

Porównanie reakcji wybranych gatunków traw na stres wodny

M. OLSZEWSKA¹, S. GRZEGORCZYK¹, J. OLSZEWSKI²,
A. BAŁUCH-MAŁECKA¹

¹Katedra Łąkarstwa, ²Katedra Diagnostyki i Patofizjologii Roślin,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

A comparison of the response of selected grass species to water stress

Abstract. A greenhouse experiment was conducted in 2001–2002 to determine the effect of water stress on gas exchange parameters (photosynthesis, transpiration), leaf greenness and the yield of five grass species: *Lolium perenne* cv. Argona, *Dactylis glomerata* cv. Areda, *Festuca pratensis* cv. Skra, *Phleum pratense* cv. Kaba and *Arrhenatherum elatius* cv. Skrzyszowicki. The response of the studied grasses was evaluated at two soil moisture levels, 70% field water capacity (optimum soil moisture) and 35% field water capacity (water stress). The rates of photosynthesis and transpiration were measured during the growing season and chlorophyll concentrations were estimated. Water use efficiency (WUE) was calculated based on the quotient of photosynthesis and transpiration rates. The presented results are mean values of harvests and years of the study. The responses of the analyzed grasses to water stress varied depending on species. *Festuca pratensis* was characterized by the highest rate of photosynthesis, both under optimum moisture conditions and water stress. This species showed also a high rate of transpiration and the lowest water use efficiency. Water stress contributed to a significant decrease in the yield of all grasses, and the lowest yield decline was noted in *Lolium perenne*, followed by *Dactylis glomerata*. These two species were characterized by lower photosynthesis and transpiration rates and higher water use efficiency, compared with the remaining species. The above could be indicative of their good adaptability to stress factors.

Key words: grass, leaf greenness index, photosynthesis, transpiration, water deficit, water use efficiency

1. Wstęp

Uprawa roślin w warunkach naturalnych nie pozwala na wyeliminowanie wpływu niekorzystnych czynników środowiska. Wśród abiotycznych czynników stresowych, na które narażone są rośliny uprawne, stres wodny jest jednym z głównych (STARCK i WSP., 1995). Niedobór wody powoduje zaburzenia w przebiegu procesów życiowych w roślinie. Efektem tego są zahamowania wzrostu i rozwoju roślin, a w konsekwencji obniżenie plonu i pogorszenie jego jakości. Poznanie reakcji poszczególnych gatunków traw na

deficyt wody w glebie pozwoli wytypować gatunki lepiej nadające się do uprawy w warunkach pojawiającej się suszy glebowej i znacznie ograniczyć jej skutki.

Celem podjętych badań było określenie wpływu stresu wodnego na intensywność fotosyntezy i transpiracji, indeks zieloności liści oraz plonowanie wybranych gatunków traw, uprawianych na glebie mineralnej.

