

MARZENNA OLSZEWSKA

STEFAN GRZEGORCZYK

Katedra Łąkarstwa

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Intensywność fotosyntezy i transpiracji liści *Lotus corniculatus* L. uprawianej w mieszankach z *Festulolium braunii* (K. Richt.) A. Camus i *Festuca pratensis* L. w zależności od nawożenia azotem i pogody

Intensity of photosynthesis and transpiration of leaves of *Lotus corniculatus* L. grown in mixtures with *Festulolium braunii* (K. Richt.) A. Camus and *Festuca pratensis* L. depending on multiple nitrogen fertilization and weather conditions

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu gatunku towarzyszącego i nawożenia azotem na intensywność fotosyntezy i transpiracji, współczynnik wykorzystania wody oraz indeks zieloności liści komonicy zwyczajnej uprawianej w mieszance z *Festulolium* i kostrzewą łąkową na tle zmiennych warunków pogodowych. Wyniki badań pochodzą z eksperymentu polowego realizowanego w latach 2004–2006. Ścisłe doświadczenie polowe założono metodą losowanych podbloków, w czterech powtórzeniach, na polu Stacji Dydaktyczno-Doświadczalnej w Tomaszku w województwie warmińsko-mazurskim. Stwierdzono, że w warunkach niedoboru opadów komonica zwyczajna uprawiana w mieszance z *Festulolium* odznaczała się istotnie większą intensywnością fotosyntezy, mniejszą transpiracją i lepiej wykorzystywała wodę niż w mieszance z kostrzewą łąkową, gromadziła jednak mniej chlorofilu w liściach. Nawożenie azotem wpływało w większym stopniu na badane parametry u komonicy zwyczajnej uprawianej z *Festulolium* niż z kostrzewą łąkową.

Słowa kluczowe: fotosynteza, indeks zieloności liści, *Lotus corniculatus* L., mieszanki, nawożenie azotem, transpiracja, warunki pogodowe

The objective of this study was to determine the effect of accompanying species and nitrogen fertilization on the rate of photosynthesis and transpiration, water use efficiency and leaf greenness values of *Lotus corniculatus* L. grown in mixtures with *Festulolium* or *Festuca pratensis* L. under variable weather conditions. A field experiment was conducted over 2004–2006. The exact field experiment was established in a randomized split-plot design, in four replications, at the Experimental Station in Tomaszko, province Warmia and Mazury. It was found that under conditions of rainfall deficiency *Lotus corniculatus* grown in mixture with *Festulolium* was characterized by a significantly higher rate of photosynthesis, a lower rate of transpiration and higher water use efficiency, compared

to *Lotus corniculatus* grown in mixture with *Festuca pratensis*; however, the former accumulated less chlorophyll in leaves. Nitrogen fertilization affected the investigated parameters to a greater degree when *Lotus corniculatus* was grown with *Festulolium* than when it was grown with *Festuca pratensis*.

Key words: leaf greenness index, *Lotus corniculatus* L., mixture, nitrogen fertilization, photosynthesis, transpiration, weather conditions

WSTĘP

Nasilający się w ostatnich latach problem susz w Polsce (Łabędzki, 2004) skłania do większego wykorzystania w produkcji pasz gatunków odpornych na suszę, efektywniej wykorzystujących promieniowanie słoneczne i oszczędnie gospodarujących wodą. Komonica zwyczajna ze względu na silnie rozwinięty system korzeniowy i zdolność pobierania wody z głębokich warstw gleby może być uprawiana w stanowiskach suchych (Novoselova, Frame, 1992; Wilczek i in., 1999). Częstym komponentem mieszanki z komonicą zwyczajną jest kostrzewa łąkowa. Należy ona jednak do traw mało odpornych na suszę (Borawska-Jarmułowicz, 2004), dlatego w warunkach niedoboru wody w glebie gatunkiem konkurencyjnym w stosunku do kostrzewy łąkowej może być *Festulolium*. Wymiana gazowa roślin i indeks zieloności liści są dobrymi wskaźnikami reakcji roślin na niesprzyjające warunki klimatyczne.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu gatunku towarzyszącego i nawożenia azotem na intensywność fotosyntezy i transpiracji, współczynnik wykorzystania wody oraz indeks zieloności liści komonicy zwyczajnej uprawianej w mieszance z *Festulolium* i kostrzewą łąkową na tle zmiennych warunków pogodowych.

