

GRZEGORZ ŻUREK

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Ogród Botaniczny, Bydgoszcz

Reakcja wybranych odmian traw gazonowych na naturalną i symulowaną suszę

The effect of natural and simulated drought on selected turf grass varieties

W latach 1999–2000 oceniano reakcję wybranych odmian, rodów i ekotypów sześciu gatunków traw gazonowych na warunki suszy naturalnej. Za pomocą skali bonitacyjnej określano zasychanie oraz regenerację darni na mikropoletkach trawnikowych w trakcie suszy letniej 1999 i wiosennej 2000. Dla tych samych obiektów wykonano również ocenę kiełkowania nasion w warunkach ujemnego potencjału wody. Stwierdzono istnienie zależności pomiędzy kiełkowaniem nasion w tych warunkach a kondycją darni trawnikowej podczas naturalnej suszy dla kilku spośród 5 odmian i 4 rodów sześciu gatunków traw gazonowych. Obiekty, dla których zanotowano wysokie oceny po suszy letniej 1999 i wiosennej 2000 kiełkowały dobrze w $-0,65$ MPa, a niektóre z nich (życica trwała Stadion i KRH-22) kiełkowały nawet w $-2,05$ MPa. Z kolei obiekty kiełkujące słabo przy najwyższej zastosowanej wartości potencjału wody ($-0,65$ MPa) uzyskały niskie wartości oceny podczas suszy (np. kostrzewa czerwona Bargena i wiechlina łąkowa Dresla). Powyższe zależności znalazły odzwierciedlenie w wartości współczynników korelacji pomiędzy średnim czasem kiełkowania w $-0,65$ MPa i wartościami kondycji poletek trawnikowych podczas suszy. Uzyskane wyniki wskazują na konieczność doskonalenia tej metodyki.

Słowa kluczowe: glikol polietylenowy, PEG, kiełkowanie, susza, trawniki, *Deschampsia cespitosa*, *Festuca arundinacea*, *Festuca rubra*, *Festuca ovina*, *Lolium perenne*, *Poa pratensis*

During periods of natural drought in summer 1999 and spring 2000 5 varieties and 4 breeding lines of 6 turf grass species were evaluated in conditions of close and frequent mowing, no additional watering and low fertilization. Using 1–9 scale the condition of turf plots were evaluated during drought and subsequent regeneration. For the same objects, germination in negative water potential was also evaluated. A relationship was stated between germination in negative water potential and condition of turf plots during natural drought for some tested objects. Species ranked high after natural drought (*Lolium perenne* and *Festuca arundinacea*) germinated even at $\psi_w = -2.05$ MPa, but other species and varieties, ranked lower after drought, germinated only at $\psi_w = 0.0$ (control) and -0.65 MPa. High correlation was found between mean germination time at -0.65 MPa and turf plots condition during drying and post-drought regeneration. The above results suggest necessity for improving screening test on the basis of seed germination in low water potential.

Key words: drought, germination, PEG, turf, *Festuca arundinacea*, *Festuca rubra*, *Festuca ovina*, *Poa pratensis*, *Lolium perenne*, *Deschampsia cespitosa*

WSTĘP

Ograniczone zasoby wody dostępnej dla wciąż zwiększającej się liczebności populacji ludzi to jeden z powodów, dla którego prowadzi się prace nad tworzeniem odmian roślin mniej podatnych na okresowe niedobory wody (Kenna, Horst 1993; Hull 1997; Diesburg i in., 1997). Ma to szczególne znaczenie w wypadku roślin nie konsumpcyjnych, takich jak np. trawy. O ile bowiem zużywanie wody do nawadniania upraw np. warzyw jest powszechnie akceptowane, o tyle stosowanie jej do podlewania trawiastego otoczenia domu może w niedalekiej przyszłości spotkać się z ostrą krytyką. Szacuje się, iż od 22 do 67% wody zużywanej na obszarach miejskich związane jest z konserwacją obszarów zielonych, których integralną częścią są trawniki (Cathey, 2002). Ponadto, np. w niektórych regionach USA, szczególnie narażonych na okresowe niedobory wody, zalecane jest stopniowe ograniczanie powierzchni trawiastych jako elementów krajobrazu szczególnie nieefektywnych w gospodarce wodnej (Gallion, 2003; Loos, 2003; Zając, 2003). Odpowiednio dobrane zestawy bylin, drzew i krzewów ozdobnych są w stanie, według tych autorów, znacznie lepiej niż trawnik wykorzystać skromne zasoby wodne.

Reakcja roślin na suszę jest procesem złożonym i wymaga wielostronnej analizy. W warunkach naturalnych ocenia się np. więdnienie i zasychanie liści, a następnie ich odrost po podlaniu (Carrow, 1996 a, b; Carrow, Duncan 2003; Huang i in., 1997). W doświadczeniach tego typu możliwe jest również uwzględnienie dodatkowego czynnika stresowego, potęgującego efekt suszy np. niskie koszenie. Przy zastosowaniu niskiego koszenia roślina zużywa mniej wody, lecz ma krótszy system korzeniowy i jest tym samym bardziej wrażliwa na niedobory wilgoci (Beard, 1989; Petrovic, 1995). Reakcja roślin na suszę może być symulowana z powodzeniem w warunkach kontrolowanych tj. szklarniowych lub laboratoryjnych (Thomas i in., 1996). Metody laboratoryjne obejmują liczne testy, począwszy od określania odrostu po okresie suszy i dynamiki plonowania poprzez określenie stabilności membran komórkowych w warunkach wzrastającego deficytu wody aż po molekularne podstawy odporności na suszę (Thomas, Evans, 1989; Thomas, 1994; Amin, Thomas, 1996; Thomas i in., 1996; Shinozaki, Yamaguchi-Shinozaki, 1996). Jedną z metod laboratoryjnych stosowanych w ocenie reakcji roślin na suszę jest metoda kiełkowania nasion w warunkach ujemnego potencjału wody.

Potencjał wody roztworów (ψ_w), z którymi kontaktują się rośliny waha się w szerokim zakresie od ok. -0,1 MPa (woda deszczowa) do -2,5 MPa (woda morska). Kiełkowanie nasion większości gatunków roślin lądowych zachodzi zazwyczaj w przedziale od 0,0 MPa (woda chemicznie czysta — badania laboratoryjne), przez -0,2 MPa (gleba wilgotna) do -3,0 MPa (gleba sucha) (Emmerich, Hardegree, 1996). Zawartość wody w piasku powyżej 3% odpowiada wartości $\psi_w = 0.0$ MPa, natomiast 1,1% i 1,3% wody odpowiadają kolejno $\psi_w = -1,5$ MPa i -0,1 MPa (Burton, Bazzaz, 1991).

