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
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover	0	5,18 b	2,65 a	8,19 d	5,34 c
	60	2,58 a	3,17 a	7,53 cd	4,42 bc
	120	1,85 a	2,40 a	5,05 ab	3,10 a
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover	0	2,58 a	2,08 a	6,16 bc	3,60 ab
	60	2,25 a	1,98 a	5,40 ab	3,21 a
	120	1,83 a	3,38 a	4,35 a	3,18 a
Średnia dla mieszanki – Mean for mixture					
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover		3,20 b	2,74 a	6,92 b	4,29 b
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover		2,22 a	2,48 a	5,30 a	3,33 a
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
	0 kg N·ha ⁻¹	3,88 b	2,36 a	7,17 a	4,47 c
	60 kg N·ha ⁻¹	2,41 a	2,57 a	6,46 b	3,82 b
	120 kg N·ha ⁻¹	1,84 a	2,89 a	4,70 a	3,14 a

Tylko w pierwszym roku eksperymentu życica trwała lepiej wykorzystywała wodę niż festulolium (tab. 7). W kolejnych latach badań większym współczynnikiem wykorzystania wody charakteryzowało się festulolium (tab. 8 i 9). Trawy najlepiej gospodarowały wodą w trzecim roku badań, współczynnik WUE mieścił się w zależności od obiektu w zakresie 2,98-5,74 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1} \cdot \text{m mol H}_2\text{O m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Analizując uzyskane wyniki, można stwierdzić, że nawożenie azotem nie wpływało istotnie na wykorzystanie wody przez trawy w pierwszym roku badań, w następnych latach było ono największe przy nawożeniu azotem w dawce 120 kg N·ha⁻¹. Był to wynik ograniczonej transpiracji.

Tabela 7. Współczynnik wykorzystania wody (WUE) w 2004 r., $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1} \cdot \text{m mol H}_2\text{O m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
Table 7. Water use efficiency (WUE) in 2004, $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1} \cdot \text{m mol H}_2\text{O m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

Mieszanaka 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
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover	0	2,68 a	3,80 c	3,60 b	3,36 b
	60	3,45 ab	3,85 c	3,12 b	3,47 b
	120	3,47 ab	3,75 c	3,49 b	3,57 b
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover	0	3,76 b	2,45 ab	1,73 a	2,65 a
	60	3,46 ab	1,90 a	2,08 a	2,48 a
	120	4,10 b	2,86 b	1,33 a	2,76 a
Średnia dla mieszaneki – Mean for mixture					
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover		3,20 a	3,80 a	3,40 b	3,47 b
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover		3,77 b	2,40 a	1,71 a	2,63 a
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
	0 kg N·ha ⁻¹	3,22 a	3,12 ab	2,66 a	3,00 a
	60 kg N·ha ⁻¹	3,45 ab	2,88 a	2,60 a	2,98 a
	120 kg N·ha ⁻¹	3,78 b	3,31 b	2,41 a	3,17 a

Tabela 8. Współczynnik wykorzystania wody (WUE) w 2005 r., $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1} \cdot \text{m mol H}_2\text{O m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
Table 8. Water use efficiency (WUE) in 2005, $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1} \cdot \text{m mol H}_2\text{O m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

Mieszanaka 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
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover	0	3,57 a	2,08 b	3,57 cd	3,07 a
	60	4,30 b	1,36 a	2,66 ab	2,77 a
	120	5,46 d	1,22 a	3,92 d	3,53 b
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover	0	4,70 c	2,56 bc	3,24 bc	3,50 b
	60	3,72 a	2,13 b	3,19 bc	3,01 a
	120	5,88 e	3,07 c	2,36 a	3,77 b
Średnia dla mieszaneki – Mean for mixture					
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover		4,44 a	1,55 a	3,39 b	3,13 a
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover		4,77 b	2,59 b	2,93 a	3,43 b
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
	0 kg N·ha ⁻¹	4,14 a	2,32 b	3,41 b	3,29 b
	60 kg N·ha ⁻¹	4,01 a	1,75 a	2,92 a	2,89 a
	120 kg N·ha ⁻¹	5,67 b	2,15 b	3,14 ab	3,65 c

Tabela 9. 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 9. Water use efficiency (WUE) in 2006, $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1} \cdot \text{m mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