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 Tomaszku woj. warmińsko-mazurskie. 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 dm⁻³; N-ogółem — 0,085%; P — 54 mg, K — 108 mg, Mg — 50 mg·kg⁻¹. Badaniami objęto komonicę zwyczajną odmiany Skrzyszowicka uprawianą w mieszankach (50/50%) z *Festulolium* odmiany Sulino i kostrzewą łąkową odmiany Skawa. Badane parametry porównywano na tle zróżnicowanego nawożenia azotem: obiekty bez nawożenia, obiekty nawożone w dawce 60 kg 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 intensywności fotosyntezy i transpiracji liści 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. Urządzenie to mierzy różnice między absorpcją światła przy długości fali 650 i 940 nm, a iloraz tych wartości przedstawiony jest jako indeks zieloności liścia. Pomiary wykonywano na 30 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 lat badań. Na podstawie ilorazu chwilowych wartości fotosyntezy i transpiracji wyliczono fotosyntetyczny współczynnik wykorzystania wody (WUE — Water Use Efficiency). Wyniki badań opracowano statystycznie korzystając z programu STATISTICA 6.0.

Warunki pogodowe były zróżnicowane w poszczególnych latach badań (tab. 1).

Tabela 1

Średnia dobową temperatura powietrza i miesięczne sumy opadów atmosferycznych w latach 2004–2006 (dane ze stacji meteorologicznej w Tomaszkanie)
Mean daily air temperature and monthly total rainfall over 2004–2006 (as reported by the Meteorological Station at Tomaszkanie)

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

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 średnią z wielolecia o ok. 18%. W 2004 roku 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%. Podsumowując, najmniej korzystny był rok 2005 charakteryzujący się wysokimi temperaturami powietrza w okresie wegetacji i małą ilością, nierównomiernie rozłożonych opadów.

WYNIKI I DYSKUSJA

Uzyskane wyniki wykazały znaczne zróżnicowanie intensywności fotosyntezy w poszczególnych latach badań (tab. 2).

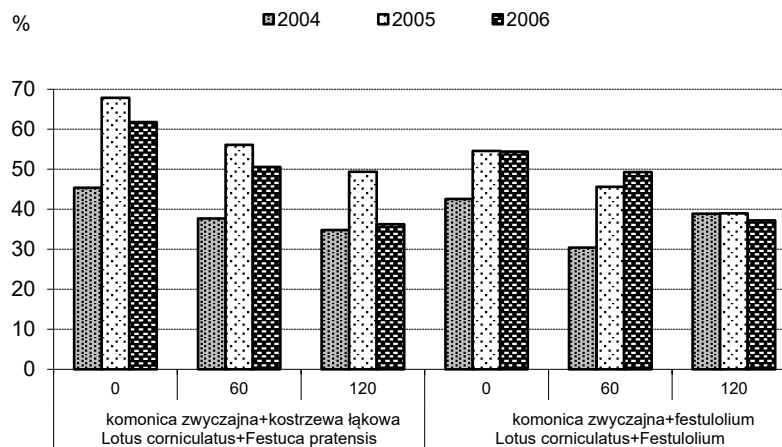
Tabela 2

Intensywność fotosyntezy w latach 2004–2006 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
Intensity of photosynthesis in 2004–2006 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization	2004	2005	2006	Średnia Mean
Komonica zwyczajna+kostrzewa łąkowa	0	14,32 e	8,09 b	19,71 de	14,04 d
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festuca pratensis</i>	60	13,06 d	9,25 c	13,93 a	12,08 b
	120	11,53 c	8,15 b	17,22 b	12,30 b
Komonica zwyczajna+ <i>Festulolium</i>	0	10,96 c	9,92 d	18,13 bc	13,00 c
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festulolium</i>	60	9,98 b	12,68 e	20,57 e	14,40 d
	120	7,43 a	5,92 a	18,70 cd	10,68 a
Średnia dla mieszanek Mean for mixtures					
Komonica zwyczajna+ kostrzewa łąkowa <i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festuca pratensis</i>		12,97 b	8,50 a	16,95 a	12,81 a
Komonica zwyczajna+ <i>Festulolium</i> <i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festulolium</i>		9,46 a	9,51 b	19,13 b	12,70 a
Średnia dla nawożenia Mean for fertilization					
	0	12,64 c	9,00 b	18,92 b	13,52 b
	60	11,52 b	10,97 c	17,25 a	13,24 b
	120	9,49 a	7,04 a	17,96 a	11,49 a