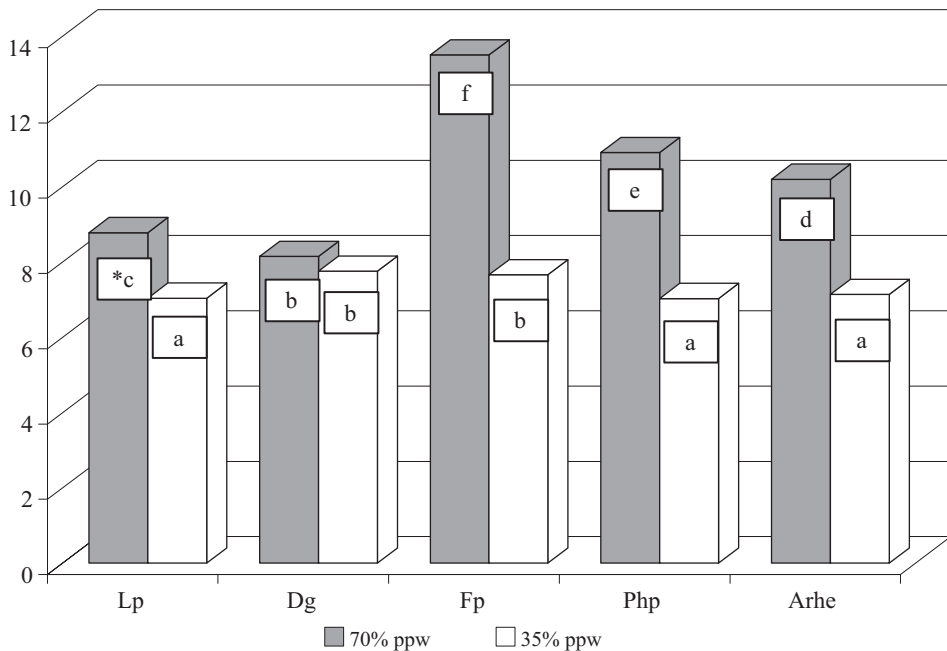
2. Materiał i metody

W latach 2001–2002 przeprowadzono eksperyment szklarniowy, w którym badano wpływ stresu wodnego na parametry wymiany gazowej (fotosynteza, transpiracja), indeks zieloności liści i plonowanie 5 gatunków traw. Badaniami objęto: *Lolium perenne* odm. Argona, *Dactylis glomerata* odm. Areda, *Festuca pratensis* odm. Skra, *Phleum pratense* odm. Kaba i *Arrhenatherum elatius* odm. Skrzyszowicki. Trawy oceniano na dwóch poziomach wilgotności gleby: 70% ppw (wilgotność optymalna) i 35% ppw (stres wodny). Stres wodny wprowadzono po wschodach roślin. Odpowiednią wilgotność utrzymywano przez codzienne uzupełnianie ubytków wody do określonej masy wazonu z glebą. W doświadczeniu użyto wazonu typu Kick-Brauckmanna, napełnione 10 kg gleby mineralnej, określonej jako piasek gliniasty lekki pylasty, zawierającej 1,46% substancji organicznej. Zawartość składników przyswajalnych w glebie przedstawiała się następująco: 22,9 mg P, 20,0 mg K i 3,9 mg Mg w 100 g gleby oraz 1,2 mg Cu, 6,0 mg Zn, 120,4 mg Mn i 1073 mg Fe w kg gleby. Odczyn gleby w 1 n KCl wynosił pH 6,6. W każdym wazonie wysiano po 2–3 nasiona traw w 10 punktach i bezpośrednio po wschodach przerwano pozostawiając po 8 roślin w wazonie. Nawożenie azotowe w ilości 0,75 g na wazon stosowano w trzech dawkach; przedsiewnie, po pierwszym i po drugim cięciu roślin. Azot podawano w postaci roztworu $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Fosfor, potas i magnez wprowadzono w postaci roztworów KH_2PO_4 , K_2SO_4 i $\text{MgSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ jednorazowo, przedsiewnie w ilości: 0,25 g P, 1,00 g K i 0,25 g Mg na wazon. Ponadto przedsiewnie zaaplikowano pożywkę mikroelementową zawierającą: $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{FeN}_2\text{NaC}_8$, $\text{MnCl}_2 \times 4 \text{H}_2\text{O}$, ZnCl_2 , $\text{CuCl}_2 \times 2 \text{H}_2\text{O}$, H_3BO_3 , $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4 \text{H}_2\text{O}$. W okresie wegetacji oznaczono intensywność fotosyntezy i transpiracji za pomocą przenośnego urządzenia do pomiaru parametrów wymiany gazowej Li-Cor 6400 oraz poziomu chlorofilu, wykorzystując do tego celu chlorofilometr SPAD-502 firmy Minolta. Pomiar intensywności fotosyntezy i transpiracji oraz poziomu chlorofilu wykonywano na najmłodszym, w pełni rozwiniętym liściu pędów losowo wybranych z każdego obiektu. W każdym odroście wykonano po 4 pomiary. Odczyty dokonywano w tygodniowych odstępach, powtarzając każdy pomiar pięciokrotnie. Na podstawie ilorazu intensywności fotosyntezy i transpiracji wyliczono fotosyntetyczny współczynnik wykorzystania wody (WUE). W sezonie wegetacyjnym przeprowadzono trzykrotną defoliację roślin. Prezentowane wyniki są średnimi z poszczególnych pokosów i lat badań. Do opracowania statystycznego uzyskanych wyników wykorzystano program komputerowy STATISTICA. Istotność różnic weryfikowano testem Tukey`a na poziomie ufności $p = 0,99$.

