

## **REAKCJA ODMIAN KOSTRZEWEY ŁĄKOWEJ (*Festuca pratensis* HUDS.) I TYMOTKI ŁĄKOWEJ (*Phleum pratense* L.) UPRAWIANYCH NA GLEBIE ORGANICZNEJ NA NIEDOBÓR WODY**

Marzenna Olszewska

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

**Streszczenie.** Dwie serie doświadczeń wazonowych przeprowadzono w 2004 roku w szklarni Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Badano odmiany kostrzewy łąkowej (Skra, Skawa) i tymotki łąkowej (Kaba, Karta) przy dwóch poziomach wilgotności gleby: 80% ppw (wilgotność optymalna) i 40% ppw (stres wodny). Wilgotność gleby różnicowano po wschodach roślin. Odpowiednią wilgotność utrzymywano przez codzienne uzupełnianie ubytków wody do określonej masy wazonu z glebą. Do doświadczenia użyto wazonów typu Kick-Braukmanna, napełnionych 8 kg gleby torfowo-murszowej, zawierającej 29,7% substancji organicznej. Zawartość składników przyswajalnych w 1 kg gleby przedstawiała się następująco: 320 mg P, 540 mg K i 300 mg Mg oraz 5 mg Cu, 28,6 mg Zn, 88,6 mg Mn i 1126 mg Fe. Odczyn gleby w 1 mol KCl-dm<sup>3</sup> wynosił 4,9. W okresie wegetacji mierzono intensywność fotosyntezy za pomocą urządzenia Li-Cor 6400 oraz indeks zieloności liści – chlorofilometrem SPAD-502 firmy Minolta. Rośliny ścinano trzykrotnie. Stwierdzono, że deficyt wodny spowodował zmniejszenie fotosyntezy średnio o 44%, przy czym największą reakcję na niedobór wody wykazywała kostrzewa łąkowa odmiany Skawa (zmniejszenie fotosyntezy o około 47%). U wszystkich odmian w warunkach niedoboru wody nastąpił wzrost wartości SPAD. Więcej chlorofilu, średnio o około 14 jednostek SPAD, zawierały odmiany kostrzewy łąkowej niż tymotki łąkowej. Obniżenie wilgotności gleby z 80 do 40% spowodowało spadek plonu suchej masy. Największym ograniczeniem plonowania odznaczała się odmiana Karta, zaś najmniejszym – Skawa. Wszystkie odmiany uprawiane w warunkach glebowego deficytu wody zawierały więcej białka ogólnego i wapnia oraz mniej włókna surowego i fosforu niż rośliny pochodzące z obiektów kontrolnych. Najbardziej odporna na niedobór wody w glebie była odmiana kostrzewy łąkowej Skawa, która mimo znacznego ograniczenia intensywności fotosyntezy w niewielkim stopniu ograniczała plonowanie.

**Słowa kluczowe:** chlorofil, deficyt wody, intensywność fotosyntezy, kostrzewa łąkowa, plonowanie, skład chemiczny, tymotka łąkowa

## WSTĘP

Niedobór wody w glebie wywiera duży wpływ na rośliny, objawiający się silnym zahamowaniem ich wzrostu oraz zaburzeniami rozwoju. W warunkach deficytu wodnego rośliny tracą turgor i aby zmniejszyć utratę wody, ograniczają transpirację, przymykając aparaty szparkowe. To z kolei ogranicza pobieranie dwutlenku węgla i tym samym spowalnia proces fotosyntezy. Każde ograniczenie intensywności fotosyntezy powoduje spadek wysokości i jakości plonu [Łoboda 1993, Hejnák i Křižková 2004, Wojtasik 2004, Michałek i Sawicka 2005, Żurek 2006]. Jednak siła reakcji na niedobór wody jest różna i zależy od gatunku oraz odmiany rośliny. Niedobór wody wpływa również na zmiany zawartości chlorofilu w liściach, a z kolei poziom chlorofilu w roślinach jest wiarygodnym wskaźnikiem żywotności roślin i ich odporności na stresowe warunki środowiska. Na jego zawartość w liściach wpływa wiele czynników: cechy genetyczne odmian, faza rozwojowa roślin, warunki klimatyczne i glebowe oraz dostępność składników pokarmowych i wody. Dostępność wody dla roślin zależy w dużej mierze od typu gleby, na jakiej są uprawiane. Gleby organiczne szybko się nagrzewają wskutek intensywnej pochłaniania promieniowania słonecznego, niedobór wody powoduje bardzo szybkie przesuszenie i rozkład ich masy organicznej, w efekcie maleje pojemność wodna i możliwość kapilarnego podnoszenia wody. Rośliny uprawiane w takich warunkach cierpią na niedobór wody [Gawlik i in. 1997].