Wykorzystanie roztworów o ujemnym potencjale wody umożliwia laboratoryjne symulowanie naturalnego niedoboru wody w środowisku. Polega to na dodawaniu do wody, którą pobierają kiełkujące nasiona tzw. substancji osmotycznie czynnych (np. mannitol, azotan potasu czy glikol polietylenowy), z których najczęściej stosowany jest ten ostatni (Brevedan i in., 1997; Dodd, Donovan, 1999; Sharma, 1973; Johnson, Asay, 1978;

Hardegree, Emmerich, 1989, 1992; Emmerich, Hardegree, 1990, 1991, 1996; Kaufmann, Ross, 1970). Glikol polietylenowy (PEG) jest substancją o dużej masie cząsteczkowej, co powoduje zatrzymywanie jego cząsteczek na zewnątrz ścian komórkowych. Możliwość kontrolowania potencjału wody roztworu PEG eliminuje z kolei wpływ przewodnictwa hydraulicznego na styku roztwór — nasiona, który może zakłócać precyzję doświadczenia (Emmerich, Hardegree, 1990).

Celem niniejszej pracy było scharakteryzowanie niektórych elementów reakcji wybranych odmian traw gazonowych na warunki naturalnej suszy letniej w roku 1999, suszy wiosennej w roku 2000, jak również suszy symulowanej w warunkach laboratoryjnych.

MATERIAŁ I METODA

Dobór obiektów

Niniejsza praca jest kontynuacją rozpoczętej w 1998 roku oceny reakcji 27 odmian, rodów i ekotypów 9 gatunków traw na warunki suszy naturalnej (Żurek, 2000 a, b). W pracy tej wykorzystano jedynie te obiekty, których nasiona nie obniżyły zdolności kiełkowania w stosunku do roku wysiewu.

Badania prowadzono na 9 obiektach w ramach 6 gatunków traw gazonowych: wiechliny łąkowej (*Poa pratensis* L.) — rody: Dresla i Chałupy, śmiałka darniowego (*Deschampsia cespitosa* (L.) P.B.) — ród Brok, życicy trwałej: (*Lolium perenne* L.) — odmiany: Stadion i Nira oraz ród KRH-22, kostrzewy trzcinowej (*Festuca arundinacea* Schreb.) — odmiana Rahela, kostrzewy czerwonej (*Festuca rubra* L.) — odmiana Bargena oraz kostrzewy owczej (*Festuca ovina* L.) — odmiana Espro.

Doświadczenie polowe

Podłożem dla doświadczenia była gleba płowa, piaszczysta. Wiosną 1998 roku nasiona wysiano ręcznie na poletka o pow. 1 m², w trzypowtórzeniowym układzie losowanych bloków w następujących ilościach (g·m⁻²): wiechlina łąkowa, śmiałek darniowy — 10, kostrzewa owcza i czerwona — 15, życica trwała — 20, kostrzewa trzcinowa — 20. Po wysiewie nasiona przykryto warstwą piasku rzecznoego, agrowłókniną i podlewano do momentu otrzymania wschodów. Od momentu uzyskania zadowalających wschodów po wysiewie (maj roku 1998) nie stosowano dodatkowego nawadniania (za wyjątkiem nawadniania inicjującego regenerację po okresach suszy). Doświadczenie nawożono mieszaniną saletry amonowej 34% oraz Polifoski 8-24-24, wysiewając nawozy w następujących dawkach: w roku 1998 — 64 kg/ha N oraz 192 kg/ha K₂O, 192 kg/ha P₂O₅, w roku 1999 — 71,4 kg/ha N, 214 kg/ha K₂O, 214 kg/ha P₂O₅, w roku 2000 — 58,3 kg/ha N, 174,9 kg/ha K₂O, 174,9 P₂O₅.

Podczas wegetacji poletka były koszone co tydzień (z wyjątkiem okresów zasychania i regeneracji) na wysokość ok. 30 mm, za pomocą kosiarki rotacyjnej ze zbieraczem pokosu. Zadarnianie poletek oceniano regularnie co 2 tygodnie począwszy od wczesnej wiosny zgodnie z metodyką przyjętą w IHAR (Prończuk, 1993; Prończuk i in., 1997). W trakcie zasychania roślin oraz ich regeneracji po podlaniu oceniano kondycję roślin według skali przyjętej za Humphreys i Thomas (1993) oraz Minner i Butler (1985): 1 —

rośliny martwe, brak widocznych zielonych komórek nawet po przecięciu liścia, 3 — ślady zielonych komórek, zazwyczaj u podstawy najmłodszych liści, 5 — około 50% roślin posiadających dużą ilość zielonych komórek, 7 — większość lub wszystkie liście zielone, większość liści z zaschniętymi końcami, 9 — wszystkie liście całkowicie zielone (bez śladów zaschnięcia). Obserwacje kondycji poletek prowadzono po pojawieniu się pierwszych objawów suszy (stopniowe zasychanie roślin, zahamowanie przyrostów) co 3–4 dni aż do momentu rozpoczęcia nawadniania. Nawadnianie prowadzono przez 2 dni 7 godzin dziennie, za pomocą zraszacza rotacyjnego o wysokości 120 cm, zmieniając jego położenie w trakcie podlewania w celu uzyskania równomiernego pokrycia powierzchni. Następnie, co 3–7 dni obserwowano regenerację poletek, oceniając ją również według podanej wyżej skali. Dla potrzeb interpretacji w niniejszej pracy uzyskane wyniki zadarniania oraz kondycji poletek przedstawiono jako procent wartości wyjściowych, tj. zanotowanych bezpośrednio przed okresami suszy. Dokładne dane dotyczące terminów rozpoczęcia i zakończenia obserwacji zasychania oraz regeneracji wraz z podstawowymi parametrami warunków pogodowych w tym okresie podano w tabelach 1 i 2. Średnie wartości temperatury powietrza oraz sumy opadów podano według odczytów z posterunku pomiarowego IMiGW zlokalizowanego na terenie Ogrodu Botanicznego IHAR w Bydgoszczy.

