

ODDZIAŁYWANIE STRESU WODNEGO NA WYBRANE GATUNKI TRAW UPRAWIANYCH NA GLEBIE ORGANICZNEJ

MARZENNA OLSZEWSKA, STEFAN GRZEGORCZYK

Katedra Łąkarstwa, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

marzenna.olszewska@uwm.edu.pl

Synopsis. 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. W doświadczeniu zastosowano dwa poziomy wilgotności gleby: 80% ppw (wilgotność optymalna) i 40% ppw (stres wodny). W okresie wegetacji oznaczono intensywność fotosyntezy i transpiracji za pomocą przenośnego urządzenia do pomiaru parametrów wymiany gazowej Li-Cor 6400 oraz poziom chlorofilu wykorzystując do tego celu chlorofilometr SPAD-502 firmy Minolta. Wyliczono również fotosyntetyczny współczynnik wykorzystania wody (WUE). W świetle uzyskanych wyników kostrzewa łąkowa jest gatunkiem o największej intensywności fotosyntezy i największych wartościach indeksu zieloności liści, ale jednocześnie charakteryzuje się wysoką transpiracją i słabo wykorzystuje dostępną w glebie wodę. Złe gospodarowanie wodą kostrzewy łąkowej przekłada się na niższe plonowanie w porównaniu do życicy trwałej i kupkówki pospolitej, które mimo niższych wartości fotosyntezy i chlorofilu oszczędniej gospodarują wodą i uzyskują wyższy plon suchej masy. Do uprawy w warunkach stresu wodnego na glebie organicznej najlepszymi gatunkami są kupkówka pospolita i życica trwała, odznaczają się one niską transpiracją, wysokim współczynnikiem wykorzystania wody i w porównaniu do innych gatunków w mniejszym stopniu ograniczają plonowanie.

Słowa kluczowe – *key words*: fotosynteza – *photosynthesis*, indeks zieloności liści – *leaf greenness index*, stres wodny – *water stress*, transpiracja – *transpiration*, trawy – *grasses*, współczynnik wykorzystania wody – *water use efficiency*

Wstęp

Nasilający się w ostatnich latach problem braku wody w Polsce skłania do większego wykorzystania w produkcji pasz gatunków odpornych na suszę, efektywniej wykorzystujących promieniowanie słoneczne i oszczędnie gospodarujących wodą. Niedobór wody ma wpływ na stan fizjologiczny roślin. Rośliny uprawne reagują na czynniki stresowe zaburzeniem podstawowych procesów fizjologicznych, zmianą metabolizmu i dystrybucji składników pokarmowych oraz zmniejszeniem wytwarzania biomasy [Olszewski i in. 2007, 2009, Pszczołkowska i in. 2010a, 2010b, Starck 2002, Strebeyko i Domańska 1957]. Tak więc kwestia odporności traw na stres wilgotnościowy w aspekcie zwiększającego się deficytu wody nabiera szczególnego znaczenia. W tym kontekście zachodzi konieczność wytypowania gatunków bardziej odpornych na niedobór wody.