Zasygnalizowane powyżej zagadnienia były inspiracją do przeprowadzenia badań, których celem było określenie wpływu niedoboru wody w glebie na intensywność fotosyntezy, indeks zieloności liści, plonowanie oraz skład chemiczny wybranych odmian kostrzewy łąkowej i tymotki łąkowej uprawianych na glebie organicznej.

Hipoteza badawcza zakładała, że poszczególne gatunki i odmiany traw różnią się zawartością chlorofilu i intensywnością fotosyntezy, zatem w odmienny sposób reagowały będą na niedobór wody w glebie. Pomoże to wytypować gatunki i odmiany lepiej nadające się do uprawy w warunkach pojawiającej się suszy glebowej.

## MATERIAŁ I METODY

Eksperyment przeprowadzono w 2004 roku w szklarni Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, w ściśle kontrolowanych warunkach (temperatura i wilgotność powietrza). Doświadczenie obejmowało dwie serie doświadczeń wazonowych (I seria – od lutego do czerwca, II seria – od lipca do listopada), w których badano odmiany kostrzewy łąkowej (Skra, Skawa) i odmiany tymotki łąkowej (Kaba, Karta). Odmiany oceniano przy dwóch poziomach wilgotności gleby: 80% ppw (wilgotność optymalna) i 40% ppw (stres wodny). Wilgotność gleby różnicowano po wschodach roślin. Odpowiednią wilgotność utrzymywano przez codzienne uzupełnianie ubytków wody do określonej masy wazonu z glebą. Do doświadczenia użyto wazonów typu Kick-Braukmanna, napełnionych 8 kg gleby torfowo-murszowej zawierającej 29,7% substancji organicznej. Zawartość składników przyswajalnych w 1 kg gleby przedstawiała się następująco: 320 mg P, 540 mg K i 300 mg Mg oraz 5 mg Cu, 28,6 mg Zn, 88,6 mg Mn i 1126 mg Fe. Odczyn gleby w 1 mol KCl-dm<sup>-3</sup> 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, pozostawiając po 8 roślin w wazonie. Nawożenie azotem w ilości 0,5 g na wazon stosowano w trzech

dawkach: przedsięwzięcie, po pierwszym i po drugim koszeniu roślin. Azot zastosowano w postaci roztworu  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ . Fosfor, potas i magnez wprowadzono w postaci roztworów  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  i  $\text{MgSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$  jednorazowo, przedsięwzięcie, w ilości: 0,15 g P, 0,6 g K i 0,15 g Mg na wazon. Przedsięwzięcie ponadto zaaplikowano pożywkę mikroelementową w ilości 20 ml na wazon, zawierającą:  $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{FeN}_2\text{NaC}_8$ ,  $\text{MnCl}_2 \times 4 \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CuCl}_2 \times 2 \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4 \text{H}_2\text{O}$ . W okresie wegetacji mierzono intensywność fotosyntezy za pomocą przenośnego urządzenia do pomiaru parametrów wymiany gazowej Li-Cor 6400 oraz indeks zieloności liści, wykorzystując do tego celu chlorofilometr SPAD-502 firmy Minolta. Przyrząd mierzy różnice pomiędzy absorpcją światła przez liść przy długości fali 650 nm (maksymalna absorpcja światła przez chlorofil a i b) i 940 nm (światło zatrzymywane przez tkanki liścia). Iloraz tych wartości jest indeksem zieloności liścia i wykazuje korelację z zawartością chlorofilu [Blackmer i Schepers 1994, Gregorczyk i Raczyńska 1997, Samborski i Rozbicki 2002]. Pomiar intensywności fotosyntezy oraz indeksu zieloności liści wykonywano na najmłodszym, w pełni rozwiniętym liściu pędów losowo wybranych z każdego wazonu. W każdej serii przeprowadzono trzykrotną defoliację roślin. Rośliny ścinano po około 50 dniach od siewu i kolejnych pokosów. W uzyskanej biomacie oznaczono zawartość białka ogólnego, włókna surowego i popiołu oraz fosforu, potasu, wapnia i magnezu. Wyniki badań opracowano statystycznie, używając do tego celu programu komputerowego STATISTICA. Istotność różnic weryfikowano testem Tukeya na poziomie ufności  $\alpha = 0,99$ .

## WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że niedobór wody w glebie istotnie ograniczał proces fotosyntezy. Obniżenie wilgotności gleby z 80 do 40% spowodowało zmniejszenie fotosyntezy średnio o 44%, przy czym największe ograniczenie procesu odnotowano w trzecim odroście roślin (66%). Podobny efekt deficytu wody obserwowali również Szczepanek i Olszewski [2008]. Autorzy stwierdzili prawie trzykrotnie mniejszą intensywność fotosyntezy kostrzewy czerwonej uprawianej w warunkach niedoboru wody w glebie. Także Xu i in. [1990] wykazali hamowanie fotosyntezy przy obniżeniu zawartości wody w glebie z 75 do 40%. W badaniach własnych spadek intensywności fotosyntezy był mniejszy u odmian tymotki łąkowej niż kostrzewy (tab. 1). Największą reakcję na niedobór wody wykazywała odmiana kostrzewy łąkowej Skawa, u której nastąpiło zmniejszenie fotosyntezy o około 47%. Hamowanie intensywności fotosyntezy na skutek niedoboru wody jest związane ze spadkiem aktywności RuBisCo [Lu i Zhang 1998]. Davies i in. [1986] twierdzą, że związane jest to również ze zmniejszeniem produkcji cytokinin przez korzenie i zmniejszeniem ich transportu do liści, z kolei niska zawartość cytokinin w liściach powoduje zamykanie szparek. Zmniejszenie przewodności dyfuzyjnej szparek ogranicza dostępność dwutlenku węgla i przez to obniża intensywność fotosyntezy [Łoboda 1993, Hejník i Křížková 2004, Wojtasik 2004]. Uzyskane średnie wartości fotosyntezy wskazują na większą intensywność asymilacji  $\text{CO}_2$  u odmian kostrzewy łąkowej niż u tymotki. Z badań wynika, że proces fotosyntezy najintensywniej przebiegał w drugim odroście roślin, co zostało potwierdzone również we wcześniejszych badaniach własnych [Olszewska 2003]. Zróżnicowanie intensywności fotosyntezy w poszczególnych odrostach było niewielkie, świadczą o tym niskie współczynniki zmienności, zawierające się w przedziale 0,86-9,22% (tab. 2).

Tabela 1. Intensywność fotosyntezy odmian kostrzewy łąkowej i tymotki łąkowej,  $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$   
 Table 1. Rate of photosynthesis in cultivars of meadow fescue and timothy,  $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

Gatunek i odmiana Species and cultivar	Wilgotność gleby Soil moisture %	I pokos 1 <sup>st</sup> cut	II pokos 2 <sup>nd</sup> cut	III pokos 3 <sup>rd</sup> cut	Średnia Mean
Kostrzewa łąkowa Skra	40	5,41 a	9,61 c	3,05 b	6,02 bc
Meadow fescue Skra	80	11,04 f	12,67 de	10,27 e	11,32 f
Kostrzewa łąkowa Skawa	40	6,64 bc	7,94 b	2,89 b	5,82 b
Meadow fescue Skawa	80	11,77g	13,34 e	8,12 d	11,08 f
Tymotka łąkowa Karta	40	6,13 b	9,77 c	3,16 b	6,35 c
Timothy Karta	80	10,45 e	12,54 d	6,51 c	9,83 e
Tymotka łąkowa Kaba	40	6,75 c	5,15 a	2,17 a	4,69 a
Timothy Kaba	80	8,55 d	8,17 b	8,31 d	8,34 d
Średnia dla odmiany – Mean for cultivar					
Skra		8,22 b	11,14 c	6,66 c	8,67 d
Skawa		9,21 c	10,64 b	5,51 b	8,45 c
Karta		8,29 b	11,16 c	4,84 a	8,09 b
Kaba		7,65 a	6,66 a	5,24 b	6,52 a
Średnia dla wilgotności gleby – Mean for soil moisture					
	40%	6,23 a	8,12 a	2,82 a	5,72 a
	80%	10,45 b	11,68 b	8,30 b	10,14 b

jednakowymi literami oznaczono wartości nie różniące się istotnie – the same letters marked values did not differ significantly

