

Wymiana gazowa i indeks zieloności liści *Trifolium repens* uprawianej w mieszankach z *Festulolium braunii* i *Lolium perenne* w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotem

M. OLSZEWSKA, S. GRZEGORCZYK, A. BAŁUCH-MAŁECKA

Katedra Łąkarstwa, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Gas exchange and leaf greenness in *Trifolium repens* grown in mixtures with *Festulolium braunii* and *Lolium perenne* depending on different nitrogen rates

Abstract. A field experiment was conducted over 2004–2006. An exact field experiment was established in a randomized split-plot design, in four replications, at the Experimental Station in Tomaszkowo, province Warmia and Mazury. 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 white clover grown in mixtures with *Festulolium* and perennial ryegrass. The experimental material comprised white clover cv. Rawo grown in mixtures (50% seeding rate) with *Festulolium* cv. Sulino and perennial ryegrass cv. Solen. The investigated parameters were compared under conditions of varied nitrogen fertilization: non-fertilized treatments, treatments fertilized at a rate of 60 kg and 120 kg ha⁻¹ N.

Key words: photosynthesis, transpiration, leaf greenness index, nitrogen fertilization, perennial ryegrass, *Festulolium*, white clover, water use efficiency

1. Wstęp

Azot jest jednym z ważniejszych pierwiastków, silnie oddziałujących na przebieg wymiany gazowej roślin. Jako podstawowy komponent białek jest on składnikiem enzymów katalizujących proces redukcji i asymilacji dwutlenku węgla. Wchodzi w skład barwników chlorofilowych. Ponadto aktywizuje procesy wzrostu, co odzwierciedla się, między innymi, w zwiększeniu powierzchni asymilacyjnej liści i lepszym rozkrzewieniu się roślin. Azot dostarczany do gleby pochodzi z dwóch źródeł: chemicznej syntezy nawozów azotowych oraz wiązania azotu atmosferycznego na drodze biologicznej przez mikroorganizmy (SAWICKA, 1997). Symbioza roślin motylkowatych z bakteriami *Rhizobium* jest bez wątpienia bardzo ważnym źródłem zaopatrzenia w ten składnik. Szacuje się, że rośliny motylkowate pozostawiają w glebie 150–200 kg N na 1 ha rocznie (LAIDLAW i FRAME, 1988). Azot ten może być wykorzystywany przez trawy rosnące

w runi z roślinami motylkowatymi. Istnieją jednak wyraźne różnice w reakcji gatunków traw na azot związany symbiotycznie przez motylkowate. Jak podaje WARDA (1996) cyt. za Chestnutt, azot związany przez koniczynę może być wykorzystany bardziej efektywnie przez życię trwałą niż tymotkę łąkową, a w najmniejszym stopniu przez kostrzewę łąkową. Objawia się to zarówno plonowaniem tych gatunków w mieszankach z koniczyną, jak również liczbą wytworzonych przez nie pędów.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu nawożenia azotem na intensywność fotosyntezy i transpiracji, współczynnik wykorzystania wody oraz indeks zieloności liści koniczyny białej (*Trifolium repens* L.) uprawianej w mieszance z festulolium (*Festulolium braunii* (K. Richt.) A. Camus) i życią trwałą (*Lolium perenne* L.).

