

Mariola Staniak

REAKCJA WYBRANYCH
GATUNKÓW I ODMIAN TRAW
PASTEWNYCH NA NIEDOBÓR
WODY W GLEBIE

Rozprawa habilitacyjna

MONOGRAFIE
I ROZPRAWY
NAUKOWE

38

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
INSTITUTE OF SOIL SCIENCE AND PLANT CULTIVATION
STATE RESEARCH INSTITUTE

Dyrektor: *prof. dr hab. Wiesław Oleszek*

Redaktor: *prof. dr hab. Janusz Podleśny*

Recenzent: *prof. dr hab. Piotr Goliński*

Opracowanie redakcyjne i techniczne: *mgr Katarzyna Mikulska*

ISBN 978-83-7562-134-1

Nakład 150 egz., B-5, zam. 41/E/13
Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG-PIB w Puławach
tel. (81) 8863421 w. 301 i 307; fax (81) 8863421 w. 302
e-mail: duw@pulawy.pl; <http://www.iung.pulawy.pl>

Mariola Staniak

REAKCJA WYBRANYCH GATUNKÓW I ODMIAN TRAW
PASTEWNÝCH NA NIEDOBÓR WODY W GLEBIE

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP I CEL BADAŃ.....	7
2. PRZEGLĄD LITERATURY	10
3. METODYKA BADAŃ.....	22
4. OMÓWIENIE WYNIKÓW	28
4.1. PLONOWANIE GATUNKÓW I ODMIAN TRAW	28
4.1.1. Plon suchej masy traw w zależności od warunków wilgotnościowych gleby zróżnicowanych w pierwszym, drugim i trzecim roku wegetacji.....	28
4.1.2. Plon suchej masy traw w zależności od warunków wilgotnościowych gleby zróżnicowanych w drugim i trzecim roku wegetacji	44
4.1.3. Redukcja plonu suchej masy	59
4.2. WSKAŹNIK WRAŻLIWOŚCI NA SUSZĘ (DSI).....	62
4.3. WSKAŹNIKI WYMIANY GAZOWEJ.....	64
4.3.1. Intensywność fotosyntezy netto.....	64
4.3.2. Intensywność transpiracji	67
4.3.3. Przewodnictwo szparkowe	72
4.3.4. Efektywność wykorzystania wody (WUE)	75
4.4. REAKCJA ODMIAN TRAW NA NIEDOBÓR WODY W GLEBIE W PIERWSZYM I DRUGIM ROKU WEGETACJI.....	78
4.5. INDEKS ZIELONOŚCI LIŚCIA (SPAD)	83
4.6. CECHY MORFOLOGICZNE ROŚLIN	90
4.6.1. Cechy morfologiczne traw w różnych warunkach wilgotnościowych gleby zróżnicowanych w pierwszym, drugim i trzecim roku wegetacji.....	90
4.6.2. Cechy morfologiczne traw w różnych warunkach wilgotnościowych gleby zróżnicowanych w drugim i trzecim roku wegetacji.....	98
4.7. PODOBIENSTWO ODMIAN TRAW W RÓŻNYCH WARUNKACH WILGOTNOŚCIOWYCH GLEBY	105
4.8. SKŁAD CHEMICZNY TRAW	108
4.8.1. Podstawowe składniki pokarmowe	108
4.8.2. Frakcje włókna	113
4.8.3. Składniki mineralne.....	116

5. DYSKUSJA	119
6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI	132
7. ANEKS	135
8. LITERATURA.....	203
STRESZCZENIE/SUMMARY	214

1. WSTĘP I CEL BADAŃ

Zasoby wodne na Ziemi są podstawowym czynnikiem przyrodniczym wpływającym na warunki ekologiczne i gospodarcze regionów, krajów, a nawet całych kontynentów. Woda pokrywa 72% powierzchni naszej planety, jednak według Raportu Światowej Organizacji Meteorologicznej (World Meteorological Organization... 2004) ponad 97% tych zasobów to wody słone, a zaledwie 2,5% stanowi woda słodka, z której tylko 0,6% jest dostępne człowiekowi. Reszta bowiem jest uwieczniona, głównie w lodowcach i śniegach. Aktualne zapotrzebowanie na wodę słodką na świecie jest mniejsze niż dostępne zasoby, jednak jej nierównomierne rozmieszczenie i nieracjonalne gospodarowanie przez człowieka sprawiają, że ponad 1,2 mld ludzi na świecie nie ma dostępu do czystej wody i odsetek ten, mimo szeregu działań zapobiegawczych, stale rośnie. Według raportu ONZ (Water in a Changing World... 2009), przeciętna ilość wody przypadająca na jednego mieszkańca Ziemi od 1970 r. systematycznie maleje i w ciągu najbliższego 20-lecia zmniejszy się o jedną trzecią. Raport przewiduje, że do końca 2025 r. w krajach rozwijających się ilość ta spadnie o 50%, zaś w uprzemysłowionych o 18%. Najbardziej pesymistyczne prognozy przewidują, że do 2050 r. nawet 70% ludności świata może cierpieć z powodu deficytu wody, przy założeniu, że liczba populacji ludzkiej na świecie wzrośnie do 9,3 mld.

Zgodnie z raportem ONZ, wzrost niedoboru wody na świecie będzie w 20% wynikiem zmian klimatycznych. Antropopresja związana między innymi ze spalaniem paliw kopalnych czy zmianami w sposobie użytkowania gruntów przyczynia się do zwiększania koncentracji gazów cieplarnianych, które wpływają na zmiany takich parametrów klimatu, jak: temperatura, opady, wilgotność gleby oraz poziom morza. Pomijając niezgodności w poglądach, czy ocieplenie klimatu jest skutkiem działalności człowieka, czy też procesem wynikającym z przyczyn naturalnych, szacuje się, że do roku 2100 średnia temperatura powietrza może wzrosnąć od 1,4 do nawet 5,8°C (IPCC 2001, Wigley i Raper 2001, EEA 2004). Wzrost temperatury stwarza niebezpieczeństwo zmniejszenia ilości opadów deszczu i śniegu, co może prowadzić do pogłębienia deficytu wody, zwłaszcza w okresie letnim i do coraz częstszego występowania suszy. Wyżej wymieniony raport podkreśla również, że ilość kataklizmów związanych z wodą, takich jak susze i powodzie, podwoiła się w latach 1996–2008.

W literaturze można spotkać wiele definicji i podziałów suszy. Według Paulo i Pereira (2006), jest to ekstremalne zjawisko pogodowe mające charakter anomalii atmosferycznej wywołanej brakiem opadów lub powtarzającymi się opadami mniejszymi niż średnie. Występuje zarówno na obszarach z dużymi, jak i małymi opadami. Jest zjawiskiem złożonym i trudnym do jednoznacznego określenia. Pojawia się okresowo, w różnych porach roku i z różnym natężeniem. Podstawowymi parametrami opisującymi suszę są: typ, intensywność, czas trwania i zasięg (Łabędzki 2006a). Wyróżnia się następujące rodzaje susz: meteorologiczną (klimatyczną, at-

mosferyczną), glebową, hydrologiczną, fizjologiczną, rolniczą (agrometeorologiczną) oraz socjoekonomiczną (Wilhite i Glantz 1985, Wilhite 1993, Łabędzki 2006b). W ujęciu rolniczym susza to długotrwały niedostatek wody glebowej w danym miejscu działający na konkretny gatunek lub odmianę rośliny w pewnym przedziale czasu. Powoduje ona pogorszenie warunków wzrostu i rozwoju oraz zmniejszenie plonu roślin uprawnych. Według Łabędzkiego (2006a), w rolnictwie o suszy można mówić w odniesieniu do miejsca (gleby), czasu (miesiąca, okresu krytycznego, okresu wegetacji) i rośliny (gatunku, fazy fenologicznej), a jej ujemne skutki wyrażają się spadkiem wielkości i jakości plonu. Taki sam niedobór wody może mieć różny wpływ na poszczególne gatunki roślin i uprawy, a jego konsekwencje są widoczne często dopiero po ustąpieniu tego zjawiska.

Od wielu lat naukowcy poświęcają dużo uwagi suszom, zwłaszcza tym, które powodowane są niedoborem opadów. W ostatnich latach duże zainteresowanie tym zjawiskiem zauważalne jest także w naszym kraju, co wynika z faktu, że również w Polsce coraz częściej występują okresowe niedobory wody obejmujące znaczne obszary kraju i powodujące duże straty w produkcji rolniczej. Polska należy do grupy krajów o najmniejszych zasobach wód powierzchniowych w Europie. Na jednego mieszkańca przypada około 1419 m³ wody na rok, co przy przeciętnej dla Europy Wschodniej wynoszącej 14818 m³ oznacza średnie do wysokiego zagrożenie suszą (Revenga i in. 2000). Według Łabędzkiego (2006a), najbardziej posuszne regiony w Polsce to prawie cała środkowa, północno-zachodnia i środkowowschodnia część kraju. Susze występują tam najczęściej i są najsilniejsze, o skrajnie długich ciągach dni bezopadowych. Zdaniem Bąka (2004) i Kędziory (2005), największy deficyt wody występuje na Pojezierzu Wielkopolskim, zwłaszcza w rejonie Kujaw, gdzie suma opadów wynosi średnio 514 mm i należy do najmniejszych w kraju. Nasilenie, czas trwania oraz okresy występowania susz w Polsce były różne. Analiza przebiegu warunków pogodowych w rejonie Bydgoszczy i Kujaw w latach 1945–2003 wykazała dodatni trend temperatury i ujemny opadów w okresie wegetacyjnym oraz towarzyszący temu wzrastający udział okresów suchych (Bąk i Łabędzki 2003). Podobną tendencję, występującą już w całej Polsce, wykazał Łabędzki (2004), według którego częstotliwość miesięcy zakwalifikowanych jako suche w okresach wegetacyjnych (IV–IX) w wieloleciu 1945–2003 wyniosła od 27% na Dolnym Śląsku do 33% na Kujawach.

Największym użytkownikiem wody jest rolnictwo. Ocenia się, że na świecie do nawadniania gleby zużywa się ponad 70% pobieranej wody (Water in a Changing World... 2009). W Europie irygacja nie odgrywa tak dużej roli, tym niemniej w krajach położonych na północy kontynentu nawadnia się 3–15% gruntów rolnych, a na południu ponad 30% (Mioduszewski 2006). W Polsce rolnictwo bazuje głównie na wodach opadowych, a nawadnia się tylko około 0,5% użytków rolnych i gruntów leśnych (Rocznik... 2013), dlatego częste braki opadów są realnym zagrożeniem dla produkcji rolniczej. Susze pojawiają się w różnych porach roku, z różną intensywnością, czasem trwania i zasięgiem. Jesienne i wczesnowiosenne są na ogół

przyczyną zmniejszenia plonów zbóż ozimych, wiosenne zaś zbóż jarych, pierwszego odrostu runi łąkowej oraz wydajności pastwisk. Susze letnie zwykle wpływają ujemnie na plon pastewnych upraw polowych i drugiego odrostu runi łąkowej (Łabędzki 2006b). Katastrofalna i długotrwała susza w 1992 r. objęła prawie cały obszar Polski i spowodowała zmniejszenie zbiorów ziemiopłodów średnio o 25% w porównaniu z rokiem o normalnych opadach, czego konsekwencją był wzrost cen żywności i brak paszy dla zwierząt (Zawadzki i Mierosławska 1992). W roku tym nie zebrano drugiego i trzeciego odrostu traw, co spowodowało, że plony siana z łąk zmniejszyły się średnio o 27% w stosunku do średnich plonów z lat 1986–1990 (Łabędzki 2006b). Okresy posuszne wystąpiły na znacznych obszarach Polski w 2000, 2002, 2003, 2005, 2006, 2008 i 2011 r., powodując straty zbiorów głównych upraw rolniczych. Według Raportu Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej z 2006 r. (Susza w Polsce... 2006), częstotliwość pojawiania się lat posusznych w naszym kraju w okresie 1951–1981 wynosiła 6 (średnio co 5 lat), natomiast w okresie 1982–2006 aż 13 (średnio co 2 lata). To upoważnia do stwierdzenia, że klimat w Polsce w ostatnich latach wyraźnie się zmienia, a ekstremalne zjawiska pogodowe, takie jak susze, wpisały się jako cechy charakterystyczne klimatu naszego kraju. Pociąga to za sobą negatywne skutki ekologiczne i gospodarcze. Zachodzące zmiany klimatyczne stworzyły potrzebę opracowania i wdrożenia ogólnokrajowej strategii walki z suszą i przeciwdziałania jej szkodliwym skutkom.

Na pojawianie się suszy nie mamy wpływu, ale możemy do pewnego stopnia modyfikować wrażliwość roślin na ekstremalne warunki pogodowe, między innymi poprzez właściwe użytkowanie ziemi, racjonalne gospodarowanie wodą, dostosowanie rodzajów upraw do naturalnych siedlisk czy odpowiednią lokalizację gospodarstw. Odpowiedzią na prezentowane prognozy powinny być szybkie zmiany w hodowli, agrotechnice i innych aspektach działalności człowieka bezpośrednio związanych z produkcją roślinną. Postęp biologiczny w rolnictwie może w dużym stopniu ograniczyć potrzeby wodne roślin, bowiem zwiększenie produkcji rolniczej nie musi odbywać się kosztem zwiększenia zużycia wody.

W grupie roślin pastewnych trawy zajmują szczególne miejsce; odpowiednio nawożone charakteryzują się dużym potencjałem plonotwórczym suchej masy, białka i energii, przewyższającym znacznie większość innych gatunków roślin pastewnych (Jelinowska i in. 1988, Falkowski i in. 1990). Trawy dostarczają pełnowartościową paszę objętościową pokrywającą zapotrzebowanie zwierząt przeżuwających, dobrze wykorzystują azot z nawozów i mają małe wymagania glebowe. Ich uprawa jest stosunkowo tania ze względu na niskie koszty nasion oraz prosty zbiór i konserwację. Polową uprawę traw na gruntach ornych charakteryzuje również krótkotrwałość, co nie komplikuje systemu zmianowania oraz przyczynia się do pozostawiania dobrego stanowiska dla roślin następnych. Wiedza o fizjologicznych i genetycznych podstawach reakcji traw na różne czynniki środowiska jest niedostateczna. Coraz częstsze okresy posuszne występujące w naszym kraju wskazują na konieczność prowadzenia badań mających na celu poznanie reakcji poszczególnych gatunków

i odmian traw pastewnych na niekorzystne czynniki środowiska oraz możliwości ich adaptacji i aklimatyzacji do zmieniających się warunków. To pozwoli na odpowiednią selekcję gatunków bardziej odpornych na suszę i umożliwi hodowlę odmian o zwiększonych zdolnościach przystosowawczych i większej tolerancji na niedobory wody w glebie.

Uwzględniając zasygnalizowane zagadnienia, podjęto próbę zweryfikowania następującej hipotezy badawczej: produktywność, parametry wymiany gazowej, indeks zieloności liścia, cechy morfologiczne oraz skład chemiczny gatunków i odmian traw zależą od warunków wilgotnościowych gleby.

Celem podjętych badań było:

- rozpoznanie wrażliwości wybranych gatunków i odmian traw pastewnych na długotrwały stres związany z niedoborem wody w glebie;
- ocena wpływu zróżnicowanej wilgotności gleby na plonowanie oraz wybrane cechy budowy morfologicznej traw;
- ewaluacja oddziaływania niedoboru wody w glebie na wskaźniki wymiany gazowej roślin (intensywność fotosyntezy i transpiracji, przewodnictwo szparkowe);
- określenie wpływu deficytu wody w podłożu glebowym na indeks zieloności liścia (SPAD);
- ocena oddziaływania warunków stresowych wywołanych niedoborem wody w glebie na skład chemiczny paszy z badanych gatunków i odmian traw.

2. PRZEGLĄD LITERATURY

Przyczynami zmiennego w latach plonowania roślin uprawnych są między innymi niekorzystne czynniki środowiska, takie jak: susza, zasolenie, ekstremalne temperatury, choroby czy szkodniki. Skutkiem ich działania jest ograniczenie procesów życiowych i zahamowanie wzrostu roślin, co w konsekwencji prowadzi do obniżenia plonu i pogorszenia jego jakości. Czynniki te określane są jako stresowe (Kacperska 2002, Murkowski 2002). Termin „stres” pochodzi od łac. *stringere*, co oznacza „wymuszać reakcję”. W odniesieniu do roślin terminu tego jako pierwszy użył Levitt (1972), który mianem stresu określił wszystkie odbiegające od normy sytuacje stawiające nadmierne wymagania organizmom żywym. Według Lichtenthalera (cyt. za Płażek 2004), stres to taka sytuacja, w której granica tolerancji organizmu została przekroczona, a jego zdolność do adaptacji wyczerpana, w wyniku czego dochodzi do trwałych uszkodzeń lub nawet śmierci. W obecnej terminologii pod pojęciem stresu rozumiemy zarówno czynnik stresowy działający na organizm (stresor), jak i stan organizmu wywołany działaniem tego czynnika (reakcja stresowa). Kacperska (1991) mianem „czynnik stresowy” lub „stres” określa czynniki środowiska, których działanie może doprowadzić do odwracalnych lub nieodwracalnych zaburzeń w funkcjonowaniu rośliny i budujących ją struktur. Zaburzenia te mogą polegać na zakłóceniach wzrostu i rozwoju oraz procesów me-

tabolicznych przebiegających w komórce, a także na zmianie fizykochemicznych właściwości struktur komórkowych. Jeśli nasilenie działania czynników stresowych nie przekracza genetycznie uwarunkowanej odporności rośliny, to następuje jej aklimatyzacja do zmienionych warunków. Natomiast długotrwałe działanie stresora, z dużą intensywnością, może prowadzić do trwałego uszkodzenia komórek, tkanek i organów, a w skrajnych przypadkach nawet do śmierci całej rośliny (Starck 1995, Kacperska 2002, Chaves i Oliveira 2004).

Czynniki stresowe, które ograniczają czynności życiowe roślin można podzielić na dwie grupy: biotyczne i abiotyczne. Do czynników biotycznych zaliczamy: konkurencję (wewnątrzgatunkową i międzygatunkową), allelopatię oraz inwazję organizmów (choroby, szkodniki, chwasty), natomiast wśród czynników abiotycznych wyróżniamy czynniki fizyczne (niska bądź wysoka temperatura, nadmiar bądź niedobór wody, różne rodzaje szkodliwego promieniowania) oraz chemiczne (zasolenie, pestycydy, zanieczyszczenia) (Starck i in. 1995, Kacperska 2002). W warunkach naturalnych często obserwuje się jednocześnie oddziaływanie kilku stresów zwane multistresami (Starck 1995, Dziadczyk 2002). Niedoborowi wody zwykle towarzyszy wysoka temperatura, która pogłębia stres suszy. Specyficzne stresory powodują wiele, często zachodzących na siebie zaburzeń w przebiegu i intensywności tych samych procesów. Reakcja roślin na te stresory jest również podobna (Bohnert i in. 1994, Bray 1997, Xu i Zhou 2006).

Niedobór wody w glebie należy do czynników, które w decydujący sposób ograniczają wzrost, rozwój, a przede wszystkim plonowanie roślin uprawnych. Umiarkowany stres wodny powoduje początkowo zahamowanie wzrostu i tempa podziału komórek w liściach. Szybkość wzrostu zaczyna maleć, gdy zawartość wody spada poniżej punktu nasycenia tkanki wodą (Kacperska 2002). Nasilający się deficyt może spowodować przyspieszony proces starzenia się roślin i zrzucania liści. Jest to typowa reakcja obronna rośliny, która w ten sposób ogranicza powierzchnię transpiracyjną. Dłużej działający stres może doprowadzić do poważnych zaburzeń w metabolizmie rośliny. Szczególnie wrażliwy na czynniki stresowe jest aparat fotosyntetyczny, który w pierwszej kolejności reaguje na wszelkie zmiany w środowisku (Kalaji i Łoboda 2010). W warunkach suszy fotosynteza jest zawsze hamowana, choć reakcja poszczególnych gatunków na stres jest niejednakowa. Uzależnione jest to od stopnia kurczenia się protoplastu w czasie odwodnienia komórek, jak i zdolności do sprawnej, odwracalnej hydratacji obserwowanej u roślin odpornych na suszę (Starck i in. 1995). Zmniejszenie intensywności fotosyntezy na skutek niedoboru wody w glebie jest najprawdopodobniej związane ze spadkiem aktywności RuBisCo oraz ze zmniejszeniem przewodności dyfuzyjnej szparek i przez to ograniczeniem dostępności CO₂ w przestworach międzykomórkowych (Jones 1998, Lu i Zhang 1998, Hura i in. 2007). W przeciwieństwie do zahamowanej fotosyntezy transport floemowy jest tylko trochę mniej sprawny, co pozwala na stabilne zaopatrzenie w substancje organiczne systemu korzeniowego oraz organów generatywnych. Szybkość fotosyntezy zależy od wielu czynników środowiska, takich jak: rodzaj

i natężenie światła, temperatura, stężenie tlenu i dwutlenku węgla w powietrzu, dostępność wody, ale także od szeregu czynników wewnętrznych, takich jak: struktura liścia, zawartość chlorofilu, nagromadzenie w chloroplastach produktów fotosyntezy, aktywność enzymów czy zaopatrzenie w składniki mineralne (Starck i in. 1995, Kacperska 2002, Kalaji i Łoboda 2010).

Na poziomie komórkowym niedobór wilgoci powoduje w pierwszej kolejności zachwianie bilansu wodnego rośliny poprzez spadek potencjału wody w komórkach oraz gromadzenie różnych metabolitów, które z jednej strony powodują obniżenie potencjału osmotycznego, a z drugiej mają znaczenie ochronne dla struktur komórkowych (Kacperska 1996, Ozturk i Ayolin 2004, Olszewski i in. 2009). Przedłużający się i narastający stres wpływa na struktury chloroplastów, powodując uszkodzenie błon tylakoidów, degradację bądź utlenianie lipidów stabilizujących kompleksy białkowe, a w konsekwencji uszkodzenie fotosystemów, głównie PS II (Krupa i Baszyński 1989, Strack i in. 1995). Skutkiem destabilizacji błon komórkowych są też zmiany zawartości jonów i różnych metabolitów w poszczególnych przedziałach komórkowych oraz nadprodukcja aktywnych form tlenu. Może to powodować wiele nieodwracalnych i niekorzystnych dla rośliny następstw, takich jak przejście lipidów błon w stan żelu oraz uszkodzenie białek i DNA, które prowadzą do śmierci komórek i zamierania tkanek (Kacperska 1996 i 2004, Mori i Schroeder 2004).

W warunkach deficytu wody w glebie zachodzą także zmiany na poziomie aktywności hormonów. W pierwszej kolejności wzrasta zawartość kwasu abscysynowego (ABA), a w warunkach silnego stresu również etylenu i kwasu jasmonowego, przy jednoczesnym spadku zawartości cytokinin, a często też giberelin, co na ogół powoduje zahamowanie wzrostu roślin (Davies i Zhang 1991, Koda 1992, Bano i in. 1993, Voesenek i Van Der Veen 1994, Strack i in. 1995). Równocześnie następuje synteza białek stresowych, które osłaniają błony komórkowe oraz uczestniczą w osmoregulacji. Wszystko to ma na celu zabezpieczenie komórki przed wtórnymi uszkodzeniami (Vierling i Kimpel 1992, Farooq i in. 2009). Wzrost stężenia ABA w komórkach następuje od samego początku odwodnienia i prowadzi do uruchomienia mechanizmów przeciwdziałających utracie wody przez roślinę. W pierwszej kolejności jest to ograniczenie transpiracji w wyniku przymknięcia aparatów szparkowych lub nawet zmniejszenia powierzchni transpiracyjnej poprzez zrzućcie liści. Z drugiej strony dochodzi do poważnych modyfikacji fotosyntetycznego metabolizmu węgla, poprzez hamowanie aktywności karboksylazy RuBP, a także zmian w syntezie białek zależnych od ABA (Kacperska 1996). Bengston i in. (cyt. za Bandurska 1991) wykazali, że dwudziestogodzinny stres wodny powoduje ponad siedmiokrotny wzrost poziomu kwasu ABA w siewkach jęczmienia. Kwas abscysynowy wpływa inhibicyjnie na wzrost pędu rośliny, ale jednocześnie stymuluje wzrost i rozwój korzeni, co w dużym stopniu ułatwia pokonanie stresu (Munns i Scharp 1993, Volkman 1997, Łukaszewska i in. 2007, Farooq i in. 2009).