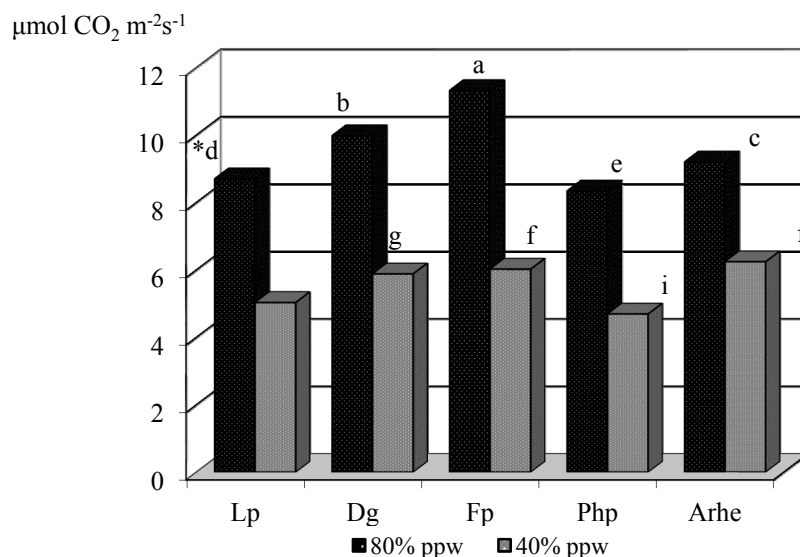
Celem podjętych badań było określenie wpływu stresu wodnego na intensywność fotosyntezy i transpiracji, indeks zieloności liści oraz plonowanie wybranych gatunków traw, uprawianych na glebie organicznej.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2001–2002 przeprowadzono eksperyment w szklarni Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie (53°78' N, 20°79' E), w którym badano wpływ stresu wodnego na parametry wymiany gazowej (fotosynteza, transpiracja), indeks zieloności liści i plonowanie 5 gatunków traw. Badaniami objęto: *Lolium perenne* (Lp) odm. Argona, *Dactylis glomerata* (Dg) odm. Areda, *Festuca pratensis* (Fp) odm. Skra, *Phleum pratense* (Php) odm. Kaba i *Arrhenatherum elatius* (Arhe) odm. Skrzyszowicki. Trawy oceniano na dwóch poziomach wilgotności gleby: 80% ppw (wilgotność optymalna) i 40% ppw (stres wodny). Odpowiednią wilgotność utrzymywano przez codzienne uzupełnianie ubytków wody do określonej masy wazonu z glebą. Stres wodny wprowadzono po wschodach roślin. W doświadczeniu użyto wazonów typu Kick-Brockmanna napełnionych 8 kg gleby torfowo-murszowej zawierającej 29,7% substancji organicznej. Zawartość składników przyswajalnych w glebie przedstawiała się następująco: 72,6 mg P₂O₅, 65 mg K₂O i 50 mg Mg·100 g⁻¹ gleby oraz 5 mg Cu, 28,6 mg Zn, 88,6 mg Mn i 1126 mg Fe·kg⁻¹. Odczyn gleby (pH w 1 n KCl) wynosił 4,9. Doświadczenie przeprowadzono w czterech powtórzeniach. W każdym wazonie wysiano w 10 punktach po 2–3 nasiona traw i bezpośrednio po wschodach przerwano je pozostawiając po 8 roślin w wazonie. Nawożenie azotem w dawce 0,5 g na wazon stosowano w trzech częściach; przedsięwzięcie, po pierwszym i po drugim cięciu roślin. Azot podawano dogłębowo w postaci roztworu CO(NH₂)₂. Fosfor, potas i magnez wprowadzono w postaci roztworów KH₂PO₄, K₂SO₄ i MgSO₄·x 7 H₂O jednorazowo, przedsięwzięcie w ilości: 0,15 g P, 0,6 g K i 0,15 g Mg na wazon. Ponadto przedsięwzięcie zaaplikowanożywkę mikroelementową w ilości 20 ml na wazon zawierającą: C₁₀H₁₂FeN₂NaC₈, MnCl₂·x 4 H₂O, ZnCl₂, CuCl₂·x 2 H₂O, H₃BO₃, (NH₄)₆Mo₇O₂₄·x 4 H₂O. W okresie wegetacji oznaczono intensywność fotosyntezy i transpiracji za pomocą przenośnego urządzenia do pomiaru parametrów wymiany gazowej Li-Cor 6400. Wskaźniki oznaczono przy stałym stężeniu CO₂ wynoszącym 400 ppm i oświetleniu 1000 μmol·m⁻²·s⁻¹. Poziom chlorofilu oznaczono wykorzystując do tego celu chlorofilometr SPAD-502 firmy Minolta. Pomiary 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. Odczytów 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 = 0,01.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza uzyskanych wyników wykazała istotne zróżnicowanie gatunkowe w intensywności procesu fotosyntezy (rys. 1). W warunkach optymalnego uwilgotnienia gleby, spośród porównywanych gatunków traw największą intensywność fotosyntezy wykazywała *Festuca pratensis* (ok. 11 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹). Istotnie słabiej proces ten przebiegał u *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata* i *Lolium perenne*, zaś najniższe wartości odnotowano u *Phleum pratense* (ok. 8 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹). Deficyt wody spowodował istotny spadek intensywności fotosyntezy u wszystkich testowanych gatunków traw. Największą reakcję wykazywały kostrzewa łąkowa i tymotka łąkowa, u których fotosynteza została ograniczona o 47 i 44%. Słabiej na stres reagowały zycica trwała i kępówka pospolita, jednak i u tych gatunków stwierdzono ok. 40% spadek asymilacji