2. Materiał i metody

Wyniki badań pochodzą z eksperymentu realizowanego w latach 2004–2006. Ścisłe doświadczenie polowe założono metodą losowanych podbloków, w czterech powtórzeniach na polu Stacji Dydaktyczno-Doświadczalnej w Tomaszowie w woj. 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; N-ogółem – 0,085%; P – 54 mg, K – 108 mg, Mg – 50 mg kg⁻¹. Badaniami objęto koniczynę białą odmiany Rawo uprawianą w mieszankach z festulolium odmiany Sulino i życią trwałą odmiany Solen. Udział wagowy nasion w mieszance wynosił po 50%. Uwzględnione w pracy parametry porównywano w odniesieniu do zróżnicowanego nawożenia azotem: obiekty bez nawożenia, obiekty nawożone dawką 60 kg i 120 kg ha⁻¹ N. 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 ha⁻¹ P₂O₅ (superfosfat 46%), natomiast potas w ilości 120 kg ha⁻¹ K₂O (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 i oświetleniu 1000 μmol m⁻² s⁻¹. Na podstawie chwilowych wartości fotosyntezy i transpiracji wyliczono fotosyntetyczny współczynnik wykorzystania wody (WUE – Water Use Efficiency). Ponadto oznaczono indeks zieloności liści za pomocą chlorofilometru SPAD-502. Pomiary wykonywano na najmłodszych w pełni rozwiniętych liściach koniczyny białej losowo wybranych z poletka. W każdym odroście wykonano 4 pomiary badanych parametrów w odstępach tygodniowych (łącznie 12 pomiarów), w pracy przedstawiono średnie dla okresu wegetacji. Wyniki badań opracowano statystycznie korzystając z programu STATISTICA 8.0. Charakterystykę warunków atmosferycznych przedstawiono przy pomocy współczynnika hydrotermicznego (k) Sielanianowa (SKOWERA i PUŁA, 2004). Biorąc pod uwagę wartości współczynnika w poszczególnych okresach wegetacyjnych można stwierdzić, że były one bardzo zróżnicowane (tab. 1). Najbardziej korzystny dla rozwoju roślinności

był rok 2004, który był rokiem dość wilgotnym ($k = 1,83$), natomiast zdecydowanie niekorzystny był rok 2005 określony jako suchy ($k = 1,05$).

Tabela 1. Charakterystyka wilgotnościowa miesięcy okresu wegetacyjnego 2004–2006 w zależności od wartości współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa
Table 1. Humidity characteristic of the months of the vegetation period of 2004–2006 depending on the value of the Sielianinov hydrothermal coefficient

| Rok Year | Miesiące Months | Wartości współczynnika Sielianinowa (k) w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego Values of the Sielianinov hydrothermal coefficient (k) in the months of the vegetation period | Charakterystyka wilgotnościowa miesięcy wg SKOWERA i PUŁY (2004) w zależności od wartości k Humidity characteristic of the months according to SKOWERA and PUŁA (2004) depending on the value of k |
|-------------|-----------------------|---|---|
| 2004 | Kwiecień – April | 2,13 | wilgotny – humid |
| | Maj – May | 2,32 | wilgotny – humid |
| | Czerwiec – June | 2,53 | bardzo wilgotny – very humid |
| | Lipiec – July | 1,47 | optymalny – optimal |
| | Sierpień – August | 1,75 | dość wilgotny – quite humid |
| | Wrzesień – September | 0,61 | bardzo suchy – very dry |
| | Październik – October | 2,00 | dość wilgotny – quite humid |
| 2005 | Kwiecień – April | 0,53 | bardzo suchy – very dry |
| | Maj – May | 0,87 | suchy – dry |
| | Czerwiec – June | 1,07 | dość suchy – quite dry |
| | Lipiec – July | 1,61 | optymalny – optimal |
| | Sierpień – August | 0,66 | bardzo suchy – very dry |
| | Wrzesień – September | 1,85 | dość wilgotny – quite humid |
| | Październik – October | 0,79 | suchy – dry |
| 2006 | Kwiecień – April | 1,17 | dość suchy – quite dry |
| | Maj – May | 2,31 | wilgotny – humid |
| | Czerwiec – June | 1,65 | dość wilgotny – quite humid |
| | Lipiec – July | 0,45 | bardzo suchy – very dry |
| | Sierpień – August | 3,10 | skrajnie wilgotny |
| | Wrzesień – September | 1,15 | dość suchy – quite dry |
| | Październik – October | 1,24 | dość suchy – quite dry |