3. Wyniki i dyskusja

Proces fotosyntezy jest ściśle związany z gatunkiem rośliny i w znacznym stopniu modyfikowany przez warunki środowiska. Analiza uzyskanych wyników badań własnych wykazała, że testowane gatunki traw odmiennie reagowały na stres wodny (ryc. 1). W warunkach optymalnego uwilgotnienia gleby największe wartości fotosyntezy stwierdzono w liściach *Festuca pratensis* (średnio ok. $13,5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Istotnie niżej asymilowały *Phleum pratense* i *Arrhenatherum elatius*, zaś najniższą intensywnością tego procesu charakteryzowały się *Lolium perenne* i *Dactylis glomerata* (odpowiednio ok. 8,7; $8,2 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Jednocześnie gatunki o większych wartościach fotosyntezy silniej reagowały na deficyt wody w podłożu niż gatunki o mniejszej intensywności tego procesu. W liściach *Festuca pratensis* stwierdzono ponad 40% spadek poziomu fotosyntezy, znaczące ograniczenie wystąpiło również u *Phleum pratense* i *Arrhenatherum elatius*. Natomiast u *Lolium perenne* spadek wynosił ok. 20%, zaś u *Dactylis glomerata* różnice były niewielkie i statystycznie nieistotne.

Podobne zależności wystąpiły w przebiegu procesu transpiracji, co świadczy o silnej dodatniej korelacji między intensywnością fotosyntezy i transpiracji. Pomiary transpiracji wykazały, że najwięcej wody z jednostki powierzchni liści wyparowywała *Festuca* ($\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) * grupy jednorodne – homogeneous group