Niespecyficzną substancją o działaniu antystresowym, podobnie jak kwas ABA, jest aminokwas prolina. Białka bogate w prolinę są ważnym elementem struktu-

ralnym ściany komórkowej u roślin wyższych. Odgrywają istotną rolę w regulacji wzrostu wydłużeniowego i morfogenezy roślin oraz w tworzeniu barier ochronnych u roślin porażonych patogenami (Bandurska 1991, Showalter 1993). W warunkach deficytu wody w glebie następuje znaczna i szybka akumulacja tego aminokwasu w komórkach roślin i dzięki jego właściwościom osmoregulacyjnym rośliny mogą efektywniej pobierać wodę z gleby i dłużej ją utrzymywać (Bokhari i Trent 1985, Karolewski 1996). Według Hansona i Hitza (1982), poziom wolnej prolina w liściach poddanych działaniu stresu wodnego jest od 20 do 100 razy wyższy niż w liściach dobrze uwodnionych. Prolina działa ochronnie także poprzez stabilizację struktur i funkcji błon komórkowych w fazie odwodnienia komórek oraz utrzymuje stały poziom pH w cytoplazmie. Aminokwas ten przyspiesza również naprawę uszkodzeń w fazie restytucji (Bandurska 1999, Murkowski 2002). Akumulacja wolnej prolina modyfikowana jest przez szereg czynników, takich jak: światło, temperatura, żywienie mineralne, długość dehydratacji oraz wiek rośliny. W czasie suszy młode rośliny akumulują więcej prolina niż rośliny starsze (Bandurska 1991, Karolewski 1996, Bandurska i in. 2008).

W warunkach stresu wodnego stwierdzono także wzmożoną akumulację endogennych poliamin w komórkach roślinnych (Slocum i in. 1984, Galston i Sawhney 1990, Bandurska 1991). Związki te poprzez stabilizację struktury i funkcji błon komórkowych wpływają na efektywną biosyntezę białek, ułatwiają proces restytucji i przyspieszają aklimatyzację roślin do zmieniających się warunków środowiska. Pełnią też ważną rolę jako „zmiatacze” wolnych rodników. W czasie suszy poliaminy inhibują reakcje fotosyntezy w chloroplastach (Floryszak-Wieczorek i in. 1992). Zmiany natężenia procesów fizjologicznych w niekorzystnych warunkach odwodnienia są zarówno skutkiem zaburzeń spowodowanych stresem, jak i wynikiem mechanizmów naprawczych (Starck 2002).

Według Starck (2010), pośrednim dowodem na zróżnicowaną reakcję roślin na stres są zmiany metabolizmu węglowodanów w akceptorze. Cukry powodują regulację ekspresji genów, która jest ważnym mechanizmem aklimatyzacji roślin do zmieniających się warunków środowiska. W czasie stresu optymalizuje ona wzrost i rozwój rośliny przy jednoczesnym ograniczeniu wydatkowania energii (Hummel i in. 2009). Zdaniem Paul i in. (2001), dwucukier trehaloza jest niezbędny w regulacji fotosyntezy, dystrybucji fotoasymilatów i wykorzystaniu węglowodanów w akceptorach oraz zwiększa odporność roślin na różne stresy, głównie suszę. Trehaloza powszechnie występuje u grzybów, mikroorganizmów oraz roślin wyższych poikilohydrycznych. Wykorzystanie w badaniach najnowszych metod i nowoczesnej aparatury o dużej czułości ujawniło powszechność występowania tej substancji u roślin poddanych stresowi suszy (Starck 2010). Potwierdzają to badania Cuellar-Ortiz i in. (2008), którzy wykazali, że odmiana fasoli odporniejsza na suszę gromadziła więcej skrobi w strąkach niż odmiana mniej odporna.

Przeżycie rośliny i wytworzenie plonu rolniczego w środowisku, w którym zadziałał czynnik stresowy zależą od odporności tej rośliny na stresor. Według

Kacperskiej (1991) i Starck (1995) decydują o tym trzy podstawowe elementy: właściwości organizmu, które mówią o podatności lub wytrzymałości jego struktur na działanie stresu, zdolność organizmu do naprawy uszkodzeń oraz do adaptacji lub aklimatyzacji. Adaptacja jest skutkiem zmian zachodzących w genomie osobnika w toku ewolucji w wyniku mutacji bądź też prac hodowlanych. Adaptacja jest procesem trwałym, prowadzącym do różnicowania roślin pod względem morfologicznym i metabolicznym (sukulenty, sklerofity, efemerydy). Z kolei aklimatyzacja (hartowanie) polega na niedziedzicznej modyfikacji struktury i funkcji osobnika podczas jego rozwoju osobniczego, w odpowiedzi na czynnik stresowy działający w natężeniu subletalnym. Pozwala na zminimalizowanie uszkodzeń i lepsze przystosowanie się osobnika do aktualnie panujących warunków środowiskowych (Hanson i Nelsen 1985, Kacperska 2002). Niezależnie od tego, czy przystosowanie rośliny do środowiska następuje wskutek adaptacji czy aklimatyzacji, zgodnie z teorią Levitta (1972), może być ono wynikiem dwóch różnych strategii dostosowawczych, tj. zdolności do unikania stresu lub tolerancji jego skutków. Unikanie stresu polega na wytwarzaniu chemicznych bądź fizycznych barier zabezpieczających roślinę przed odwodnieniem lub też na zapobieganiu wnikania czynnika stresowego w głąb tkanek lub komórek, na przykład w wyniku dostosowania swojego cyklu życiowego do sezonowych zmian warunków środowiska. Zjawisko to polega na przykład na bardzo wczesnym kwitnieniu i zawiązywaniu nasion przed okresem największego nasilenia suszy, co obserwujemy m.in. u niektórych śródziemnomorskich odmian kupkówki pospolitej (Volaire i Lelièvre 2005). Rośliny „unikające suszy” przetrwanie w niekorzystnym środowisku zawdzięczają takim organom, jak: nasiona, bulwy, kłącza i cebule. Istotne jest to, że przy tego typu odporności nie dochodzi do wyrównania potencjału wodnego komórek zlokalizowanych w częściach nadziemnych rośliny z potencjałem wodnym atmosfery. Z kolei tolerancja na odwodnienie to zdolność rośliny do unikania szkodliwego dla komórek deficytu wody powodowanego suszą. Gospodarka wodna rośliny może dostosować się do wzrastającego niedoboru wody poprzez ograniczenie transpiracji, sprawne pobieranie wody przez dobrze rozwinięty system korzeniowy, wydajne jej przewodzenie czy też możliwość jej magazynowania. System korzeniowy traw jest przystosowany do pobrania dużej ilości wody ze stosunkowo niewielkiej powierzchni dzięki temu, że główna masa korzeni zlokalizowana jest w górnych (0–20 cm) warstwach gleby (Falkowski 1982, Stuczyńska i Stuczyński 1993). U gatunków traw uznawanych za odporne na suszę system korzeniowy jest silnie rozwinięty i może sięgać do głębokości nawet 200 cm, tak jak w przypadku kostrzewy trzcinowej (Falkowski 1982, Thomas 1994, Carrow 1996a i 1996b, Hull 1997, Wilman i in. 1998, Eagles i in. 1999). Zdolność do tolerowania skutków stresu zachodzi przy wyrównaniu różnicy potencjałów wody między komórkami a środowiskiem zewnętrznym (Kacperska 2002). Najczęściej roślina broni się przed suszą, ograniczając transpirację, poprzez: zamykanie aparatów szparkowych, zwiększanie grubości kutykuli, pokrycie liści kutnerem, zmniejszanie rozmiarów czy też redukcję liczby liści. Rośliny odporne na stresy uruchamiają czę-

sto obie grupy mechanizmów – unikanie i tolerancję, przy czym najczęściej jeden typ dominuje, a drugi działa uzupełniająco (Levitt 1990).

Ważną cechą traw jest zdolność do odrastania po odwodnieniu. Po ponownym nawodnieniu siedliska rośliny przechodzą ze stanu spoczynku wywołanego suszą w fazę wzrostu. Odrost po suszy najbardziej uwidacznia różnice w odporności na stres różnych gatunków i odmian traw (Thomas 1994). Stopień tolerowania odwodnienia może też świadczyć o możliwościach adaptacyjnych roślin. Gatunki tolerujące suszę są zdolne do przeżycia około 30% dehydratacji przy zachowaniu zdolności do całkowitej regeneracji po nawodnieniu. Rośliny tolerujące zasuszenie (ang. *dessication*) przeżywają utratę nawet 92% wody, a ponadto wykazują zdolność do rehydratacji i szybkiego przywrócenia czynności życiowych. Są to tzw. rośliny poikilohydryczne (rezurekcyjne, zmartwychwstające), do których należą niektóre trawy pustynne z rodzajów: *Sporobolus*, *Eragrostis* czy *Oropetium* (Gaff i in. 1990, Bernacchia i Furini 2004). Wysuszone trawy mogą przetrwać nawet dwa lata, zaś po ponownym nawodnieniu, już po kilkudziesięciu godzinach następuje ich regeneracja i pobudzenie podstawowych procesów fizjologicznych. Jednym z warunków przetrwania tak silnego odwodnienia roślin poikilohydrycznych jest zabezpieczenie przed destrukcją aparatu genetycznego i błon komórkowych, głównie przy udziale różnych białek stresowych lub poprzez wzrost stężenia soku komórkowego w cytozolu wynikający między innymi z syntezy dużej ilości cukrów (Starck 2005). Zdaniem Volaire'a (2003), kluczowymi organami decydującymi o przetrwaniu okresów niedoboru wody u traw są zawiązki liściowe, które tolerują znacznie niższe wartości potencjału osmotycznego niż w pełni wykształcona blaszka liściowa i to one inicjują późniejszy odrost roślin.

Współczesne rolnictwo dąży do tego, aby wprowadzać do uprawy odmiany „oszczędne”, o większej wydajności oraz mniejszych wymaganiach siedliskowych i agrotechnicznych. Takie rośliny można uprawiać na znacznie mniejszych arealach, nie tracąc wiele na produktywności i nie obciążając w dużym stopniu środowiska. Postępuje również hodowla odmian odpornych na stresy biotyczne i abiotyczne, w tym na suszę. Obecnie, dzięki zastosowaniu technik inżynierii genetycznej, można wprowadzić do genomu roślin wrażliwych na stresy geny zwiększające ich tolerancję na niekorzystne warunki środowiska, np. patogeny, niską temperaturę, czy suszę (Legocki 1990, Lutyńska 1994). Hodowla odpornościowa na stresy biotyczne wydaje się prostsza w porównaniu z hodowlą na stresy abiotyczne, ponieważ najczęściej kodowana jest jednym genem, który łatwiej można wprowadzić do roślin metodami genetyki klasycznej i inżynierii genetycznej (Broda 2001). W przypadku stresu abiotycznego dziedziczenie jest bardziej złożone, dlatego hodowla roślin odpornych na suszę glebową, mimo wieloletnich intensywnych badań, napotyka ciągle na poważne trudności. Spowodowane jest to tym, że odporność na deficyt wody jest cechą złożoną, o tylko fragmentarycznie poznanym mechanizmie kontroli genetycznej. Geny odpowiedzialne za reakcję rośliny na stres wodny zlokalizowane są bowiem w różnych chromosomach, a ponadto ich działanie bywa sprzężone z od-

działaniem innych genów. Zabiegi hodowlane mogą doprowadzić do koncentracji genów rozproszonych w populacjach i na drodze krzyżowania pozwolą uzyskać ekspresję wybranej cechy. Końcowy efekt podlega jednak silnym modyfikacjom środowiskowym, a ponadto odporność roślin na stres wodny uzależniona jest od ich fazy rozwojowej i warunków wegetacji przed wystąpieniem, w czasie trwania i po zakończeniu suszy (Zagdańska 1995, Dziadczyk 2002). Reed i Smith (cyt. za Broda 2001) do badań nad ulepszeniem odporności życicy trwałej (*Lolium perenne*) na długotrwałe okresy suszy zastosowali krzyżowanie południowoeuropejskich, północnoafrykańskich i bliskowschodnich ekotypów. Wyselekcjonowane formy *L. perenne* okazały się odporne na ekstremalne warunki suszy. Takie kierunki badań oraz efekty hodowlane odporności roślin na stresy uzyskane w zagranicznych ośrodkach naukowych powinny być uwzględniane w programach hodowlanych także w naszym kraju.

Z punktu widzenia biologii plonowania roślina odporna na stres w niekorzystnych warunkach środowiska wydaje plon niewiele mniejszy od plonu roślin uprawianych w warunkach optymalnych, czyli charakteryzuje się dużą wiernością plonowania. Jest to uzależnione w głównej mierze od sprawnego transportu produktów fotosyntezy z liści do organów stanowiących plon rolniczy (Wallace i in. 1993). Większe możliwości przetrwania suszy mają te rośliny, które posiadają zdolność do podwyższania swojej tolerancji na odwodnienie protoplastu bez naruszania jego struktury i funkcji życiowych. Według Dziadczyka (2002), rośliny tolerancyjne na stres to takie, które są zdolne do utrzymywania procesów życiowych na jak najmniej zmienionym poziomie w warunkach środowiska znacznie odbiegających od optymalnych. Zdaniem Bluma (2005), plon roślin nie ulega obniżeniu, jeśli roślina potrafi zabezpieczyć się przed utratą wody przez wykształcenie większej masy i długości korzeni lub zwiększenie ich przepuszczalności. W bardzo niekorzystnych warunkach strategia przeżycia rośliny polega na drastycznym zahamowaniu bardzo energochłonnego procesu wzrostu, a w skrajnych przypadkach – nawet rozwoju generatywnego (Levitt 1990). Również likwidacja uszkodzeń struktur komórkowych i organów oraz regeneracja rośliny już po ustąpieniu czynnika stresowego wymaga dużych nakładów energii. Dzieje się to najczęściej kosztem obniżenia plonu i pogorszenia jego jakości (Hall 1990).

Metody testowania odporności roślin na suszę polegają głównie na porównywaniu ich wzrostu, rozwoju i plonowania w warunkach stresu wodnego i optymalnego uwodnienia oraz na ocenie cech i właściwości wyraźnie skorelowanych lub funkcjonalnie związanych z odpornością, takich jak intensywność fotosyntezy czy transpiracji liści (Norris i Thomas 1982, Bandurska 1991, Starck i in. 1995, Starck 2002, Kocoń i Podleśna 2004, Woźny i Przybył 2005). Plon jest końcowym efektem intensywności fotosyntezy, sprawności transportu wytworzonych asymilatów oraz ich rozdziału w roślinie, czyli dystrybucji wytworzonych produktów (Good i Bell 1985). Plonowanie traw pastewnych jest ściśle uzależnione od uwilgotnienia gleby, tzn. na większą zawartość wody w glebie reagują one wyraźnym wzrostem

plonowania (Szoszkievicz i in. 1991, Jurek 1994, Olszewska 2009, Olszewska i in. 2010). Dzielne zapotrzebowanie traw na wodę waha się od 0,5 do 3,0 l na 1 m², a ilość wody wytranspirowanej w ciągu roku z 1 m² runi trawiastej może sięgać nawet 1000 kg (Thomas 1994). Szczególnie niebezpieczne dla traw są susze letnie połączone z wysokimi temperaturami zwiększającymi transpirację. Z danych literaturowych wynika, że susze w Polsce mogą powodować obniżenie plonu traw o około 30%, (Łabędzki 2006b), a w Wielkiej Brytanii nawet o 40% (Eagles i in. 1984). Poziom plonowania jest doskonałym miernikiem tolerancji takiego niedoboru wody, który osłabia wzrost, ale nie prowadzi do zasychania roślin – taki stopień intensywności stresu występuje bardzo często w naszych warunkach klimatycznych. W badaniach dotyczących produktywności roślin na ogół wykorzystuje się zmniejszenie plonu rolniczego jako miarę wrażliwości roślin na stosowany lub występujący w trakcie wegetacji stres bądź też zespół stresów. Według Dziadczyka (2002), w praktyce rolniczej redukcja wielkości plonu wywołana przez określony czynnik stresowy jest najlepszym wskaźnikiem tolerancji tego stresu. Przyjęcie spadku plonu rolniczego jako kryterium miary odporności może być przydatne do ostatecznej oceny efektywności zabiegów hodowlanych prowadzonych w oparciu o specyficzne i posiadające dużą wartość selekcyjną kryteria odporności. Należy jednak pamiętać, że poziom plonu rolniczego jest wynikiem interakcji genotypu z różnymi czynnikami środowiska występującymi w trakcie całego sezonu wegetacyjnego, dlatego zdaniem wielu autorów (Kacperska 1991, Araus i in. 2002, Grudkowska i in. 2003) jedynie prowadzenie badań w warunkach kontrolowanych umożliwia wyeliminowanie wpływu innych czynników środowiska i ograniczenie trwania suszy glebowej do ściśle wyznaczonego okresu czy fazy rozwojowej. Umożliwia to wnikliwe badania odporności roślin na stres i pozwala na poprawne wnioskowanie.

Poszczególne gatunki traw różnie reagują na stres wodny, ale także w obrębie gatunków obserwowana jest niejednakowa reakcja odmian wynikająca z ich specyficznych właściwości morfologiczno-biologicznych (Madziar i Latanowicz 1996, Goliński 2008). Adjei i Kirkham (1980) zaobserwowali u wielu gatunków traw różnice odmianowe w zdolności do utrzymywania wysokiego potencjału wodnego liści w warunkach suszy. Jest to najczęściej związane z lepiej rozwiniętym systemem korzeniowym i jego zdolnością do efektywniejszego wykorzystywania wody glebowej u odmian odpornych na stres (Zagdańska 1992). W porównaniu z gatunkami polowymi, takimi jak zboża, liczba odmian poszczególnych gatunków traw pastewnych przydatnych do uprawy na gruntach ornych jest stosunkowo niewielka (Lista odmian... 2012), a krajowe badania dotyczące ich oceny pod względem produktywności, składu chemicznego oraz zachowania się w różnych warunkach siedliska są nieliczne (Falkowski i in. 1989, Szoszkievicz i in. 1991, Madziar i Latanowicz 1996, Olszewska 2004, 2006a, 2006b i 2009). Wynika stąd potrzeba szczegółowych badań w zakresie wartości rolniczej poszczególnych odmian traw. Zdaniem Jurka (1994), różnice w uszeregowaniu odmian traw pod względem wrażliwości na suszę między pierwszym a trzecim rokiem użytkowania również wskazują na związek

tej cechy z wiekiem roślin i konieczność dokonywania oceny odporności na stres w kolejnych latach wegetacji, bowiem zmienność odporności na zasychanie zależy od wieku rośliny.

W produkcji biomasy dużą rolę odgrywa wielkość powierzchni asymilacyjnej, długość życia i okres zdolności organów asymilacyjnych do efektywnej fotosyntezy. Młody liść staje się producentem dopiero wtedy, kiedy osiągnie połowę ostatecznej wielkości, a starzejący się liść przestaje być donorem asymilatów. W tym okresie z młodych liści roślin charakteryzujących się fotosyntezą typu C_3 eksportowane jest około 50–60%, a z liści roślin o fotosyntezie typu C_4 nawet do 80% wytwarzanych asymilatów (Starck 2002). Pierwszą widoczną reakcją traw pastewnych na stres wodny jest zwijanie się liści powodujące znaczne zmniejszenie powierzchni asymilacyjnej, a przez to intensywności transpiracji. Jest to wynikiem utraty wody przez komórki ruchowe liścia znajdujące się na górnej epidermie (Zagdańska 1992). Niedobór wody, niedoprowadzający jeszcze do nieodwracalnego zwiędnięcia roślin, hamuje wzrost i wykształcanie nowych pędów i liści, które u traw w takich warunkach stają się wąskie i krótkie (Hull 1997). Szacuje się, że 30% deficyt wody w liściu stanowi granicę, powyżej której procesy biochemiczne ulegają istotnemu upośledzeniu (Kalaji i Łoboda 2010). Trawy posiadają również charakterystyczną budowę aparatów szparkowych w liściach. Komórki szparkowe mają kształt biskoptowaty ze wzmocnionymi, bulwkowatymi zakończeniami. Gdy wzrasta objętość tych elastycznych zakończeń, środkowe części komórek oddalają się od siebie, co powoduje powiększenie szczeliny między komórkami. Stopień otwarcia aparatów szparkowych zależy od wielu czynników zewnętrznych, takich jak: natężenie światła, wilgotność i temperatura powietrza oraz wewnętrznych, takich jak: wewnątrzkomórkowe stężenie CO_2 i kwasu ABA. Dzięki swojej specyficznej budowie aparat szparkowy traw szybko reaguje na zmiany czynników zewnętrznych i wewnętrznych, co może ułatwiać optymalizowanie zużycia wody i szybkości asymilacji CO_2 (Kacperska 2002, Frey 2007).

Do badań procesów fizjologicznych zachodzących w roślinach pod wpływem stresów stosuje się wiele metod. Najbardziej wnikliwe analizują przebieg fotosyntezy, jednego z najważniejszych procesów zachodzących w roślinach, a jednocześnie szczególnie wrażliwego na działanie czynników stresowych (Kalaji i Łoboda 2010). Według Nalborczyka (1996), w optymalnych warunkach uprawy poziom plonowania roślin zależy od intensywności procesu fotosyntezy i jest pomniejszony o utratę biomasy wynikającą z procesu oddychania. Zdaniem Lawlor (1995), blisko 90% akumulowanej biomasy zależy od intensywności fotosyntezy. Wpływ suszy na intensywność wymiany gazowej uzależniony jest od czasu jej trwania, poziomu działania oraz fizjologicznego wieku liści. Pierwsze objawy utraty turgoru pojawiają się na ogół najpierw u starszych liści i w nich przede wszystkim następuje redukcja fotosyntezy i zahamowanie translokacji asymilatów. W początkowym okresie występowania suszy ograniczenia wymiany gazowej roślin spowodowane są przytknięciem aparatów szparkowych, natomiast w warunkach przedłużonego stresu

następują zaburzenia w metabolizmie komórkowym. Według Kacperskiej (1991), zahamowanie fotosyntezy należy do zaburzeń funkcji rośliny, które mają dużą wartość diagnostyczną i mogą być sposobem oceny reakcji rośliny na stres. Ponadto Nalborczyk (1996) wskazuje, że punktem wyjścia w badaniach nad zwiększeniem produktywności roślin powinna być analiza kształtowania się wskaźników wymiany gazowej w łanie w czasie wegetacji roślin, stanowiąca swoiste tło do rozważań o efektach działania czynników agrotechnicznych. Ograniczenie wartości parametrów wymiany gazowej roślin, a zwłaszcza intensywności fotosyntezy i transpiracji w warunkach stresu suszy stwierdziło wielu autorów (Xu i in. 1990, Jones 1998, Lu i Zhang 1998, Pszczółkowska i in. 2003, Hejnák i Křížková 2004, Wojtasik 2004, Gong i in. 2006, Hura i in. 2007, Jeżowski i in. 2009, Olszewska i in. 2010). Wykazali oni, że fotosynteza, mimo iż ulega dużym zmianom pod wpływem warunków środowiska, jest genetycznie związana z gatunkiem i odmianą. Wojcieśka (1996) podaje, że w wielu przypadkach zachodzi pozytywna korelacja między intensywnością fotosyntezy na jednostkę powierzchni lub masy a plonem, jednak niekiedy odmiany charakteryzujące się wysoką intensywnością fotosyntezy dają mniejsze plony niż odmiany wykazujące niższą intensywność tego procesu. Wynika to z tego, że w produkcji biomasy dużą rolę odgrywa nie tylko intensywność fotosyntezy, ale również wielkość powierzchni asymilacyjnej oraz długość życia i okres zdolności organów asymilacyjnych do efektywnej fotosyntezy.