Mieszanaka 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
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover	0	4,57 a	0,89 a	3,49 ab	2,98 a
	60	6,84 a	4,86 b	2,57 a	4,75 ab
	120	6,05 a	4,94 b	6,22 c	5,74 b
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover	0	6,38 a	3,84 ab	4,48 bc	4,90 b
	60	5,55 a	4,87 b	5,59 c	5,34 b
	120	5,42 a	4,61 b	5,07 bc	5,03 b
Średnia dla mieszaneki – Mean for mixture					
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover		5,82 a	3,56 a	4,09 a	4,49 a
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover		5,78 a	4,44 a	5,05 b	5,09 a
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
	0 kg N·ha ⁻¹	5,48 a	2,36 a	3,98 a	3,94 a
	60 kg N·ha ⁻¹	6,20 b	4,86 b	4,08 a	5,05 b
	120 kg N·ha ⁻¹	5,73 b	4,78 b	5,64 b	5,38 b

Pomiary indeksu zieloności liści wykazały, że w pierwszym i drugim roku badań życica trwała 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. 10, 11, 12). Poziom chlorofilu w liściach traw zmieniał się w okresie wegetacji, jednak zmiany te nie miały jednoznacznego charakteru. Niewątpliwie warunkowane były one przebiegiem pogody. Mała ilość opadów i wysokie temperatury powietrza sprzyjały gromadzeniu barwnika w liściach. Koresponduje to z wynikami uzyskanymi przez Michałką i Sawicką [2005].

Tabela 10. Indeks zieloności liści traw (SPAD) w 2004 r.
 Table 10. Leaf greenness index of the grasses (SPAD) in 2004

Mieszanaka 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
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover	0	33,65 b	33,51 d	37,60 d	34,92 d
	60	30,64 a	28,98 a	36,43 c	32,01 b
	120	35,30 c	30,38 b	38,45 d	34,71 d
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover	0	33,04 b	28,53 a	29,30 a	30,29 a
	60	35,08 c	29,96 b	31,09 b	32,04 b
	120	36,28 d	31,30 c	32,09 b	33,22 c
Średnia dla mieszaneki – Mean for mixture					
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover		33,20 a	30,95 b	37,49 b	33,28 b
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover		34,80 b	29,93 a	30,83 a	31,85 a
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
	0 kg N·ha ⁻¹	33,35 b	31,02 b	33,45 a	32,60 b
	60 kg N·ha ⁻¹	32,86 a	29,47 a	33,76 a	32,03 a
	120 kg N·ha ⁻¹	35,79 c	30,84 b	35,27 b	33,97 c

W ciągu trzyletnich badań własnych najmniejsze wartości SPAD stwierdzono u roślin nawożonych azotem w dawce 60 kg N·ha⁻¹, istotnie wyższe wartości odnotowano u traw nie nawożonych azotem mineralnym. Było to następstwem dużego udziału w runi koniczyny białej i wzrostu ilości azotu w glebie związanego przez koniczynę. W latach 2004 i 2005 zdecydowanie największe wartości indeksu zieloności liści stwierdzono u traw nawożonych wyższą dawką azotu, zaś w 2006 wartości SPAD były statystycznie porównywalne u traw nie nawożonych i nawożonych azotem w dawce 120 kg N·ha⁻¹. Nawożenie azotem mineralnym było równoważone azotem związanym przez koniczynę białą.

Tabela 11. Indeks zieloności liści traw (SPAD) w 2005 r.

Table 11. Leaf greenness index of the grasses (SPAD) in 2005

Mieszanaka 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
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover	0	31,01 a	35,28 d	37,89 b	34,72 d
	60	35,28 c	37,60 e	40,29 c	37,72 e
	120	38,27 d	38,30 e	41,16 d	39,24 f
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover	0	34,23 b	30,75 c	37,79 b	34,25 c
	60	30,84 a	24,30 a	36,03 a	30,39 a
	120	34,13 b	27,95 b	37,09 b	33,05 b
Średnia dla mieszaneki – Mean for mixture					
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover		34,85 b	37,06 b	39,78 b	37,23 b
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover		33,06 a	27,67 a	36,97 a	32,57 a
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
	0 kg N·ha ⁻¹	32,62 a	33,01 b	37,84 a	34,49 b
	60 kg N·ha ⁻¹	33,06 b	30,95 a	38,16 a	34,05 a
	120 kg N·ha ⁻¹	36,20 c	33,13 b	39,13 b	36,15 c

Tabela 12. Indeks zieloności liści traw (SPAD) w 2006 r.