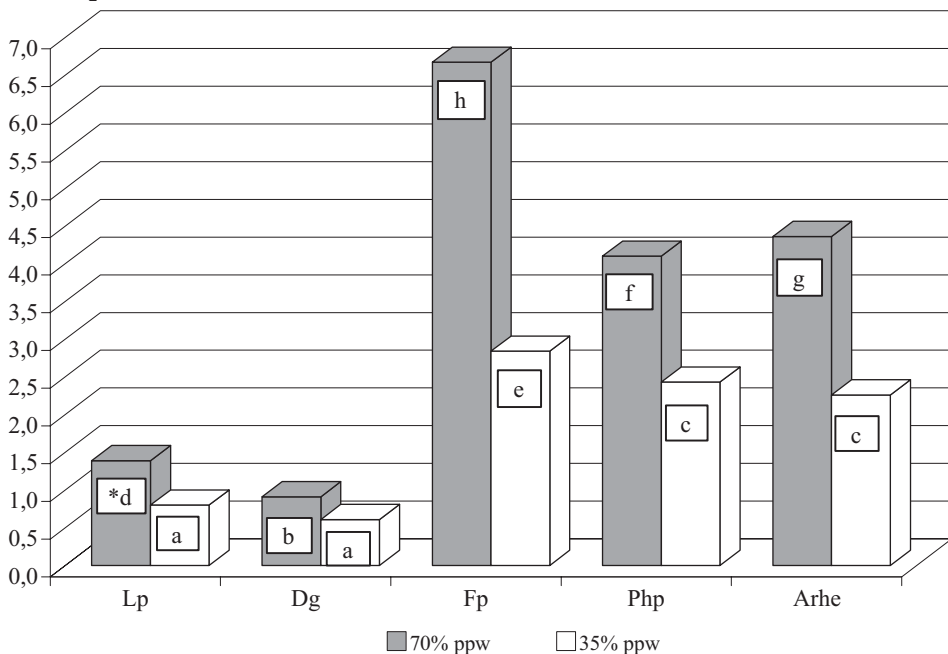


Ryc. 1. Intensywność fotosyntezy
Fig. 1. Intensity of photosynthesis

pratensis (ok. $6,5 \text{ m mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), istotnie niżej transpirowały *Phleum pratense* i *Arrhenatherum elatius* (ryc. 2). Najmniejsze wartości, rzędu $0,5\text{--}1,3 \text{ m mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, stwierdzono u *Lolium perenne* i *Dactylis glomerata*. Wszystkie badane gatunki traw rosnące w warunkach stresu wodnego istotnie ograniczały intensywność transpiracji. Najbardziej widoczne było to u *Festuca pratensis*, która ponad dwukrotnie ograniczyła parowanie wody. Niewielkie, aczkolwiek istotne różnice odnotowano w przypadku *Lolium perenne* i *Dactylis glomerata*. Większość danych literaturowych dotyczących pomiarów transpiracji potwierdza wyniki przeprowadzonych badań, wskazując na obniżenie poziomu transpiracji roślin w warunkach deficytu wodnego (ZBIĘĆ i WSP. 1998, PSZCZÓŁKOWSKA, 2002; PSZCZÓŁKOWSKA i WSP. 2003; RADKOWSKI, 2003; KOCOŃ i PODLEŚNA, 2004; OLSZEWSKI i WSP. 2008; RUMASZ-RUDNICKA, 2010). Powszechnie uważa się, że rośliny redukują straty wody przez zamykanie aparatów szparkowych, jednocześnie wzrastają opory dyfuzyjne dla CO_2 , w wyniku czego obniża się także intensywność fotosyntezy.

Gospodarkę wodną roślin w okresie ich wegetacji dobrze określa fotosyntetyczny współczynnik wykorzystania wody (WUE), który jest uzależniony od wielkości transpiracji i odzwierciedla wpływy środowiskowe. Na podstawie średnich wartości WUE stwierdzono, że u wszystkich badanych gatunków traw jest on istotnie wyższy w warunkach stresu wodnego (ryc. 3). Świadczy to o tym, że rośliny lepiej gospodarują wodą

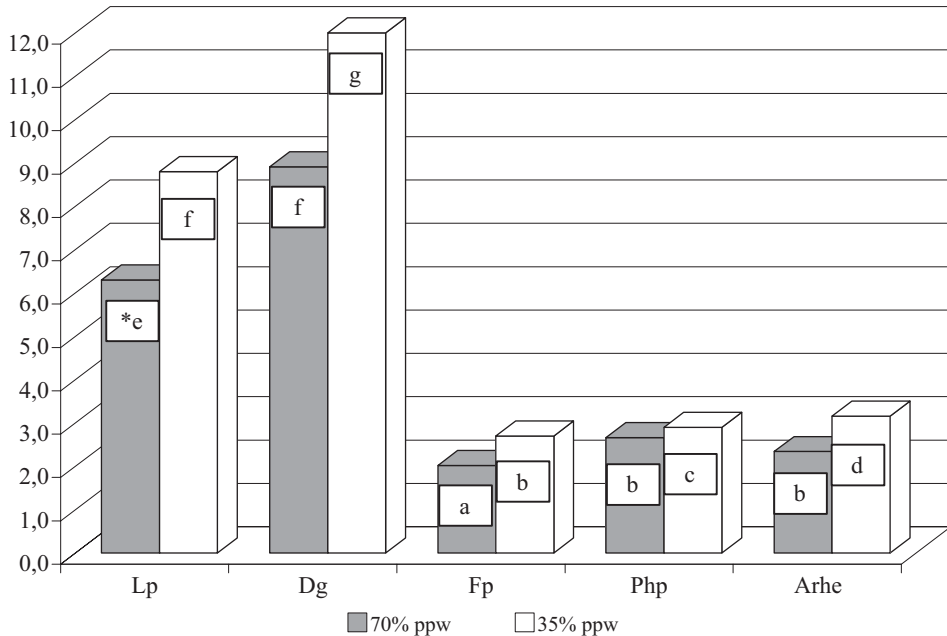
($\text{nmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) * grupy jednorodne – homogeneous group