3. Wyniki i dyskusja

Średnie wartości z 3-letniego okresu badań wykazały, że intensywność fotosyntezy w liściach koniczyny białej była wysoka i wynosiła $15,79 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ dla koniczyny uprawianej w mieszanke z życicą trwałą i $14,29 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ dla koniczyny

uprawianej z festulolium (tab. 2). Największą intensywność fotosyntezy stwierdzono w trzecim roku eksperymentu, zaś najmniejszą w drugim. Duży wpływ na jej przebieg miały warunki pogodowe. Niższe wartości fotosyntezy notowano w roku o znacznych niedoborach opadów i wysokich temperaturach powietrza w okresie wegetacji roślin. Koniczyna biała zdecydowanie lepiej rośnie w latach wilgotnych i jest bardzo wrażliwa na niedobór wody w glebie (STYPIŃSKI, 1993; WARDA, 1996). Ujemny wpływ deficytu wodnego na intensywność fotosyntezy potwierdzają badania JONESA (1998), GRIEU (1991), KOCON I PODLEŚNEJ (2004) oraz DZIEJOWSKIEGO i wsp. (2005). Jednak dane literaturowe dowodzą, że reakcja roślin na stres wodny jest cechą charakterystyczną dla gatunków i odmian. Badania przeprowadzone przez PSZCZÓLKOWSKĄ i wsp. (2003) wykazały spadek intensywności fotosyntezy pod wpływem stresu wodnego w liściach grochu w zależności od odmiany o 36 do 50%, zaś znacznie mniejszą reakcją na niedobór wody stwierdzono u odmian łubinu żółtego. Wcześniejsze badania własne wykazały, że z porównywanych odmian koniczyny białej odmiana Rawo w mniejszym stopniu ograniczała intensywność fotosyntezy niż odmiana Dara (OLSZEWSKA, 2004). We wszystkich latach badań istotnie wyżej fotosyntetyzowała koniczyna biała uprawiana z życicą trwałą. Poziom nawożenia azotem istotnie różnicował intensywność fotosyntezy liści koniczyny białej. W obydwu badanych mieszankach koniczyna najlepiej asymilowała CO₂ na obiektach nawożonych dawką 60 kg ha⁻¹ N. Zwiększenie dawki do 120 kg ha⁻¹ N spowodowało istotne ograniczenie fotosyntezy. Mniejszą reakcją wykazywała koniczyna w mieszance z życicą trwałą, spadek intensywności fotosyntezy wyniósł u niej ok. 12%, natomiast w mieszance z festulolium ok. 26%. Może to sugerować lepsze wykorzystanie azotu mineralnego przez życicę trwałą niż festulolium i w związku z tym mniejszą reakcją koniczyny białej na większą dawkę azotu. Jak

Tabela 2. Intensywność fotosyntezy w latach 2004–2006

Table 2. Intensity of photosynthesis in 2004–2006

 $(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1})$

| Mieszanka Mixture | Nawożenie N N fertilization | 2004 | 2005 | 2006 | Średnia Mean |
|---|--------------------------------|----------|---------|----------|-----------------|
| Koniczyna biała + życica trwała White clover + perennial ryegrass | 0 | 15,27 bc | 8,24 b | 19,86 cd | 14,46 b |
| | 60 | 16,41 d | 15,53 f | 20,65 de | 17,53 e |
| | 120 | 15,80 cd | 11,78 d | 18,56 bc | 15,38 c |
| Koniczyna biała + festulolium White clover + festulolium | 0 | 15,35 c | 9,92 c | 17,73 ab | 14,33 b |
| | 60 | 14,51 a | 12,68 e | 21,93 e | 16,38 d |
| | 120 | 14,69 ab | 5,95 a | 15,90 a | 12,17 a |
| Średnia dla mieszanek – Mean for mixtures | | | | | |
| Koniczyna biała + życica trwała White clover + perennial ryegrass | | 15,83 b | 11,85 b | 19,69 b | 15,79 b |
| Koniczyna biała + festulolium White clover + festulolium | | 14,85 a | 9,51 a | 18,52 a | 14,29 a |
| Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization | | | | | |
| 0 | | 15,31 a | 9,08 a | 18,80 b | 14,40 b |
| 60 | | 15,46 a | 14,11 b | 21,29 c | 16,95 c |
| 120 | | 15,25 a | 8,85 a | 17,23 a | 13,78 a |

podaje WARDA (1996, cyt. za Chestnutt), istnieją wyraźne różnice w reakcji gatunków traw na azot koniczynowy. Azot koniczynowy może być wykorzystywany bardziej efektywnie przez życicę trwałą niż tymotkę łąkową, a w najmniejszym stopniu przez kostrzewę łąkową.