Table 12. Leaf greenness index of the grasses (SPAD) in 2006

Mieszanaka 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
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover	0	36,28 b	39,35 c	35,95 d	36,08 b
	60	36,35 b	34,03 a	32,45 ab	34,28 a
	120	40,98 c	36,80 b	32,38 a	36,72 b
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover	0	35,40 b	36,00 ab	33,88 bc	36,21 b
	60	30,93 a	36,10 ab	36,00 d	34,34 a
	120	36,25 b	35,78 ab	34,08 c	35,37 ab
Średnia dla mieszaneki – Mean for mixture					
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover		37,87 b	35,61 a	33,59 a	35,69 a
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover		34,19 a	37,08 b	34,65 b	35,31 a
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
	0 kg N·ha ⁻¹	35,84 b	37,68 b	34,91 b	36,14 b
	60 kg N·ha ⁻¹	33,64 a	35,06 a	34,23 b	34,31 a
	120 kg N·ha ⁻¹	38,61 c	36,29 a	33,23 a	36,04 b

Najwyższe plony suchej masy uzyskano w 2004 r. (tab. 13). Najmniej korzystny pod tym względem okazał się rok 2005, charakteryzujący się wysokimi temperaturami powietrza w okresie wegetacji i małą ilością nierównomiernie rozłożonych opadów (tab. 14 i 15).

Tabela 13. Plon suchej masy w 2004 r., t·ha⁻¹Table 13. 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
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover	0	4,60 a	3,80 a	3,80 bc	12,20 ab
	60	6,08 b	4,40 ab	3,45 b	13,93 b
	120	7,50 c	5,28 b	4,40 c	17,18 c
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover	0	5,65 ab	4,08 ab	1,81 a	11,54 ab
	60	5,58 ab	3,61 a	1,79 a	10,97 a
	120	8,51 c	3,84 a	1,63 a	13,97 b
Średnia dla mieszanki – Mean for mixture					
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover		6,06 a	4,49 b	3,88 b	14,43 b
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover		6,58 b	3,84 a	1,74 a	12,16 a
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
	0 kg N·ha ⁻¹	5,12 a	3,94 a	2,81 a	11,87 a
	60 kg N·ha ⁻¹	5,83 b	4,00 a	2,62 a	12,45 a
	120 kg N·ha ⁻¹	8,01 c	4,56 a	3,01 a	15,57 b

Biorąc pod uwagę plonowanie obu mieszanek w okresie wegetacji, stwierdzono, iż odrost pierwszy był największy i stanowił dla mieszanki z życicą trwałą od 42 do 53% plonu rocznego, a dla mieszanki z festulolium odpowiednio od 45 do 59%. W całym okresie badań istotnie wyżej plonowała mieszanka życicy trwałej z koniczyną białą. Mogło to wynikać z większej wrażliwości festulolium na suszę. W badaniach Borowieckiego [2002], Borowieckiego i Staniak [2001] oraz Staniak [2004] obserwowano małą odporność festulolium na suszę, która powodowała znaczne zmniejszenie udziału liści w plonie i słabszą reakcję na nawożenie azotem. Również badania Łyszczarza [2001] i Wilmana i in. [1998] wskazują na znaczną wrażliwość festulolium na suszę. W badaniach własnych nawożenie azotem mineralnym zwiększało plonowanie tylko w latach z dużą ilością opadów, natomiast w roku ze znacznym ich niedoborem istotnie wyższe plony uzyskano na obiektach nie nawożonych azotem z dużym udziałem koniczyny białej w runi. Przypuszczalnie w takich warunkach uprawy azot mineralny okazał się mniej dostępny dla roślin niż azot związany przez koniczynę białą. W runi nie nawożonej azotem znacznie zwiększa się ilość dostępnego azotu symbiotycznego. Zdaniem Wardy [1996], odporność koniczyny białej na niedobór opadów i ilość wiązanego azotu zależą w dużej mierze od zastosowanej odmiany. Użyta w doświadczeniu odmiana Rawo okazała się odporna na okresowe niedobory wilgoci w glebie. Łagodną reakcję odmiany Rawo na niedobory wody w okresie wegetacji, w porównaniu z innymi odmianami koniczyny białej, potwierdzają badania Golińskiego i in. [1998], natomiast słabszy wpływ nawożenia azotem mineralnym na plonowanie runi w warunkach niedoboru opadów badania Borowieckiego [2002].