Ryc. 2. Intensywność transpiracji
Fig. 2. Intensity of transpiration

przy jej niedoborze lub ograniczonych ilościach w glebie, a potwierdzają to wyniki badań PIETKIEWICZA i WSP. (2005) i RUMASZ-RUDNICKIEJ (2010). Spośród analizowanych gatunków największymi wartościami WUE odznaczała się *Dactylis glomerata*, a następnie *Lolium perenne*. Kilkakrotnie mniejsze wartości odnotowano u pozostałych trzech gatunków traw. Zawierały się one w przedziale ok. 2–3 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) * grupy jednorodne – homogeneous group

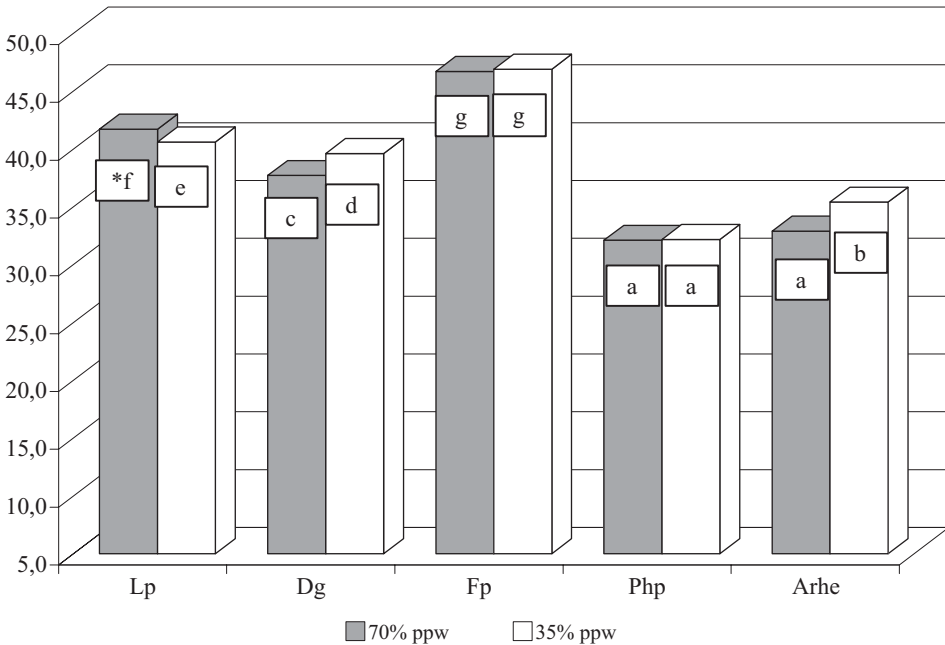


Ryc. 3. Współczynnik wykorzystania wody
Fig. 3. Water use efficiency

Barwniki chlorofilowe należą do najważniejszych związków w roślinie, wpływających na intensywność fotosyntezy i na produkcję biomasy. Pomiar poziomu chlorofilu w liściach wykazały istotne różnicowanie gatunkowe (ryc. 4). W świetle uzyskanych wyników badane gatunki traw można uszeregować, zaczynając od największych wartości, następująco: *Festuca pratensis*, *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Arrhenatherum elatius* i *Phleum pratense*, przy czym różnica między największą i najmniejszą wartością wynosiła ponad 14 jednostek SPAD. Niewielką ilość barwników chlorofilowych w blaszkach liściowych tymotki łąkowej potwierdzają badania przeprowadzone przez SWĘDRZYŃSKIEGO i KOZŁOWSKIEGO (1994). Deficyt wody w glebie był czynnikiem wpływającym istotnie na indeks zieloności liści trzech gatunków traw.