Lp – *Lolium perenne*, Dg – *Dactylis glomerata*, Fp – *Festuca pratensis*, Php – *Phleum pratense*, Arhe – *Arrhenatherum elatius*

* grupy jednorodne – homogeneous group

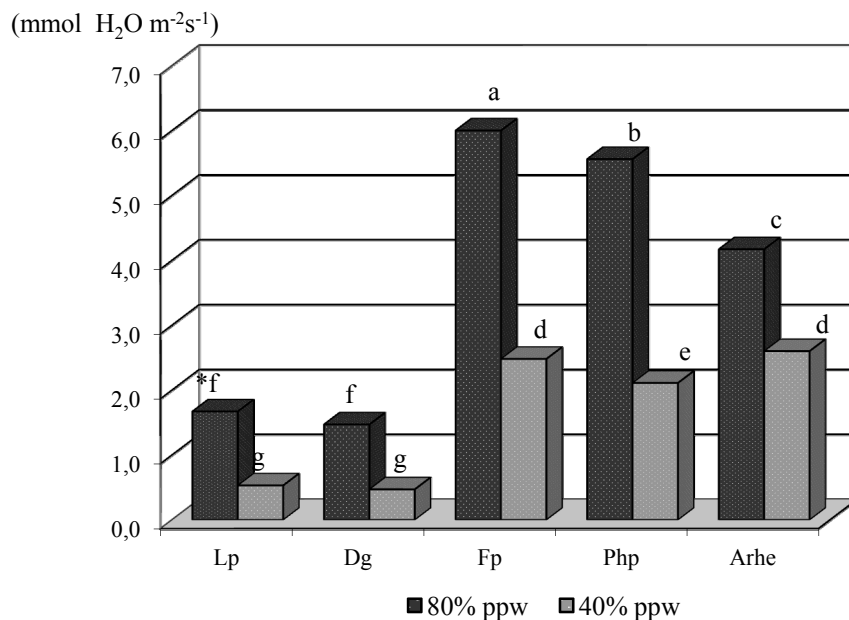
Rys. 1. Intensywność fotosyntezy

Fig. 1. Intensity of photosynthesis

CO₂. Pod względem tej cechy najbardziej odpornym gatunkiem okazał się rajgras wyniosły, u którego wartość parametru obniżyła się o 32%. Zmniejszenie intensywności parametrów wymiany gazowej, a głównie fotosyntezy i transpiracji pod wpływem niedoboru wody u różnych gatunków roślin stwierdzili również Pszczółkowska i in. [2010a, 2010b], Olszewski i in. [2007, 2009], Hejník i Křižková [2004] oraz Kocoń i Podleśna [2004].