Tabela 2. Zróżnicowanie intensywności fotosyntezy odmian kostrzewy łąkowej i tymotki łąkowej  
 Table 2. Varied intensity of photosynthesis in meadow fescue and timothy cultivars

Gatunek i odmiana Species and cultivar	Wilgotność gleby Soil moisture %	Współczynnik zmienności – Variability coefficient		
		I pokos – 1 <sup>st</sup> cut	II pokos – 2 <sup>nd</sup> cut	III pokos – 3 <sup>rd</sup> cut
Kostrzewa łąkowa Skra	40	2,77	1,87	2,30
Meadow fescue Skra	80	1,18	3,00	1,36
Kostrzewa łąkowa Skawa	40	3,16	2,27	5,54
Meadow fescue Skawa	80	1,02	2,70	3,94
Tymotka łąkowa Karta	40	3,59	1,64	5,38
Timothy Karta	80	2,49	2,55	3,07
Tymotka łąkowa Kaba	40	0,89	3,69	9,22
Timothy Kaba	80	2,92	0,86	3,37

Pod wpływem niedoboru wody zmienił się poziom chlorofilu w liściach badanych odmian traw. U wszystkich odmian większe wartości SPAD stwierdzono w liściach pochodzących z obiektów z niedoborem wody. W porównaniu z obiektami optymalnie uwilgotnionymi stwierdzono około 6% wzrost poziomu chlorofilu w liściach, przy czym największą reakcję wykazywała odmiana tymotki łąkowej Karta, u której poziom chlorofilu w liściach wzrósł o 12%. Jednocześnie odmiana ta wyróżniała się najmniejszą zawartością zielonego barwnika (tab. 3). Większe wartości SPAD u roślin uprawianych w warunkach deficytu wody mogły wynikać z obrony roślin przed stresem. W warunkach niedoboru wody następuje zmniejszanie się komórek i zagęszczanie tkanek liściowych, w związku z tym wzrasta w nich stężenie związków mało- i wielkocząsteczkowych, m.in. chlorofilu. Badania wykazały, że istotnie więcej chlorofilu, średnio

o około 14 jednostek SPAD, zawierały odmiany kostrzewy łąkowej niż tymotki. Potwierdza to wcześniejsze wyniki doświadczeń prowadzonych na glebie mineralnej [Olszewska 2003]. Na zróżnicowanie odmianowe w zawartości chlorofilu w liściach wskazują również badania Golińskiego i Xi [2000]. Autorzy ci wykazali ponadto zmniejszenie zawartości chlorofilu w warunkach niskiego uwilgotnienia gleby, co jest sprzeczne z wynikami badań własnych. W poszczególnych odrostach roślin stwierdzono małe zróżnicowanie wartości SPAD, obrazują to niskie współczynniki zmienności (tab. 4). Wyniki uzyskane przez Gáborčika [1997] oraz Golińskiego i Xi [2000] wskazują na znaczne zróżnicowanie zawartości chlorofilu w liściach traw poszczególnych odrostów.

Tabela 3. Indeks zieloności liści (SPAD) odmian kostrzewy łąkowej i tymotki łąkowej  
Table 3. Leaf greenness index (SPAD) in meadow fescue and timothy cultivars