Istotny wzrost wartości SPAD pod wpływem stresu wodnego stwierdzono u *Dactylis glomerata* i *Arrhenatherum elatius*, u *Lolium perenne* odnotowano spadek wartości,

(SPAD) * grupy jednorodnie – homogeneous group

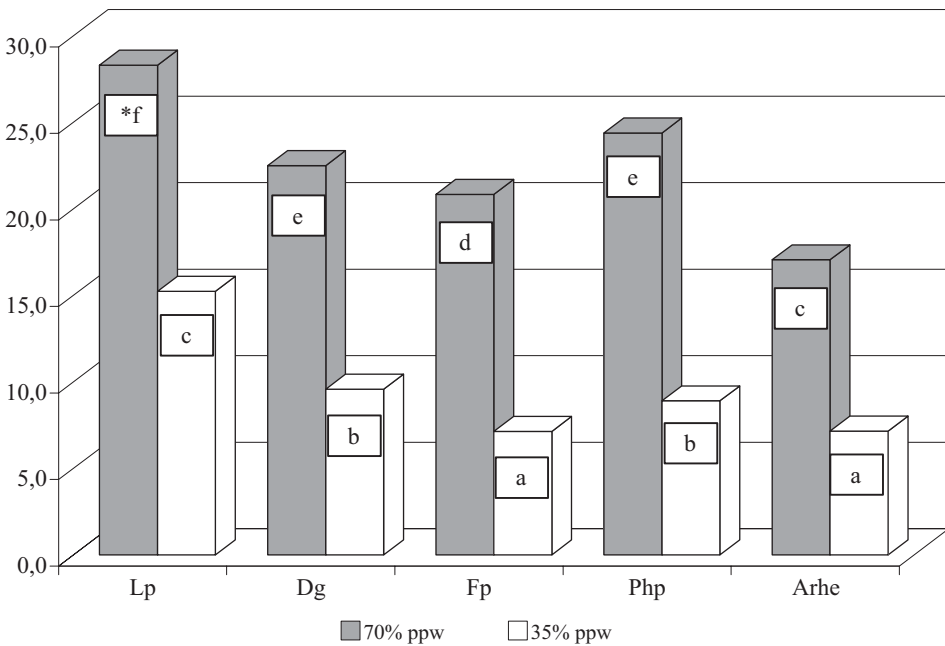


Ryc. 4. Indeks zieloności liści

Fig. 4. Leaf greenness index

a u pozostałych gatunków nie stwierdzono wyraźnych zmian. Przepuszczalnie, wysoki poziom chlorofilu w liściach traw uprawianych w warunkach stresowych był efektem obrony przed stresem. W warunkach deficytu wody następuje zmniejszanie się komórek i zagęszczanie tkanek liściowych, w związku z tym wzrasta w nich stężenie związków mało- i wielkocząsteczkowych, m.in. chlorofilu (KACPERSKA, 1998). Uzyskane wyniki korespondują z rezultatami badań innych autorów, wskazujących na większe stężenie chlorofilu u roślin rosnących w warunkach niedoboru wody (MICHAŁEK i SAWICKA, 2005; RUMASZ-RUDNICKIA, 2010). Odmiennie wyniki prezentują natomiast PODLEŚNY i PODLEŚNA (2010), którzy wykazali, że w warunkach stresu suszy w liściach łubinu wąskolistnego i jęczmienia wartości SPAD były mniejsze.

Typową reakcją roślin na stres wodny jest ograniczenie plonowania. Wynika to z hamowania procesów wzrostu roślin, natężenia fotosyntezy, zmniejszonego eksportu asymilatów z blaszek liściowych, a ponadto z zakłóceń w transporcie i dystrybucji wytworzonych asymilatów (LU i ZHAHG, 1998; STARCK i WSP. 1995; STARCK, 2002; KOCON i PODLEŚNA, 2004). Testowane gatunki mimo istotnego spadku plonowania, wyraźnie różniły się w reakcji na stres wodny. Największy spadek plonu suchej masy (ponad 65%) stwierdzono u *Festuca pratensis* (ryc. 5). Jednocześnie należy podkreślić, że był to gatunek o największej intensywności fotosyntezy, najwyższym stężeniu chlorofilu w liściach, ale również o wysokiej transpiracji i spośród badanych traw – najgo-