Tabela 14. Plon suchej masy w 2005 r., t·ha⁻¹Table 14. Dry matter yield in 2005, t·ha⁻¹

Mieszanek 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
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover	0	5,13 c	3,14 b	1,52 cd	9,78 c
	60	4,39 ab	2,10 a	1,86 d	8,35 bc
	120	4,24 ab	2,17 a	1,43 bc	7,83 ab
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover	0	3,98 ab	1,80 a	1,18 abc	6,95 ab
	60	3,40 a	1,70 a	1,05 ab	6,15 a
	120	4,20 ab	1,60 a	0,88 a	6,68 ab
Średnia dla mieszanek – Mean for mixture					
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover		4,58 b	2,47 b	1,60 b	8,65 b
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover		3,86	1,70 a	1,03 a	6,59 a
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
	0 kg N·ha ⁻¹	4,55 a	2,47 b	1,35 ab	8,37 b
	60 kg N·ha ⁻¹	3,89 a	1,90 a	1,46 b	7,25 a
	120 kg N·ha ⁻¹	4,22 a	1,88 a	1,15 a	7,25 a

Tabela 15. Plon suchej masy w 2006 r., t·ha⁻¹Table 15. Dry matter yield in 2006, t·ha⁻¹

Mieszanek 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
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover	0	2,83 a	3,14 c	2,94 a	8,90 bc
	60	5,11 c	3,35 c	2,82 a	11,29 d
	120	4,56 bc	2,67 bc	2,65 a	9,87 c
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover	0	2,80 a	1,91 ab	2,75 a	7,46 a
	60	3,44 ab	2,11 ab	2,56 a	8,11 ab
	120	4,42 bc	1,80 a	2,02 a	8,24 ab
Średnia dla mieszanek – Mean for mixture					
Życica trwała + koniczyna biała Perennial ryegrass + white clover		4,17 b	3,05 b	2,80 b	10,02 b
Festulolium + koniczyna biała Festulolium + white clover		3,56 a	1,94 a	2,45 a	7,94 a
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
	0 kg N·ha ⁻¹	2,82 a	2,52 ab	2,85 a	8,18 a
	60 kg N·ha ⁻¹	4,28 b	2,73 b	2,69 a	9,70 b
	120 kg N·ha ⁻¹	4,49 b	2,23 a	2,33 a	9,06 b

WNIOSKI

1. Podczas trzyletniego okresu badań życica trwała odznaczała się większą intensywnością fotosyntezy i transpiracji oraz większymi wartościami indeksu zieloności liści niż festulolium. Gorzej jednak wykorzystywała wodę; współczynnik wykorzystania wody był u niej znacznie mniejszy niż u festulolium.

2. Badane gatunki najintensywniej asymilowały CO₂ przy nawożeniu azotem w dawce 60 kg N·ha⁻¹. Udział koniczyny białej w runi korzystnie wpływał na fotosyntezę traw. Na obiektach nie nawożonych azotem fotosynteza była większa niż na obiektach nawożonych azotem mineralnym w dawce 120 kg N·ha⁻¹.

3. Zastosowany azot mineralny ograniczał transpirację wody i wpływał na jej lepsze wykorzystanie przez testowane gatunki.

4. Mieszanka życicy trwałej z koniczyną białą plonowała istotnie wyżej niż mieszanka festulolium z koniczyną białą. Nawożenie azotem mineralnym zwiększało plonowanie tylko w latach z dużą ilością opadów, natomiast w roku ze znacznym ich niedoborem wyższe plony uzyskano na obiektach nie nawożonych azotem.

5. Wysokie temperatury i niedobór opadów hamowały intensywność fotosyntezy i transpiracji traw oraz ograniczały plonowanie mieszanek, sprzyjały natomiast gromadzeniu chlorofilu w liściach życicy trwałej i festulolium.