Gatunek i odmiana Species and cultivar	Wilgotność gleby Soil moisture %	I pokos 1 <sup>st</sup> cut	II pokos 2 <sup>nd</sup> cut	III pokos 3 <sup>rd</sup> cut	Średnia Mean
Kostrzewa łąkowa Skra	40	47,10 d	47,43 e	47,40 e	47,31 f
Meadow fescue Skra	80	46,33 d	45,35 d	44,25 d	45,31 e
Kostrzewa łąkowa Skawa	40	48,60 e	47,40 e	46,35 e	47,45 f
Meadow fescue Skawa	80	46,98 d	44,40 d	44,53 d	45,30 e
Tymotka łąkowa Karta	40	31,15 b	34,35 b	34,80 c	33,43 c
Timothy Karta	80	29,45 a	30,63 a	29,13 a	29,73 a
Tymotka łąkowa Kaba	40	34,03 c	35,35 c	33,50 b	34,29 d
Timothy Kaba	80	30,71 ab	33,83 b	32,43 b	32,33 b
Średnia dla odmiany – Mean for cultivar					
Skra		46,71 c	46,39 c	45,83 c	46,31 c
Skawa		47,79 d	45,90 c	45,44 c	46,38 c
Karta		30,30 a	32,49 a	31,96 a	31,58 a
Kaba		32,39 b	34,59 b	32,96 b	33,31 b
Średnia dla wilgotności gleby – Mean for soil moisture					
40%		40,22 b	41,13 b	40,51 b	40,62 b
80%		38,38 a	38,55 a	37,58 a	38,17 a

Tabela 4. Zróżnicowanie indeksu SPAD w liściach odmian kostrzewy łąkowej i tymotki łąkowej  
Table 4. Variation in leaf greenness index (SPAD) of meadow fescue and timothy cultivars

Gatunek i odmiana Species and cultivar	Wilgotność gleby Soil moisture %	Współczynnik zmienności – Variability coefficient		
		I pokos – 1 <sup>st</sup> cut	II pokos – 2 <sup>nd</sup> cut	III pokos – 3 <sup>rd</sup> cut
Kostrzewa łąkowa Skra	40	1,56	0,15	2,87
Meadow fescue Skra	80	1,79	0,88	0,84
Kostrzewa łąkowa Skawa	40	1,63	1,34	0,82
Meadow fescue Skawa	80	1,35	0,49	1,29
Tymotka łąkowa Karta	40	0,62	1,15	0,49
Timothy Karta	80	1,52	0,59	0,22
Tymotka łąkowa Kaba	40	0,99	0,88	0,43
Timothy Kaba	80	1,10	0,80	0,46

Spadek plonu jest typową reakcją na stres wodny, ponieważ dochodzi do ograniczenia intensywności fotosyntezy oraz procesów wzrostu roślin [Lu i Zhang 1998, Starck 2002], jednak reakcja poszczególnych gatunków i odmian jest bardzo zróżnicowana. W przeprowadzonych badaniach wszystkie odmiany pochodzące z obiektów deficytowych pod względem wody plonowały istotnie niżej niż z obiektów optymalnie uwilgotnionych. Spadek plonu suchej masy wyniósł średnio 51% (tab. 5). Największym ograniczeniem plonowania odznaczała się odmiana tymotki łąkowej Karta (około 55%), zaś najmniejszym – odmiana kostrzewy łąkowej Skawa (około 48%). Skawa plonowała najniżej i jednocześnie w największym stopniu ograniczała intensywność fotosyntezy w warunkach niedoboru wody. Wydaje się więc, że zużywa mniej energii na wytworzenie plonu i dzięki temu jest mniej wrażliwa od innych testowanych odmian na warunki niedoboru wody w glebie.

Tabela 5. Plon suchej masy odmian kostrzewy łąkowej i tymotki łąkowej, g-wazon<sup>-1</sup>  
Table 5. Dry matter yield of meadow fescue and timothy cultivars, g-pot<sup>-1</sup>

Gatunek i odmiana Species and cultivar	Wilgotność gleby Soil moisture %	I pokos 1 <sup>st</sup> cut	II pokos 2 <sup>nd</sup> cut	III pokos 3 <sup>rd</sup> cut	Razem Total
Kostrzewa łąkowa Skra Meadow fescue Skra	40	7,40 a	4,25 a	4,33 ab	15,98 a
	80	12,70 bc	11,15 c	8,68 cd	32,53 c
Kostrzewa łąkowa Skawa Meadow fescue Skawa	40	7,20 a	3,93 a	4,23 a	15,35 a
	80	11,63 b	9,90 b	7,88 c	29,40 b
Tymotka łąkowa Karta Timothy Karta	40	7,05 a	3,45 a	5,00 ab	15,50 a
	80	12,83 bc	11,20 c	10,03 d	34,05 cd
Tymotka łąkowa Kaba Timothy Kaba	40	8,35 a	3,88 a	5,78 b	18,00 a
	80	13,08 c	13,55 d	9,97 d	36,60 d
Średnia dla odmiany – Mean for cultivar					
Skra		10,05 ab	7,70 b	6,50 a	24,25 b
Skawa		9,41 a	6,91 ab	6,05 a	22,38 a
Karta		9,94 ab	7,33 ab	7,51 b	24,78 b
Kaba		10,71 b	8,71 c	7,88 b	27,30 c
Średnia dla wilgotności gleby – Mean for soil moisture					
	40%	7,50 a	3,88 a	4,83 a	16,21 a
	80%	12,56 b	11,45 b	9,14 b	33,14 b