(g wazon⁻¹) * grupy jednorodne – homogeneous group

Ryc. 5. Plon suchej masy
Fig. 5. Dry matter yield

rzej wykorzystywał wodę. Najmniejszym spadkiem plonowania pod wpływem stresu odznaczała się *Lolium perenne* (46%), a następnie *Dactylis glomerata* (57%). Gatunki te charakteryzowały się niższą, w porównaniu do pozostałych, intensywnością fotosyntezy ale jednocześnie niższą transpiracją i zdecydowanie lepiej wykorzystywały dostępną wodę. Większość publikowanych wyników badań wskazuje na ścisłą zależność między plonowaniem roślin a intensywnością fotosyntezy i transpiracji. Badania własne wskazują, że w niekorzystnych warunkach uprawy, o wielkości uzyskanego plonu decyduje również możliwość szybkiej adaptacji do czynników stresowych oraz uruchomienia mechanizmów ochronnych i naprawczych gatunku. W świetle uzyskanych wyników, takie zdolności wykazują *Lolium perenne* i *Dactylis glomerata*.

4. Wnioski

- Reakcja traw na stres wodny jest różna i zależy od gatunku. Spośród badanych traw, największą intensywnością fotosyntezy zarówno w warunkach optymalnego uwilgotnienia, jak i w warunkach stresu odznaczała się *Festuca pratensis*. Jednocześnie, gatunek ten charakteryzował się wysoką transpiracją i najgorzej wykorzystywał wodę.

- Pod wpływem stresu wodnego stwierdzono wzrost indeksu zieloności liści u *Dactylis glomerata* i *Arrhenatherum elatius*, zaś u *Lolium perenne* odnotowano spadek wartości SPAD.
- W warunkach deficytu wodnego nastąpiło istotne ograniczenie plonowania u wszystkich gatunków traw, jednak najmniejszym spadkiem plonowania odznaczała się *Lolium perenne*, a następnie *Dactylis glomerata*. Gatunki te charakteryzowały się niższą, w porównaniu do pozostałych, intensywnością fotosyntezy, ale jednocześnie niższą transpiracją i zdecydowanie lepiej wykorzystywały dostępną wodę. Świadczyć to może o ich szybkiej adaptacji do warunków stresowych.

Literatura

- KACPERSKA A., 1998. Reakcje roślin na czynniki stresowe. W: Postawy fizjologii roślin. PWN Warszawa.
- 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.
- LU C. M., ZHANG J. H., 1998. Effects of water stress on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photoinhibition in wheat plants. Australian Journal Plant Physiology, 25, 883–892.
- MICHAŁEK W., SAWICKA B., 2005. Zawartość chlorofilu i aktywność fotosyntetyczna średnio późnych odmian ziemniaka w warunkach pola uprawnego w środkowo-wschodniej Polsce. Acta Agrophysica, 6(1), 183–195.
- OLSZEWSKI J., PSZCZÓLKOWSKA A., KULIK T., FORDOŃSKI G., PŁODZIEN K., OKORSKI A., WASILEWSKA J., 2008. Rate of photosynthesis and transpiration of winter wheat leaves and ears under water deficit conditions. Polish Journal of Natural Sciences, 23(2), 326–335.
- PIETKIEWICZ S., WYSZYŃSKI Z., ŁOBODA T., 2005. Współczynnik wykorzystania wody buraka cukrowego na tle wybranych czynników agrotechnicznych. Fragmenta Agronomica, 1(85), 521–529.
- PODLEŚNY J., PODLEŚNA A., 2010. Effect drought stress on yield of a determinate cultivar of blue lupine grown in pure sowing and in mixture with barley. Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura, 9(3), 61–74.
- PSZCZÓLKOWSKA A., 2002. Ocena produktywności i zdrowotności niektórych genotypów grochu siewnego (*Pisum sativum* L.) i łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.) oraz identyfikacja grzybów z rodzaju *Fusarium* za pomocą technik molekularnych. UWM Olsztyn (praca doktorska).
- PSZCZÓLKOWSKA 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.). Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Agronomy, vol. 6, Issue 1.
- RAKOWSKI D., 2003. Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na plonowanie wybranych odmian pszenicy jarej i pszenżyta jarego uprawianych na glebie lekkiej. Cz. II. Aktyw-