Intensywność fotosyntezy w liściach komonicy zwyczajnej była najmniejsza w drugim roku badań. Wartości fotosyntezy zawierały się w przedziale 5,92–12,68 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Najintensywniej rośliny asymilowały w trzecim roku eksperymentu (13,93–20,57 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Było to odzwierciedleniem panujących warunków atmosferycznych. Niskie wartości fotosyntezy korespondowały z wysokimi temperaturami powietrza w okresie wegetacji i małą ilością, nierównomiernie rozłożonych opadów. Jak podają Kalaji

i Żebrowski (2004) proces fotosyntezy jest szczególnie podatny na niesprzyjające warunki klimatyczne z uwagi na wrażliwość aparatu fotosyntetycznego organów asymilacyjnych roślin. Zmniejszenie intensywności fotosyntezy na skutek niedoboru wody jest związane ze spadkiem aktywności RuBisCo (Lu i Zhang, 1998) oraz ze zmniejszeniem przewodności dyfuzyjnej szparek i przez to ograniczeniem dostępności dwutlenku węgla (Hejnąk i Križková, 2004; Wojtasik, 2004). W przeprowadzonych badaniach intensywność asymilacji CO₂ komonicy zwyczajnej zależała również istotnie od komponentu trawiastego mieszanki. Komonica uprawiana w mieszance z kostrzewą łąkową lepiej asymilowała w warunkach korzystnych dla rozwoju roślin, natomiast w warunkach niedoboru wody w glebie istotnie większą intensywność fotosyntezy stwierdzono u komonicy uprawianej w mieszance z *Festulolium*. Nawożenie azotem mineralnym ograniczało intensywność fotosyntezy komonicy zwyczajnej w pierwszym i trzecim roku eksperymentu, zaś w drugim roku badań charakteryzującym się wysokimi temperaturami powietrza i małą ilością nierównomiernie rozłożonych opadów proces fotosyntezy najlepiej przebiegał w liściach komonicy nawożonej azotem w dawce 60 kg·ha⁻¹. Średnie wartości fotosyntezy z trzech lat badań wykazały, że komonica uprawiana w mieszance z kostrzewą łąkową lepiej asymilowała na obiektach nienawożonych azotem, zaś z *Festulolium* na obiektach nawożonych dawką 60 kg N·ha⁻¹. Wiąże się to z procentowym udziałem komonicy w runi. W mieszance z kostrzewą łąkową stanowiła ona większy udział w runi, szczególnie nienawożonej azotem, niż w uprawie z *Festulolium*. *Festulolium* okazała się gatunkiem bardziej konkurencyjnym w stosunku do komonicy niż kostrzewa łąkowa (rys. 1). Dużą agresywność tej trawy w stosunku do roślin motylkowatych potwierdzają badania Borowieckiego (1997), Domańskiego i Joksa (1999) oraz Ścibior i Gawel (2004).



Rys. 1. Średni udział komonicy zwyczajnej w runi badanych mieszanek
Fig. 1. Mean share of *Lotus corniculatus* in the sward of mixtures

Największą intensywność transpiracji z jednostki powierzchni liści komonicy stwierdzono w drugim roku badań (tab. 3).

Tabela 3

Intensywność transpiracji w latach 2004–2006 ($m \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
Intensity of transpiration in 2004–2006 ($m \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization	2004	2005	2006	Srednia Mean
Komonica zwyczajna+kostrzewa łąkowa	0	4,48 b	6,50 e	5,47 d	5,48 e
	60	4,15 ab	5,48 cd	3,84 a	4,49 a
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festuca pratensis</i>	120	3,83 a	5,05 bc	4,29 ab	4,39 a
Komonica zwyczajna+ <i>Festulolium</i>	0	5,39 d	4,48 a	5,02 cd	4,96 c
	60	5,33 d	5,89 d	4,63 bc	5,28 d
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festulolium</i>	120	4,93 c	5,04 b	4,22 ab	4,73 b
Średnia dla mieszanek Mean for mixtures					
Komonica zwyczajna+ kostrzewa łąkowa		4,15 a	5,67 b	4,53 a	4,79 a
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festuca pratensis</i>					
Komonica zwyczajna+ <i>Festulolium</i>		5,22 b	5,14 a	4,62 a	4,99 b
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festulolium</i>					
Średnia dla nawożenia Mean for fertilization					
	0	4,94 b	5,49 b	5,24 b	5,22 c
	60	4,74 b	5,68 b	4,24 a	4,89 b
	120	4,38 a	5,04 a	4,26 a	4,56 a