W ocenie tolerancji roślin na różne czynniki stresowe ostatnio stosowane są również szybkie, nieinwazyjne i wysokoczułe metody badawcze wykorzystujące zjawisko fluorescencji chlorofilu. Pomiar fluorescencji chlorofilu *a* służy do określenia sprawności aparatu fotosyntetycznego oraz oceny stanu fizjologicznego rośliny. Pozwala też w pośredni sposób oszacować zawartość chlorofilu w fotosyntetyzującym materiale (Kałaji i Łoboda 2010). Analiza krzywej indukcji fluorescencji chlorofilu umożliwia ocenę współdziałania fotochemicznych reakcji fazy świetlnej fotosyntezy z wydajnością biochemicznych reakcji w fazie ciemnej. Ścisłe powiązanie i dostosowanie szybkości tych reakcji jest warunkiem wysokiej sprawności całego procesu fotosyntezy. Przy sprawnym przebiegu ciągu reakcji fotosyntetycznych intensywność fluorescencji chlorofilu pozostaje niewielka, natomiast wszelkie zakłócenia powstałe w procesie fotosyntezy, np. stresy, powodują jej wyraźny wzrost (Van der Tol i in. 2009). W ostatnich latach podejmowane były również próby wykorzystania termografii w podczerwieni do określenia stresu fizjologicznego upraw rolniczych, przebiegu transpiracji, przewodnictwa aparatów szparkowych oraz stanów chorobowych roślin. Jej zastosowanie pozwoliło na określenie zbliżającego się lub trwającego stresu wodnego roślin oraz umożliwiło określenie z dużą dokładnością ewapotranspiracji z obszarów użytkowanych rolniczo (Walczak i in. 2003).

Ważnym indykatorem procesów życiowych roślin są barwniki chlorofilowe, które wpływają na intensywność fotosyntezy i produkcję biomasy. Są one wiarygodnym wskaźnikiem żywotności roślin i ich odporności na stresowe warunki termiczne i wilgotnościowe. Traktuje się je także jako indyktor dojrzewania roślin

(Falkowski i Kukułka 1979, Kozłowski i Kukułka 1996a i 1996b, Kozłowski i in. 2001). Według cytowanych autorów, większa zawartość chlorofilu w liściach świadczy o prawidłowym przebiegu procesów życiowych roślin, a jego zmniejszenie dowodzi ich ograniczenia. Zawartość chlorofilu w roślinach pastewnych jest cechą genetycznie związaną z gatunkiem i odmianą (Falkowski i Kukułka 1979, Falkowski i in. 1990, Goliński i Xi 2000, Fotyma i Bezdusznik 2000, Machul 2003). Zależy też od czynników zewnętrznych, przede wszystkim siedliskowych oraz pogodowych, zwłaszcza ilości opadów (Kozłowski i Kukułka 1996b). Jest również dobrym wskaźnikiem pozwalającym na ocenę żywotności gatunków traw w kolejnych latach użytkowania (Kozłowski i Kukułka 1993). Wykorzystanie barwników chlorofilowych jako wskaźników żywotności roślin jest możliwe, pod warunkiem stosowania szybkich i łatwych metod badawczych. Jedną z nich jest wykorzystanie chlorofilometru określającego wartość wskaźnika SPAD. Według Kozłowskiego i in. (2001), pomiędzy zawartością chlorofilu w liściach roślin oznaczoną metodą laboratoryjną a wartościami względnymi SPAD istnieje ścisła korelacja ($r = 0,97$). Potwierdzają to również wyniki badań przeprowadzonych przez Gregorczyk i Raczyńską (1997), w których wykazano dużą zależność wartości SPAD od ilości chlorofilu w liściach ($r = 0,95 - 0,97$). Szacowanie zawartości chlorofilu przy pomocy chlorofilometru należy więc uznać jako w pełni reprezentatywne.

Wrażliwość roślin na suszę może zmieniać się wraz z ich wzrostem i przechodzeniem w kolejne fazy rozwojowe. Maksimow (cyt. za Gej 1961) wiązał zagadnienie wrażliwości roślin na deficyt wody ze stopniem zahamowania procesów wzrostowych. Jego zdaniem, każdy organ rośliny jest najbardziej wrażliwy na niedobór wody przypadający w fazie najintensywniejszego jego wzrostu. U roślin uprawnych jest to tzw. okres krytyczny. Według Chmury i in. (2009), największe zapotrzebowanie na wodę przypada zwykle pod koniec rozwoju wegetatywnego i na początku tworzenia organów generatywnych. Zdaniem Grzesiuka i Góreckiego (1978), krytycznymi fazami w rozwoju zbóż, pod względem skutków niedoboru wody, są fazy strzelania w źdźbło i kłoszenia. Według Zagdańskiej i Pacanowskiej (1979), pszenica jest najbardziej wrażliwa na suszę w fazie kwitnienia, wypełniania i dojrzewania ziarniaków. Z kolei badania przeprowadzone przez Podolską i Hołubowicz-Klizę (2006a i 2006b) wykazały, że największą redukcję plonu ziarna pszenicy ozimej i żyta powodowała susza trwająca od fazy kłoszenia do fazy dojrzałości młecznej. U roślin wieloletnich, takich jak trawy przebieg zjawisk związanych z wpływem deficytu wodnego na wzrost i rozwój rośliny w czasie fazy reakcji i restytucji powinien być badany z uwzględnieniem czynnika czasu. Zaniedbanie tego może spowodować uzyskanie odmiennych wyników przez różnych badaczy, bowiem inna jest reakcja na stres rośliny młodej (w pierwszym roku wegetacji), a inna starszej (w drugim i trzecim roku), co może tłumaczyć sprzeczności pojawiające się niekiedy w literaturze z zakresu badań nad odpornością traw na suszę (Jurek 1994).

W badaniach dotyczących zróżnicowanej wrażliwości poszczególnych genotypów roślin uprawnych na stresy często ocenia się zmiany w jakości plonu (Starck

2010). Niedobór wody w glebie wpływa na skład chemiczny traw pastewnych, przy czym, według danych literaturowych, jest on niejednoznaczny. Zdaniem niektórych autorów susza powodowała wzrost zawartości białka ogólnego oraz spadek zawartości włókna surowego (Szoszkiewicz i in. 1991, Madziar i Latanowicz 1996, Olszewska 2009), natomiast inni badacze stwierdzili mniejszą koncentrację białka pod wpływem niższego uwilgotnienia gleby (Jurkowska i in. 1993) bądź też zupełny brak istotnych zmian w ilościach tych składników (Korman 1999). Zawartość białka i włókna to podstawowe elementy składu chemicznego traw mające wpływ na wartość białkową i strawność paszy. Natomiast o smakowitości, wartości energetycznej i przydatności do zakiszania decyduje przede wszystkim zawartość węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie i ich stosunek do ilości zgromadzonego białka. Od stężenia cukrów zależy również wykorzystanie innych składników pokarmowych przez organizm zwierzęcy (Falkowski i in. 1975). Poszczególne gatunki i odmiany traw różnią się genetycznie zasobnością w węglowodany rozpuszczalne, ale na ich wartość duży wpływ mają również takie czynniki, jak: faza rozwojowa rośliny, pora roku i dnia, temperatura gleby oraz dostępność wody (Kozłowski 1978). Zdaniem Falkowskiego i in. (1989), a także Kozłowskiego i Kukułki (1996a), zawartość cukrów rozpuszczalnych w wodzie oznaczonych w masie nadziemnej może być także wskaźnikiem żywotności traw i ich reakcji na zmieniające się warunki siedliskowe. Według tych autorów, niedobór opadów powoduje zahamowanie wzrostu traw i obniżenie stężenia cukrów w roślinach.

Trawy to rośliny użytkowe, które mają ogromne znaczenie dla człowieka. Występują w różnych środowiskach oraz strefach klimatycznych, od tropikalnej po arktyczną. Jest to grupa gatunków, która odniosła ewolucyjny sukces, ze względu na ogromną różnorodność (morfologiczną, anatomiczną, cytologiczną i fizjologiczną) przy równoczesnym zachowaniu zdolności do dalszego różnicowania się. Stale przekształcają się i tworzą coraz to nowe formy. Świadczą o tym młode kompleksy poliploidalne traw będące w fazie intensywnych przemian opartych o procesy krzyżowania i poliploidyzacji (Mizianty 1995). Niektóre nowopowstałe gatunki traw bardzo szybko rozprzestrzeniają się, zajmując znaczne obszary, jak na przykład *Spartina anglica* (Raybould 1991). Rodzina traw (wiechlinowate *Poaceae*) obejmuje, w zależności od ujęcia systematycznego, od 8 do 10 tysięcy gatunków (Mizianty 1995). W Polsce występuje zaledwie około 200 gatunków traw zebranych w 56 rodzajów (Falkowski 1982). Gatunki reprezentowane w naszej florze charakteryzują się znaczną zmiennością wielu cech, dzięki czemu mamy wiele taksonomicznych odmian, form i ekotypów. Poza trawami zbożowymi najwyższą wartość gospodarczą mają uprawne trawy pastewne i trawnikowe.

Do zakładania krótkotrwałych użytków zielonych na gruntach ornych wykorzystuje się zaledwie kilka gatunków traw pastewnych, ze względu na wysokie wymagania, które są im stawiane przy intensywnym użytkowaniu. Najwartościowsze gatunki charakteryzują się dużą plennością, dobrym krzewieniem, równomiernym rozkładem plonu w sezonie wegetacyjnym, szybkim odrastaniem wiosną i po poko-

sach oraz dużą wartością pokarmową (Domański 2005). Trawami najczęściej uprawianymi, ze względu na te cechy, są gatunki z rodzajów *Lolium*, *Festuca*, zwłaszcza *Lolium multiflorum* i *Festuca pratensis* oraz *Dactylis glomerata* (Nowak 1992, Falkowski i in. 1994, Domański 2005). Duże nadzieje wiąże się z mieszańcami międzygatunkowymi i międzyrodzajowymi, które w swoim genomie łączą korzystne cechy gatunków rodzicielskich. Są one cennym źródłem zmienności do zwiększania odporności na stresy abiotyczne i biotyczne. Takim mieszańcem jest *Festulolium braunii*, powstały ze skrzyżowania gatunków: *Festuca pratensis* i *Lolium multiflorum*. Gatunki rodzicielskie łatwo krzyżują się, a ich chromosomy wykazują dostateczną homologię, mogą więc koniugować i rekombinować w mieszańcach. Prace nad mieszańcami kompleksu *Lolium* – *Festuca* prowadzone są od wielu lat w różnych ośrodkach badawczych w Europie, m.in. w Polsce (Sulinowski 1966 i 1968, Zwierzykowski i in. 1993, 1998 i 1999), Wielkiej Brytanii (Levis i in. 1973, Thomas i Humphreys 1991), Niemczech (Netzbund 1990), Czechach (Fojtik i Vacek 1983) oraz we Francji (Jadas-Hecart i in. 1991, Ghesquière i in. 1996).

3. METODYKA BADAŃ

Badania realizowano w latach 2009–2011 w hali wegetacyjnej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach. Przeprowadzono dwa doświadczenia wazonowe, dwuczynnikowe, w układzie kompletnie zrandomizowanym, w czterech powtórzeniach. W badaniach uwzględniono cztery gatunki traw pastewnych: kupkówkę pospolitą (*Dactylis glomerata* L.) – odmiany Amera i Minora, kostrzewę łąkową (*Festuca pratensis* L.) – odmiany Skra i Fantazja, festulolium (*Festulolium braunii* (K. Richt.) A. Camus) – odmiany Felopa, Agula i Sulino oraz życicę wielokwiatową (*Lolium multiflorum* Lam.) – odmiany Gisel i Lotos. W dalszej części pracy, w opisie wyników dla poszczególnych gatunków traw stosowana będzie nazwa rodzajowa (kupkówka, kostrzewa, życica i festulolium). Zastosowano 2 poziomy wilgotności gleby: 70% ppw (K – wilgotność optymalna) i 40% ppw (S – stres suszy). Pojemność kapilarną gleby oznaczono w cylindrach Vanscaffego. W doświadczeniu pierwszym wilgotność gleby obniżono do 40% ppw wiosną w pierwszym roku wegetacji (2009), w trzech terminach odpowiadających w przybliżeniu następującym fazom rozwojowym traw: krzewienie (S1), strzelanie w źdźbło (S2) oraz początek kłoszenia (S3) i utrzymywano ją przez cały sezon wegetacyjny. Badania kontynuowano w drugim (2010) i trzecim (2011) roku, według schematu przedstawionego w tabeli 1. W doświadczeniu drugim, w pierwszym roku wegetacji utrzymywano optymalną wilgotność gleby, natomiast stres wodny zadano roślinom wiosną drugiego roku, w dwóch terminach zgodnych z następującymi fazami rozwojowymi traw: wegetatywnej, gdy stożek wzrostu znajdował się na wysokości około 10 cm nad powierzchnią gleby (S4) oraz strzelania w źdźbło (S5) i utrzymywano przez cały sezon wegetacyjny. W trzecim roku wilgotność gleby była zróżnicowana według schematu doświadczenia (tab. 1).

Tabela 1

Wilgotność gleby w wazonach w poszczególnych latach badań (% ppw)

Soil moisture in pots in the successive years of investigation (% FWC)

Lata badań; Years of investigation	Doświadczenie I; Experiment I				Doświadczenie II; Experiment II	
	K	S1	S2	S3	S4	S5
2009	70	40 (stres rozpocząty w fazie krzewienia; stress started in the stage of tillering)	40 (stres rozpocząty w fazie strzelania w źdźbło; stress started in the stage of shooting)	40 (stres rozpocząty w fazie początku kłoszenia; stress started in the stage of early heading)	70	70
2010	70	70	40 (stres przez cały okres wegetacyjny; stress throughout the vegetative period)	doświadczenie nie było kontynuowane; experiment was not followed up	40 (stres rozpocząty w fazie wegetatywnej; stress started in vegetative stage)	40 (stres rozpocząty w fazie strzelania w źdźbło; stress started in the stage of shooting)
2011	70	40 (stres przez cały okres wegetacyjny; stress throughout the vegetative period)	70		70	40 (stres przez cały okres wegetacyjny; stress throughout the vegetative period)

Doświadczenie przeprowadzono w wazonach Mitscherlicha wypełnionych glebą płową z warstwy ornej (0–30 cm) pola uprawnego. Odczyn gleby $\text{pH}_{\text{KCl}} = 6,2$, zawartość P, K i Mg wynosiła odpowiednio (w mg na 100 g gleby): 32,0; 12,3; 5,1. Właściwą wilgotność gleby utrzymywano przez jedno- lub dwukrotne w ciągu dnia (w zależności od warunków pogodowych) uzupełnianie ubytków wilgoci wodą zdemineralizowaną do określonej wagi wazonu z glebą. Doświadczenia założono 7 kwietnia 2009 r. i prowadzono przez kolejne 3 lata wegetacji. Do każdego wazonu wysiano po 90 nasion traw (po 3 nasiona w 30 punktach). Następnie po wschodach dokonano przerywki, pozostawiając po 15 roślin w wazonie. W pierwszym roku wegetacji nawożenie azotem stosowano pod każdy odrost w ilości $1,2 \text{ g N} \cdot \text{wazon}^{-1}$ w postaci NH_4NO_3 , natomiast fosfor, potas i magnez wprowadzono do gleby w po-

staci roztworów: KH_2PO_4 , K_2SO_4 i $\text{MgSO}_4 \times 7 \text{ H}_2\text{O}$ jednorazowo, przedsięwzięcie w ilości ($\text{g} \cdot \text{wazon}^{-1}$): P – 1,0; K – 1,5; Mg – 0,5, co w przeliczeniu ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) wynosi: N – 40, P – 37, K – 52, Mg – 18. W kolejnych latach fosfor i magnez stosowano wiosną, a dawka potasu dzielona była na dwie równe części; jedną część aplikowano wiosną, a drugą – po zbiorze drugiego odrostu. Azot stosowano pod każdy odrost, w dawkach takich samych przez cały okres użytkowania.

W pierwszym roku zbiór traw przeprowadzono trzykrotnie, a w kolejnych dwóch latach pięciokrotnie w sezonie wegetacyjnym, w terminach uzależnionych od ich rytmu wzrostu i rozwoju (na ogół w fazie kwitnienia). Podczas każdego zbioru analizowano plonowanie roślin, cechy morfologiczne i skład chemiczny suchej masy. Wskaźniki wymiany gazowej testowanych traw oceniano w pierwszym i drugim roku badań, na podstawie pomiarów intensywności fotosyntezy netto (P_N) i transpiracji (T) oraz przewodnictwa szparkowego (G_s), za pomocą przenośnego aparatu LI 6400XT (LI-COR Environmental, USA). W pierwszym roku pomiary wykonano w pierwszym odroście, w trzech terminach odpowiadających następującym fazom rozwojowym roślin: I – koniec krzewienia/strzelanie w źdźbło, II – kłoszenie, III – kwitnienie. W roku siewu życica wielokwiatowa wykształcała dużą liczbę pędów generatywnych, natomiast pozostałe gatunki tylko pojedyncze pędy. W drugim roku badań pomiary wykonywano w pierwszym, trzecim i czwartym odroście, w fazie początku kłoszenia. Wszystkie pomiary wykonywano w godzinach przedpołudniowych, na najmłodszym, w pełni wykształconym liściu, w trzech powtórzeniach, przy stałym natężeniu promieniowania PAR – $1200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, zawartości CO_2 – 390 ppm ($\mu\text{mol} \text{ CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$ powietrza) oraz temperaturze mieszczącej się w zakresie 23–27°C. Efektywność wykorzystania wody (WUE – Water Use Efficiency) wyliczono jako P_N/T (Gong i in. 2006, Ramirez i in. 2008).

W okresie wegetacji wykonywano pomiary indeksu zieloności liścia, przy wykorzystaniu chlorofilometru SPAD 502 Plus (Konica Minolta, Japan). Zasadą działania aparatu jest pomiar transmisji wiązek światła czerwonego (650 nm) i podczerwonego (950 nm) przechodzących przez liść, z których chlorofil znajdujący się w liściach absorbuje tylko światło czerwone. Przyrząd mierzy różnice pomiędzy absorpcją światła przy tych dwóch długościach fali, a iloraz tych różnic jest indeksem zieloności liścia albo względnej zawartości chlorofilu. Otrzymany wynik podany jest w postaci cyfrowej, w tzw. jednostkach SPAD (Soil and Plant Analysis Development) w zakresie od 0 do 800. Wartość odczytanego wyniku jest proporcjonalna do zawartości chlorofilu w badanym obszarze (6 mm^2) liścia (Monje i Bugbee 1992, Blackmer i Schepers 1994, Markwell i in. 1995, Gáborčík 1997). Pomiary wykonywano na najmłodszym, w pełni wykształconym liściu, w środkowej części blaszki liściowej, w odstępach tygodniowych przez cały okres wegetacji roślin. W każdym odroście wykonano po cztery pomiary.

Wskaźnik suszy rolniczej YR określający redukcję plonu w wyniku niedoboru wody w glebie obliczono według wzoru (Łabędzki 2006a):

$$YR = 1 - Y_{re}/Y_p$$

gdzie:

Y_{re} – plon zredukowany w wyniku niedoboru wody glebowej,

Y_p – plon potencjalny w warunkach dostatecznego uwilgotnienia gleby.

Wyznaczono również wskaźnik wrażliwości roślin na suszę DSI (Drought Susceptibility Index), który umożliwia podział odmian na grupy o różnej tolerancji na niedobory wody w glebie. Wartość wskaźnika DSI oszacowano na podstawie wzoru (Fisher i Maurer 1978):

$$DSI = [1 - (D_n \cdot K_n^{-1})] \cdot [1 - (D_x \cdot K_x^{-1})]^{-1}$$

gdzie:

D_n – plon suchej masy roślin poddanych działaniu stresu,

K_n – plon suchej masy roślin z obiektu optymalnie uwilgotnionego

D_x – średni plon suchej masy ze wszystkich obiektów w warunkach suszy,

K_x – średni plon suchej masy ze wszystkich obiektów optymalnie uwilgotnionych.

Niska wartość wskaźnika DSI (< 1) oznacza względną odporność na warunki stresowe, natomiast wysoka (> 1) – małą odporność na stres.

Przed zbiorem kolejnych odrostów traw z każdego obiektu pobierano losowo 20 pędów i wykonywano pomiary długości pędu (od powierzchni gleby do nasady blaszki liściowej najwyżej osadzonego liścia), wysokości roślin (od powierzchni gleby do wierzchołka kwiatostanu lub do końca wyprostowanej blaszki najdłuższego liścia), długości i szerokości blaszki liściowej (drugiego od góry w pełni wykształconego liścia).

Na podstawie uzyskanych wyników badań wykonano analizę skupień (Filipiak i Wilkos 1998), w celu oceny podobieństwa badanych odmian traw pod względem 10 analizowanych cech: plon suchej masy, indeks zieloności liścia (SPAD), intensywność fotosyntezy netto, intensywność transpiracji, efektywność wykorzystania wody (WUE), przewodnictwo szparkowe, długość pędu, wysokość rośliny, długość i szerokość blaszki liściowej.

Analizy chemiczne materiału roślinnego wykonano w każdym odroście, na podstawie średnich prób obiektowych, w Głównym Laboratorium Analiz Chemicznych IUNG-PIB w Puławach. Uwzględniono obiekty o optymalnej (obiekt kontrolny) i ograniczonej (stres) wilgotności gleby. W pierwszym i trzecim roku badań były to obiekty K i S1, zaś w drugim roku – K i S4. Oznaczono zawartość: suchej masy (metodą wagową w 105°C), N ogólnego (metodą spektrofotometrii przepływowej), włókna surowego (metodą wagową), cukrów rozpuszczalnych w wodzie (metodą G. Bertranda), tłuszczu surowego (metodą Soxhleta) i popiołu surowego (metodą

konwencjonalną). Zawartość białka ogólnego wyliczono ze wzoru $BO = N \cdot 6,25$. W pierwszym (wiosennym) oraz trzecim (letnim) odroście oznaczono zawartość frakcji włókna: NDF (neutralna detergentowa frakcja), ADF (kwaśna detergentowa frakcja), celulozy, hemiceluloz i lignin metodą enzymatyczno-wagową Van Soest'a (Van Soest i Robertson 1980). Zawartość makroelementów oznaczano po mokrej mineralizacji materiału roślinnego (stężony $H_2SO_4 + H_2O_2$) metodami: P – spektrofotometrii przepływowej, K – spektrometrii emisji płomieniowej, Ca i Mg – spektrometrii absorpcji atomowej. W tabelach podano średnie ważone zawartości składników pokarmowych i makroelementów dla poszczególnych lat badań, natomiast w aneksie wartości dla poszczególnych odrostów w kolejnych latach badań.

Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji przy użyciu programu Statistica v. 10.0 oraz Statgraphics Centurion XVI. Do porównania różnic między średnimi dla efektów głównych (czynników) zastosowano wielokrotny test przedziałów ufności Tukeya, zaś dla porównania średnich z podklas (interakcji) wykorzystano przedziały ufności dla średnich LSD ($\alpha = 0,05$). Obliczono korelacje między oznaczonymi zmiennymi charakteryzującymi plon, względną zawartość chlorofilu, wskaźniki wymiany gazowej oraz cechy morfologiczne, które przedstawiono w postaci wykresów i równań regresji prostoliniowej oraz współczynników korelacji. Analizy wariancji zawartości składników pokarmowych i makroelementów wykonano za pomocą programu ANWAR (opracowanego w Zakładzie Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki IUNG), istotność różnic porównywano testem Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

W badaniach uwzględniono ważniejsze gatunki traw uprawy polowej:

Życia wielokwiatowa (rajgras włoski) pochodzi z rejonu Morza Śródziemnego. Trawa ta charakteryzuje się procesem fotosyntezy typu C_4 i tym samym posiada zaletę osiągania dużych przyrostów masy nadziemnej w całym okresie wegetacji, ze względu na intensywnie przebiegający proces fotosyntezy w czasie wysokich temperatur letnich (Kukułka i Kozłowski 1977). Wadą jej jest natomiast mała trwałość, wrażliwość na surowe zimy i długo zalegający śnieg oraz suszę (Kozłowski i in. 1998). Jest trawą o wysokiej wartości pokarmowej. Charakteryzuje się dużą zawartością cukrów rozpuszczalnych, wysoką strawnością suchej masy i dobrą smakowością (Falkowski 1982, Góral i Góral 1987, Kozłowski in. 1998). Liczba wartości użytkowej (LWU) określająca kompleks cech związanych z wartością użytkową tego gatunku (w skali 10-stopniowej) wynosi 9. W Polsce nie występuje w naturalnych zbiorowiskach roślinnych.

Kostrzewa łąkowa jest trawą o średniej trwałości (3–4 lata) i dobrej zimotrwałości. W roku siewu rozwija się wolno i nie wytwarza pędów generatywnych, dlatego siew czysty, ze względów ekonomicznych, jest nieuzasadniony. Jest jedną z cenniejszych traw pastewnych (LWU = 10). Wyróżnia się wysoką zawartością chlorofilu i karotenu, dość dużą koncentracją cukrów rozpuszczalnych i białka oraz

wysokim poziomem strawności suchej masy. Jest gatunkiem bogatym w składniki mineralne, zwłaszcza wapń, którego stężenie jest wyższe niż u innych traw. Cechuje się również dobrą smakowitością (Falkowski 1982, Góral i Góral 1987, Kozłowski i in. 1998).

Kupkówka pospolita należy do traw charakteryzujących się dużą trwałością (do 8 lat) i odpornością na niesprzyjające warunki pogodowe, zwłaszcza niskie temperatury. Jako forma ozima, w roku siewu nie wykształca pędów generatywnych. Pasza z kupkówki zawiera duże ilości białka, chlorofilu i karotenu. Ma jednak stosunkowo mało cukrów, a dużo krzemionki, co wpływa na mniejszą smakowitość w porównaniu z innymi trawami. Może też gromadzić nadmierne ilości azotanów. Liczba wartości użytkowej (LWE) wynosi 9. Kupkówkę często stosuje się do renowacji użytków zielonych metodą podsiewu, jak również do zadarniania terenów trudnych ze względu na dużą żywotność i konkurencyjność tego gatunku (Falkowski 1982, Góral i Góral 1987, Kozłowski i in. 1998).

Festulolium (kostrzyca Brauna) to trawa, która wielkością i jakością plonów dorównuje życicy wielokwiatowej, zaś silniej rozwinięty system korzeniowy przyczynia się do lepszej trwałości i zimotrwałości tego gatunku w porównaniu z życicą (Borowiecki 2005, Šimkūnas i in. 2009). Cechuje się dużym potencjałem plonotwórczym i bardzo dobrą jakością surowca paszowego (LWU = 10). Trawa ta może być użytkowana kośnie na gruntach ornych w siewie czystym (Borowiecki i Staniak 2001, Borowiecki 2002a, Staniak 2004a i 2004b), w mieszankach z innymi trawami (Borowiecki 2002b) oraz roślinami bobowatymi, takimi jak: koniczyna czerwona (Borowiecki 1997b, Staniak 2010 i 2011), lucerna (Borowiecki 1997a, Kryszak 2001), koniczyna biała (Kitczak i Czyż 2006), a nawet komonica zwyczajna (Olszewska 2008). *Festulolium* może być także wykorzystywane do podsiewu na trwałych użytkach zielonych (Wolski i in. 2006). Gatunek ten wykazuje dużą konkurencyjność w stosunku do innych traw i bobowatych (Borowiecki 1997a i 1997b, Ostrowski 2000, Kryszak 2001). Mieszaniec *Festulolium braunii*, którego pierwsze odmiany (Felopa i Sulino) zostały zarejestrowane w Polsce w 1998 r., jest słabo poznany w aspekcie reakcji na czynniki stresowe. Odmiana Sulino jest klasyfikowana przez COBORU (Lista odmian... 1998) jako odporna na suszę. Niektóre badania krajowe również wykazały, że gatunek ten jest odporny na niedobory wody w glebie, podobnie jak kostrzewa łąkowa (Jokś i in. 1998), a nawet w niekorzystnych warunkach zaopatrzenia w wodę dorównywał plonom kostrzewy trzcinowej (Domański i Jokś 1999). W innych doświadczeniach przeprowadzonych zarówno w Polsce (Łyszczarz i in. 1999, Borowiecki 2002a i 2002b, Staniak 2006), jak i za granicą (Wilman i in. 1998, Gutmane i Adamovich 2004) stwierdzono u tego gatunku znaczną wrażliwość na stres, która ograniczała zdolności produkcyjne i zmniejszała jego trwałość.

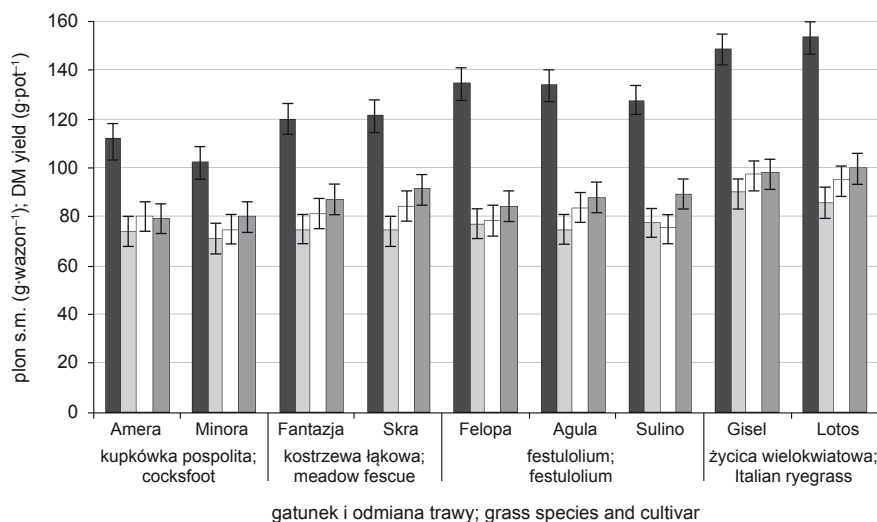
4. OMÓWIENIE WYNIKÓW

4.1. PLONOWANIE GATUNKÓW I ODMIAN TRAW

4.1.1. Plon suchej masy traw w zależności od warunków wilgotnościowych gleby zróżnicowanych w pierwszym, drugim i trzecim roku wegetacji

Wilgotność gleby była ważnym czynnikiem kształtującym wielkość plonu suchej masy gatunków i odmian traw pastewnych. W pierwszym roku wegetacji (2009) stres wywołany niedoborem wody w glebie zastosowano w trzech terminach odpowiadających kolejnym fazom rozwojowym traw. W optymalnych warunkach wilgotnościowych najlepiej plonowała życica odmiany Gisel i Lotos. Istotnie mniejszy łączny plon suchej masy wydał mieszaniec festulolium, przy czym bardziej wydajne były odmiany Felopa i Agula w porównaniu z Sulino. Odmiany kostrzewy Fantazja i Skra plonowały na podobnym, średnim poziomie, natomiast najmniejszą wydajnością charakteryzowała się kupkówka odmiany Minora (rys. 1). Wszystkie porównywane odmiany traw reagowały istotnym zmniejszeniem plonu na ograniczoną wilgotność gleby. Najmniejszy spadek plonu łącznego zanotowano u kupkówki odmiany Minora i Amera oraz u kostrzewy odmiany Skra (odpowiednio o 26,6, 31,0 i 31,7%), natomiast największy – u festulolium odmiany Felopa i Agula oraz życicy odmiany Lotos (odpowiednio o 40,9, 38,8 i 39,2%).

Faza rozwojowa traw, w której rozpoczęto stres wywołany niedoborem wody w glebie miała istotny wpływ na wielkość obniżki plonu suchej masy. Ograniczenie wilgotności gleby od fazy krzewienia (S1) przyczyniło się do zmniejszenia plonu traw średnio o 39,6% w porównaniu z uzyskanym z obiektu optymalnie uwilgotnionego (tab. 2). Najsilniejszą reakcję zanotowano u życicy odmiany Lotos oraz u festulolium odmiany Agula i Felopa, których plon zmniejszył się odpowiednio o 44,4, 44,2 i 43,0%. Najmniej wrażliwa była kupkówka odmiany Minora (obniżka plonu o 30,6%). Stres zastosowany od fazy strzelania w źdźbło (S2) spowodował ograniczenie plonowania badanych traw średnio o 35,3%. Największą obniżkę plonu zanotowano u festulolium odmiany Felopa i Agula (odpowiednio o 42,0 i 41,2%), natomiast najmniejszą – u kupkówki odmiany Minora i Amera (odpowiednio o 27,1 i 29,2%). Obniżenie wilgotności gleby z 70 do 40% ppw od fazy początku kłoszenia (S3) przyczyniło się do zmniejszenia plonu suchej masy traw średnio o 31,1%. Najbardziej odporna na działanie stresu była kupkówka odmiany Minora, której łączny plon suchej masy był mniejszy o 22,1% natomiast najmniej – mieszaniec festulolium odmiany Felopa, u którego plon był niższy o 37,8%, w porównaniu z uzyskanym z obiektu o optymalnej wilgotności.



Poziom wilgotności gleby; Level of soil moisture: ■ K* □ S1 □ S2 ■ S3

*K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object)

S1 – stres rozpoczęty w fazie krzewienia traw; stress started in the tillering stage of grass

S2 – stres rozpoczęty w fazie strzelania w źdźbło; stress started in the shooting stage

S3 – stres rozpoczęty w fazie początku kłoszenia; stress started in the early heading stage

Rys. 1. Plon roczny suchej masy gatunków i odmian traw (2009)

Yearly dry matter yield of grass species and cultivars (2009)

Tabela 2

Średni plon suchej masy (g·wazon⁻¹) gatunków i odmian traw (2009)

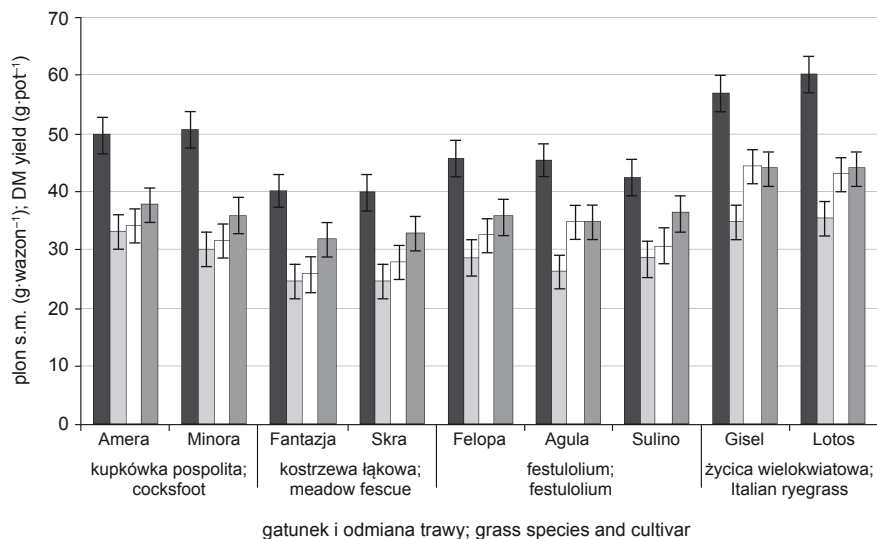
Average of dry matter yield (g·pot⁻¹) of grass species and cultivars (2009)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Odrost; Regrowth			Suma; Sum
		I	II	III	
średnia dla odmiany; mean for cultivar					
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	38,7 d**	29,6 a	18,0 a	86,3 ab
	Minora	37,1 cd	28,1 a	16,9 a	82,1 a
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	30,5 a	35,1 bc	25,2 bc	90,8 bc
	Skra	31,3 ab	35,7 bc	25,8 bc	92,8 bc
Festulolium; Festulolium	Felopa	35,6 cd	34,3 bc	23,8 b	93,6 c
	Agula	35,3 c	34,3 bc	25,4 bc	95,0 c
	Sulino	34,4 bc	33,1 b	25,0 bc	92,5 bc
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	45,0 e	36,5 c	26,7 bc	108,2 d
	Lotos	45,7 e	36,6 c	26,3 d	108,6 d
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture					
K*		48,0 d	47,6 c	33,0 b	128,5 d
S1		29,5 a	28,1 a	20,0 a	77,6 a
S2		33,8 b	29,1 ab	20,2 a	83,1 b
S3		37,0 c	30,0 b	21,5 a	88,5 c

* objaśnienia jak na rys. 1; explanations as in fig. 1

** wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$); values marked with same letter did not differ statistically ($\alpha = 0,05$)

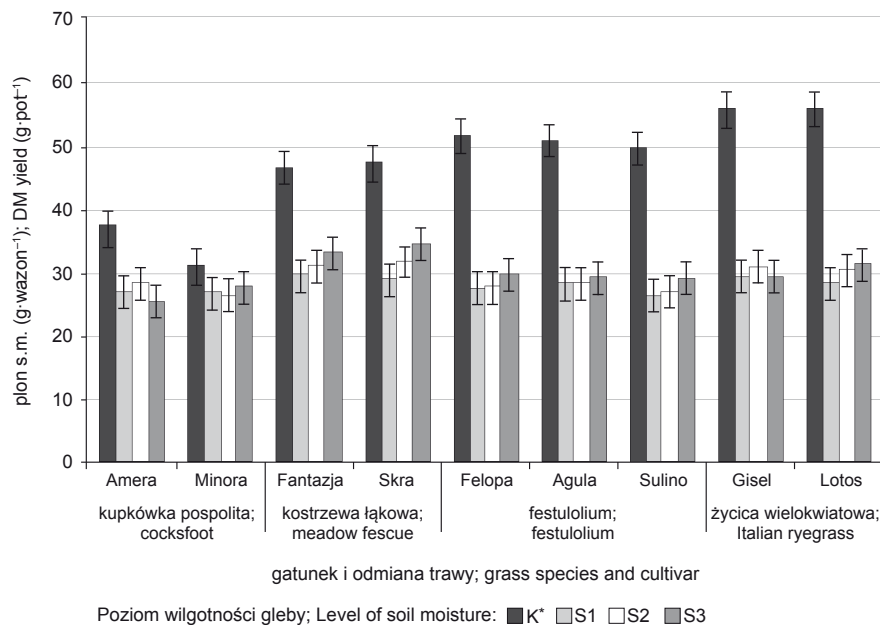
Analizując poszczególne odrosty traw (rys. 2–4), wykazano, że stres wywołany niedoborem wody w glebie najmniej ograniczył plonowanie w pierwszym, natomiast znacznie bardziej w drugim i trzecim odroście (odpowiednio o 30,3, 38,9 i 37,7%) w porównaniu z plonem z obiektów optymalnie uwilgotnionych (tab. 2). Reakcja traw na stres rozpoczęty w różnych fazach fenologicznych była najbardziej widoczna w plonach pierwszego odrostu, w którym istotne różnice wystąpiły pomiędzy wszystkimi obiektami. Stres zastosowany w pierwszej fazie (S1) przyczynił się do zmniejszenia plonu suchej masy o 38,5%, w drugiej (S2) – o 29,6%, a w trzeciej (S3) – o 22,9%. W drugim odroście traw spadek poziomu plonowania po stresie zadanym w kolejnych fazach rozwojowych (S1, S2 i S3) wynosił odpowiednio: 41,0, 38,9 i 37,0%, zaś w trzecim odroście – odpowiednio: 39,4, 38,8 i 34,8%, w porównaniu z plonem z obiektów optymalnie uwilgotnionych (tab. 2).



Poziom wilgotności gleby; Level of soil moisture: ■ K* □ S1 □ S2 ■ S3

* objaśnienia jak na rys. 1; explanations as in fig. 1

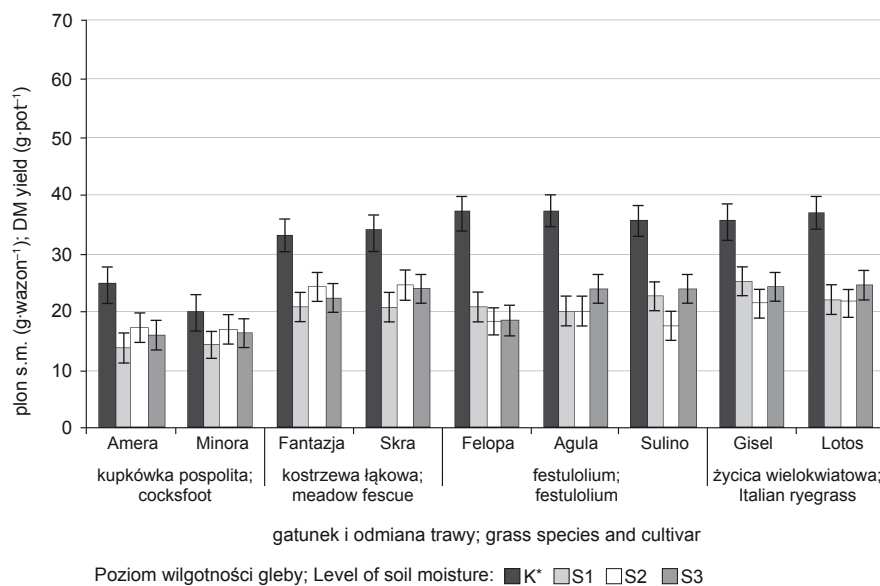
Rys. 2. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w pierwszym odroście (2009)
Dry matter yield of grass species and cultivars in the first regrowth (2009)



* objaśnienia jak na rys. 1; explanations as in fig. 1

Rys. 3. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w drugim odrósie (2009)

Dry matter yield of grass species and cultivars in the second regrowth (2009)

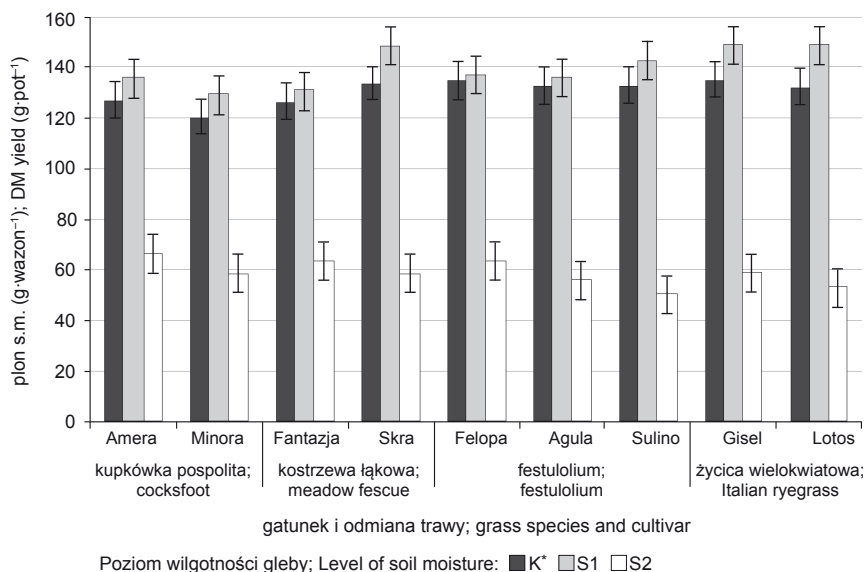


* objaśnienia jak na rys. 1; explanations as in fig. 1

Rys. 4. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w trzecim odrósie (2009)

Dry matter yield of grass species and cultivars in the third regrowth (2009)

W drugim roku wegetacji (2010) na obiektach S1 utrzymywano optymalną wilgotność gleby (70% ppw), natomiast na obiektach S2 zastosowano stres (40% ppw). W warunkach optymalnej wilgotności gleby najwyższy plonował mieszaniec festulolium odmiany Felopa i życica odmiany Gisel, natomiast istotnie niższy plon suchej masy wydała kupkówka odmiany Minora. Dużą wydajnością charakteryzowały się również: festulolium odmiany Agula i Sulino, kostrzewa odmiany Skra i życica odmiany Lotos (rys. 5). Długotrwały stres wodny towarzyszący trawom w pierwszym i drugim roku wegetacji (S2) spowodował istotne zmniejszenie plonu suchej masy u wszystkich badanych odmian traw (średnio o 55,1%) w porównaniu z plonem uzyskanym z obiektów optymalnie uwilgotnionych. Najbardziej odporne na suszę były kupkówka odmiany Amera i kostrzewa odmiany Fantazja, których strata plonu łącznego wynosiła odpowiednio: 47,8 i 49,9%, natomiast najmniej – festulolium odmiany Sulino i życica odmiany Lotos, u których strata plonu sięgała odpowiednio: 62,1 i 60,0%.