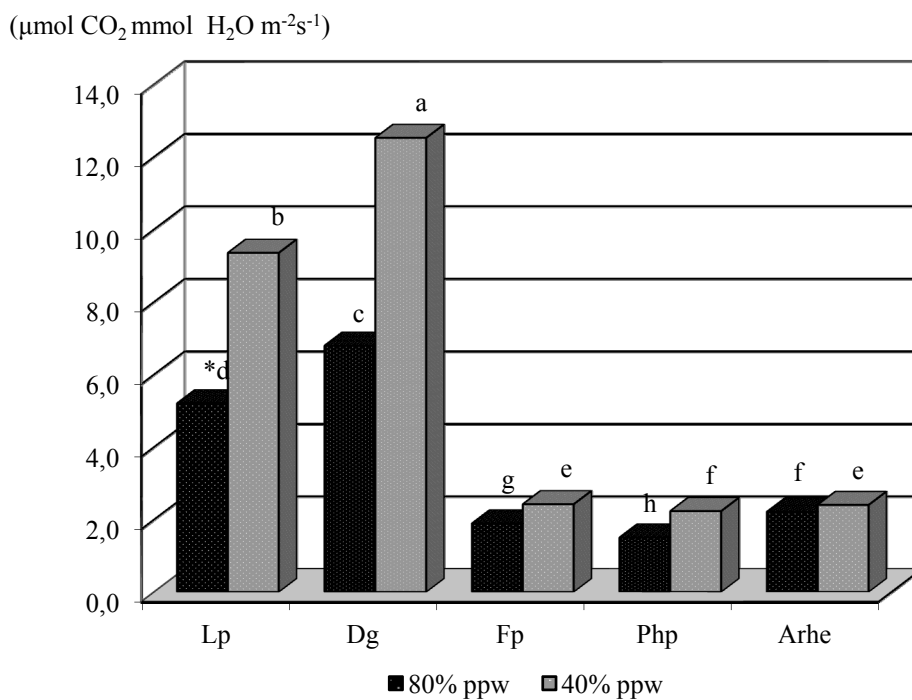
Badane gatunki traw różniły się także intensywnością transpiracji. Najwięcej wody z jednostki powierzchni liści transpirowała kostrzewa łąkowa, istotnie mniej tymotka łąkowa i rajgras wyniosły, natomiast niskie wartości transpiracji rzędu 0,5–1,5 mmol H₂O·m⁻²·s⁻¹ odnotowano u życicy trwałej i kupkówki pospolitej (rys. 2). W porównaniu do kostrzewy, u życicy i kupkówki wartości te były ponad czterokrotnie niższe. Wszystkie badane gatunki istotnie ograniczały transpirację w warunkach niedoboru wody w glebie, w największym stopniu zaobserwowano to u kostrzewy łąkowej i tymotki łąkowej, a w najmniejszym u rajgrasu wyniosłego.

Intensywność transpiracji ściśle związana jest z efektywnością wykorzystania wody dostępnej dla roślin w okresie wegetacji. Na podstawie wyliczonego fotosyntetycznego współczynnika wykorzystania wody wykazano, że trawy które transpirowały dużo wody charakteryzowały się jednocześnie niskim jej wykorzystaniem. Ponadto stwierdzono, że gatunki lepiej wykorzystywały wodę przy jej niedoborze w glebie i wartości WUE były wówczas istotnie większe od wartości uzyskanych w warunkach optymalnego uwilgotnienia (rys. 3). Wyniki te są zgodne ze wcześniejszymi badaniami Pietkiewicza i in. [2005] oraz Rumasz-Rudnickiej [2010]. Z porów-