Nawożenie azotem mineralnym w dawce $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ istotnie ograniczało parowanie wody. W odniesieniu do obiektów kontrolnych intensywność transpiracji komonicy została ograniczona o 20% w uprawie z kostrzewą łąkową i o 5% w uprawie z *Festulolium*. Azot jest pierwiastkiem regulującym transpirację roślin. Jak wykazały doświadczenia prowadzone na roślinach w warunkach suszy, dużą rolę odgrywa tu tlenek azotu, który stymuluje zamykanie aparatów szparkowych, przez co ogranicza transpirację i utratę wody pozwalając roślinom na przetrwanie w ekstremalnych warunkach wilgotnościowych (Garcia-Mata i Lamattina, 2001; Neill i in., 2002). Komonica uprawiana z kostrzewą łąkową najwięcej wody z jednostki powierzchni liści transpirowała na obiektach nie nawożonych azotem, natomiast uprawiana z *Festulolium* na obiektach nawożonych niższą dawką azotu. Średnie wartości transpiracji wykazały, że więcej wody transpirowały liście komonicy uprawianej z *Festulolium*, jednak dało się zauważyć, że w warunkach niedoboru wody komonica uprawiana z *Festulolium* transpirowała mniej wody niż uprawiana z kostrzewą łąkową. Wiąże się to bezpośrednio ze współczynnikiem wykorzystania wody. W warunkach wysokich temperatur powietrza i mniejszej dostępności wody w glebie komonica uprawiana w mieszance z *Festulolium* lepiej wykorzystywała wodę (tab. 4). Zarówno komonica zwyczajna, jak i *Festulolium* należą do roślin o mocnym systemie korzeniowym, czerpiącym wodę z głębszych warstw glebowych (Bukowiecki i in., 1997; Domański i Jokś, 1999), ponadto zastosowana w doświadczeniu odmiana Sulino *Festulolium* jest klasyfikowana przez COBORU (Lista Odmian Roślin Rolniczych, 1998) jako odporna na suszę. Przypuszczalnie stąd właśnie wynika mniejsza reakcja na deficyt wodny i lepsze wykorzystanie wody komonicy uprawianej z *Festulolium* niż z kostrzewą łąkową. Średnie wyniki trzyletniego okresu badań wykazały, że komonica najlepiej wykorzystuje wodę na obiektach nawożonych azotem w dawce $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, natomiast

różnice między komonicy nienawożoną i nawożoną większą dawką azotu nie zostały statystycznie potwierdzone.

Tabela 4

Współczynnik wykorzystania wody w latach 2004–2006 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m mol}^{-1}\text{H}_2\text{O}^{-1}$)
Water use efficiency in 2004–2006 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m mol}^{-1}\text{H}_2\text{O}^{-1}$)

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization	2004	2005	2006	Średnia Mean
Komonica zwyczajna+kostrzewa	0	3,20 c	0,77 a	3,90 a	2,62 a
łąkowa	60	3,19 c	1,54 b	3,72 a	2,82 b
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festuca pratensis</i>	120	3,03 c	1,40 b	3,78 a	2,74 a
Komonica zwyczajna+festulolium	0	2,18 b	2,80 d	3,73 a	2,90 b
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festulolium</i>	60	2,43 b	2,69 d	6,21 b	3,77 c
	120	1,62 a	1,97 c	5,50 b	3,03 b
Średnia dla mieszanek Mean for mixtures					
Komonica zwyczajna+ kostrzewa łąkowa		3,14 b	1,24 a	3,80 a	2,73 a
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festuca pratensis</i>					
Komonica zwyczajna+ <i>Festulolium</i>		2,07 a	2,48 b	5,15 b	3,23 b
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festulolium</i>					
Średnia dla nawożenia Mean for fertilization					
	0	2,69 b	1,78 b	3,81 a	2,76 a
	60	2,81 b	2,12 c	4,96 b	3,30 b
	120	2,32 a	1,78 b	4,64 b	2,88 a

Tabela 5

Indeks zieloności liści (SPAD) w latach 2004–2006
Leaf greenness index (SPAD) in 2004–2006

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization	2004	2005	2006	Średnia Mean
Komonica zwyczajna+kostrzewa	0	45,19 c	48,77 c	43,86 a	45,94 b
łąkowa	60	43,18 b	48,07 b	43,11 a	44,78 a
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festuca pratensis</i>	120	42,17 a	49,59 d	46,06 b	45,94 b
Komonica zwyczajna+festulolium	0	45,97 d	49,22 cd	43,35 a	46,18 bc
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festulolium</i>	60	47,13 e	46,43 a	46,08 b	46,54 c
	120	45,94 d	46,66 a	43,11 a	45,24 a
Średnia dla mieszanek Mean for mixtures					
Komonica zwyczajna+ kostrzewa łąkowa		43,51 a	48,81 b	44,34 a	45,56 a
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festuca pratensis</i>					
Komonica zwyczajna+ festulolium		46,34 b	47,43 a	44,18 a	45,99 b
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festulolium</i>					
Średnia dla nawożenia Mean for fertilization					
	0	45,58 c	48,99 c	43,60 a	46,06 b
	60	45,15 b	47,25 a	44,59 b	45,66 a
	120	44,06 a	48,13 b	44,58 b	45,59 a