- * K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object)
 S1 – stres w pierwszym roku wegetacji, optymalna wilgotność gleby w drugim roku; stress in the first year of vegetation, optimal soil moisture in the second year
 S2 – stres w pierwszym i drugim roku wegetacji; stress in the first and second year of vegetation

Rys. 5. Plon roczny suchej masy gatunków i odmian traw (2010)
Yearly dry matter yield of grass species and cultivars (2010)

Tabela 3

Średni plon suchej masy (g·wazon⁻¹) gatunków i odmian traw (2010)
Average of dry matter yield (g·pot⁻¹) of grass species and cultivars (2010)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Odrost; Regrowth					Suma; Sum
		I	II	III	IV	V	
średnia dla odmiany; mean for cultivar							
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera Minora	45,5 c **	18,6 ab	20,4 a	12,7 ab	12,7 bcd	109,8 ab
		40,1 ab	18,8 ab	21,7 ab	11,2 a	10,7 ab	102,5 a
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja Skra	40,1 ab	18,7 ab	24,5 bcd	13,9 b	9,7 a	106,9 ab
		44,1 bc	18,2 ab	24,6 bcd	13,5 ab	11,6 abc	113,2 b
Festulolium; Festulolium	Felopa	43,0 abc	17,7 ab	22,8 abc	13,7 b	14,4 cd	111,6 ab
	Agula	39,1 a	18,1 ab	22,1 abc	13,7 b	15,3 d	108,3 ab
	Sulino	40,0 ab	17,2 a	23,3 abcd	14,2 b	13,7 cd	108,4 ab
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	41,4 abc	19,7 b	26,4 d	12,6 ab	14,0 cd	113,9 b
	Lotos	40,7 ab	19,1 ab	25,0 cd	12,7 ab	13,6 bcd	111,1 ab
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture							
K *		44,2 b	23,8 b	29,2 b	17,4 b	15,7 b	130,4 b
S1		50,9 c	23,0 b	29,5 b	18,3 b	17,9 c	139,6 c
S2		29,6 a	9,0 a	11,6 a	3,6 a	4,8 a	58,6 a

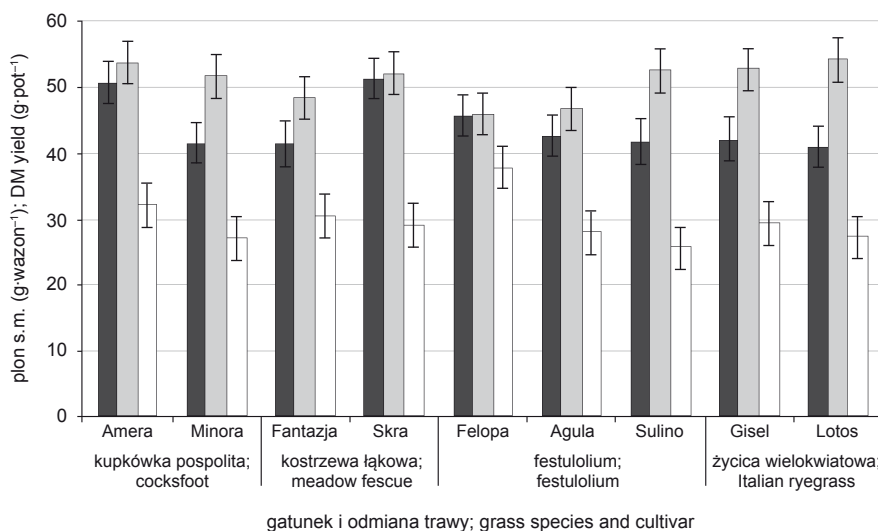
* objaśnienia jak na rys. 5; explanations as in fig. 5

** wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$); values marked with same letter did not differ statistically ($\alpha = 0,05$)

Analizując poszczególne odrosty traw, wykazano, że długotrwały stres spowodowany niedoborem wody w glebie najmniej ograniczył plonowanie w pierwszym (o 33,0%), a najbardziej w czwartym odroście (o 79,3%) (tab. 3). W pierwszym odroście, przy optymalnej wilgotności gleby, najlepiej plonowały kupkówka odmiany Amara i kostrzewa odmiany Skra, natomiast w warunkach stresu – festulolium odmiany Felopa (rys. 6). W drugim odroście pod tym względem wyróżniała się kostrzewa odmiany Fantazja, która najlepiej plonowała przy obu poziomach wilgotności gleby, natomiast w warunkach stresu najslabiej plonował mieszaniec festulolium odmiany Felopa i Sulino (rys. 7). W trzecim odroście traw, przy wyższej wilgotności gleby najbardziej wydajna była życica odmiany Gisel, natomiast najmniej – kupkówka odmiany Amara. Przy obniżonej wilgotności gleby (S2) najwydajniejsza była kupkówka odmiany Minora (rys. 8). Czwarty odrost również charakteryzował się zróżnicowanym plonowaniem traw. W korzystnych warunkach wilgotnościowych najlepiej plonował mieszaniec festulolium odmiany Agula i Sulino, natomiast istotnie mniejszy plon zanotowano u kostrzewy odmiany Skra i kupkówki odmiany Minora. Stres suszy najmniej ograniczył plonowanie kupkówki odmiany Amara i kostrzewy odmiany Fantazja, natomiast zdecydowanie bardziej – wszystkich badanych odmian festulolium i życicy (rys. 9). W piątym odroście traw, przy optymalnej wilgotności gleby istotnie wyższy poziom plonów suchej masy zanotowano u festulolium odmiany Agula i Sulino w porównaniu z kostrzewą odmiany Fantazja i kupkówką odmiany Minora. W warunkach stresu najmniej wydajna była kostrzewa

odmiany Skra, zaś najbardziej – kupkówka odmiany Amera (rys. 10). Największy udział w plonie łącznym traw stanowił pierwszy odrost, który w warunkach optymalnej wilgotności gleby wynosił 33,9%, a w warunkach stresu 50,5%. Pozostałe odrosty stanowiły od 12,1 do 22,4% plonu łącznego przy optymalnej wilgotności i od 6,1 do 19,8% w warunkach niedoboru wody w glebie.

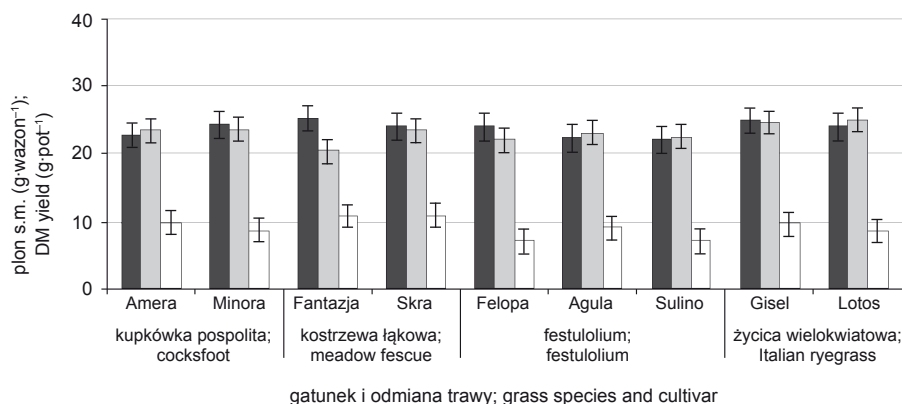
Stres suszy towarzyszący roślinom w pierwszym roku wegetacji korzystnie wpłynął na poziom plonowania traw w drugim roku charakteryzującym się optymalnymi warunkami wilgotnościowymi gleby (S1). U wszystkich odmian zanotowano większą wydajność w porównaniu z uzyskaną na obiektach kontrolnych (rys. 5). Największy przyrost plonu suchej masy stwierdzono u życicy odmiany Lotos i Gisel oraz u kostrzewy odmiany Skra (odpowiednio o 12,7, 10,3 i 11,5%), natomiast najmniejszy – u festulolium odmiany Felopa i Agula (odpowiednio: 1,5 i 2,3%). Zwyżka plonu nie była jednakowa w poszczególnych odrostach traw; największą, istotną statystycznie, zanotowano w pierwszym i w piątym (odpowiednio: 15,2 i 14,0%), niewielką w trzecim i czwartym (odpowiednio o 1,0 i 5,2%) oraz zupełny brak w drugim odroście traw (tab. 3). W pierwszym odroście korzystnie pod względem przyrostu plonu wyróżniały się: życica odmiany Lotos i Gisel, kupkówka odmiany Minora i festulolium odmiany Sulino (od 24,6 do 32,5%), w trzecim odroście – kupkówka odmiany Amera (25,6%), natomiast w czwartym i piątym – kostrzewa odmiany Skra (odpowiednio: 39,2 i 37,8%) (rys. 6–10).



Poziom wilgotności gleby; Level of soil moisture: ■ K* ■ S1 □ S2

* objaśnienia jak na rys. 5; explanations as in fig. 5

Rys. 6. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w pierwszym odroście (2010)
Dry matter yield of grass species and cultivars in the first regrowth (2010)

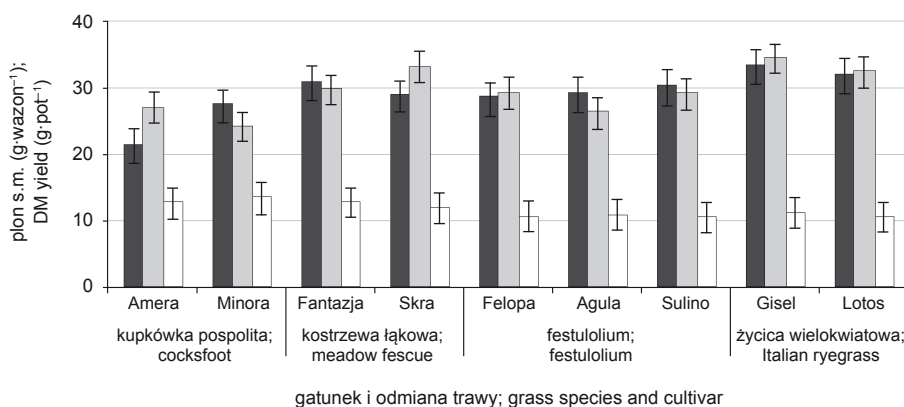


Poziom wilgotności gleby; Level of soil moisture: ■ K* ■ S1 □ S2

* objaśnienia jak na rys. 5; explanations as in fig. 5

Rys. 7. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w drugim odroście (2010)

Dry matter yield of grass species and cultivars in the second regrowth (2010)

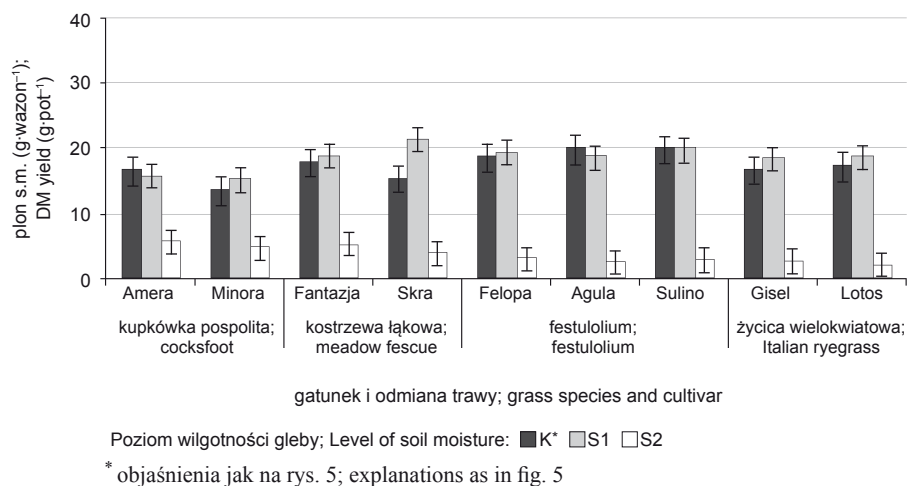


Poziom wilgotności gleby; Level of soil moisture: ■ K* ■ S1 □ S2

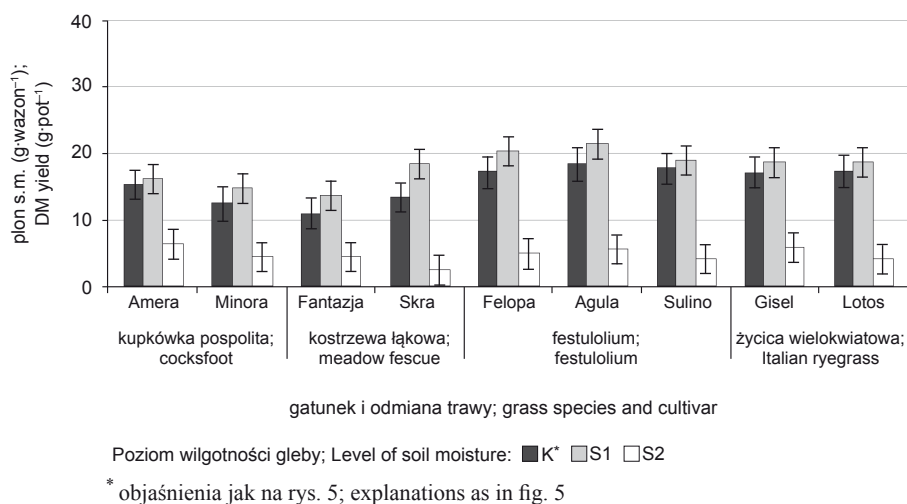
* objaśnienia jak na rys. 5; explanations as in fig. 5

Rys. 8. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w trzecim odroście (2010)

Dry matter yield of grass species and cultivars in the third regrowth (2010)

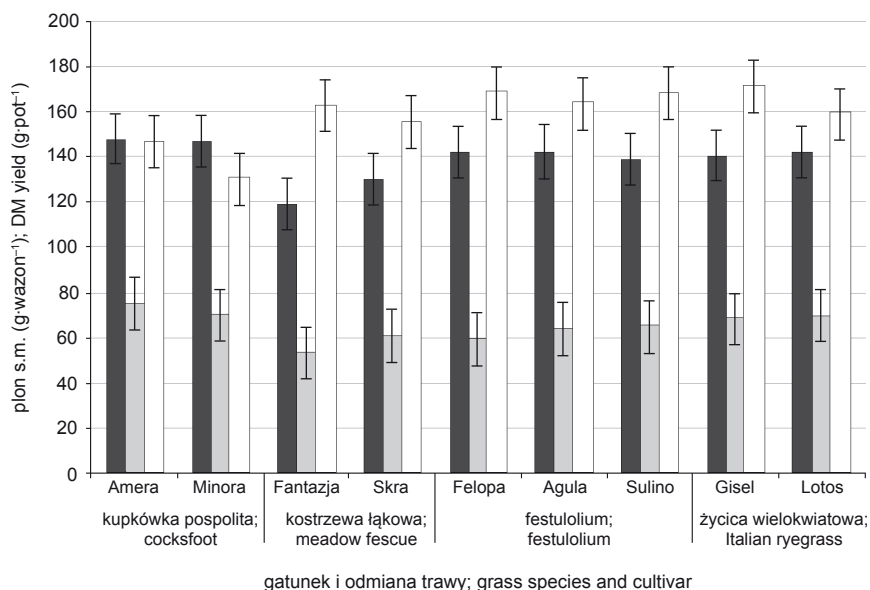


Rys. 9. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w czwartym odróście (2010)
Dry matter yield of grass species and cultivars in the fourth regrowth (2010)



Rys. 10. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w piątym odróście (2010)
Dry matter yield of grass species and cultivars in the fifth regrowth (2010)

W trzecim roku wegetacji (2011), zarówno w optymalnych warunkach wilgotnościowych, jak i w warunkach stresu największą wydajnością charakteryzowała się kupkówka odmiany Amera i Minora, zaś nieco niżej plonowały: mieszaniec festulolium odmiany Agula, Felopa i Sulino oraz życica odmiany Gisel i Lotos. Istotnie mniejszy plon wydała natomiast kostrzewa odmiany Fantazja (rys. 11). W warunkach stresu łączny plon suchej masy traw był średnio o 53,4% mniejszy niż uzyskany z obiektów optymalnie uwilgotnionych (tab. 4).



Poziom wilgotności gleby; Level of soil moisture: ■ K* ■ S1 □ S2

- *K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object)
 S1 – stres w pierwszym i trzecim roku wegetacji, optymalna wilgotność gleby w drugim roku; stress in the first and third year of vegetation, optimal soil moisture in the second year
 S2 – stres w pierwszym i drugim roku wegetacji, optymalna wilgotność gleby w trzecim roku; stress in the first and second year of vegetation, optimal soil moisture in the third year

Rys. 11. Plon roczny suchej masy gatunków i odmian traw (2011)
 Yearly dry matter yield of grass species and cultivars (2011)

Tabela 4

Średni plon suchej masy (g·wazon⁻¹) gatunków i odmian traw (2011)
Average of dry matter yield (g·pot⁻¹) of grass species and cultivars (2011)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Odrost; Regrowth					Suma; Sum
		I	II	III	IV	V	
średnia dla odmiany; mean for cultivar							
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	53,3 a**	14,4 a	20,4 b	15,5 a	19,6 ab	123,2 a
	Minora	47,5 a	14,6 a	19,6 b	15,7 ab	18,4 ab	115,8 a
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	45,1 a	17,9 b	16,0 a	15,5 a	17,2 a	111,7 a
	Skra	44,4 a	18,2 bc	19,1 ab	15,9 ab	17,8 ab	115,5 a
Festulolium; Festulolium	Felopa	47,4 a	19,8 bcde	19,3 ab	17,9 abc	18,9 ab	123,2 a
	Agula	44,8 a	18,7 bcd	20,8 b	19,7 c	19,5 ab	123,4 a
	Sulino	45,3 a	20,1 cde	20,3 b	19,0 bc	19,3 ab	124,0 a
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	48,3 a	20,6 de	20,0 b	17,8 abc	19,9 ab	126,6 a
	Lotos	45,5 a	21,2 e	19,7 b	17,1 abc	20,3 b	123,8 a
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture							
K*		52,7 b	21,5 b	22,3 b	21,0 b	21,4 b	139,0 b
S1		28,3 a	10,2 a	10,0 a	6,8 a	9,4 a	64,8 a
S2		59,5 c	23,4 c	26,0 c	23,5 c	26,2 c	158,6 c

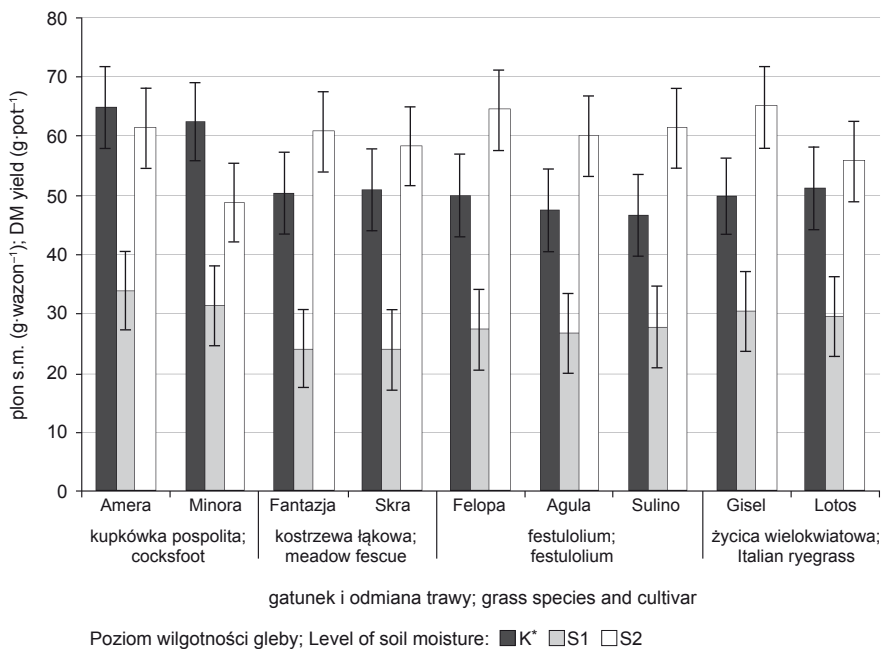
* objaśnienia jak na rys. 1; explanations as in fig. 1

** wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$); values marked with same letter did not differ statistically ($\alpha = 0,05$)

Analizując poziom plonowania traw w poszczególnych odrostach, stwierdzono, że stres suszy najmniej ograniczył plonowanie traw w pierwszym (o 46,3%), natomiast najbardziej w czwartym (o 67,4%) odroście, w porównaniu z plonem uzyskanym z obiektów o optymalnej zawartości wody w glebie (tab. 4). W pierwszym odroście, przy obu poziomach wilgotności gleby najlepiej plonowała kupkówka odmiany Amera i Minora, zaś pozostałe trawy przy dostatecznym zaopatrzeniu w wodę plonowały na niższym, a zarazem podobnym poziomie, natomiast w warunkach stresu najslabiej plonowała kostrzewa odmiany Fantazja i Skra (rys. 12). W drugim odroście sytuacja była odwrotna. W optymalnych warunkach wilgotnościowych najwyżej plonowała życica odmiany Gisel i Lotos, natomiast istotnie niżej – kupkówka odmiany Amera i Minora oraz kostrzewa odmiany Skra i Fantazja. Przy ograniczonej wilgotności gleby najbardziej wydajna była kupkówka odmiany Amera i Minora, natomiast słabsze pod tym względem były odmiany festulolium Felopa i Agula oraz życica odmiany Gisel (rys. 13). Podobnie w trzecim odroście, stres najmniej ograniczył plonowanie kupkówki odmiany Amera i Minora, natomiast najbardziej kostrzewy odmiany Fantazja (rys. 14). W czwartym odroście traw, przy korzystnym uwilgotnieniu gleby istotnie większy plon suchej masy wykazano u festulolium odmiany Agula, Sulino i Felopa, natomiast w niekorzystnych warunkach wszystkie odmiany plonowały na podobnym poziomie, z wyjątkiem kostrzewy odmiany Fantazja, która przy obu poziomach wilgotności gleby wydała istotnie

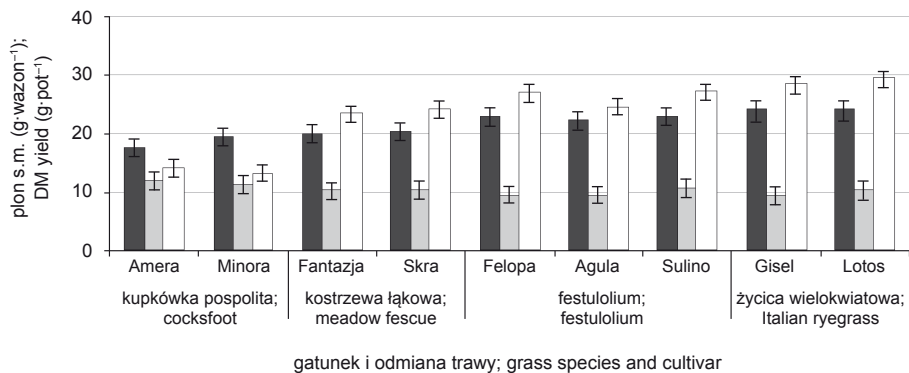
mniej plon suchej masy (rys. 15). W piątym odroście plonowanie traw było dość wyrównane i nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy odmianami na badanych poziomach wilgotności gleby (rys. 16). Plony były dość równomiernie rozłożone w sezonie wegetacyjnym. Największy udział w plonie rocznym stanowił pierwszy odrost traw – 37,9% na obiektach optymalnie uwilgotnionych i 43,7% w warunkach suszy, zaś udział pozostałych odrostów wynosił od 10,5 do 16,0%.

Stres zastosowany w pierwszym i drugim roku wegetacji korzystnie wpłynął na plonowanie traw w trzecim roku charakteryzującym się optymalnym uwilgotnieniem gleby (S2). Istotny wzrost plonu suchej masy zanotowano zarówno w kolejnych odrostach, jak i w plonach łącznych (o 14,1%) w porównaniu z plonem uzyskanym z obiektów kontrolnych. Charakterystyczna była reakcja kupkówki, która na długotrwały stres wywołany niedoborem wody w glebie zareagowała zmniejszeniem plonu w trzech pierwszych odrostach. Szczególnie duży spadek plonu zanotowano w drugim odroście (o 20,4% u odmiany Amera i o 32,3% u odmiany Minora). W czwartym odroście traw plon kupkówki był podobny do uzyskanego z obiektu kontrolnego, natomiast w piątym – zanotowano znaczący wzrost wydajności (o 30,2% u odmiany Amera i o 26,9% u odmiany Minora). U pozostałych traw wzrost plonu suchej masy zanotowano we wszystkich odrostach, przy czym największy wykazano u kostrzewy odmiany Fantazja (o 36,3%) (rys. 12–16).