Tabela 1

Terminy rozpoczęcia i zakończenia obserwacji oraz warunki pogodowe podczas doświadczenia
Observation schedule and weather conditions during the test

Długość trwania poszczególnych okresów Duration of particular periods	Średnia temperatura dobową (°C) Mean daily temperature (°C)	Suma opadów dobowych (mm) Sum of daily precipitation (mm)
rok 1999 (lato) year 1999 (summer)		
Zasychanie ¹⁾ 22 dni Drying 22 days (18.07–08.08)	20,3	3,2
Nawadnianie 2 dni Watering 2 days (09.08–10.08)	21,0	55,7
Odrost 18 dni Regrowth 18 days (11.08–28.08)	16,0	40,4
rok 2000 (wiosna) year 2000 (spring)		
Zasychanie ²⁾ 15 dni 15 days drying (27.04–12.05)	16,0	—
Nawadnianie 2 dni Watering 2 days (13.05–14.05)	14,0	42,7
Odrost 25 dni Regrowth days (15.05–09.06)	15,9	23,1

Objaśnienie: okresy bezdeszczowe poprzedzające obserwację:

¹⁾ 13 dni, ²⁾ 30 dni

Explanation: periods without rain before observation started:

¹⁾ 13 days, ²⁾ 30 days

Tabela 2

Warunki pogodowe w trakcie realizacji doświadczenia na tle danych z wielolecia
Weather conditions during the period of study against the many years' data

Miesiąc Month	1951–1980		1998		1999		2000	
	temp.(°C)	opad (mm) precipitation (mm)	temp.(°C)	opad (mm) precipitation (mm)	temp.(°C)	opad (mm) precipitation (mm)	temp.(°C)	opad (mm) precipitation (mm)
III	1,4	24,0	1,9	44,6	4,2	51,9	3,6	69,6
IV	6,9	37,0	9,5	32,3	9,0	86,7	11,7	14,9
V	12,4	53,0	14,1	59,6	12,7	47,4	15,2	20,2
VI	16,7	66,0	17,0	65,6	16,9	78,3	17,4	26,2
VII	17,8	91,0	17,0	101,8	20,2	56,8	16,2	95,4
VIII	17,0	58,0	15,7	74,5	17,6	43,5	17,8	53,0
IX	12,9	48,0	13,0	71,6	16,3	30,1	12,1	60,7
X	7,9	40,0	7,5	52,5	8,2	23,5	11,6	8,7

Doświadczenie laboratoryjne

Parametry PEG, obliczanie stężenia roztworów oraz warunków kiełkowania nasion przyjęto za Hardegree i Emmerich (1989) oraz Emmerich i Hardegree (1991). W analizach wykorzystano PEG o masie cząsteczkowej 8000. Ilość potrzebnej substancji do otrzymania żądanych wartości ψ_w obliczono ze wzoru:

$$\psi_w = 0,130 \times (PEG)^2 \times T - 13,7 \times (PEG)^2$$

gdzie:

T — temperatura roztworu

PEG — ilość substancji w gramach na 1 gram wody zdejonizowanej.

W celu uniknięcia unoszenia się nasion na powierzchni roztworu, papier filtracyjny oddzielono od dna szalki Petriego plastikowym krążkiem o grubości ok. 3 mm. Na jedną szalkę o średnicy 6 cm przypadało 6,3 cm³ roztworu (tj. 14 cm³ roztworu PEG na 1 gram papieru filtracyjnego). Nasiona wysiewano w ilości 25 sztuk na szalkę, po 4 szalki na każdą przyjętą wartość ψ_w na obiekt. Po wysiewie szalki zamykano szczelnie w foliowych torbach i umieszczano w termostacie w temperaturze stałej 25°C i ciągłym oświetleniu lampą jarzeniową o mocy 20W i natężeniu światła 1000 l m. Ilość skielkowanych nasion notowano po 3, 6, 8, 10, 12, 14 i 21 dniach od momentu wysiewu.

Zastosowano 5 różnych wartości ψ_w : 0,0 (kontrola), -0,65, -1,25, -2,05 oraz -3,0. W oparciu o otrzymane wartości kiełkowania obliczono średni czas kiełkowania nasion według wzoru (Ellis, Roberts, 1978):

$$MGT = \frac{\sum G_i(i)}{\sum G_i(dni)}$$

gdzie:

i — to liczba dni od wysiewu, w których wykonywano zliczanie kiełkujących nasion,

G_i — to liczba nasion kiełkujących i -tego dnia.

Wskaźnik MGT (ang. *mean germination time*) określa średni czas potrzebny do wykiełkowania jednego nasienia (Dorywalski i in., 1964; Grzesiuk, Kulka, 1981).

Analizę statystyczną wyników otrzymanych w powyżej opisanych doświadczeniach przeprowadzono przy użyciu programu STATISTICA® ver. 5.0. Obliczenia statystyczne

prowadzono na danych poddanych transformacji logarytmicznej, następnie retransformowanych dla potrzeb interpretacji merytorycznej. W celu stwierdzenia ewentualnych zależności pomiędzy kiełkowaniem nasion w warunkach ujemnego potencjału wody a reakcją darni trawnikowej na warunki suszy wiosennej i letniej obliczono współczynniki korelacji liniowej Spermana. Korelacje liczono w oparciu o dane oryginalne tzn. nieprzeliczone na procenty wartości wyjściowych.

WYNIKI

Doświadczenie polowe

Warunki klimatyczne

Warunki pogodowe w trakcie zasychania i regeneracji zarówno w roku 1999 jak i w roku 2000 znacznie odbiegały od wartości średnich z wielolecia (tab. 2). Miesięczna suma opadów w lipcu i sierpniu 1999 wyniosła odpowiednio 62 i 75% wartości z analogicznego okresu dla wielolecia natomiast średnia temperatura miesięczna przewyższała wartości z wielolecia 13% (lipiec) i 4% (sierpień). Wiosna 2000 roku charakteryzowała się jeszcze bardziej nietypowym rozkładem opadów i temperatury: w okresie od marca do czerwca spadło poniżej 40% opadów w stosunku do wielolecia, podczas gdy temperatura przekraczała wielolecie o 70% (kwiecień), 22% (maj) i 4% (czerwiec).

Stwierdzono również pewne różnice pomiędzy okresami, w których prowadzono obserwacje. Okres zasychania na wiosnę roku 2000 był chłodniejszy o 4,3°C od okresu zasychania w lecie roku 1999. Z kolei okresy regeneracji były podobne pod względem temperatury powietrza, jedynie ilość opadów podczas 18-dniowej regeneracji w roku 1999 przewyższała o 17,3 mm analogiczną wartość dla 25-dniowej regeneracji w roku 2000.

Kondycja poletek

W roku 1999 kondycja wszystkich badanych obiektów obniżyła się gwałtownie pomiędzy 15 a 22 dniem suszy (tab. 3). Maksymalny spadek kondycji w stosunku do wartości wyjściowej sięgał od 31% (kostrzewa trzinowa Rahela po 18 i 22 dniach) do 78% (wiechlina łąkowa Chałupy, po 18 dniach).

Najszybciej regenerującym obiektem w roku 1999 była odmiana Rahela, dla której już po 2 dniach od podania wody stwierdzono wartość kondycji poletek przewyższającą o 8% wartość wyjściową. Najwolniej w roku 1999 regenerowały rody: Brok śmiałka darniowego i Chałupy. Po 18 dniach od podania wody wartość kondycji poletek tych obiektów była nadal niższa od wyjściowej o odpowiednio, 25% i 6%. Pozostałe badane obiekty zregenerowały do poziomu wyjściowego po 7 dniach od podlania.