Pomiary transpiracji liści koniczyny białej wykazały największą jej intensywność w drugim, zdecydowanie suchym, roku badań (tab. 3). Na kilkakrotnie wyższe wartości transpiracji w okresie suszy wskazują również badania OLSZEWSKIEGO (2004). W przeprowadzonych badaniach własnych ilość wyparowanej przez liście koniczyny wody zależała istotnie od współkomponentu trawiastego mieszanki. Większą o ok. 15% transpiracją charakteryzowała się koniczyna uprawiana z festulolium. Nawożenie azotem mineralnym w dawce 120 kg ha^{-1} istotnie ograniczało parowanie wody z jednostki powierzchni liści. W odniesieniu do obiektów kontrolnych intensywność transpiracji została ograniczona o 15% w uprawie z życicą trwałą i o 23% w uprawie z festulolium. Koniczyna uprawiana z życicą trwałą najwięcej wody transpirowała na obiektach nie nawożonych azotem, natomiast uprawiana z festulolium na obiektach nawożonych niższą dawką azotu. Gospodarka wodna roślin jest ściśle związana z intensywnością fotosyntezy i transpiracji. W przeprowadzonych badaniach o wartości współczynnika wykorzystania wody decydował głównie wzrost lub spadek intensywności fotosyntezy, przy znacznie mniejszych zmianach intensywności transpiracji. Na podstawie średnich wartości WUE z trzyletniego okresu badań stwierdzono, że koniczyna biała lepiej wykorzystywała wodę w mieszance z życicą trwałą niż z festulolium (tab. 4). Festulolium ma silniej rozwinięty i głębiej sięgający system korzeniowy niż życica trwała (LIPiŃSKA, 2005), w związku z tym konkurencja korzeniowa o wodę jest w tym przypadku mniejsza niż w uprawie z życicą trwałą. Koresponduje to z badaniami PIETKIEWICZA i wsp. (2005), które dowodzą, że fotosyntetyczny WUE rośliny przy niedoborze wody w glebie i zmniejsza się gdy dostępność wody wzrasta. Zastosowany azot mineralny zwiększał wykorzystanie wody przez koniczynę białą uprawianą z życicą trwałą, jednak różnice między obiektami nie zostały potwierdzone statystycznie. W mieszance z festulolium najniższe wartości współczynnika wykorzystania wody stwierdzono na obiektach nawożonych azotem w dawce $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, natomiast nie stwierdzono istotności różnic między obiektami kontrolnymi i nawożonymi wyższą dawką azotu. Brak wpływu azotu na wartości WUE owsa stwierdzili w swoich badaniach PIOTROWSKA i wsp. (2003).

Poziom chlorofilu w liściach koniczyny białej był najwyższy w drugim roku badań, wartości zawierały się w przedziale 47,52–51,25 jednostek SPAD (tab. 5). Średnio więcej chlorofilu w liściach zawierała koniczyna uprawiana w mieszance z festulolium. Liście koniczyny białej pochodzące z obiektów kontrolnych i nawożonych wyższą dawką azotu mineralnego nie różniły się istotnie pod względem poziomu chlorofilu. Przypuszczalnie nawożenie azotem w dawce 120 kg ha^{-1} zostało zrównoważone dużym udziałem koniczyny białej w runi nie nawożonej azotem mineralnym (ryc. 1). Zastosowanie azotu w ilości 60 kg ha^{-1} wpłynęło w istotny sposób na wzrost zawartości chlorofilu u koniczyny uprawianej z festulolium i spadek u koniczyny uprawianej z życicą trwałą. Gromadzeniu chlorofilu w liściach koniczyny białej sprzyjały wysokie temperatury powietrza i mała ilość opadów atmosferycznych.