Gatunek trawy będący komponentem mieszanki istotnie wpływał na indeks zieloności liści komonicy zwyczajnej (tab. 5). Generalnie komonica uprawiana z *Festulolium*

charakteryzowała się większą zawartością chlorofilu w liściach. Na jego poziom duży wpływ miały warunki pogodowe. W okresie dobrego uwilgotnienia gleby komonica zwyczajna uprawiana w mieszance z *Festulolium* odznaczała się istotnie większymi wartościami SPAD, natomiast w warunkach niedoboru wilgoci większe wartości indeksu zieloności liści notowano u komonicy uprawianej z kostrzewą łąkową. Zawartość chlorofilu zmieniała się również w zależności od poziomu nawożenia azotem. Komonica uprawiana z kostrzewą łąkową najmniej chlorofilu gromadziła na obiektach z niższą dawką azotu, zaś w mieszance z *Festulolium* na obiektach nawożonych w ilości 120 kg N·ha⁻¹.

WNIOSKI

1. W warunkach niedoboru opadów komonica zwyczajna uprawiana w mieszance z *Festulolium* odznaczała się istotnie większą intensywnością fotosyntezy, mniejszą transpiracją i lepiej wykorzystywała wodę niż w mieszance z kostrzewą łąkową, gromadziła jednak mniej chlorofilu w liściach.
2. Nawożenie azotem mineralnym wpływało w większym stopniu na badane parametry u komonicy zwyczajnej uprawianej z *Festulolium* niż z kostrzewą łąkową.

LITERATURA

- Borawska-Jarmułowicz B. 2004. Wpływ 12-letniego użytkowania na trwałość odmian traw o późnym typie fenologicznym w mieszankach łąkowych. *Łąkarstwo w Polsce* 7: 45 — 53.
- Borowiecki J. 1997. Przydatność festulolium do uprawy w mieszankach z lucerną. *Pam. Puł.* 109: 34 — 44.
- Bukowiecki F. K., Paluch B., Antoniewicz A. 1997. Niektóre cechy morfologiczne koniczyny białej (*Trifolium repens* L.) i komonicy zwyczajnej (*Lotus corniculatus* L.) a zawartość białka ogólnego i włókna surowego w liściach i łodygach tych gatunków. *Biul. Oc. Odm.* 29: 127 — 131.
- Domański P., Jokś W. 1999. Odmiany *Festulolium* — efekt postępu biologicznego. *Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz*, 220, *Rolnictwo* (44): 87 — 94.
- Garcia-Mata C., Lamattina L. 2001. Nitric oxide induces stomatal closure and enhances the adaptive plant responses against drought stress. *Plant Physiol.* 126: 1196 — 1204.
- Hejnák V., Křižková J. 2004. The effect of water stress on photosynthesis of spring barley. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 496: 241 — 249.
- Kalaji H. M., Żebrowski M. 2004. Intensywność fotosyntezy jedno — i dwuliściennych roślin C₃ i C₄ w różnych warunkach środowiska. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 496: 133 — 142.
- Lista Odmian Roślin Rolniczych. 1998. COBORU Słupia Wielka.
- Lu C. M., Zhang J. H. 1998. Effects of water stress on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photo inhibition in wheat plants. *Austr. J. Plant. Physiol.* 25: 883 — 892.
- Łabędzki L. 2004. Problematyka susz w Polsce. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 4, 1 (10): 47 — 66.
- Neill S. J., Desikan R., Clarke A., Hancock J. T. 2002. Nitric oxide is a novel component of abscise acid signalling stomatal guard cell. *Plant Physiol.* 128: 13 — 16.
- Novoselova A., Frame J., 1992. The role of legumes in European grassland production. *Proc. 14th Gen. Meeting EGF, Lahti, Finland*: 87 — 96.
- Ściobior H., Gawel E. 2004. Plonowanie i wartość pokarmowa wielogatunkowych mieszanek koniczyny czerwonej z trawami. *Pam. Puł.* 137: 149 — 161.
- Wilczek M., Ćwintal M., Andruszczyszyn K., 1999. Plonowanie komonicy zwyczajnej w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych na glebie lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* z. 468: 255 — 264.

Wojtasik D. 2004. Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na plonowanie jęczmienia browarnego i pastewnego uprawianego na glebie lekkiej. Cz. I. Wzrost i rozwój roślin. Acta Sci. Pol., Agricultura, 3 (2): 119 — 129.