Wszystkie odmiany uprawiane w warunkach glebowego deficytu wody zawierały więcej białka ogólnego i wapnia oraz mniej włókna surowego i fosforu niż rośliny pochodzące z obiektów optymalnie uwilgotnionych (tab. 6 i 7). Nie stwierdzono natomiast istotnych zmian zawartości popiołu surowego, potasu i magnezu. Związane to było prawdopodobnie z fazą rozwojową. Rośliny, które pochodziły z obiektów deficytowych pod względem wody, słabiej się rozwijały, były znacznie niższe i zawierały mniej zdrewniałych części. Przedstawione w literaturze wyniki dotyczące wpływu dostępności wody w glebie na skład chemiczny roślin są rozbieżne. Badania Benedyckiego i in. [1998] oraz Jurkowskiej i in. [1993] wykazały, że zmniejszenie uwilgotnienia gleby powodowało zwiększenie zawartości azotu i wapnia w biomacie roślin oraz zmniejszenie – fosforu i potasu. Według Kormana [1999] zwiększenie uwilgotnienia gleby nie zmieniało istotnie zawartości składników mineralnych w zielonce z mieszanek traw, przyczyniło się natomiast do zwiększenia zawartości fosforu i potasu w zielonce z lucerny. Doświadczenia wykonane przez Trzaskoś i in. [2001] wykazały zwiększenie

zawartości białka, potasu i wapnia, a zmniejszenie – fosforu i sodu w roślinach uprawianych w warunkach suchych. Na podstawie wcześniejszych badań własnych przeprowadzonych na komonicy zwyczajnej stwierdzono, że rośliny poddane stresowi zawierały więcej białka, potasu, magnezu i wapnia oraz mniej włókna surowego i sodu w suchej masie, jedynie zawartość fosforu nie wykazywała większych zmian [Olszewska 2004].

Tabela 6. Zawartość składników pokarmowych w suchej masie roślin na tle zróżnicowanej wilgotności gleby, g·kg<sup>-1</sup>

Table 6. Content of nutrients in plant dry matter depending on soil moisture, g·kg<sup>-1</sup>

Gatunek i odmiana Species and cultivar	Wilgotność gleby Soil moisture %	Białko ogólne Total protein	Włókno surowe Crude fibre	Popiół surowy Crude ash
Kostrzewa łąkowa Skra	40	217,0	227,1	112,0
Meadow fescue Skra	80	165,2	274,4	110,1
Kostrzewa łąkowa Skawa	40	212,1	238,2	108,2
Meadow fescue Skawa	80	177,3	278,2	113,0
Tymotka łąkowa Karta	40	195,1	243,0	93,3
Timothy Karta	80	161,3	285,1	94,1
Tymotka łąkowa Kaba	40	185,4	252,3	98,0
Timothy Kaba	80	151,2	290,5	92,6

Tabela 7. Zawartość składników mineralnych na tle zróżnicowanej wilgotności gleby, g·kg<sup>-1</sup>

Table 7. Content of mineral elements in plant dry matter depending on soil moisture, g·kg<sup>-1</sup>

Gatunek i odmiana Species and cultivar	Wilgotność gleby Soil moisture %	P	K	Ca	Mg
Kostrzewa łąkowa Skra	40	2,6	31,7	8,2	3,3
Meadow fescue Skra	80	3,6	31,4	6,8	3,1
Kostrzewa łąkowa Skawa	40	2,7	31,9	8,7	3,6
Meadow fescue Skawa	80	3,7	31,7	6,8	3,4
Tymotka łąkowa Karta	40	2,5	28,6	7,5	2,7
Timothy Karta	80	3,2	28,8	6,5	2,5
Tymotka łąkowa Kaba	40	2,7	28,4	7,3	2,3
Timothy Kaba	80	3,3	28,1	6,1	2,3

## WNIOSKI

1. Deficyt wody spowodował zmniejszenie intensywności fotosyntezy średnio o 44%, przy czym największą reakcję na niedobór wody wykazywała odmiana kostrzewy łąkowej Skawa.