Tabela 3. Intensywność transpiracji w latach 2004–2006
 Table 3. Intensity of transpiration in 2004–2006
 ($\text{m mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

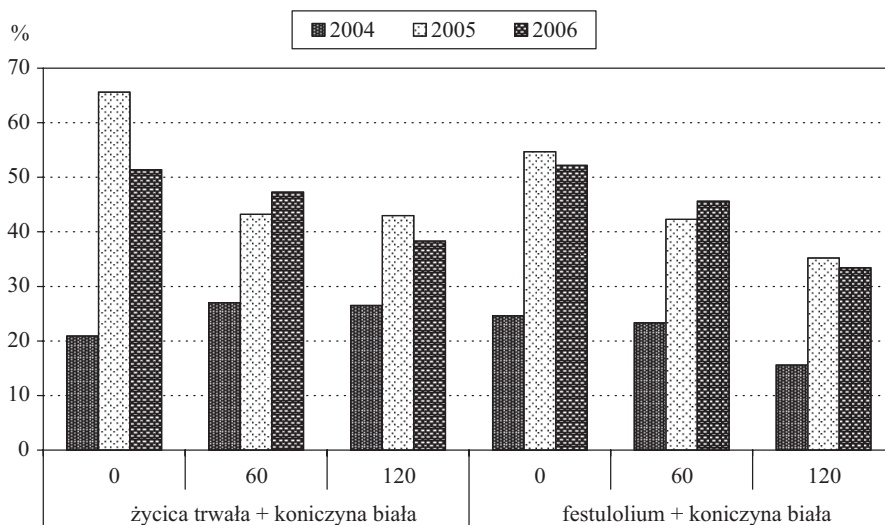
| Mieszanka Mixture | Nawożenie N N fertilization | 2004 | 2005 | 2006 | Średnia Mean |
|---|--------------------------------|--------|---------|--------|-----------------|
| Koniczyna biała + życica trwała White clover + perennial ryegrass | 0 | 5,02 a | 5,38 b | 5,27 b | 5,22 b |
| | 60 | 4,93 a | 5,04 ab | 5,48 b | 5,15 b |
| | 120 | 4,67 a | 4,88 a | 3,77 a | 4,44 a |
| Koniczyna biała + festulolium White clover + festulolium | 0 | 6,35 b | 7,30 c | 3,48 a | 5,71 c |
| | 60 | 6,24 b | 7,38 c | 7,09 c | 6,91 d |
| | 120 | 4,98 a | 5,01 ab | 3,21 a | 4,40 a |
| Średnia dla mieszanek – Mean for mixtures | | | | | |
| Koniczyna biała + życica trwała White clover + perennial ryegrass | | 4,87 a | 5,10 a | 4,84 a | 4,94 a |
| Koniczyna biała + festulolium White clover + festulolium | | 5,86 b | 6,56 b | 4,59 a | 5,67 b |
| Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization | | | | | |
| 0 | | 5,69 b | 6,34 b | 4,37 b | 5,47 b |
| 60 | | 5,56 b | 6,21 b | 6,28 c | 6,03 c |
| 120 | | 4,82 a | 4,94 a | 3,49 a | 4,42 a |

Tabela 4. Współczynnik wykorzystania wody w latach 2004–2006
 Table 4. Water use efficiency in 2004–2006
 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ m mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

| Mieszanka Mixture | Nawożenie N N fertilization | 2004 | 2005 | 2006 | Średnia Mean |
|---|--------------------------------|--------|--------|---------|-----------------|
| Koniczyna biała + życica trwała White clover + perennial ryegrass | 0 | 3,31 c | 1,08 a | 4,05 a | 3,56 b |
| | 60 | 3,42 c | 2,72 b | 3,91 a | 3,59 b |
| | 120 | 3,41 c | 2,55 b | 4,82 a | 3,88 b |
| Koniczyna biała + festulolium White clover + festulolium | 0 | 2,66 a | 4,13 e | 5,43 a | 3,59 b |
| | 60 | 2,56 a | 3,02 c | 3,65 a | 2,92 a |
| | 120 | 2,91 b | 3,51 d | 5,07 a | 3,63 b |
| Średnia dla mieszanek – Mean for mixtures | | | | | |
| Koniczyna biała + życica trwała White clover + perennial ryegrass | | 3,38 b | 2,11 a | 4,26 a | 3,68 b |
| Koniczyna biała + festulolium White clover + festulolium | | 2,71 a | 3,55 b | 4,72 a | 3,38 a |
| Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization | | | | | |
| 0 | | 3,00 a | 2,60 a | 4,74 ab | 3,57 ab |
| 60 | | 2,99 a | 2,87 b | 3,78 a | 3,26 a |
| 120 | | 3,16 b | 3,03 c | 4,95 b | 3,75 b |