Lp* – oznaczenia jak na rys. 1 – explanation see Fig. 1

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

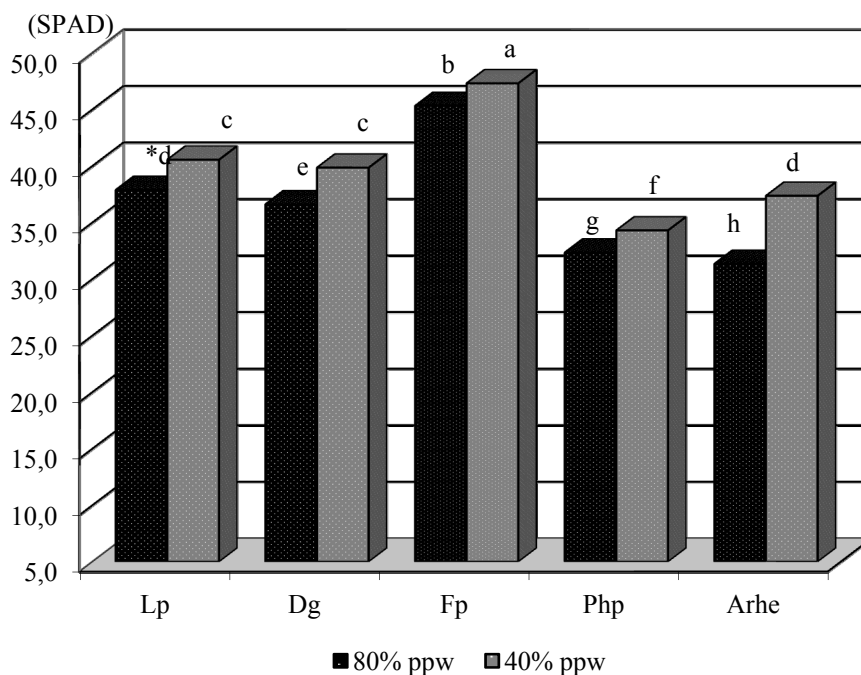


Lp* – oznaczenia jak na rys. 1 – explanation see Fig. 1

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

nywanych w badaniach gatunków najlepiej wykorzystywała wodę kępówka pospolita. Wartości WUE u tego gatunku wynosiły od ok. 12 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ w warunkach stresu do ok. 6 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ w warunkach optymalnego uwilgotnienia. Potwierdza to dużą zdolność kępówki do utrzymywania się w warunkach niedoboru wody w glebie [Harkot 1999].

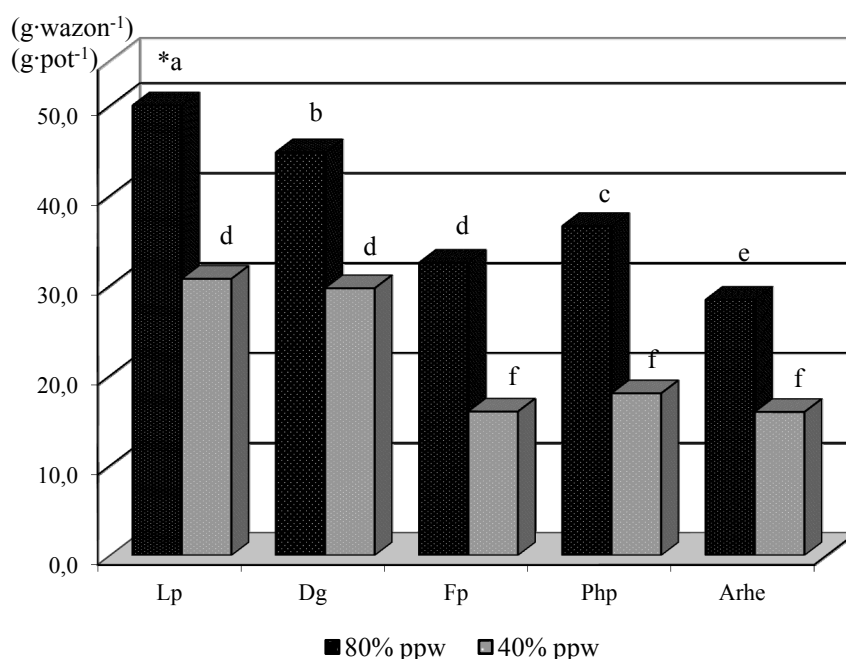
Proces fotosyntezy zachodzi we wszystkich zielonych częściach roślin, ale głównie i najbardziej intensywnie w liściach. Na jego przebieg duży wpływ ma zawartość chlorofilu, głównego barwnika fotosyntetycznego roślin [Kaczmarczyk i in. 1993, Kościelniak i in. 1990, Starck 2002]. Potwierdzają to uzyskane wyniki badań. Gatunki o wysokim poziomie chlorofilu w liściach odznaczały się również wysoką intensywnością fotosyntezy. Istotną korelację między koncentracją chlorofilu w liściach a intensywnością fotosyntezy wykazali również Hall i Rao [1999], Olszewski [2004], Piskornik [1994] oraz Rumasz-Rudnicka [2010]. W przeprowadzonych badaniach gatunkiem o najwyższych wartościach SPAD była kostrzewa łąkowa (rys. 4). Niższe wartości indeksu zieloności liści odnotowano u życicy trwałej i kępówki pospolitej, które zawierały się w przedziale 37–40 jednostek SPAD. Natomiast do gatunków o niskim poziomie chlorofilu należą tymotka łąkowa i rajgras wyniosły. Liście tych gatunków zawierały o ok. 20–30% mniej chlorofilu niż kostrzewa łąkowa. Istotne różnice gatunkowe wśród traw w wartościach SPAD wykazali również Jodełka i Sosnowski [2010]. Niedobór wody w glebie istotnie zwiększał wartości SPAD u wszystkich badanych gatunków traw. Jest to zbieżne z wynikami uzyskanymi przez Michałek i Sawicką [2005] oraz Rumasz-Rudnicką [2010].