2. U wszystkich odmian uprawianych w warunkach niedoboru wody stwierdzono wzrost wartości SPAD. Więcej chlorofilu, średnio o około 14 jednostek SPAD, zawierały odmiany kostrzewy łąkowej niż tymotki łąkowej.

3. Obniżenie wilgotności gleby z 80 do 40% spowodowało spadek plonu suchej masy. Największym ograniczeniem plonowania odznaczała się odmiana tymotki łąkowej Karta, zaś najmniejszym – odmiana kostrzewy łąkowej Skawa.

4. Rośliny wszystkich porównywanych odmian w warunkach glebowego deficytu wody zawierały więcej białka ogólnego i wapnia oraz mniej włókna surowego i fosforu niż rośliny pochodzące z obiektów kontrolnych. Nie stwierdzono natomiast istotnych zmian zawartości popiołu surowego, potasu i magnezu.

5. Najbardziej odporna na niedobór wody w glebie organicznej była odmiana kostrzewy łąkowej Skawa, która mimo znacznego spadku intensywności fotosyntezy w niewielkim stopniu ograniczała plonowanie.

## PIŚMIENNICTWO

- Benedycki S., Grzegorzczak S., Benedycka Z., Bałuch A., 1998. Reakcja komonicy zwyczajnej (*Lotus corniculatus* L.) na zróżnicowany odczyn i pojemność wodną gleby. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 456, 587-590.
- Blackmer T.M., Schepers J.S., 1994. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. Communications in Soil Science and Plant Analysis 25, 1791-1800.
- Davies W.J., Metcalfe J., Lodge T.A., da Costa A.R., 1986. Plant growth substances and the regulation of growth under drought. Aust. J. Plant Physiol. 13, 105-125.
- Gáborčík N., 1997. Chlorophyll and grassland – some recent aspects. Wydawnictwo IMUZ. Mat. seminaryjne 38, 87-93.
- Gawlik J., Harkot W., Lipińska H., Lipiński W., 1997. Zależność wschodów życicy trwałej (*Lolium perenne* L.) od wilgotności i stanu przeobrażenia utworów murszowych. Biul. Oceny Odmian 28, 113-118.
- Goliński P., Xi Q., 2000. Evaluation of turf quality of some selected cultivars of *Festuca rubra* in sowing year set against varying soil humidity. Łąkarstwo w Polsce 3, 43-50.
- Gregorzczak A., Raczyńska A., 1997. Badania korelacji między metodą Arnona a pomiarami zawartości chlorofilu za pomocą chlorofilometru. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, Rolnictwo 68, 119-123.
- Hejnák V., Křižková J., 2004. The effect of water stress on photosynthesis of spring barley. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 496, 241-249.
- Jurkowska H., Rogóż A., Wojciechowicz T., 1993. The content of mineral components in plants as depending on soil moisture content. Part 1: Macroelements. Acta Agr. Silv., Agraria 30(1), 29-35.
- Korman K., 1999. Wpływ dostępności wody na zawartość podstawowych składników mineralnych w zielonce z lucerny i mieszanek traw. [W:] Związki mineralne w żywieniu zwierząt. Referaty i doniesienia II konferencji naukowej. Balice, 305-311.
- Lu C.M., Zhang J.H., 1998. Effects of water stress on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photoinhibition in wheat plants. Austr. J. Plant. Physiol. 25, 883-892.
- Łoboda T., 1993. Wymiana gazowa i wzrost roślin zbożowych różnych genotypów w zmieniających się warunkach środowiska. Rozpr. nauk. i monografie, Wyd. SGGW Warszawa.
- 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., 2003. Reakcja wybranych odmian kostrzewy łąkowej i tymotki łąkowej na stres wodny. Acta Sci. Pol., Agricultura 2(2), 141-148.
- Olszewska M., 2004. Reakcja komonicy zwyczajnej (*Lotus corniculatus* L.) uprawianej na glebie mineralnej i organicznej na stres wodny. Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie 4, 2b(12), 185-193.
- Samborski S., Rozbicki J., 2002. Przegląd badań nad wykorzystaniem chlorofilometru SPAD-502 do oceny stanu odżywienia roślin azotem. Nawozy i Nawożenie 2(11), 123-136.
- Starck Z., 2002. Mechanizmy integracji procesów fotosyntezy i dystrybucji biomasy w niekorzystnych warunkach środowiska. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 481, 113-123.