PIŚMIENNICTWO

- Borowiecki J., 2002. Wpływ nawożenia azotem na plon i wartość pokarmową *Festulolium braunii* odm. Felopa. Pam. Puł. 131, 39-48.
- Borowiecki J., Staniak M., 2001. Wpływ terminu koszenia pierwszego pokosu na poziom plonowania i wartość pokarmową festulolium. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 474, 235-239.
- Goliński P., Ramenda S., Kozłowski S., 1998. Zróżnicowanie polskich odmian *Trifolium repens* w aspekcie wybranych właściwości biologicznych i chemicznych. Biul. Nauk. 1, 75-82.
- Grzegorzczak S., 2001. Kierunki rozwoju gospodarki łąkowej. Pam. Puł. 125, 123-128.
- Kitezak 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., 2003. Wartość gospodarcza mieszanek motylkowato-trawiających w uprawie polowej. Rocz. AR Poznań, Rozp. Nauk. 338.
- Łyszczarz R., 2001. Ilościowe i jakościowe parametry oceny wybranych odmian kostrzewy łąkowej, życicy trwałej i festulolium. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 474, 225-233.
- Marks M., Młynarczyk K., Marks E., 2001. Użytki zielone w różnych systemach rolniczych. Pam. Puł. 125, 49-56.
- Michałek W., Sawicka B., 2005. Zawartość chlorofilu i aktywność fotosyntetyczna średnio późnych odmian ziemniaka w warunkach pola uprawnego w środkowo-wschodniej Polsce. Acta Agroph. 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., Wyszynski 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.
- Staniak M., 2004. Plonowanie i wartość pokarmowa *Festulolium braunii* odmiany Felopa w zależności od terminu zbioru pierwszego pokosu. Pam. Puł. 137, 117-132.
- Stuczyński E., Stuczyńska J., Jakubowski S., Jasińska B., 1971. Plonowanie i skład chemiczny kupkówki w zależności od nawożenia azotem i zaopatrzenia w wodę. Pam. Puł. 44, 119-144.
- Stypiński P., Grzegorzczak S., 2005. Gospodarcze i środowiskowe funkcje użytków zielonych we współczesnym rolnictwie. Bibl. Fragm. Agron. 9, 29-30.
- Warda M., 1996. Ocena rozwoju, trwałości i plonowania wybranych odmian koniczyny białej (*Trifolium repens* L.) w mieszankach z trawami użytkowymi pastwiskowo. Rozp. Nauk. AR Lublin.

Wilman D., Gao Y., Leitch M.H., 1998. Some differences between eight grasses within the *Lolium* and *Festuca* complex when grown in conditions of severe water shortage *Grass & For. Sci.* 53, 57-65.

PRODUCTIVITY OF *Festulolium braunii* (K. RICHT.) A. CAMUS AND *Lolium perenne* L. GROWN IN MIXTURES WITH *Trifolium repens* L. DEPENDING ON MULTIPLE NITROGEN RATES

Abstract. A field experiment was conducted over 2004-2006. An field experiment was established in 2003 at the Experimental Station in Tomaszkowo, province Warmia and Mazury. To compare perennial ryegrass and festulolium grown in mixtures with white clover with respect to gas exchange parameters, chlorophyll content in leaves and yielding depending on multiple nitrogen rates. It was found that perennial ryegrass was characterized by a faster rate of photosynthesis and transpiration as well as by higher leaf greenness values than festulolium. However, the values of water utilization coefficient were substantially lower in perennial ryegrass, as compared to festulolium. In both species nitrogen fertilization rate optimal for CO₂ assimilation was 60 kg N·ha⁻¹. The presence of white clover in the sward had a positive effect on the photosynthesis rate of grasses. Photosynthesis rate was higher in non-fertilized treatments than in treatments fertilized with mineral nitrogen of 120 kg N·ha⁻¹. Nitrogen reduced water transpiration and contributed to better water utilization by the species tested. Perennial ryegrass grown with white clover yielded significantly higher than festulolium grown with white clover. Mineral nitrogen fertilization caused a yield increase only in the years characterized by high precipitation totals. In the rain-deficient year, a significantly higher yield was recorded in non-fertilized plots. High temperatures and precipitation deficiency inhibited the intensity of photosynthesis and transpiration of grasses and decreased the yielding of mixtures, however, they promoted chlorophyll accumulation in leaves.

Key words: festulolium, photosynthesis, transpiration, leaf greenness index, WUE, yielding, perennial ryegrass

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 21.12.2007