Podczas suszy wiosennej w roku 2000 zasychanie przebiegało wolniej i tempo obniżania się kondycji poletek było zróżnicowane. Najgwałtowniej obniżyła się kondycja obiektów wiechliny łąkowej oraz życicy trwałej Nira. Po 35 dniach bez deszczu stwierdzono dla tych obiektów obniżenie wyjściowej wartości tej cechy średnio o 36%.

Tabela 3

Wyniki oceny zadarnienia, zasychania oraz odrostu badanych odmian i rodów traw gazonowych
Results of evaluation of sward density, drying and regeneration of the examined turf grass varieties and lines

Rok Year	Okres: Period of:	Liczba dni No. of days	<i>Desch. caespitosa</i> Brok	<i>Festuca</i>			<i>Lolium perenne</i>			<i>Poa pratensis</i>		Dla wart. oryginalnych For original values	
				<i>arundinacea</i>	<i>ovina</i>	<i>rubra s.l.</i>						średnia mean	NIR/LSD P = 95%
				Rahela	Espro	Bargena	KRH-22	Nira	Stadion	Dresa	Chałupy		
1999	zasychanie drying	0 *	8,0	6,5	7,0	5,5	7,0	7,0	7,5	6,5	9,0	7,1	1,07
		0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		
		13	93,8	100,0	85,7	90,9	85,7	85,7	93,3	100,0	83,3	6,4	0,92
		15	106,3	123,1	85,7	100,0	85,7	107,1	106,7	100,0	83,3	7,1	—
		18	43,8	69,2	42,9	45,5	64,3	35,7	66,7	30,8	22,2	3,3	—
	regeneracja regeneration	22	43,8	69,2	28,6	54,5	50,0	42,9	60,0	30,8	33,3	3,2	1,51
		2	43,8	107,7	78,6	72,7	78,6	71,4	86,7	46,2	50,0	4,9	—
		4	43,8	115,4	92,9	81,8	85,7	78,6	93,3	69,2	77,8	5,8	—
		7	75,0	115,4	107,1	118,2	100,0	100,0	106,7	92,3	83,3	7,0	—
		18	75,0	130,8	114,3	118,2	107,1	100,0	106,7	100,0	94,4		
		18 **	6,0	8,5	8,0	6,5	7,5	7,0	8,0	6,5	8,5	7,4	—
	ZA (% wart.wyjściowej) SD (% of initial value)			100,0	127,3	97,5	80,0	108,3	100,0	107,7	100,0	106,7	
2000	zasychanie drying	0 *	6,0	5,0	6,5	5,0	7,0	7,0	6,5	6,0	6,5	6,2	0,91
		0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		
		30	91,7	90,0	100,0	90,0	92,9	92,9	107,7	83,3	92,3	5,8	—
		35	83,3	90,0	84,6	80,0	85,7	64,3	92,3	58,3	69,2	4,8	—
		38	75,0	90,0	61,5	80,0	85,7	64,3	92,3	50,0	53,8	4,4	1,51
		40	58,3	60,0	46,2	50,0	57,1	42,9	53,8	33,3	30,8	2,9	—
	regeneracja regeneration	45	33,3	50,0	30,8	40,0	42,9	28,6	46,2	25,0	23,1	2,2	0,75
		1	33,3	60,0	38,5	50,0	42,9	28,6	38,5	25,0	23,1	2,3	—
		3	50,0	60,0	46,2	60,0	42,9	42,9	46,2	41,7	46,2	2,9	—
		7	75,0	100,0	92,3	110,0	100,0	107,1	115,4	75,0	76,9	5,8	1,92
		17	108,3	120,0	92,3	100,0	100,0	100,0	123,1	91,7	92,3		
		17 **	6,5	6,0	6,0	5,0	7,0	7,0	8,0	5,5	6,0	6,3	0,75
	ZA(% wart.wyjściowej) SD (% of initial value)			62,5	108,3	91,8	136,4	118,2	84,6	107,7	71,4	86,7	

* — Kondycja przed okresem suszy w wartościach oryginalnych, * — Condition before drought in original values, ZA — zadarnianie, SD — sward density

** — Kondycja po regeneracji w wartościach oryginalnych, ** — Condition after regeneration in original values

Stosunkowo najwolniej spadała wartość kondycji dla pozostałych obiektów życicy trwałej, odmiany Rahela, rodu Brok oraz odmiany Bargaena kostrzewy czerwonej. Po 40 dniach suszy średnie obniżenie kondycji w stosunku do wartości wyjściowej wyniosło dla tych obiektów 44%.

Regeneracja badanych obiektów w roku 2000 przebiegała odmiennie. Najszybszą regenerację do poziomu wyjściowego stwierdzono po 7 dniach dla wszystkich obiektów życicy oraz odmian Rahela i Bargaena. Regeneracja pozostałych obiektów (z wyjątkiem rodu Brok) przebiegała dłużej i po 17 dniach nadal nie stwierdzono wartości kondycji poletek na poziomie wyjściowym.

Uśrednienie wyników oceny kondycji podczas zasychania i regeneracji umożliwia ogólną ocenę badanych obiektów. Obiektami o najwyższych średnich wartościach kondycji poletek podczas zasychania były obiekty życicy trwałej: Stadion i KRH-22 oraz śmiełek darniowy Brok, natomiast najniższe wartości otrzymano dla: Espro, Dresy i Bargaena. Podobna jest klasyfikacja obiektów pod względem średnich wartości kondycji poletek podczas regeneracji, z wyjątkiem śmiełka darniowego Brok, który znalazł się tym razem w grupie obiektów o najniższych wartościach.

Zadarnienie poletek

Po suszy letniej w roku 1999 stwierdzono rozrzedzenie darni o ok. 20% w stosunku do wartości zanotowanej przed suszą dla odmiany Bargaena oraz o 2,5% dla odmiany Espro kostrzewy owczej. Z kolei w roku 2000 stwierdzono rozrzedzenie darni rodu Brok (spadek w stosunku do wartości wyjściowej — 37,5%), rodów wiechliny łąkowej Dresy (28%) i Chałupy (13,3%), odmian: Nira (15,4%) oraz Espro (8,2%).

Uwzględniając wszystkie powyżej opisane zależności można uporządkować badane obiekty pod względem ich ogólnej reakcji na suszę naturalną w latach 1999–2000: najwyższe wartości kondycji, zadarnianie po suszy nieobniżone — Stadion, KRH-22, Rahela, średnie wartości kondycji, zadarnianie na poziomie wyjściowym lub tylko nieznacznie obniżone — Espro, Bargaena, Nira, Chałupy, najniższe wartości kondycji, zadarnienie po suszy obniżone — Brok i Dresy.