Lp* – oznaczenia jak na rys. 1 – explanation see Fig. 1

Rys. 4. Indeks zieloności liści
Fig. 4. Leaf greenness index

Deficyt wody w glebie jest czynnikiem stresowym wpływającym na plonowanie roślin. Uzyskane wyniki wskazują na istotne ograniczenie plonowania wszystkich gatunków traw pod wpływem stresu wodnego. W największym stopniu zaznaczyło się to u kostrzewy łąkowej i tymotki łąkowej (rys. 5). Gatunki te zareagowały na niedobór wody ponad 50% spadkiem plonowania. Mniejszą reakcję wykazały kępówka pospolita i życica trwała, ponieważ niższa plonu u tych gatunków wynosiła odpowiednio 34 i 38%. Zmniejszenie plonowania roślin w warunkach stresu wodnego jest konsekwencją ograniczenia intensywności fotosyntezy oraz procesów wzrostowych, a także zaburzeń w transporcie i dystrybucji wytworzonych asymilatów [Kocoń i Podleśna 2004, Starck 2002]. Jak podają Strebeyko i Domańska [1957], nawet niewielkie obniżenie zawartości wody w liściach, wywołane przez niedobór wody w glebie, powoduje bardzo silne zahamowanie wzrostu i znaczne obniżenie plonów.



Lp* – oznaczenia jak na rys. 1 – explanation see Fig. 1

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

WNIOSKI

1. Reakcja traw na stres wodny jest różna i zależy od gatunku. W świetle uzyskanych wyników kostrzewa łąkowa jest gatunkiem o największej intensywności fotosyntezy i największych wartościach indeksu zieloności liści, ale jednocześnie charakteryzuje się wysoką transpiracją i słabo wykorzystuje dostępną w glebie wodę.

2. Do uprawy na glebie organicznej w warunkach stresu wodnego, najlepszymi gatunkami są kupkówka pospolita i życica trwała, które odznaczają się niską transpiracją, wysokim współczynnikiem wykorzystania wody i w porównaniu do innych gatunków w mniejszym stopniu ograniczają plonowanie.