* objaśnienia jak na rys. 11; explanations as in fig. 11

Rys. 12. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w pierwszym odroście (2011)
Dry matter yield of grass species and cultivars in the first regrowth (2011)

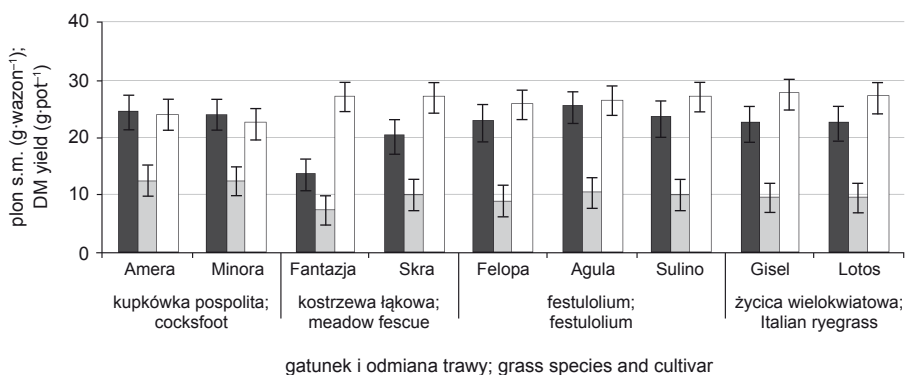


Poziom wilgotności gleby; Level of soil moisture: ■ K* ■ S1 □ S2

* objaśnienia jak na rys. 11; explanations as in fig. 11

Rys. 13. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w drugim odrósie (2011)

Dry matter yield of grass species and cultivars in the second regrowth (2011)

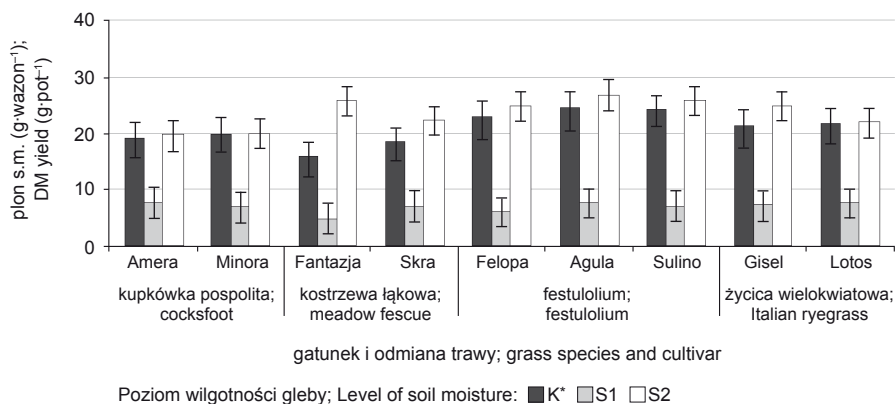


Poziom wilgotności gleby; Level of soil moisture: ■ K* ■ S1 □ S2

* objaśnienia jak na rys. 11; explanations as in fig. 11

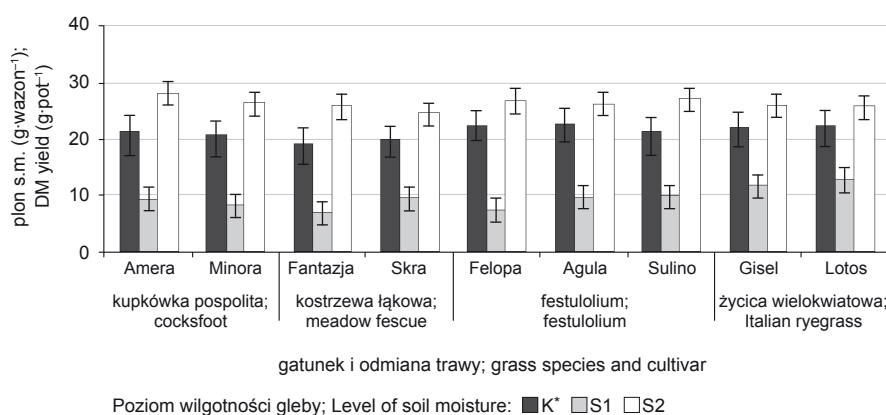
Rys. 14. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w trzecim odrósie (2011)

Dry matter yield of grass species and cultivars in the third regrowth (2011)



* objaśnienia jak na rys. 11; explanations as in fig. 11

Rys. 15. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w czwartym odroście (2011)
Dry matter yield of grass species and cultivars in the fourth regrowth (2011)



* objaśnienia jak na rys. 11; explanations as in fig. 11

Rys. 16. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w piątym odroście (2011)
Dry matter yield of grass species and cultivars in the fifth regrowth (2011)

Poziom wilgotności gleby istotnie wpływał na plonowanie gatunków i odmian traw w całym trzyleciu. Długotrwały stres suszy zastosowany w pierwszym i trzecim roku wegetacji (S1) spowodował zmniejszenie łącznego plonu traw średnio o 29,1%, natomiast w pierwszym i drugim roku (S2) – średnio o 24,5%, w porównaniu z uzyskanym z obiektów optymalnie uwilgotnionych (tab. 5).

W trzyletnim okresie wegetacji, w warunkach optymalnej wilgotności gleby, najlepiej plonowała życica odmiany Lotos i Gisel. Wysoką wydajność w tych warunkach wykazano również u mieszańca festulolium, zwłaszcza odmiany Felopa i Agula. Natomiast najmniejszy plon suchej masy zanotowano u kostrzewy odmiany Fantazja oraz u kupkówki odmiany Minora. Stres zastosowany w pierwszym i trzecim roku wegetacji najbardziej ograniczył plonowanie festulolium odmiany Felopa i Agula (odpowiednio o 33,7 i 33,0%), natomiast najmniej – kostrzewy odmiany Skra oraz kupkówki odmiany Amera i Minora (odpowiednio o 26,5, 26,6 i 26,8%). Wydajność pozostałych traw w warunkach stresu kształtowała się na średnim, a zarazem podobnym poziomie. Zmniejszenie wilgotności gleby z 70 do 40% ppw w dwóch pierwszych latach wegetacji najbardziej ograniczyło plonowanie życicy odmiany Lotos (o 28,3%) i kupkówki odmiany Minora (o 28,7%), natomiast najmniej – kostrzewy odmiany Fantazja (o 16,1%).

Niedobór wody w glebie w pierwszym roku wegetacji przyczynił się do lepszego plonowania niemal wszystkich gatunków i odmian traw w następnym roku badań charakteryzującym się optymalnymi warunkami wilgotnościowymi. Po stresie w pierwszym roku trawy całkowicie się zregenerowały i w drugim roku plonowały średnio o 7% wyżej, zaś w trzecim roku, po suszy w dwóch pierwszych latach, ich wydajność była większa o 14%, w porównaniu z uzyskaną na obiektach kontrolnych.

Tabela 5

Łączny plon suchej masy (g·wazonu⁻¹) gatunków i odmian traw w zależności od wilgotności gleby zróżnicowanej w kolejnych latach wegetacji (2009–2011)
Total dry matter yield (g·pot⁻¹) of grass species and cultivars depending on soil moisture differentiated in the following years of vegetation (2009–2011)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Plon; Yield							
			2009		2010		2011		Łącznie; Total	
			g	%**	g	%	g	%	g	%
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	112,4	100	127,3	100	148,0	100	387,7	100
		S1	73,9	65,7	135,8	106,7	74,9	50,6	284,6	73,4
		S2	79,6	70,8	66,4	52,2	146,8	99,2	292,9	75,5
	Minora	K	102,5	100	120,1	100	146,8	100	369,5	100
		S1	71,1	69,4	129,3	107,7	69,9	47,6	270,3	73,2
		S2	74,7	72,9	58,2	48,5	130,6	89,0	263,5	71,3
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	120,1	100	126,5	100	119,4	100	366,0	100
		S1	74,8	62,3	130,7	103,3	53,0	44,4	258,5	70,6
		S2	81,1	67,5	63,4	50,1	162,7	136,3	307,2	83,9
	Skra	K	121,8	100	133,1	100	130,3	100	385,1	100
		S1	74,2	60,9	148,4	111,5	60,5	46,4	283,1	73,5
		S2	84,1	69,0	58,2	43,7	155,7	119,5	298,1	77,4

cd. tab. 5

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Plon; Yield							
			2009		2010		2011		Łącznie; Total	
			g	%**	g	%	g	%	g	%
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	135,1	100	134,7	100	141,9	100	411,7	100
		S1	77,0	57,0	136,7	101,5	59,1	41,6	272,8	66,3
		S2	78,3	58,0	63,4	47,1	168,7	118,9	310,4	75,4
	Agula	K	134,0	100	133,0	100	142,6	100	409,6	100
		S1	74,8	55,8	136,0	102,3	63,6	44,6	274,3	67,0
		S2	83,3	62,2	55,9	42,0	164,1	115,1	303,2	74,0
	Sulino	K	127,9	100	132,5	100	138,7	100	399,1	100
		S1	77,4	60,5	142,5	107,5	64,9	46,8	284,8	71,4
		S2	75,2	58,8	50,2	37,9	168,3	121,3	293,8	73,6
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	148,9	100	134,7	100	140,3	100	423,9	100
		S1	89,5	60,0	148,6	110,3	68,1	48,5	306,1	72,2
		S2	96,8	65,0	58,5	43,4	171,5	122,2	326,9	77,1
	Lotos	K	153,8	100	131,9	100	142,6	100	428,3	100
		S1	85,5	55,6	148,7	112,7	69,6	48,8	303,8	70,9
		S2	94,9	61,7	52,8	40,0	159,3	111,7	307,1	71,7
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture										
K			128,5	100	130,4	100	139,0	100	397,9	100
S1			77,6	60,4	139,6	107,0	64,8	46,6	282,1	70,9
S2			83,1	64,7	58,6	44,9	158,6	114,1	300,3	75,5
średnia dla odmiany; mean for cultivar										
Amera			88,7		109,8		123,2		321,8	
Minora			82,8		102,5		115,8		301,1	
Fantazja			92,0		106,9		111,7		310,6	
Skra			93,4		113,2		115,5		322,1	
Felopa			96,8		111,6		123,2		331,6	
Agula			97,4		108,3		123,4		329,1	
Sulino			93,5		108,4		124,0		325,9	
Gisel			111,7		113,9		126,6		352,3	
Lotos			111,4		111,1		123,8		346,4	
NIR I; LSD I			8,81		9,86		r.n.; n.s.		25,07	
NIR II; LSD II			3,81		4,27		6,58		10,84	
NIR I/II; LSD I/II			6,74		7,54		11,63		r.n.; n.s.	

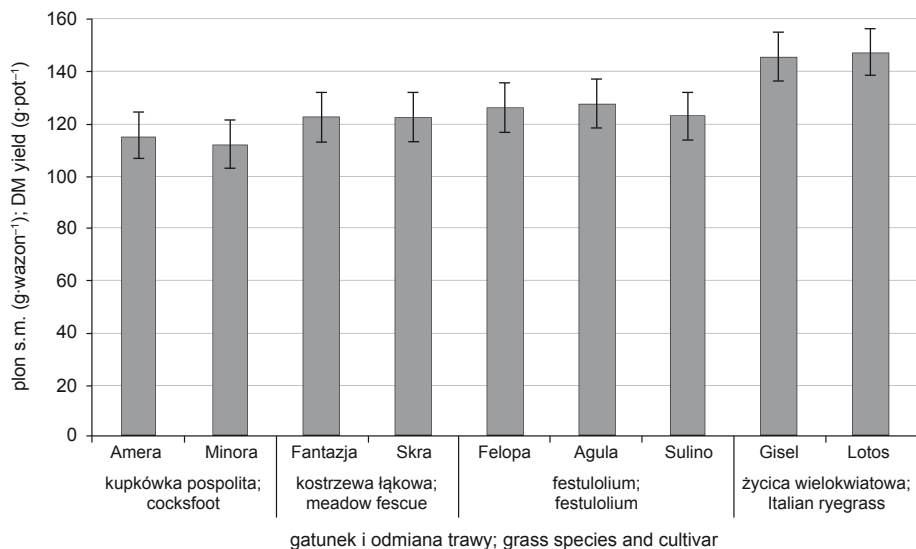
* objaśnienia jak na rys. 11; explanations as in fig. 11

** na obiektach S1 i S2 plony względne w odniesieniu do obiektu kontrolnego; on the S1 and S2 objects relative yield in relations to the control object

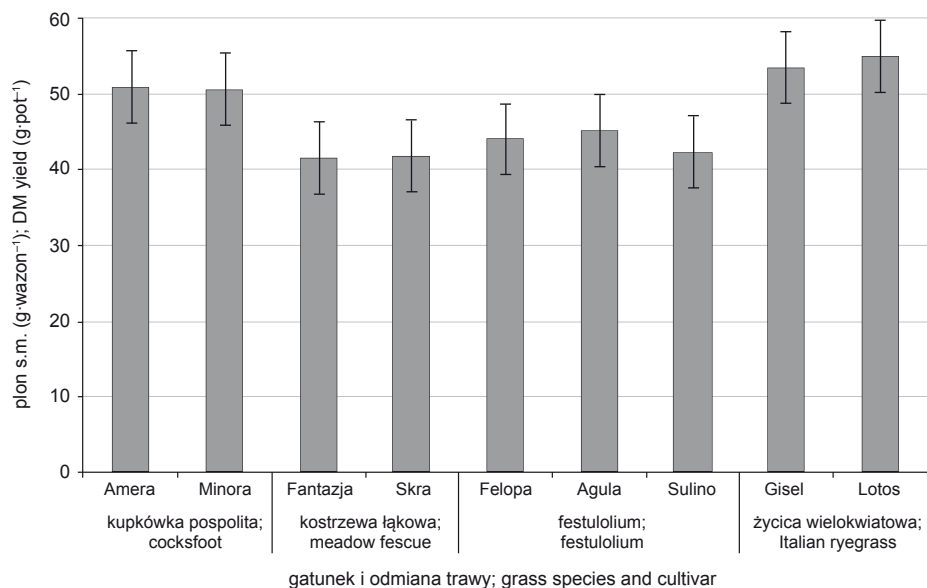
r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

4.1.2. Plon suchej masy traw w zależności od warunków wilgotnościowych gleby zróżnicowanych w drugim i trzecim roku wegetacji

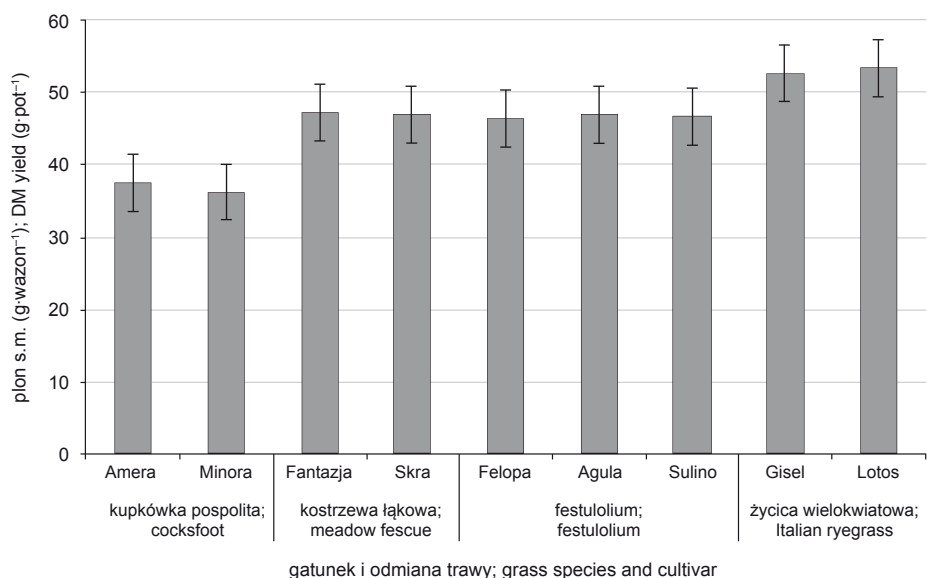
W pierwszym roku wegetacji (2009) trawy na obiektach S4 i S5 rosły w optymalnych warunkach wilgotnościowych (70% ppw), a poziom ich plonowania był podobny jak na obiekcie kontrolnym (K). Dlatego na rysunkach 17–20 przedstawiono wielkość plonu suchej masy jako średnie dla obiektów S4 i S5. Największą wydajnością charakteryzowała się życica, natomiast najmniejszą – kupkówka. Festulolium i kostrzewa plonowały na średnim, a zarazem podobnym poziomie (rys. 17). W roku tym nie stwierdzono istotnych różnic w plonach pomiędzy odmianami w obrębie gatunków. Analiza wyników z pierwszego odrostu traw wykazała, że istotnie większy plon suchej masy wydała życica i kupkówka w porównaniu z kostrzewą i festulolium (rys. 18). W drugim i trzecim odroście wydajność traw była podobna, tzn. najwyżej plonowała życica, istotnie niżej kostrzewa i festulolium, natomiast najniżej kupkówka (rys. 19 i 20). Pod względem wydajności międzyrodzajowy mieszaniec festulolium był bardziej zbliżony do kostrzewy niż do życicy.



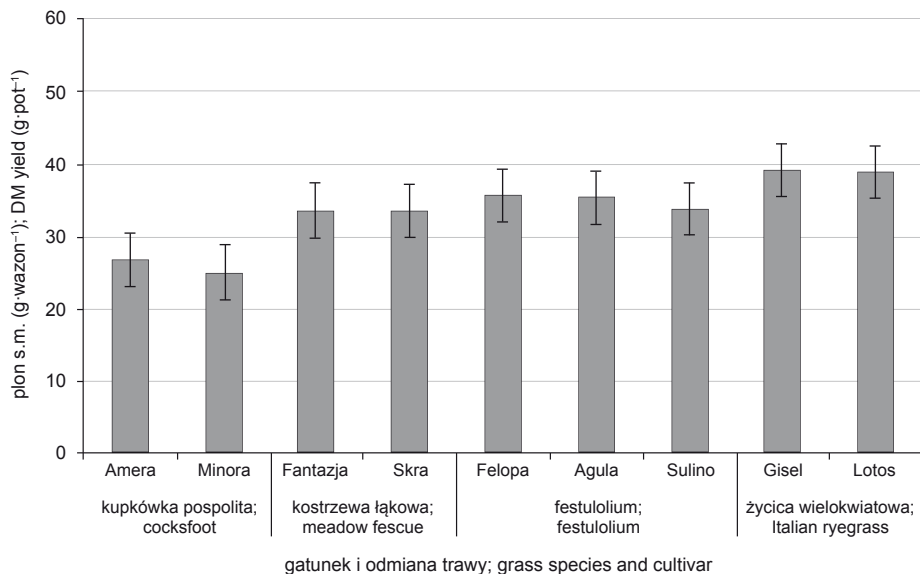
Rys. 17. Plon roczny suchej masy gatunków i odmian traw (2009)
Yearly dry matter yield of grass species and cultivars (2009)



Rys. 18. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w pierwszym odroście (2009)
Dry matter yield of grass species and cultivars in the first regrowth (2009)



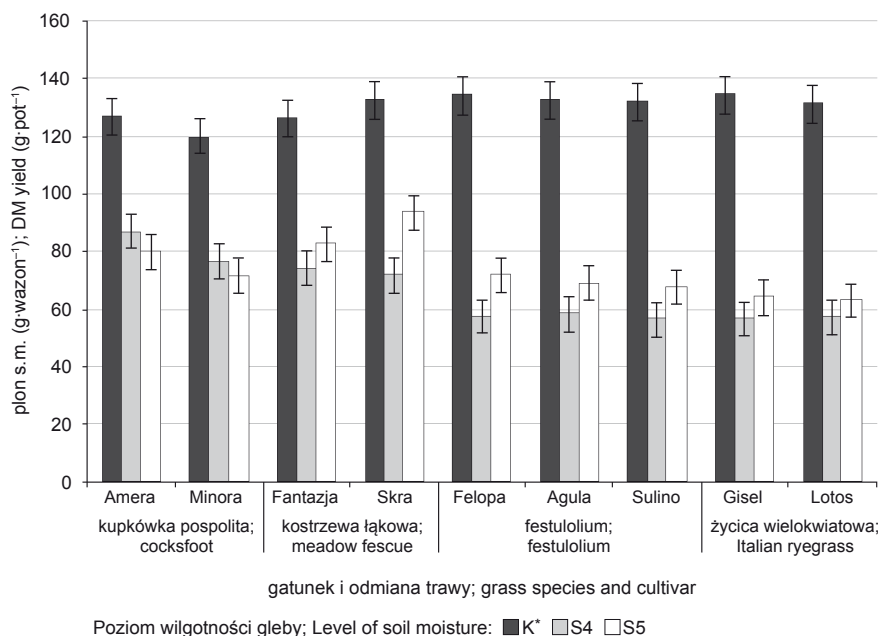
Rys. 19. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w drugim odroście (2009)
Dry matter yield of grass species and cultivars in the second regrowth (2009)



Rys. 20. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w trzecim odroście (2009)
Dry matter yield of grass species and cultivars in the third regrowth (2009)

W drugim roku wegetacji (2010), w optymalnych warunkach wilgotnościowych gleby najlepiej plonowały: życica odmiany Gisel i Lotos, festulolium odmiany Felopa, Sulino i Agula oraz kostrzewa odmiany Skra, nieco mniejsze plony wydały – kostrzewa odmiany Fantazja i kupkówka odmiany Amera, natomiast najniżej plonowała kupkówka odmiany Minora (rys. 21). W roku tym stres związany z niedoborem wody w glebie wprowadzono w dwóch fazach rozwojowych, tj. w fazie wegetatywnej (S4) oraz w fazie strzelania w źdźbło (S5). Obniżenie wilgotności gleby z 70 do 40% ppw w pierwszej fazie przyczyniło się do zmniejszenia rocznego plonu suchej masy traw o 49,2% (tab. 6). Najmniej wrażliwa na stres była kupkówka odmiany Amera, której plon był mniejszy o 31,7% w porównaniu z uzyskanym z obiektu optymalnie uwilgotnionego. Stosunkowo wysoki plon w warunkach stresu wydały też kupkówka odmiany Minora oraz kostrzewa odmiany Fantazja i Skra, natomiast istotnie niżej plonował mieszaniec festulolium odmiany Felopa, Agula i Sulino oraz życica odmiany Gisel i Lotos, których łączne plony suchej masy były mniejsze średnio o 57,0% w porównaniu z uzyskanymi z obiektu kontrolnego.

Stres wprowadzony w fazie strzelania w źdźbło spowodował nieco mniejsze straty plonu (o 43,5%) w porównaniu z plonem z obiektu optymalnie uwilgotnionego (tab. 6). Najbardziej odporna na suszę była kostrzewa odmiany Skra, której wydajność zmniejszyła się o 29,6% (rys. 21). Znaczną odporność wykazały także: kostrzewa odmiany Fantazja i kupkówka odmiany Amera, których poziom plonowania był niższy niż na obiektach kontrolnych odpowiednio o 34,6 i 37,0%. Pozostałe trawy plonowały niżej, a średnie straty plonów w porównaniu z uzyskanymi z obiektów optymalnie uwilgotnionych wynosiły około 50,0%.