Doświadczenie laboratoryjne

Badane obiekty nie różniły się pod względem zdolności kiełkowania w warunkach kontrolnych, stwierdzono natomiast zróżnicowanie wartości średniego czasu kiełkowania. Najszybciej w warunkach kontrolnych kiełkowały: Stadion, Rahela oraz Nira, natomiast najdłużej: Dresy, Espro i Bargaena.

Odmianą o nasionach najlepiej kiełkujących w roztworach o zróżnicowanym potencjale wody była odmiana życicy trwałej Stadion (tab. 4). Spadek kiełkowania nasion tej odmiany rozpoczął się dopiero po przekroczeniu $\psi_w = -1,25$ MPa i jako jedyna ze wszystkich badanych odmian kiełkowała jeszcze przy $-3,0$ MPa (1,0%). Nasiona pozostałych obiektów tego gatunku: ród KRH-22 i odmiana Nira kiełkowały również w roztworze o $\psi_w = -2,05$ MPa. Wśród pozostałych obiektów jedynie nasiona kostrzewy: trzcinowej — Rahela i owczej — Espro kiełkowały poniżej $-0,65$ MPa. Nasiona pozostałych badanych obiektów kiełkowały jedynie w warunkach kontrolnych i przy $\psi_w =$

-0,65 MPa. Najniższe kiełkowanie przy tej wartości potencjału wody zanotowano dla nasion odmian: Dresla (17%) i Bargena (5%).

Tabela 4

Wyniki oceny kiełkowania wybranych odmian i rodów w warunkach ujemnego potencjału wody
Results of germination test of selected varieties and lines under negative water potential

Rodzaj, gatunek Genus, species	Nazwa odmiany lub rodu Name of variety or line	Kiełkowanie po 21 dniach w roztworach o zróżnicowanych wartościach potencjału wody (ψ_w) Germination after 21 days in solutions of different water potentials (ψ_w)									
		kiełkowanie (%) germination (%)					średni czas kiełkowania (dni) mean germination time (days)				
		0,0	-0,65	-1,25	-2,05	-3,00	0,0	-0,65	-1,25	-2,05	-3,00
<i>Deschampsia cespitosa</i>	Brok	88,0	50,0	0,0	0,0	0,0	4,6	9,1	0,0	0,0	0,0
<i>Festuca arundinacea</i>	Rahela	98,0	90,0	7,0	0,0	0,0	3,5	8,9	12,9	0,0	0,0
<i>Festuca ovina</i>	Espro	87,0	43,0	3,0	0,0	0,0	7,0	10,1	13,0	0,0	0,0
<i>Festuca rubra</i>	Bargena	93,0	5,0	0,0	0,0	0,0	9,2	11,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lolium perenne</i>	KRH-22	90,0	95,0	58,0	16,0	0,0	5,2	6,8	8,9	13,9	0,0
<i>Lolium perenne</i>	Nira	88,0	72,0	15,0	0,0	0,0	3,9	6,7	9,7	0,0	0,0
<i>Lolium perenne</i>	Stadion	95,7	96,7	92,0	33,3	1,0	3,2	5,0	5,4	9,5	8,0
<i>Poa pratensis</i>	Chałupy	91,0	52,0	0,0	0,0	0,0	6,8	9,6	0,0	0,0	0,0
<i>Poa pratensis</i>	Dresla	92,0	17,0	0,0	0,0	0,0	8,8	12,8	0,0	0,0	0,0
Średnia Mean		91,4	57,9	19,4	5,5	0,1	5,8	8,9	5,5	2,6	0,9
NIR LSD (P = 95%)		b.r.	14,7	—	—	—	2,5	5,3	—	—	—

Powyższe zależności znalazły również odzwierciedlenie w wartościach średniego czasu kiełkowania. Obiekty życicy trwałej oraz kostrzewa trzcinowa kiełkujące szybko w warunkach kontrolnych (od 3,2 do 5,2 dnia) kiełkowały również szybko przy $\psi_w = -0,65$ MPa.

Nie stwierdzono istotnych statystycznie wartości współczynnika korelacji pomiędzy kiełkowaniem w warunkach kontrolnych a kiełkowaniem w warunkach ujemnego potencjału wody. Wykazano natomiast istotne statystycznie korelacje pomiędzy średnim czasem kiełkowania (MGT) nasion w warunkach kontrolnych a: kiełkowaniem w -0,65 MPa ($r = -0,95$, $p = 0,000$) oraz średnim czasem kiełkowania nasion w -0,65 MPa ($r = 0,84$, $p = 0,004$).

Korelacja wyników oceny polowej z oceną laboratoryjną

Stwierdzono istotne statystycznie wartości współczynników korelacji pomiędzy parametrami kiełkowania nasion w warunkach ujemnego potencjału wody a niektórymi parametrami charakteryzującymi reakcję roślin na warunki suszy naturalnej w roku 1999 i 2000 (tab. 5). Im wyższe kiełkowanie badanych obiektów w -0,65 oraz -1,25 MPa, tym wyższe wartości kondycji po 35 i 38 dniach zasychania oraz 7 i 17 dniach regeneracji po suszy wiosennej 2000. Jednocześnie z wymienionymi wyżej parametrami suszy ujemnie skorelowana jest wartość średniego czasu kiełkowania w -0,65 MPa oraz w warunkach kontrolnych (zasychanie po 38 i regeneracja po 17 dniach). Obiekty dobrze i szybko kiełkujące w -0,65 MPa (np. Stadion, Nira, Rahela) charakteryzowały się wysokimi średnimi wartościami kondycji podczas zasychania i regeneracji w obydwu okresach suszy

naturalnej. Z kolei dla obiektów słabo i wolno kiełkujących (np. Dresla i Bargena) otrzymano najniższe średnie wartości kondycji.

Pomimo iż kiełkowanie nasion w warunkach kontrolnych nie było skorelowane z parametrami oceny kondycji poletek trawnikowych, to tempo tego procesu tj. średni czas kiełkowania (MGT) było silnie ujemnie skorelowane np. ze średnią wartością kondycji podczas zasychania w obydwu okresach, podczas regeneracji w roku 2000, jak również z zadarnianiem po suszy 1999.