Piśmiennictwo

- Hall D.O., Rao K.K. 1999. Fotosynteza. WNT. Warszawa. ss. 260.
- Harkot W. 1999. Wpływ czynników siedliskowych na wzrost i rozwój *Dactylis glomerata* L. w mieszan-
kach z *Phleum pratense* L. i *Lolium perenne* L. Łąk. Pol./Grassl. Sci. Poland 2: 51–58.
- Hejnák V., Křižková J. 2004. The effect of water stress on photosynthesis of spring barley. Zesz. Probl.
Post. Nauk Rol. 496: 241–249.
- Jodelka J., Sosnowski J. 2010. Ocena sposobu dostarczania azotu wybranym gatunkom traw w zależności
od nawożenia fosforem i potasem. Fragm. Agron. 27(1): 53–61.
- Kaczmarczyk S., Koszański Z., Podsiadło C. 1993. Przebieg niektórych procesów fizjologicznych oraz
plonowanie pszenicy ozimej i pszenżyta pod wpływem deszczowania i nawożenia azotem. Cz. I. Za-
wartość chlorofilu i karotenoidów w niektórych organach pszenicy ozimej i pszenżyta. Acta Agrobot.
46(1): 15–30.
- Kocooń A., Podleśna A. 2004. Wstępna ocena efektywności fotosyntetycznej wybranych odmian pszenicy
ozimej w warunkach stresu wodnego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 496: 259–266.
- Kościelniak J., Filek W., Augustyniak G. 1990. Photosynthetic activity in different organs of field beans
(*Vicia faba* L. var. *minor*) with indeterminate and growth habit. Acta Physiol. Plant. 2: 95–103.
- Michalek W., Sawicka B. 2005. Zawartość chlorofilu i aktywność fotosyntetyczna średnio późnych od-
mian ziemniaka w warunkach pola uprawnego w środkowo-wschodniej Polsce. Acta Agrophys. 6(1):
183–195.
- Olszewski J. 2004. Wpływ wybranych stresów abiotycznych i biotycznych na intensywność fotosyntezy
i transpiracji, plonowanie oraz zdrowotność bobiku i grochu siewnego. Wyd. UWM Olsztyn, Rozpr.
Monogr. 85: ss. 109.
- Olszewski J., Pszczółkowska A., Makowska M., Kulik T., Okorski A. 2009. Effect of water deficit on gas
exchange parameters, productivity and grain wholesomeness of spring wheat. Pol. J. Nat. Sci. 24(2):
85–92.
- Olszewski J., Pszczółkowska A., Kulik T., Fordoński G., Płodzień K., Okorski A., Wasilewska J. 2007.
Effect of water deficit on gas exchange parameters, productivity and grain health of winter wheat cul-
tivars. Acta Sci. Pol., Agricultura 6(4): 33–42.
- Pietkiewicz S., Wyszynski Z., Łoboda T. 2005. Współczynnik wykorzystania wody buraka cukrowego na
tle wybranych czynników agrotechnicznych. Fragm. Agron. 22(1): 521–529.
- Piskornik Z. 1994. Fizjologia roślin dla wydziałów ogrodnich. Wyd. AR Kraków: ss. 420.
- Pszczółkowska A., Fordoński G., Kulik T., Olszewski J., Płodzień K., Łojko M. 2010a. The effect of water
stress on the gas exchange parameters, productivity and seed health of buckwheat (*Fagopyrum escul-
entum* Moench). Acta Agrobot. 63(1): 67–76.
- Pszczółkowska A., Fordoński G., Olszewski J., Kulik T., Konopka I. 2010b. Productivity and seed health
of husked oats (*Avena sativa* L.) grown under different soil moisture conditions. Acta Agrobot. 63(2):
127–133.
- Rumasz-Rudnicka E. 2010. Wpływ nawadniania i nawożenia azotem na asymilację i transpirację życicy
westerwoldzkiej. Acta Agrophys. 15(2): 395–408.
- Starck Z. 2002. Mechanizmy integracji procesów fotosyntezy i dystrybucji biomasy w niekorzystnych
warunkach środowiska. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 481: 111–123.
- Strebyko P., Domańska H. 1957. Wpływ wahań bilansu wodnego liści na wzrost owsa i rzepaku. Roczn.
Nauk Rol., Ser. A 75(3): 339–365.

M. OLSZEWSKA, S. GRZEGORCZYK

**THE EFFECT OF WATER STRESS ON SELECTED GRASS SPECIES GROWN
IN ORGANIC SOILS**

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. Two soil moisture levels were applied: 80% field water capacity (optimum moisture) and 40% 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 also calculated. *Festuca pratensis* was characterized by the highest rate of photosynthesis and the highest leaf greenness index, but also by a high rate of transpiration and low water use efficiency. Poor water use efficiency resulted in a lower yield of *Festuca pratensis*, as compared with *Lolium perenne* and *Dactylis glomerata*. Despite lower rates of photosynthesis and chlorophyll concentrations, *Lolium perenne* and *Dactylis glomerata* were characterized by a higher dry matter yield due to more effective water use. The best grass species, recommended for growing in organic soils under water stress conditions, are *Dactylis glomerata* and *Lolium perenne*. Both species are characterized by a low rate of transpiration, high water use efficiency and a relatively high yield, in comparison with other species.