Tabela 5. Indeks zieloności liści (SPAD) w latach 2004–2006
 Table 5. Leaf greenness index (SPAD) in 2004–2006

| Mieszanka Mixture | Nawożenie N N fertilization | 2004 | 2005 | 2006 | Średnia Mean |
|---|--------------------------------|---------|---------|----------|-----------------|
| Koniczyna biała + życica trwała White clover + perennial ryegrass | 0 | 43,45 b | 51,25 c | 44,62 bc | 46,44 b |
| | 60 | 44,18 c | 47,52 a | 44,12 b | 45,27 a |
| | 120 | 42,77 e | 50,21 b | 47,74 e | 46,91 b |
| Koniczyna biała + festulolium White clover + festulolium | 0 | 47,80 e | 50,24 b | 42,57 a | 46,87 b |
| | 60 | 48,71 f | 48,03 a | 46,21 d | 47,65 c |
| | 120 | 47,07 d | 47,85 a | 45,18 cd | 46,70 b |
| Średnia dla mieszanek – Mean for mixtures | | | | | |
| Koniczyna biała + życica trwała White clover + perennial ryegrass | | 43,47 a | 49,66 b | 45,49 b | 46,21 a |
| Koniczyna biała + festulolium White clover + festulolium | | 47,86 b | 48,71 a | 44,65 a | 47,07 b |
| Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization | | | | | |
| 0 | | 45,62 b | 50,75 c | 43,59 a | 46,65 ab |
| 60 | | 46,45 c | 47,78 a | 45,16 b | 46,46 a |
| 120 | | 44,92 a | 49,03 b | 46,46 c | 46,81 b |



Ryc. 1. Średni udział koniczyny białej w runi badanych mieszanek
 Fig. 1. Mean share of white clover in the investigated sward mixtures

4. Wnioski

- Koniczyna biała uprawiana w mieszance z życią trwałą charakteryzowała się istotnie większą intensywnością fotosyntezy, mniejszą transpiracją i lepiej wykorzystywała wodę, gromadziła jednak mniej chlorofilu w liściach niż w mieszance z festulolium.
- W obydwu badanych mieszankach koniczyna najlepiej asymilowała CO₂ na obiektach nawożonych dawką 60 kg ha⁻¹ N. Zwiększenie dawki do 120 kg spowodowało istotne ograniczenie fotosyntezy i spadek transpiracji wody. Nie stwierdzono istotnych różnic pod względem współczynnika wykorzystania wody i indeksu zieloności liści u koniczyny pochodzącej z obiektów kontrolnych i nawożonych wyższą dawką azotu.
- W warunkach prowadzonego doświadczenia lepszym komponentem mieszanki dla koniczyny białej, pod względem badanych parametrów, była życica trwała niż festulolium.

Literatura

- DZIEJOWSKI J., FORDOŃSKI G., OLSZEWSKI J., 2005. Zmiana aktywności metabolicznej grochu podczas indukowanego deficytu wody w glebie. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 507, 127–134.
- GRIEU P., ROBIN C., GUCKERT A., 1991. Sensitivity of net photosynthesis to soil drought in white clover (*Trifolium repens* L.). www.fao.org/docrep/V2350E/v2350e0y.htm
- JONES H.B., 1998. Stomatal control of photosynthesis and transpiration. *Journal of Experimental Botany*, 49, 387–398.
- KOCOŃ A., PODLEŚNA A., 2004. Wstępna ocena efektywności fotosyntetycznej wybranych odmian pszenicy ozimej w warunkach stresu wodnego. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 496, 259–266.
- LIDLAW A.S., FRAME J., 1988. Maximizing the use of legume in grassland systems. *Proceedings of the XII General Meeting of the EGF, Dublin*, 34–46.
- LIPIŃSKA H., 2005. Ocena rozwoju *Festulolium brauni*, *Lolium perenne* i *Festuca pratensis* w siewie czystym i ich mieszankach. *Annales UMCS, Sectio E*, 60, 163–174.
- OLSZEWSKA M., 2004. Reakcja koniczyny białej uprawianej na dwóch typach gleb na stres wodny. *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 3(2), 203–213.
- OLSZEWSKI J., 2004. Wpływ wybranych stresów abiotycznych i biotycznych na intensywność fotosyntezy i transpiracji, plonowanie oraz zdrowotność bobiku i grochu siewnego. *Rozprawy i Monografie UWM Olsztyn*, ss. 109.
- PIETKIEWICZ S., WYSZYŃSKI Z., ŁOBODA T., 2005. Współczynnik wykorzystania wody buraka cukrowego na tle wybranych czynników agrotechnicznych. *Fragmenta Agronomica*, 1(85), 521–529.