Tabela 5

Wartości współczynników korelacji kiełkowania w warunkach ujemnego potencjału wody oraz parametrów oceny kondycji poletek trawnikowych
Correlation coefficients for germination in negative water potential and evaluation of turf plots condition

Rok Year	Oceniany parametr: Evaluated parameter:	Kiełkowanie w $\psi_w =$ Germination at $\psi_w =$			Średni czas kiełkowania w $\psi_w =$ Mean germination time at $\psi_w =$		
		0	-0,65	-1,25	0	-0,65	-1,25
1999	regeneracja po 2 dniach regeneration after 2 days	-0,052	0,380	0,323	-0,410	-0,294	0,580 **
	zadarnienie po suszy sward density after drought	0,250	0,561 **	0,216	-0,563 **	-0,296	0,743 **
	zasychanie — średnio dla 1999 drying — mean value for 1999	0,300	0,731 **	0,454	-0,837 **	-0,629	0,073
	regeneracja — średnio dla 1999 regeneration — mean value for 1999	0,450	0,690 **	0,452	-0,538	-0,5298	0,665
	zasychanie po 35 dniach drying after 35 days	-0,034	0,577	0,740 **	-0,525	-0,613 **	0,308
2000	zasychanie po 38 dniach drying after 38 days	-0,032	0,584 **	0,737 **	-0,581 **	-0,571 **	0,445
	regeneracja po 7 dniach regeneration after 7 days	0,217	0,639 **	0,745 **	-0,547	-0,715 **	0,466
	regeneracja po 17 dniach regeneration after 17 days	0,139	0,518	0,685 **	-0,700 **	-0,669 **	0,245
	zasychanie — średnio dla 2000 drying — mean value for 2000	-0,156	0,771 **	0,827 **	-0,737 **	-0,879 **	0,463
	regeneracja — średnio dla 2000 regeneration — mean value for 2000	0,038	0,783 **	0,833 **	-0,708 **	-0,936 **	0,565

Objaśnienie; Explanation: ** istotność korelacji na poziomie $\alpha = 0,05$; ** correlation significance at $\alpha = 0,05$

Opisane powyżej uporządkowanie gatunków i odmian pod względem ich reakcji na warunki suszy naturalnej znalazło odzwierciedlenie w kiełkowaniu nasion w warunkach ujemnego potencjału wody. Najwyższe i najszybsze kiełkowanie w roztworach o obniżonym potencjale wody stwierdzono dla grupy obiektów, które uzyskały najwyższe oceny po suszy — Stadion, KRH-22 i Rahela. Z kolei obiekty o niskich wartościach parametrów oceny kiełkowania: Brok i Dresla uzyskały najniższe oceny po suszy. Wśród obiektów o średnich parametrach oceny po suszy znalazły się zarówno takie, które dobrze kiełkowały w warunkach ujemnego potencjału wody (Nira, Espro) jak i takie, które kiełkowały bardzo słabo (Bargena). Powyższa zależność wynikająca po części ze zróżnicowania międzygatunkowego dotyczącego dynamiki kiełkowania zauważalna jest również w obrębie gatunków: życicy trwałej i wiechliny łąkowej. Uszeregowanie obiektów w pod

względem reakcji na suszę jest w tych gatunkach identyczne do uporządkowania pod względem wartości parametrów kiełkowania.

DYSKUSJA

Zasychanie traw, będące objawem stopniowej degradacji chlorofilu jest uważane za dobry wskaźnik ogólnej odporności na warunki suszy naturalnej (Beard, 1989; Carrow, 1996 a, b; Huang i in., 1997; Minner, Butler, 1895). Zjawisko zróżnicowanego tempa zasychania, jak również późniejszej regeneracji ma kluczowe znaczenie dla oceny rodów hodowlanych ze względu na silne różnicowanie genotypów (Thomas, 1990). Stwierdzone w niniejszej pracy różnice gatunkowe pomiędzy kostrzewą trzcinową, życicą trwałą i wiechliną łąkową są analogiczne do wyników badań innych autorów (Beard, 1989; Diesburg i in., 1997; Hull, 1997; Thomas, 1994). Kostrzewa trzcinowa, uważana za jeden z najbardziej odpornych na suszę gatunków w naszej strefie klimatycznej, uzyskała w niniejszej pracy bardzo dobre oceny podczas suszy letniej 1999, natomiast w roku 2000, podczas suszy wiosennej, oceniono jej kondycję na poziomie znacznie niższym. Na efekt suszy wiosennej mogła nałożyć się niepełna regeneracja po zimie 1999–2000. Gatunek ten należy do najsłabiej zimujących kostrzew w naszych warunkach klimatycznych (Prończuk i in., 2003).

W oparciu o posiadane informacje trudno w pełni wyjaśnić niskie wartości kondycji, jakie otrzymały odmiany: Espro kostrzewy owczej oraz Bargena kostrzewy czerwonej. Gatunki te są powszechnie uważane za najlepiej tolerujące suszę (Diesburg i in., 1997; Dernoeden i in., 1994, 1998; Harkot, Czarniecki, 1999; Lutyńska, 1993). Niską jakość trawnikową odmian kostrzewy czerwonej ocenianych podczas suszy opisują również Minner i Butler (1985). Według tych autorów główną przyczyną tego zjawiska jest nierównomierne zasychanie darni, specyficzne dla tego gatunku, w odróżnieniu do równomiernego zasychania życicy trwałej czy wiechliny łąkowej. W zaschniętej darni pojawiają się miejsca całkowicie pozbawione roślin oraz fragmenty tzw. mulczu z zaschniętych liści, który ochrania rośliny przed całkowitym odwodnieniem. W miejscach wyschniętych nie obserwuje się potem regeneracji roślin (Minner, Butler, 1985).

Reakcja rodów wiechliny łąkowej na warunki suszy naturalnej w pełni potwierdza spostrzeżenia innych autorów. Gatunek ten słabo toleruje suszę, wolno odrasta i znacznie rozrzedza darń po dłuższym okresie deficytu wody (Beard, 1989; Minner, Butler, 1985; Wood, Buckland, 1966).

Brak doniesień na temat jakości trawnikowej śmiałka darniowego w warunkach suszy. Gatunek ten jest od niedawna przedmiotem badań pod kątem przydatności trawnikowej (Prończuk i in., 2001). Względnie wysoka wartość kondycji tego gatunku podczas zasychania może wynikać z naturalnej, bardzo wysokiej zawartości chlorofilu (Falkowski, 1982). Według badań Mintenko i wsp. (2002) gatunek ten w pełni nadaje się do obsiewu trawników, znosi niskie koszenie i okresy suszy jednakże czynnikiem znacznie obniżającym jakość jego darni trawnikowej może być porażanie przez rdze.