- ność procesów fizjologicznych w roślinach. *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 2(2), 33-42.
- RUMASZ-RUDNICKA E., 2010. Wpływ nawadniania i nawożenia azotem na asymilację i transpirację życicy westerwoldzkiej. *Acta Agrophysica*, 15(2), 395-408.
- STARCK Z., 2002. Mechanizmy integracji procesów fotosyntezy i dystrybucji biomasy w niekorzystnych warunkach środowiska. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 481, 113-123.
- STARCK Z., CHOŁUJ D., NIEMYSKA B., 1995. Fizjologiczne reakcje roślin na niekorzystne czynniki środowiska. Wydawnictwo SGGW Warszawa.
- SWĘDRZYŃSKI A., KOZŁOWSKI S., 1994. Chlorofil i cukry jako wskaźniki żywotności odniah hodowlanych *Phleum pratense*. *Biuletyn IHAR*, 198, 69-80.
- WYSZYŃSKI Z., GOZDOWSKI D., ŁOBODA T., PIETKIEWICZ S., WOLEJKO E., 2002. Reakcja jęczmienia jarego browarnego w latach o zróżnicowanych opadach przy różnym nawożeniu azotem. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 481, 349-355.
- ZBIEĆ I., WOJTASIK D., RUMASZ E., PODSIADŁO C., 1998. Wpływ deszczowania i nawożenia na procesy fizjologiczne i plonowanie jęczmienia uprawianego na glebie lekkiej. *Fragmenta Agronomica*, 2(58), 63-71.

A comparison of the response of selected grass species to water stress

M. OLSZEWSKA¹, S. GRZEGORCZYK¹, J. OLSZEWSKI², A. BAŁUCH-MAŁECKA¹

¹Department of Grassland, ²Department of Plant Diagnostics and Patophysiology, University Warmia and Mazury, Olsztyn

Summary

A greenhouse experiment was conducted in 2001-2002 to determine the effect of water stress on gas exchange parameters (photosynthesis, transpiration), leaf greenness and the yield of five grass species: *Lolium perenne* cv. Argona, *Dactylis glomerata* cv. Areda, *Festuca pratensis* cv. Skra, *Phleum pratense* cv. Kaba and *Arrhenatherum elatius* cv. Skrzyszowicki. The response of the studied grasses was evaluated at two soil moisture levels, 70% field water capacity (optimum soil moisture) and 35% field water capacity (water stress). The rates of photosynthesis and transpiration were measured during the growing season using a Li-Cor 6400 gas analyzer (Portable Photosynthesis System) Chlorophyll concentrations were estimated with a Minolta SPAD-502 chlorophyll meter. Water use efficiency (WUE) was calculated based on the quotient of photosynthesis and transpiration rates. The plants were defoliated three times during the growing season. The presented results are mean values of harvests and years of the study.

The responses of the analyzed grasses to water stress varied depending on species. *Festuca pratensis* was characterized by the highest rate of photosynthesis, both under optimum moisture conditions and water stress. This species showed also a high rate of transpiration and the lowest water use efficiency. Moisture deficiency caused an increase in leaf greenness in *Dactylis glomerata* and *Arrhenatherum elatius*, and a decrease in SPAD values in *Lolium perenne*. Water stress contributed to a significant decrease in the yield of all grasses, and the lowest yield decline was

noted in *Lolium perenne*, followed by *Dactylis glomerata*. These two species were characterized by lower photosynthesis and transpiration rates and higher water use efficiency, compared with the remaining species. The above could be indicative of their good adaptability to stress factors.

Recenzent – Reviewer: *Marianna Warda*

Adres do korespondencji – Address for correspondence:

dr hab. Marzenna Olszewska

Katedra Łąkarstwa, UWM w Olsztynie

ul. Plac Łódzki 1/18, 10-718 Olsztyn

tel. 89 523 35 01

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