- 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. Biuletyn IHAR, 229, 131–137.
- PSZCZÓŁKOWSKA A., OLSZEWSKI J., PŁODZIEN K., KULIK T., FORDOŃSKI G., ŻUK-GOŁASZEWSKA K., 2003. Effect of the water stress on the productivity of selected genotypes of pea (*Pisum sativum* L.) and yellow lupin (*Lupinus luteus* L.). *Elektronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 6, 1.
- SAWICKA A., 1997. Czynniki ograniczające wiązanie azotu atmosferycznego u roślin motylkowych i u traw. *Biuletyn Oceny Odmian*, 29, 53–58.
- SKOWERA B., PUŁA J., 2004. Skrajne warunki pluwiotermiczne w okresie wiosennym na obszarze Polski w latach 1971–2000. *Acta Agrophysica*, 3(1), 171–177.
- STYPIŃSKI P., 1993. Reakcja koniczyny białej (*Trifolium repens* L.) na wapnowanie w siewach czystych i mieszankach z trawami w doświadczeniach pastwiskowych i wazonowych. *Rozprawy, SGGW Warszawa*. s. 88.
- WARDA M., 1996. Ocena rozwoju, trwałości i plonowania wybranych odmian koniczyny białej (*Trifolium repens* L.) w mieszankach z trawami użytkowanych pastwiskowo. *AR Lublin, Rozprawy Naukowe*, 191, ss. 61.

Gas exchange and leaf greenness in *Trifolium repens* grown in mixtures with *Festulolium braunii* and *Lolium perenne* depending on different nitrogen rates

M. OLSZEWSKA, S. GRZEGORCZYK, A. BAŁUCH-MAŁECKA

Department of Grassland Sciences, University Warmia and Mazury in Olsztyn

Summary

A field experiment was conducted over 2004–2006. An exact field experiment was established in a randomized split-plot design, in four replications, at the Experimental Station in Tomaszkowo, province Warmia and Mazury. 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 white clover grown in mixtures with *Festulolium* and perennial ryegrass. The experimental material comprised white clover cv. Rawo grown in mixtures (50% seeding rate) with *Festulolium* cv. Sulino and perennial ryegrass cv. Solen. The investigated parameters were compared under conditions of varied nitrogen fertilization: non-fertilized treatments, treatments fertilized at a rate of 60 kg and 120 kg ha⁻¹ N.

The results of the study indicate that white clover grown with perennial ryegrass, compared to white clover grown with *Festulolium*, was characterized by a significantly higher photosynthesis rate, a lower transpiration rate and higher water use efficiency, but it accumulated less chlorophyll in leaves. In both analyzed mixtures, the highest intensity of CO₂ assimilation by white clover was observed in treatments fertilized with 60 kg ha⁻¹ N. An increase in the fertilization rate to 120 kg ha⁻¹ N significantly reduced the rate of photosynthesis and transpiration. No significant differences were noted between non-fertilized treatments and treatments fertilized with the higher nitrogen rate with regard to the water use efficiency and leaf greenness values of white clover. The

values of the investigated parameters show that under experimental conditions perennial ryegrass was a more desirable accompanying species for white clover than *Festulolium*.

Recenzent – Reviewer: *Piotr Domański*

Adres do korespondencji – Address for correspondence:

dr inż. Marzenna Olszewska

Katedra Łąkarstwa, UWM w Olsztynie

ul. Plac Łódzki 1/18, 10-718 Olsztyn

tel. 089 523 35 64

e-mail: marzenna.olszewska@uwm.edu.pl