Opisane powyżej zróżnicowanie międzygatunkowe znalazło odzwierciedlenie w wynikach testu kiełkowania nasion w ujemnym potencjale wody. Testy tego rodzaju

traktowane są jako miarodajna metoda oceny odporności nasion na niedór wody podczas kiełkowania w suchej glebie (Brevedan i in., 1997; Grzesiak i in., 1996; Johnson i in., 1978; Marcum i in., 2003). Dostępność wody jest jednym z głównych czynników ograniczających kiełkowanie nasion oraz rozwój roślin w rejonach o naturalnie występujących deficytach wody (Dodd, Donovan, 1999; Sharma, 1973). Gatunki pochodzące z rejonów półpustynnych lub preriowych są w stanie kiełkować w warunkach obniżonej zawartości wody w środowisku. Gatunki traw jak np. *Bouteloua curtipendula*, *Eragrostis curvula*, *E. lehmanniana*, *Cenchrus ciliaris* czy *Andropogon gerardii* kiełkują powyżej 10% w roztworach o potencjale wody niższym niż -1,0 MPa (Brevedan i in., 1997; Hardegree, Emmerich, 1992). W roztworach o niższych wartościach ψ_w najlepiej kiełkowały: *Bouteloua curtipendula* (52% w -1,6 MPa) oraz *Danthonia caespitosa* (ponad 40% w -2,0 MPa). Kiełkowanie pozostałych wymienionych gatunków szybko zanikało w roztworach o ψ_w niższym od -1,0 MPa (Brevedan i in., 1997; Hardegree, Emmerich, 1992; Sharma, 1973). Zależności powyższe dotyczą nie tylko traw, lecz np. pustynnych gatunków krzewów z rodzajów *Sarcobatus* i *Chrysothamnus*, których nasiona dobrze kiełkują w roztworach o potencjale wody poniżej -1,25 MPa (Dodd, Donovan, 1999). Bezpośrednie powiązanie pochodzenia roślin oraz dobrego kiełkowania nasion w warunkach ujemnego potencjału wody z odpornością roślin na suszę byłoby jednakże błędem. Istnieje wiele gatunków z rejonów suchych, których nasiona kiełkują słabo i wolno w warunkach ujemnego potencjału wody (Dodd, Donovan, 1999; Sharma, 1973).

Kiełkowanie badanych obiektów w -0,65 MPa zostało silnie uwarunkowane przez wyjściową wartość średniego czasu kiełkowania. Średni czas kiełkowania jest uznawany za wskaźnik żywotności nasion (Dorywalski i in., 1964; Grzesiuk, Kulka, 1981). Przez niektórych autorów uważany jest on nawet za najbardziej wyraźną manifestację wigoru nasion, który przejawia się w całej późniejszej ontogenezie roślin (Ellis, Roberts, 1980; Grzesiuk, Kulka, 1981; Haydecker, 1972).

Wyniki powyższej pracy jak i doniesienia literaturowe wskazują na metodę kiełkowania nasion w warunkach ujemnego potencjału wody jako źródło informacji o potencjalnych możliwościach reakcji odmian czy rodów traw na suszę. Uzyskane dzięki niej dane mogą stanowić początkowy etap selekcji materiałów w pracach badawczych i hodowlanych. Jednakże dla pełnego wyjaśnienia wszystkich opisanych powyżej zależności niezbędne jest wzbogacenie tego typu prac o analizę procesów fizjologicznych determinujących określoną reakcję roślin na suszę.

WNIOSKI

1. Wykazano istnienie relacji pomiędzy kiełkowaniem nasion kilku wybranych odmian i rodów traw w warunkach ujemnego potencjału wody z reakcją darni trawnikowej na naturalną suszę.
2. Reakcja nasion na warunki symulowanej suszy glebowej (ujemny potencjał wody) jest ściśle związana z ich wigorem.

3. Miarodajna ocena reakcji odmian czy rodów na suszę w warunkach laboratoryjnych powinna być prowadzona w oparciu o próby o wyrównanych parametrach kiełkowania (szczególnie średni czas kiełkowania).
4. Metodyka kiełkowania nasion w warunkach ujemnego potencjału wody wymaga dopracowania pod względem doboru stężeń roztworów dla poszczególnych gatunków.
5. Uzyskane wyniki laboratoryjnej oceny kiełkowania nasion w warunkach ujemnego potencjału wody wskazują na możliwość prognozowania niektórych reakcji traw gazonowych na naturalne okresy suszy.

LITERATURA

- Amin M. R., Thomas H. 1996. Growth and water relations of diverse populations of *Lolium perenne* exposed to drought in field, glasshouse and controlled environment. J. Agric. Science, Cambridge, 126: 15 — 23.
- Beard J. B. 1989. Turfgrass water stress: drought resistance components, physiological mechanisms and species — genotype diversity. Proc. of the 6th Int. Turfgrass Res. Conf. Tokyo, July 31 — August 5: 23 — 28.
- Brevedan R. E., Klich M.G., Sanchez E.E., Fioretti M.N. 1997. Effects of water stress on germination and seedling growth of love grass species. Proc. of the XVIII Int. Grassland Conference, June 8–17, 1997, Winnipeg & Saskatoon, Canada, 7: 35 — 36.
- Burton P. J., Bazzaz F.A. 1991. Tree seedling emergence on interactive temperature and moisture gradients and in patches of old field vegetation. Amer. J. Bot. 78 (1): 131 — 149.
- Carrow R. N. 1996 a. Drought avoidance characteristics of diverse tall fescue cultivars. Crop. Sci. 36: 371 — 377.
- Carrow R. N. 1996 b. Drought resistance aspects of turfgrasses in the Southeast: root-shoot responses. Crop Sci. 36: 687 — 694.
- Carrow R. N., Duncan R. R. 2003. Improving drought resistance and persistence in turf-type tall fescue. Crop.Sci. 43: 978 — 984.
- Cathey M. 2002. Water right. Conserving our water, preserving our environment. ITPF Water Right Book. (www.turfgrasssod.org/contents.htm).
- Dernoeden P. H., Carroll M. J., Krouse M. J. 1994. Mowing of three fescue species for low-maintenance turf sites. Crop Sci. 34, 6: 1645 — 1649.
- Dernoeden P. H., Fidanza M. A., Krouse J. M. 1998. Low maintenance performance of five *Fescue* species in monostands and mixtures. Crop Sci. 38, 2: 434 — 438.
- Diesburg K. L., Christians N. E., Moore R., B. T. K. Branham, Z. J. Danneberger, Reicher T., Voigt D., Minner D. Newman R. 1997. Species for low-input sustainable turf in the U.S. Upper Midwest. Agron. J. vol. 89, no. 4; 690 — 694.
- Dodd G. L., Donovan L. A. 1999. Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs. Am. J. Bot. 86 (8): 1146 — 1153.
- Dorywalski J., Wojciechowicz M., Bartz J. 1964. Metodyka oceny nasion. PWRiL, Warszawa: 342 ss.
- Ellis R. H., Roberts E. H. 1978. Towards a rational basis or testing seed quality. In: Seed Production. P. D. Hebblethwaite (ed.), Butterworth, London: 606 — 636.
- Emmerich W. E., Hardegree S. P. 1990. Polyethylene glycol solution contact effects on seed germination. Agron. J. 82: 1103 — 1107.
- Emmerich W. E., Hardegree S. P. 1991. Seed germination in polyethylene glycol solution: effects of filter paper exclusion and water vapor loss. Crop Sci. 31: 454 — 458.
- Emmerich W. E., Hardegree S. P. 1996. Partial and full dehydration impact on germination of 4 warm — season grasses. J. Range Manage. 49 (4): 355 — 360.
- Falkowski M. 1982. Trawy polskie. Praca zbiorowa. PWRiL, Warszawa: 204 ss.
- Gallion J. 2003. Alternative to traditional lawn. The Master Gardeners (http://www.emmitsburg.net/gardens/articles/frederick/2003/alternative_to_traditional_lawns.html).