- Szczepanek M., Olszewski J., 2009. Wpływ sposobu i terminu siewu na wzrost, rozwój, zawartość chlorofilu i intensywność fotosyntezy *Festuca rubra* ssp. *commutata*, *trichophylla*, *rubra* w roku siewu i w pierwszym roku użytkowania na nasiona. Acta Sci. Pol., Agricultura 8(2), w druku.
- Trzaskoś M., Czyż H., Kitzczak T., Michałkiewicz J., 2001. Zawartość białka i makroelementów we frakcjach runi łąk przymorskich na tle zróżnicowania siedlisk. Pam. Puł. 125, 147-157.
- 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.
- Xu H.L., Kumura A., Yamagishi T., Ishii R., 1990. interactive effects of soil water regime with above-ground conditions on photosynthesis in wheat plants. I. Photosynthesis as affected by soil water regime and the above-ground conditions changing with the time of day. Jap. J. Crop. Sci. 59, 830-837.
- Żurek G., 2006. Reakcja traw na niedobory wody – metody oceny i ich zastosowanie dla gatunków trawnikowych. IHAR Radzików, Monografie i rozprawy naukowe 25.

#### **RESPONSE OF CULTIVARS OF MEADOW FESCUE (*Festuca pratensis* HUDS.) AND TIMOTHY (*Phleum pratense* L.) GROWN ON ORGANIC SOIL TO MOISTURE DEFICIENCY**

**Abstract.** Two series of pot experiments were conducted in 2004 in the greenhouse of the University of Warmia and Mazury in Olsztyn. Meadow fescue (cultivars Skra and Skawa) and timothy (cultivars Kaba and Karta) were grown at the optimum level of soil moisture (80% of field water capacity) and at moisture deficiency (40% of field water capacity). Soil moisture content was differentiated after emergence. In order to maintain the appropriate soil moisture, water losses were made up on a daily basis, to achieve a specified weight of the pot with soil. Kick-Braukmann pots were filled with 8 kg peat-muck soil containing 29.7% organic matter. The available nutrient content of the soil was as follows: 320 mg P, 540 mg K and 300 mg Mg, and 5 mg Cu, 28.6 mg Zn, 88.6 mg Mn and 112.6 mg Fe·kg<sup>-1</sup> soil. Soil reaction in 1 n KCl was pH 4.9. During the growing season, the rate of photosynthesis was determined with a LI-COR 6400 portable gas analyzer and leaf greenness was measured with a SPAD 502 chlorophyll meter (Minolta). The plants were cut down three times. The concentrations of total protein, crude fiber, ash, phosphorus, potassium, calcium and magnesium were determined in the biomass. It was found that water deficit reduced photosynthesis rate by 44%, on average. The meadow fescue cultivar Skawa showed the strongest response to moisture deficiency, manifested by a decrease in photosynthesis rate reaching 47%. SPAD values, representing the chlorophyll content of leaves, increased in all cultivars grown under water deficit conditions. Chlorophyll concentration was significantly higher in meadow fescue plants (by approx. 14 SPAD units, on average) than in timothy plants. The drop in soil moisture from 80% to 40% caused a decrease in dry matter yield. Of the investigated cultivars, the highest yield decrease was reported for the timothy cultivar Karta, while the lowest – for the meadow fescue cultivar Skawa. All cultivars grown under soil moisture deficiency conditions contained more total protein and calcium and less crude fiber and phosphorus, compared with control treatment plants. No significant changes were observed with respect to the

levels of crude ash, potassium and magnesium. The results of the study indicate that the meadow fescue cultivar Skawa was the most resistant to water deficiency in soil. Despite a considerable decrease in the rate of photosynthesis, the yield of this cultivar dropped only slightly under water deficit conditions.

**Key words:** chlorophyll, meadow fescue, rate of photosynthesis, SPAD, timothy, water deficit

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 18.02.2009