- Grzesiak S., Filek W., Skrudlik G., Nizioł B. 1996. Screening for drought tolerance: evaluation of seed germination and seedling growth for drought resistance in legume plants. *J. Agron. Crop Sci.* 177, 4: 245 — 252.
- Grzebiuk S., Kulka K. 1981. *Fizjologia i biochemia nasion*. PWRiL, Warszawa: 605 ss.
- Hardegree S. P., Emmerich W. E. 1989. Effect of polyethylene glycol exclusion on the water potential of solution-saturated filter paper. *Plant Physiol.* 92: 462 — 466.
- Hardegree S. P., Emmerich W. E. 1992. Seed germination response of four southwestern range grasses to equilibration at subgermination matric-potentials. *Agron. J.* 84: 994 — 998.
- Harkot W., Czarnecki Z. 1999. Przydatność polskich odmian traw gazonowych do zadarniania powierzchni w trudnych warunkach glebowych. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 197 *Agricultura* (75): 117 — 120.
- Heydecker W. 1972. Vigour. In: *Viability of seeds*. Roberts E. H. (ed.), Chapman and Hall Ltd., London: 209 — 252.
- Huang B., Duncan R. R., Carrow R. N. 1997. Drought — resistance mechanisms of seven warm-season turfgrasses under surface soil drying: II. Root aspects. *Crop Sci.* 37: 1863 — 1869.
- Hull R. J. 1997. Managing turf for minimum water use. *TurfNews*, vol. 21, no. 2: 24 — 28.
- Humphreys M.W., H. Thomas. 1993. Improved drought resistance in introgression lines derived from *Lolium multiflorum* x *Festuca arundinacea* hybrids. *Plant Breeding* 111: 155 — 161.
- Johnson D. A., Asay K. H. 1978. A technique for assessing seedling emergence under drought stress. *Crop Sci.* 18: 520 — 522.
- Kaufmann M. R., Ross K. J. 1970. Water potential, temperature, and kinetin effects on seed germination in soil and solute systems. *Amer. J. Bot.* 57 (4): 413 — 419.
- Kenna M. P., Horst G. L. 1993. Turfgrass water conservation and quality. *Int. Turfgrass Society Res. Journ.* 7. Carrow R. N., Christians N. E., Shearman R. C. (eds.) Intertec Publish. Corp. Overland Park, Kansas, US: 99 — 113.
- Krebb K. 1979. *Ekofizjologia roślin*. PWN, Warszawa: 213 ss.
- Loos M.T. 2003. Drought resistance in your home landscape. Ohio State University Extension Fact Sheet (<http://ohioline.osu.edu/hyg-fact/1000/1643.html>).
- Lutyńska R. 1993. Prace hodowlane i badania nad gatunkami traw z rodzaju *Festuca*. *Biul. IHAR* 188: 5 — 12.
- Marcum K. B., Still D. W., Maricic A. A. 2003. Determining drought tolerance of new bermudagrass cultivars at the germination stage. <http://ag.arizona.edu/turf/germ.html>.
- Minner D. D., Butler J. D. 1985. Drought tolerance of cool season turfgrasses. *Proc. of the Fifth Int. Turfgrass Res. Conference*, Avignon, France: 198 — 212.
- Mintenko A. S., Smith S.R., Cattani D. J. 2002. Turfgrass evaluation of native grasses for the Northern Great Plains Region. *Crop Sci.* 42: 2018 — 2024.
- Petrovic A. M. 1995. Water conservation techniques in turfgrass. *CUTT, Cornell University Turfgrass Times*. vol. 6, no. 2: 1 — 6
- Prończuk M., Prończuk M., Laudański Z., Prończuk S. 2003. Porównanie gatunków i odmian *Festuca* spp. w wieloletnim użytkowaniu trawnikowym. *Biul. IHAR*, 225: 239 — 257.
- Prończuk S. 1993. System oceny traw gazonowych. *Biul. IHAR* 186: 127 — 132.
- Prończuk S., Prończuk M., Żyłka D. 1997. Metody syntetycznej oceny wartości użytkowej traw gazonowych. *Probl. Post. Nauk Roln.*, z. 451: 125 — 133.
- Prończuk S., Żurek G., Żyłka D., Prończuk M. 2001. Ocena śmiałka darniowego (*Deschampsia cespitosa* (L.) P.B.) w różnym użytkowaniu trawnikowym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* zesz. 474: 113 — 122.
- Sharma M. L. 1973. Simulation of drought and its effect on germination of five pasture species. *Agron. J.* vol. 65, no. 6: 982 — 987.
- Shinozaki K., K. Yamaguchi-Shinozaki. 1996. Molecular responses to drought and cold stress. *Current Opinion i Biotechnology*, 7: 161 — 167.
- Thomas H. 1990. Osmotic adjustment in *Lolium perenne*; its heritability and the nature of solute accumulation. *Ann. Bot.* 66: 521 — 530.

- Thomas H. 1994. Diversity between and within temperate forage grass species in drought resistance, water use and related physiological responses. *Aspects of App. Biol. Efficiency of water use in crop systems*. 38: 47 —55.
- Thomas H., C. Evans. 1989. Effect of divergent selection for osmotic adjustment on water relations and growth of plants of *Lolium perenne*. *Ann. of Bot.* 64: 581 — 587.
- Thomas H., Humphreys M., Howarth C., Bettany A. 1997. Plants for all seasons. *IGER Innovations*: 6 — 8.
- Thomas H., S. J. Dalton S. J., Evans C., Chorlton K. H., Thomas I. D. 1996. Evaluating drought resistance in germplasm of meadow fescue. *Euphytica* 92: 401 — 411.
- Wood G. M., Buckland H. E. 1966. Survival of turfgrass seedlings subjected to induced drought stress. *Agron. J.* vol. 58, no.1: 19 — 23.
- Zajic M. J. 2003. Drought resistant gardens for National Capital area. Montgomery County, Park & Planning, Brookside Gardens (www.mcmncppc.org/parks/brookside/drought.shtm).
- Żurek G. 2000 a. Strzęplice (*Koeleria* sp.) — mało znane gatunki do zadarniania terenów suchych. Cz. II. Ocena przydatności trawnikowej. *Łąkarstwo w Polsce* 3: 185—192.
- Żurek G. 2000 b. Effect of summer drought in 1999 on turf grass species. *Plant Breed. Seed Sci.* 44 (1): 73 — 83.