- Poziom wilgotności gleby; Level of soil moisture: ■ K* □ S4 □ S5
- * K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object)
 S4 – optymalna wilgotność gleby w pierwszym roku, stres w drugim roku w fazie wegetatywnej; optimal soil moisture in the first year, stress in the second year in vegetative stage
 S5 – optymalna wilgotność gleby w pierwszym roku, stres w drugim roku w fazie strzelania w źdźbło; optimal soil moisture in the first year, stress in the second year in shooting stage

Rys. 21. Plon roczny suchej masy gatunków i odmian traw (2010)
 Yearly dry matter yield of grass species and cultivars (2010)

Tabela 6

Średni plon suchej masy (g·wazon⁻¹) gatunków i odmian traw (2010)
Average of dry matter yield (g·pot⁻¹) of grass species and cultivars (2010)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Odrost; Regrowth					Suma; Sum
		I	II	III	IV	V	
średnia dla odmiany; mean for cultivar							
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera Minora	39,94 b**	16,58 ab	16,62 a	11,97 c	10,74 c	98,13 c
		34,68 a	17,00 b	19,37 b	10,77 bc	7,61 a	89,43 ab
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja Skra	36,24 a	19,32 c	19,68 b	11,02 bc	8,18 ab	94,45 bc
		41,85 b	18,92 c	19,57 b	10,26 bc	8,93 abc	99,53 c
Festulolium; Festulolium	Felopa	35,06 a	16,52 ab	16,63 a	9,87 b	9,84 bc	87,94 ab
	Agula	35,06 a	15,75 ab	17,37 ab	9,05 ab	9,54 abc	86,77 ab
	Sulino	33,42 a	15,23 a	17,98 ab	9,11 ab	9,74 abc	85,48 a
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	33,29 a	16,63 ab	18,56 ab	7,45 a	9,20 abc	85,13 a
	Lotos	34,00 a	15,72 ab	18,06 ab	7,48 a	8,73 abc	83,99 a
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture							
K*		44,20 c	23,83 b	29,22 b	17,43 c	15,74 b	130,42 c
S4		27,77 a	13,09 a	12,58 a	6,57 a	6,14 a	66,16 a
S5		36,20 b	13,65 a	12,81 a	6,24 a	5,62 a	73,71 b

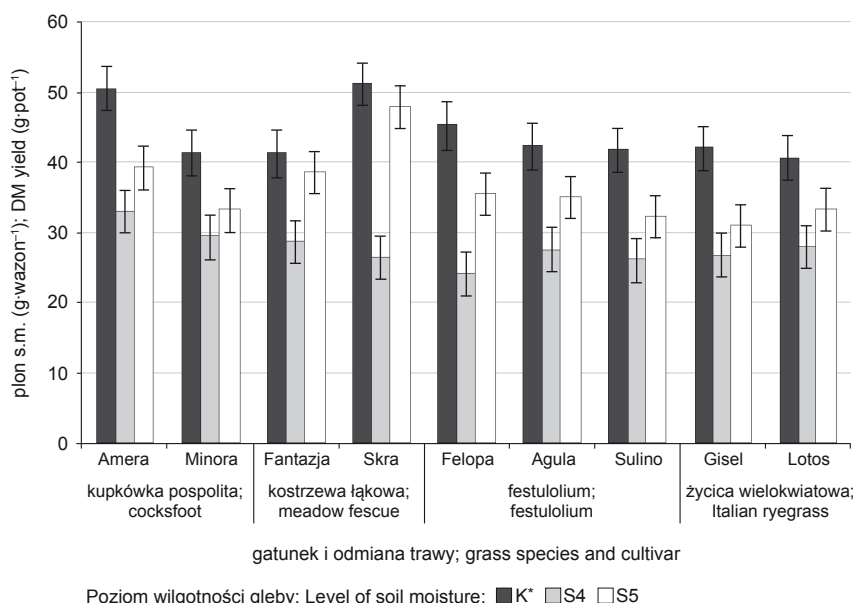
* objaśnienia jak na rys. 21; explanations as in fig. 21

** wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$); values marked with same letter did not differ statistically ($\alpha = 0,05$)

Analizując wyniki w poszczególnych odrostach, stwierdzono, że stres niezależnie od fazy, w której był rozpoczęty najmniej ograniczył plonowanie traw w pierwszym (o 27,6%), natomiast w kolejnych odrostach straty plonów były coraz większe i wynosiły odpowiednio: 43,9, 56,5, 63,2 i 62,7%, w porównaniu z plonem z obiektów optymalnie uwilgotnionych (tab. 6). W pierwszym odroście najbardziej wydajne zarówno w optymalnych, jak i stresowych warunkach wilgotnościowych były kupkówka odmiany Amera i kostrzewa odmiany Skra, natomiast pozostałe trawy plonowały na niższym i zarazem podobnym poziomie (rys. 22). W drugim odroście badane gatunki i odmiany traw charakteryzowały się dość wyrównanym poziomem plonowania przy optymalnej wilgotności gleby, natomiast w warunkach stresu najwyższej plonowały odmiany kostrzewy, nieco niżej – kupkówki, a najniżej – festulolium i życicy (rys. 23). W trzecim odroście, przy wyższej wilgotności gleby najbardziej wydajna była życica odmiany Gisel i Lotos, zaś najmniej – kupkówka odmiany Amera, natomiast przy niższej wilgotności – odmiany kupkówki i kostrzewy były wydajniejsze od odmian życicy i festulolium (rys. 24). W czwartym odroście traw, w korzystnych warunkach wilgotnościowych najwyższej plonowały wszystkie odmiany festulolium, nieco niżej – życica odmiany Lotos i Gisel oraz kostrzewa odmiany Fantazja, natomiast najniżej – kupkówka odmiany Minora

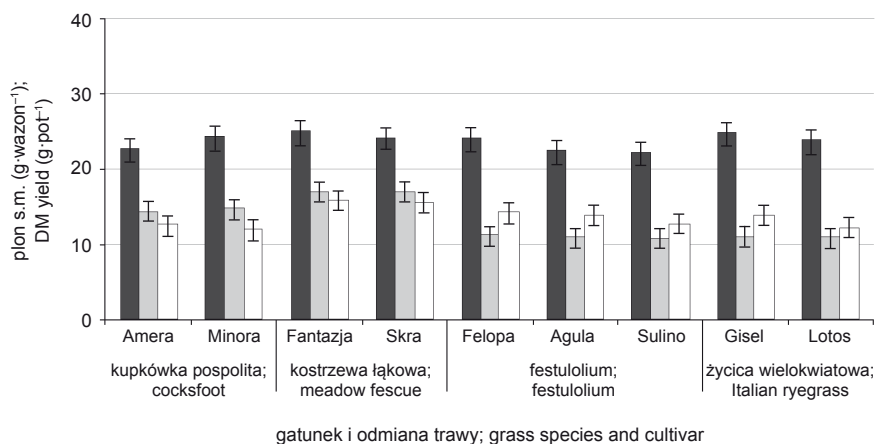
i kostrzewa odmiany Skra (rys. 25). Stres suszy najbardziej ograniczył plonowanie życicy i festulolium, natomiast najmniej kupkówki, zwłaszcza odmiany Amera. W ostatnim – piątym odrósie, przy optymalnym uwilgotnieniu gleby istotnie wyżej plonowały odmiany festulolium i życicy w porównaniu z odmianami kostrzewy i odmianą kupkówki – Minora. W warunkach stresu najlepiej plonowała odmiana kupkówki – Amera (rys. 26).

Faza rozwojowa roślin, w której wprowadzono stres, istotnie wpływała na poziom plonowania traw tylko w pierwszym odrósie. Obniżenie wilgotności gleby z 70 do 40% pww w fazie wegetatywnej (S4) ograniczyło plon badanych traw o 37,1%, natomiast w fazie strzelania w źdźbło (S5) – o 18,1%. W pozostałych odróstach, na obiektach S4 i S5 nie stwierdzono istotnych różnic w plonowaniu traw (tab. 6). Największy udział w plonach rocznych stanowił pierwszy odróst, przy czym na obiektach optymalnie uwilgotnionych (K) jego udział wynosił 33,9%, na obiektach S4 – 42,0%, a na obiektach S5 – 49,1%. Udział pozostałych odróstów był dość równomiernie rozłożony w sezonie wegetacyjnym i wynosił na obiektach o optymalnej zawartości wody w glebie od 12,0 do 22,4%, na obiektach S4 – od 9,2 do 19,8%, a na obiektach S5 – od 7,6 do 18,5%. W drugim roku wegetacji mieszaniec festulolium pod względem wydajności w różnych warunkach wilgotnościowych gleby był bardziej zbliżony do życicy niż do kostrzewy.



* objaśnienia jak na rys. 21; explanations as in fig. 21

Rys. 22. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w pierwszym odrósie (2010)
Dry matter yield of grass species and cultivars in the first regrowth (2010)

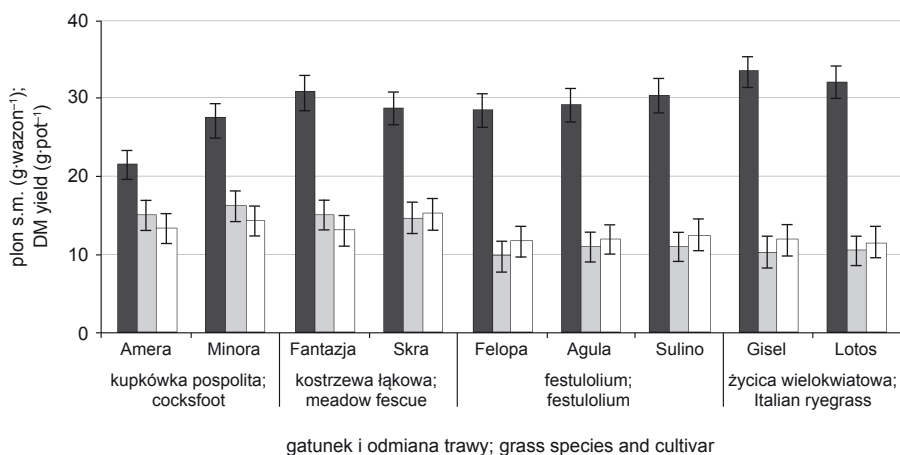


Poziom wilgotności gleby; Level of soil moisture: ■ K* ■ S4 □ S5

* objaśnienia jak na rys. 21; explanations as in fig. 21

Rys. 23. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w drugim odroście (2010)

Dry matter yield of grass species and cultivars in the second regrowth (2010)

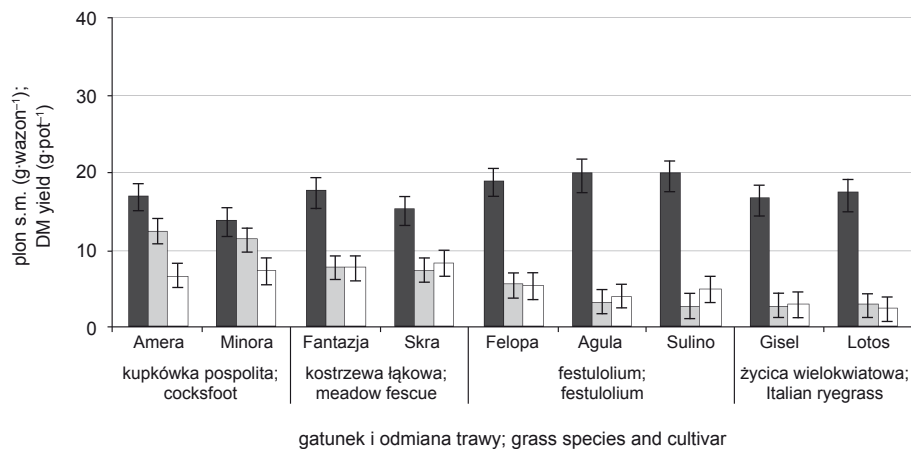


Poziom wilgotności gleby; Level of soil moisture: ■ K* ■ S4 □ S5

* objaśnienia jak na rys. 21; explanations as in fig. 21

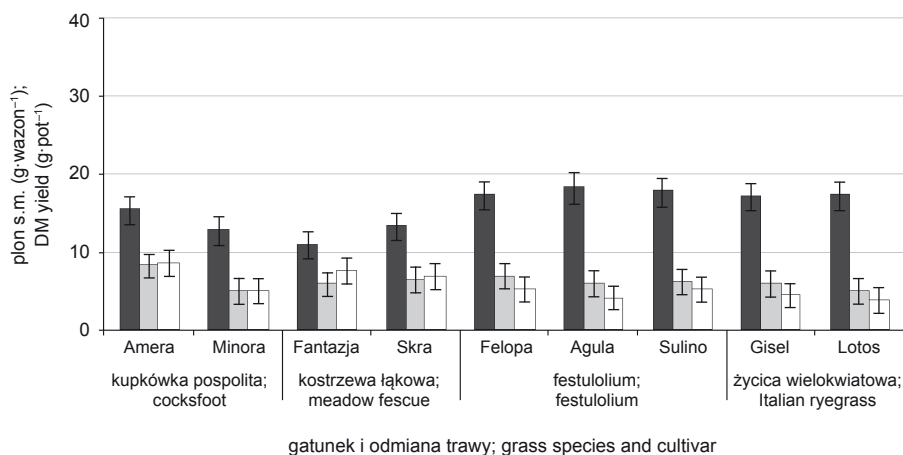
Rys. 24. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w trzecim odroście (2010)

Dry matter yield of grass species and cultivars in the third regrowth (2010)



* objaśnienia jak na rys. 21; explanations as in fig. 21

Rys. 25. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w czwartym odroście (2010)
Dry matter yield of grass species and cultivars in the fourth regrowth (2010)



* objaśnienia jak na rys. 21; explanations as in fig. 21

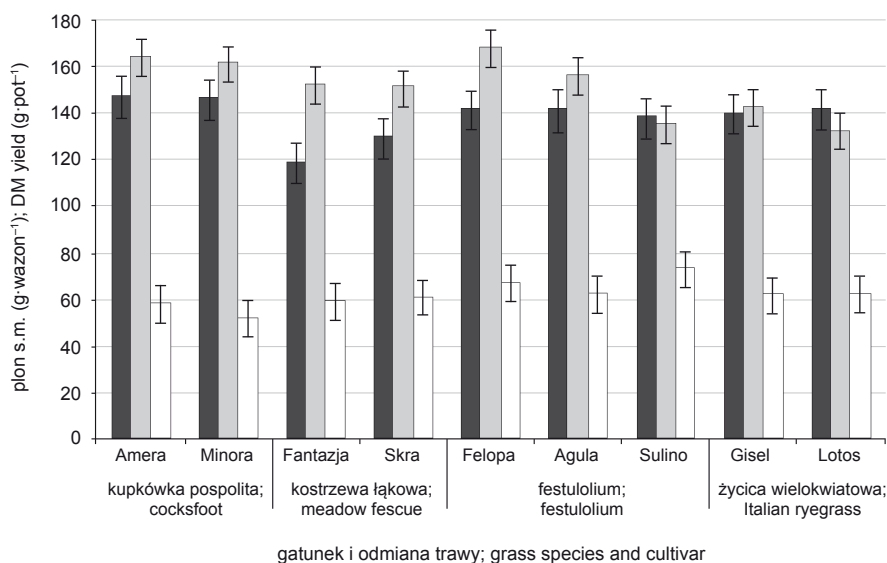
Rys. 26. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w piątym odroście (2010)
Dry matter yield of grass species and cultivars in the fifth regrowth (2010)

W trzecim roku wegetacji (2011) na obiektach kontrolnych nadal utrzymywano optymalną wilgotność gleby, natomiast na obiektach S4 zastosowano wyższą (70% ppw), a na S5 – niższą (40% ppw) wilgotność gleby. Poziom zawartości wody w glebie istotnie wpływał na wielkość plonu badanych gatunków i odmian traw. W optymalnych warunkach wilgotnościowych lepiej plonowały odmiany kupkówki, życicy i festulolium niż odmiany kostrzewy, zwłaszcza Fantazja (rys. 27).

Utrzymanie obniżonej wilgotności gleby w następnym roku badań na obiektach S5 przyczyniło się do zmniejszenia wydajności badanych traw średnio o 55,7% w porównaniu z uzyskaną na obiektach optymalnie uwilgotnionych (tab. 7). Stres najbardziej ograniczył plonowanie kupkówki odmiany Minora (o 64,8%), natomiast najmniej festulolium odmiany Sulino (o 47,5%). Zmniejszenie wydajności pozostałych traw pod wpływem długotrwałego stresu wynosiło od 50,0 do 60,9% (rys. 27). Najślabszą reakcję na stres zanotowano w pierwszym odroście traw, w którym plony zmniejszyły się średnio o 40,8%. Bardziej wrażliwe na niedobór wody w glebie były kupkówka i kostrzewa, natomiast mniej – festulolium i życica (rys. 28). Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy odmianami w obrębie gatunków. W drugim odroście traw, w optymalnych warunkach wilgotnościowych lepiej plonowały odmiany festulolium i życicy w porównaniu z odmianami kostrzewy i kupkówki (rys. 29). W warunkach stresowych najlepiej plonowała odmiana festulolium – Sulino, zaś istotnie niżej – odmiany kupkówki, życicy i pozostałe odmiany festulolium. W trzecim i czwartym odroście zróżnicowanie wydajności traw w różnych warunkach wilgotności gleby było większe (rys. 30 i 31). Na obiektach kontrolnych najślabiej plonowała kostrzewa, zwłaszcza odmiany Fantazja, natomiast pozostałe trawy wydały plon istotnie wyższy. Przy ograniczonej wilgotności gleby najślabiej plonowała życica, przy czym w trzecim odroście była to odmiana Gisel, zaś w czwartym – Lotos. W piątym odroście trawy charakteryzowały się podobną wydajnością przy optymalnej wilgotności gleby, natomiast w warunkach stresu wodnego najmniejszy plon suchej masy wydała kupkówka odmiany Minora (rys. 32). Stres suszy wprowadzony w drugim roku wegetacji korzystnie wpłynął na poziom plonowania traw w trzecim roku. W porównaniu z obiektami kontrolnymi ich wydajność była średnio o 9,1% wyższa. Największy przyrost plonu zanotowano u kostrzewy odmiany Fantazja i Skra oraz u festulolium odmiany Felopa (odpowiednio o 27,5, 15,9 i 18,6%). Natomiast u życicy odmiany Lotos i festulolium odmiany Sulino łączne plony suchej masy były mniejsze niż uzyskane z obiektu kontrolnego (odpowiednio o 7,0 i 2,5%) (rys. 27).

W pierwszym odroście plony suchej masy wszystkich odmian zwiększyły się średnio o 14,4% w porównaniu z uzyskanymi z obiektów kontrolnych. Największy przyrost plonu zanotowano u festulolium odmiany Agula (o 27,3%), zaś najmniejszy – u życicy odmiany Lotos (o 6,1%). W drugim odroście plony suchej masy wzrosły o 8,4% w stosunku do obiektu kontrolnego, przy czym najbardziej wydajny był mieszaniec festulolium odmiany Felopa (wzrost plonów o 19,6%), natomiast nie zwiększyła się wydajność życicy odmiany Gisel i Lotos (rys. 29). W trzecim odro-

ście największą wydajnością charakteryzowały się: kupkówka odmiany Amera i Minora, kostrzewa odmiany Skra i festulolium odmiany Felopa, natomiast w czwartym odroście traw korzystnie pod tym względem wyróżniał się mieszaniec festulolium odmiany Felopa (rys. 30 i 31). W trzecim i czwartym odroście najniżej plonowała życica, u której zanotowano duży spadek wydajności w porównaniu z uzyskaną na obiekcie kontrolnym (o 22,0% u odmiany Gisel i o 46,6% u odmiany Lotos w trzecim i odpowiednio o 6,1 i 13,6% w czwartym odroście). W ostatnim – piątym odroście trawy charakteryzowały się podobną wydajnością w optymalnych warunkach wilgotnościowych (obiekty K i S4) z wyjątkiem festulolium odmiany Felopa, która plonowała istotnie wyżej niż pozostałe trawy (rys. 32). Udział poszczególnych odróstów w plonach rocznych traw był mało zróżnicowany. W optymalnych warunkach wilgotnościowych wynosił odpowiednio: 37,9, 15,5, 16,3, 15,1 i 15,4 zaś w warunkach stresowych odpowiednio: 51,6, 17,4, 13,1 8,1 i 10,7.



Poziom wilgotności gleby; Level of soil moisture: ■ K* ■ S4 □ S5

- * K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object)
 S4 – optymalna wilgotność gleby w pierwszym i trzecim roku, stres w drugim roku; optimal soil moisture in the first and third year, stress in the second year
 S5 – optymalna wilgotność gleby w pierwszym roku, stres w drugim i trzecim roku; optimal soil moisture in the first year, stress in the second and third year

Rys. 27. Plon roczny suchej masy gatunków i odmian traw (2011)
 Yearly dry matter yield of grass species and cultivars (2011)

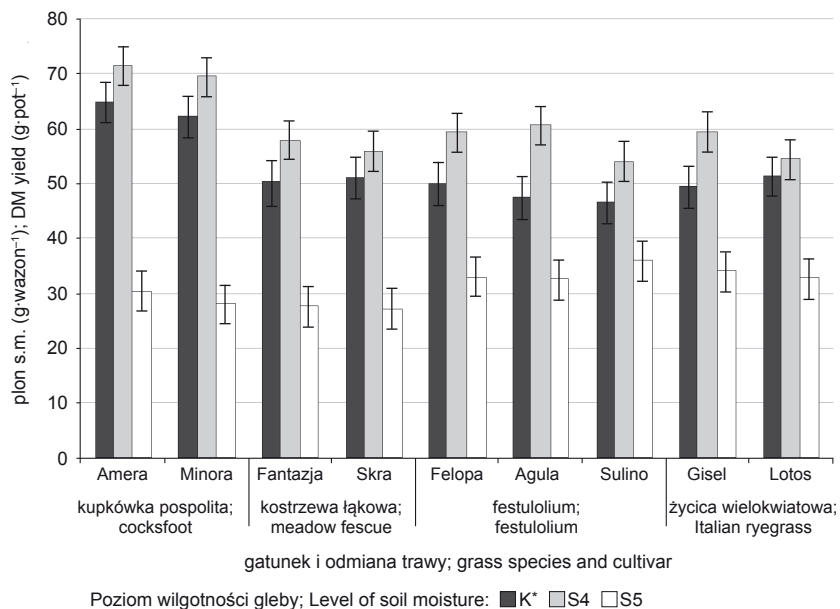
Tabela 7

Średni plon suchej masy ($\text{g} \cdot \text{wazon}^{-1}$) gatunków i odmian traw (2011)
Average of dry matter yield ($\text{g} \cdot \text{pot}^{-1}$) of grass species and cultivars (2011)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Odrost; Regrowth					Suma; Sum
		I	II	III	IV	V	
średnia dla odmiany; mean for cultivar							
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera Minora	55,6 b**	15,4 a	20,7 b	15,8 a	15,9 ab	123,4 bc
		53,3 b	16,2 ab	19,7 b	15,4 a	15,4 a	120,0 abc
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja Skra	45,3 a	18,7 cd	14,2 a	14,6 a	16,3 abc	110,2 a
		44,8 a	18,1 bc	19,2 b	15,9 ab	16,1 abc	114,0 ab
Festulolium; Festulolium	Felopa Agula Sulino	47,4 a	20,5 d	19,9 b	19,1 c	18,8 d	125,6 c
		46,9 a	19,0 cd	19,8 b	18,0 bc	16,7 abc	120,3 abc
		45,5 a	20,7 d	19,3 b	18,3 c	16,1 abc	115,6 abc
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel Lotos	47,7 a	18,8 cd	15,4 a	15,4 a	17,5 bcd	114,9 ab
		46,2 a	19,4 cd	14,3 a	14,4 a	18,0 cd	112,4 a
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture							
K*		52,7 b	21,5 b	22,6 b	21,0 b	21,4 b	139,0 b
S4		60,3 c	23,3 c	24,1 c	23,0 c	22,3 c	151,6 a
S5		31,2 a	10,7 a	8,1 a	5,5 a	6,6 a	61,6 c

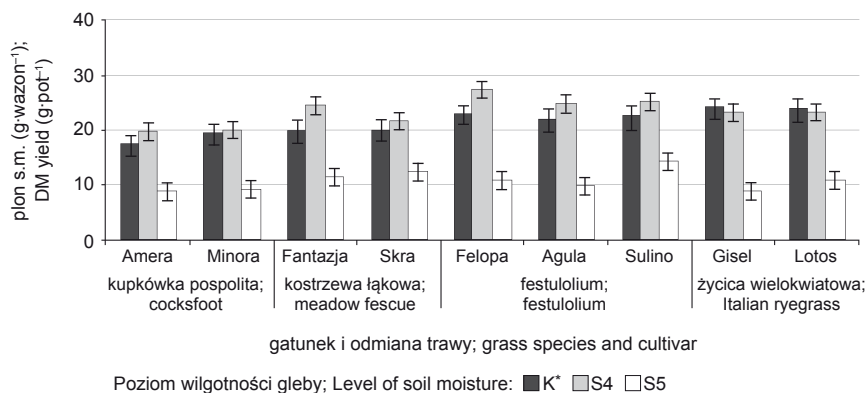
* objaśnienia jak na rys. 27; explanations as in fig. 27

** wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$); values marked with same letter did not differ statistically ($\alpha = 0,05$)



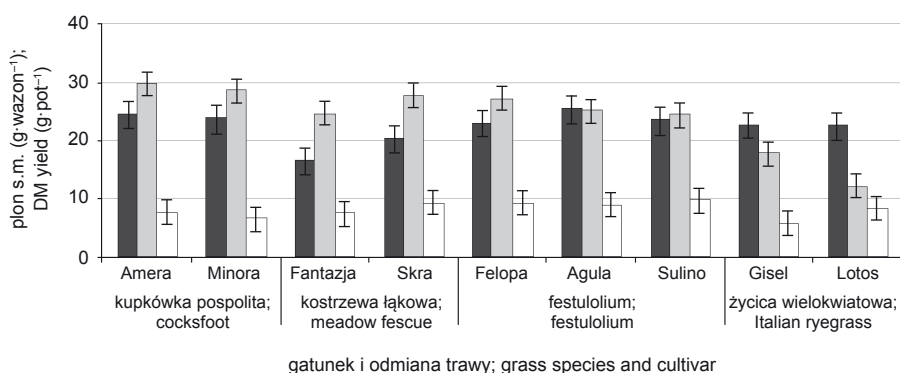
* objaśnienia jak na rys. 27; explanations as in fig. 27

Rys. 28. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w pierwszym odroście (2011)
Dry matter yield of grass species and cultivars in the first regrowth (2011)



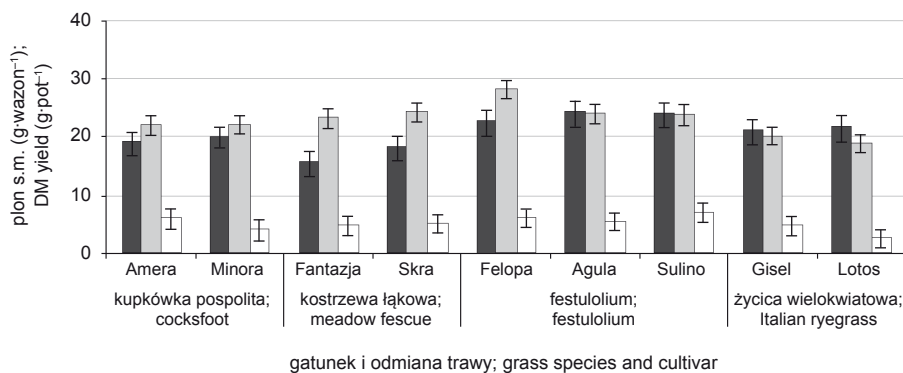
* objaśnienia jak na rys. 27; explanations as in fig. 27

Rys. 29. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w drugim odroście (2011)
Dry matter yield of grass species and cultivars in the second regrowth (2011)



* objaśnienia jak na rys. 27; explanations as in fig. 27

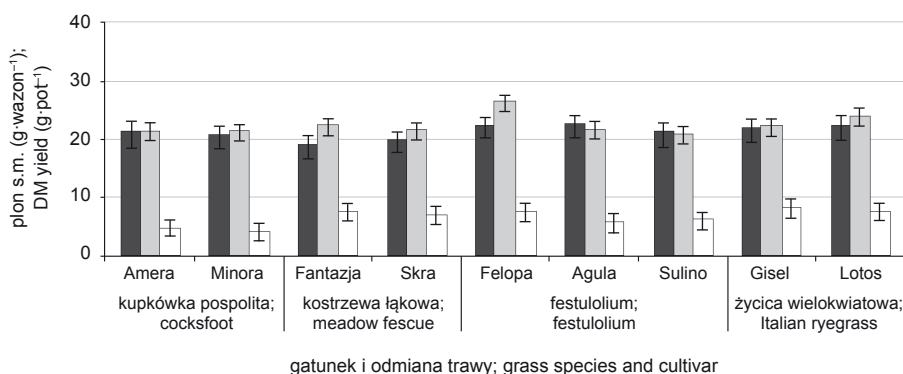
Rys. 30. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w trzecim odroście (2011)
Dry matter yield of grass species and cultivars in the third regrowth (2011)



Poziom wilgotności gleby; Level of soil moisture: ■ K* ■ S4 □ S5

* objaśnienia jak na rys. 27; explanations as in fig. 27

Rys. 31. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w czwartym odroście (2011)
Dry matter yield of grass species and cultivars in the fourth regrowth (2011)



Poziom wilgotności gleby; Level of soil moisture: ■ K* ■ S4 □ S5

* objaśnienia jak na rys. 27; explanations as in fig. 27

Rys. 32. Plon suchej masy gatunków i odmian traw w piątym odroście (2011)
Dry matter yield of grass species and cultivars in the fifth regrowth (2011)

Poziom wilgotności gleby istotnie wpływał na plonowanie badanych gatunków i odmian traw w całym trzyleciu (2009–2011) (tab. 8). Długotrwały stres suszy zastosowany w drugim roku wegetacji (S4) spowodował zmniejszenie łącznego plonu suchej masy traw średnio o 13,3%, natomiast trwający przez dwa lata, tj. w drugim i trzecim roku (S5) – średnio o 34,5% w porównaniu z uzyskanym z obiektów optymalnie uwilgotnionych. W badanym okresie na obiektach kontrolnych najlepiej plonowała życica odmiany Lotos i Gisel, ale dużą plennością charakteryzował się też mieszaniec festulolium odmiany Felopa i Agula. Natomiast najmniej wydajne były kostrzewa odmiany Fantazja oraz kupkówka odmiany Minora.

Stres zastosowany w drugim roku wegetacji najbardziej ograniczył łączny plon festulolium odmiany Sulino oraz życicy odmiany Lotos i Gisel (odpowiednio o 22,3, 21,2 i 19,9%), natomiast najmniej – kupkówki odmiany Minora i Amera oraz kostrzewy odmiany Fantazja (odpowiednio o 3,0, 4,1 i 4,4%). W badanym trzyleciu największy plon suchej masy wydała kupkówka odmiany Amera, nieco mniejszy Minora, a istotnie najmniejszy – festulolium odmiany Sulino. Pozostałe trawy plonowały na średnim, podobnym poziomie.

Zmniejszenie wilgotności gleby z 70 do 40% ppw w drugim i trzecim roku wegetacji najbardziej ograniczyło plonowanie życicy odmiany Lotos oraz festulolium odmiany Agula i Felopa (odpowiednio o 38,0, 39,1 i 37,4%), natomiast najmniej – kostrzewy odmiany Fantazja (o 26,4%) i Skra (o 27,4%). Oceniając plonowanie traw w wartościach bezwzględnych, wykazano, że w warunkach niedoboru wody w glebie najbardziej wydajna była kostrzewa odmiany Skra, ale dużą plennością cechowały się też życica odmiany Gisel i Lotos oraz kostrzewa odmiany Fantazja, których plony nie różniły się istotnie od plonów kostrzewy odmiany Skra. Pozostałe trawy plonowały istotnie niżej, zaś najmniej wydajna była kupkówka odmiany Minora.

Tabela 8

Łączny plon suchej masy ($\text{g} \cdot \text{wazon}^{-1}$) gatunków i odmian traw w zależności od wilgotności gleby zróżnicowanej w kolejnych latach wegetacji (2009–2011)

Total dry matter yield ($\text{g} \cdot \text{pot}^{-1}$) of grass species and cultivars depending on soil moisture differentiated in the following years of vegetation (2009–2011)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Plon; Yield							
			2009		2010		2011		Łącznie; Total	
			g	%**	g	%	g	%	g	%
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	112,4	100	127,3	100	148,0	100	387,7	100
		S4	119,9	106,7	86,9	68,3	164,2	110,9	371,7	95,9
		S5	113,6	101,1	80,2	63,0	57,8	39,1	251,6	64,9
	Minora	K	102,5	100	120,1	100	146,8	100	369,4	100
		S4	120,3	117,4	76,5	63,7	161,5	110,0	358,3	97,0
		S5	113,6	110,8	71,7	59,7	51,7	35,2	236,9	64,1

cd. tab. 8

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Plon; Yield							
			2009		2010		2011		Łącznie; Total	
			g	%**	g	%	g	%	g	%
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	120,1	100	126,5	100	119,4	100	366,0	100
		S4	123,5	102,8	74,2	58,7	152,2	127,5	349,9	95,6
		S5	123,5	102,8	82,7	65,4	58,9	49,3	269,4	73,6
	Skra	K	121,8	100	133,1	100	130,3	100	385,1	100
		S4	120,4	98,9	71,9	54,0	151,1	116,0	343,4	89,2
		S5	125,1	102,7	93,6	70,3	60,7	46,6	279,5	72,6
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	135,1	100	134,7	100	141,9	100	411,7	100
		S4	124,8	92,4	57,3	42,5	168,3	118,6	349,5	84,9
		S5	118,9	88,0	71,8	53,3	66,7	47,0	257,6	62,6
	Agula	K	134,0	100	133,0	100	142,6	100	409,6	100
		S4	130,0	97,0	58,4	43,9	156,2	109,5	344,6	84,1
		S5	118,6	88,5	68,9	51,8	62,0	43,5	249,5	60,9
	Sulino	K	127,9	100	132,5	100	138,7	100	399,1	100
		S4	118,5	92,7	56,5	42,6	135,3	97,5	310,2	77,7
		S5	122,5	95,8	67,5	50,9	72,9	52,6	262,9	65,9
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	148,9	100	134,7	100	140,3	100	423,9	100
		S4	140,2	94,2	56,7	42,1	142,6	101,6	339,5	80,1
		S5	147,5	99,1	64,0	47,5	61,7	44,0	273,3	64,5
	Lotos	K	153,8	100	131,9	100	142,6	100	428,3	100
		S4	148,0	96,2	57,0	43,2	132,6	93,0	337,6	78,8
		S5	140,5	91,4	63,0	47,8	61,9	43,4	265,4	62,0
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture										
K			128,5	100	130,4	100	139,0	100	397,9	100
S4			127,3	99,1	66,2	50,8	151,6	109,1	344,9	86,7
S5			124,9	97,2	73,7	56,5	61,6	44,3	260,6	65,5
średnia dla odmiany; mean for cultivar										
Amera			115,3		98,13		123,36		336,8	
Minora			112,1		89,43		119,98		321,6	
Fantazja			122,4		94,45		110,16		328,4	
Skra			122,4		99,53		114,05		336,0	
Felopa			126,3		87,94		125,64		339,5	
Agula			127,5		86,77		120,29		334,6	
Sulino			123,0		85,48		115,62		324,1	
Gisel			145,6		85,13		114,87		345,6	
Lotos			147,4		83,99		112,35		343,8	
NIR I; LSD I			9,198		7,878		10,248		19,292	
NIR II; LSD II			r.n.; n.s.		3,407		4,433		8,344	
NIR I/II; LSD I/II			r.n.; n.s.		12,04		7,836		14,751	

* objaśnienia jak na rys. 27; explanations as in fig. 27

** na obiektach S4 i S5 plony względne w odniesieniu do obiektu kontrolnego; on the S4 and S5 objects relative yields in relations to control object

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

4.1.3. Redukcja plonu suchej masy

Redukcja plonu suchej masy traw w warunkach stresu związanego z niedoborem wody w glebie, wyrażona wskaźnikiem suszy rolniczej, w pierwszym roku wegetacji utrzymywała się w granicach od 0,31 do 0,44, w drugim roku – od 0,32 do 0,58, natomiast po stresie trwającym dwa lata – od 0,47 do 0,65.

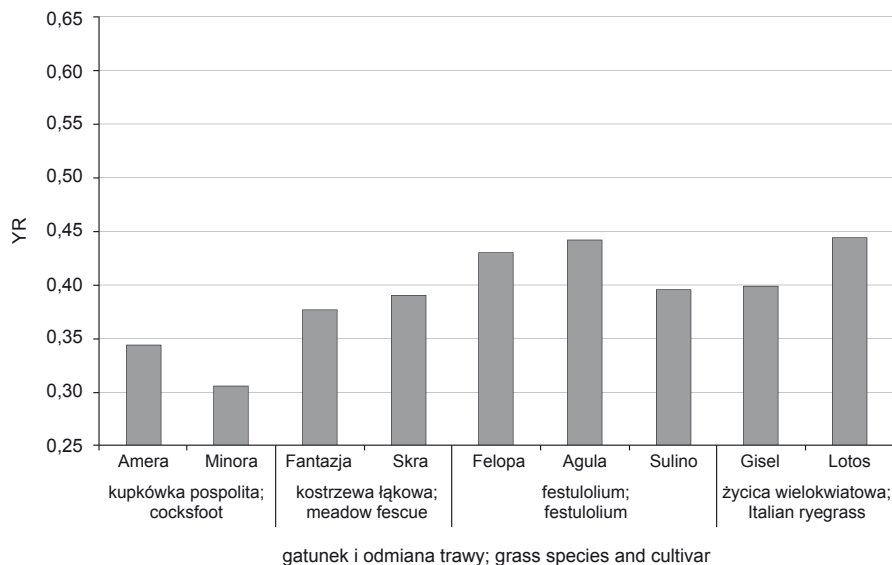
Ograniczenie wilgotności gleby w pierwszym roku spowodowało największą redukcję plonu suchej masy festulolium odmiany Felopa i Agula oraz życicy odmiany Lotos, co świadczy o ich największej wrażliwości na stres zadany w tym okresie. Nieco mniejszą wartość wskaźnika suszy rolniczej wykazano u życicy odmiany Gisel, festulolium odmiany Sulino oraz kostrzewy odmiany Skra i Fantazja. Najmniejszą wrażliwość na suszę w pierwszym roku stwierdzono u kupkówki odmiany Minora (rys. 33).

Obniżenie wilgotności gleby z 70 do 40% ppw w drugim roku wegetacji spowodowało nieco większą redukcję plonu suchej masy. Najbardziej wrażliwe na stres w tym okresie okazały się życica odmiany Lotos i Gisel oraz festulolium odmiany Felopa, Agula i Sulino. Wrażliwość pozostałych traw zmniejszała się w następującej kolejności: kostrzewa odmiany Skra, następnie kostrzewa odmiany Fantazja, kupkówka odmiany Minora i najmniej wrażliwa – kupkówka odmiany Amara (rys. 34).

Ocena wskaźnika suszy rolniczej w drugim roku wegetacji, po stresie niedoboru wody w glebie utrzymanym w pierwszym i drugim roku, wykazała, że plon suchej masy został najbardziej zredukowany u mieszańca festulolium odmiany Sulino i życicy odmiany Lotos. Nieco mniejszą redukcję plonu zanotowano u festulolium odmiany Agula, życicy odmiany Gisel i kostrzewy odmiany Skra, zaś najmniejszą – u kupkówki odmiany Amara i Minora oraz u kostrzewy odmiany Fantazja (rys. 35).

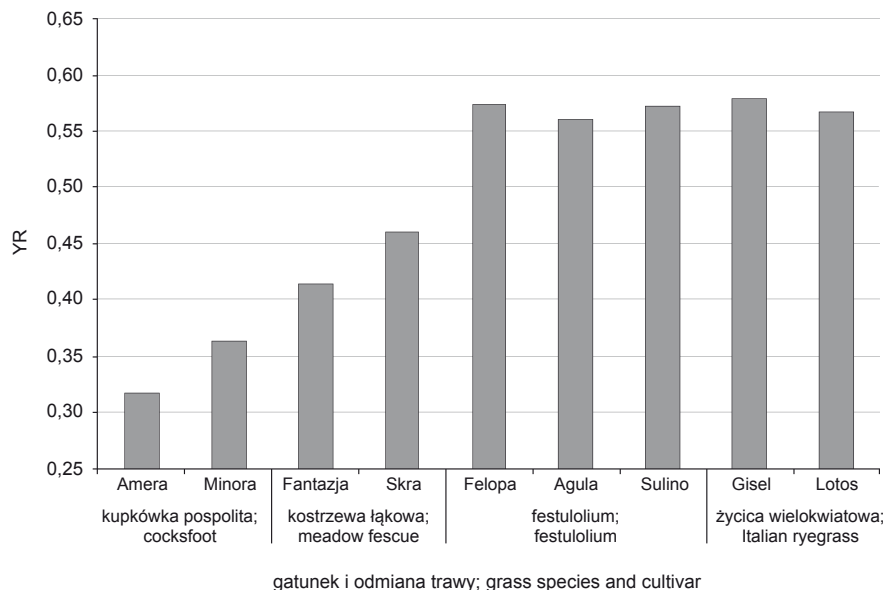
Analiza poziomu plonowania traw w trzecim roku wegetacji, po stresie w pierwszym i trzecim roku, wykazała niewielkie różnice w redukcji plonów suchej masy poszczególnych gatunków i odmian traw. Największą wartość wskaźnika suszy rolniczej zanotowano u mieszańca festulolium odmiany Felopa, nieco mniejszą – u odmiany Agula i kostrzewy odmiany Fantazja, zaś najmniejszą – u kupkówki odmiany Amara. Pozostałe trawy charakteryzowały się średnią, a zarazem podobną redukcją plonu suchej masy (rys. 36).

W trzecim roku wegetacji, po stresie niedoboru wody w glebie zastosowanym w drugim i trzecim roku, stwierdzono bardziej zróżnicowaną wrażliwość traw na suszę w porównaniu z ich uprawą na obiektach o optymalnej wilgotności gleby. Największą redukcję plonu suchej masy zanotowano u kupkówki odmiany Minora, nieco mniejszą – u odmiany Amara, natomiast najmniejszą – u mieszańca festulolium odmiany Sulino. Pozostałe trawy charakteryzowały się średnimi wartościami wskaźnika suszy rolniczej (rys. 37).



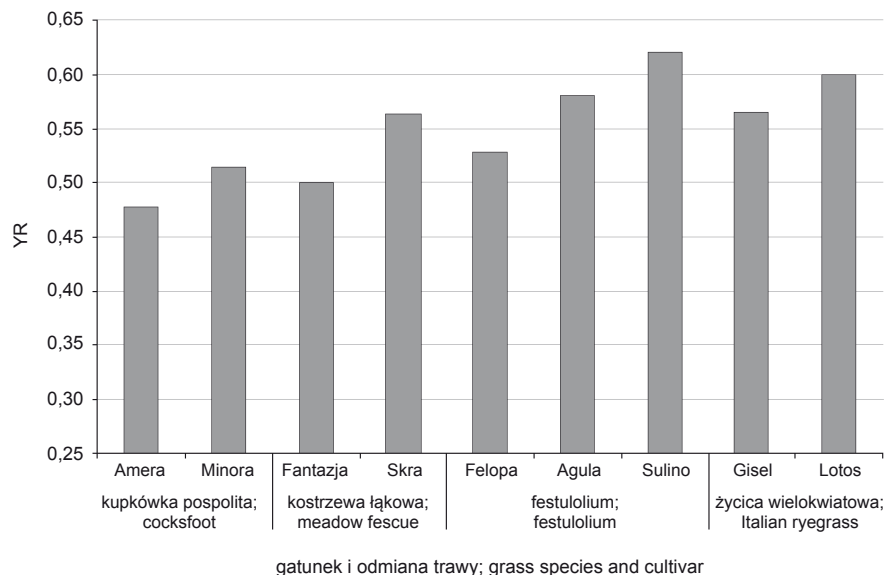
Rys. 33. Wskaźnik suszy rolniczej (YR) u gatunków i odmian traw w warunkach niedoboru wody w glebie w pierwszym roku wegetacji (2009)

Agricultural drought index (YR) of grass species and cultivars under water deficit conditions in the soil

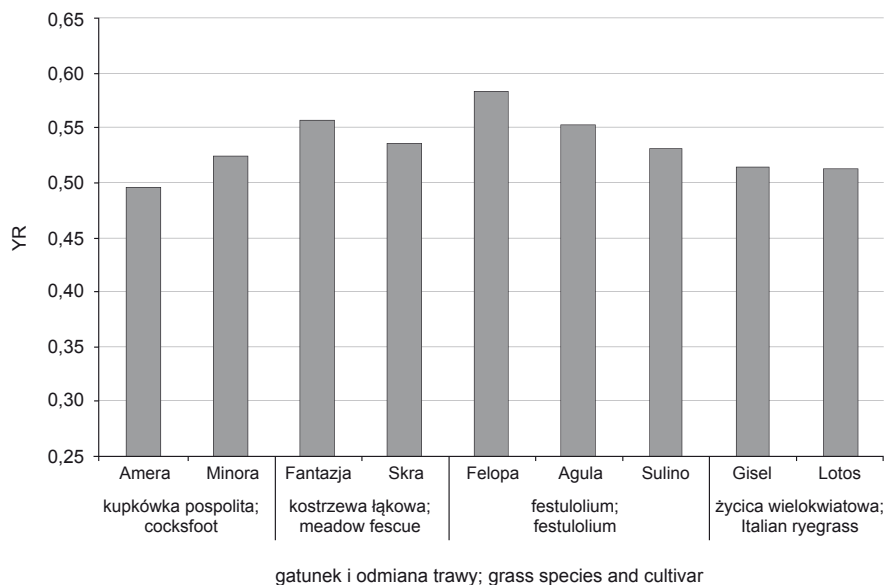


Rys. 34. Wskaźnik suszy rolniczej (YR) u gatunków i odmian traw w warunkach niedoboru wody w glebie w drugim roku wegetacji (2010)

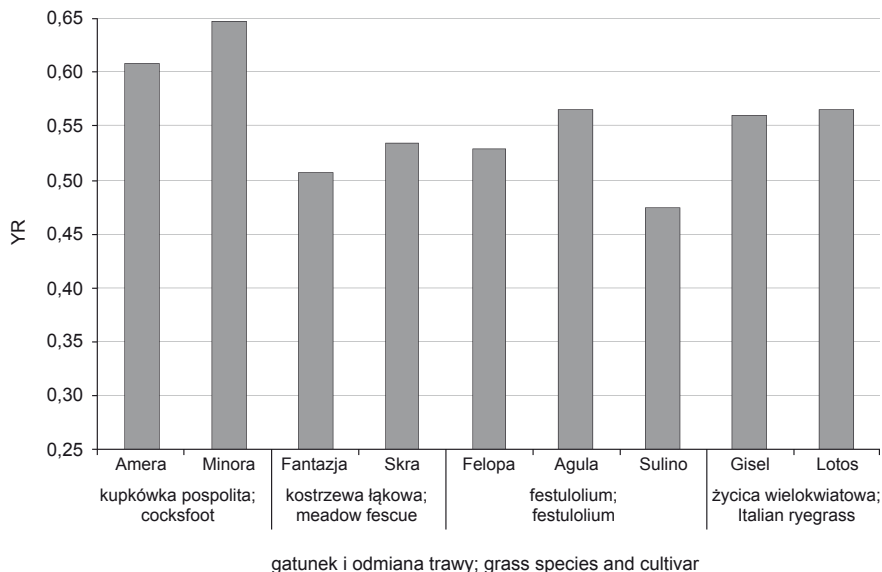
Agricultural drought index (YR) of grass species and cultivars under water deficit conditions in the soil in the second year of vegetation (2010)



Rys. 35. Wskaźnik suszy rolniczej (YR) u gatunków i odmian traw w warunkach niedoboru wody w glebie w pierwszym i drugim roku wegetacji (2009 i 2010)
 Agricultural drought index (YR) of grass species and cultivars under water deficit conditions in the soil in the first and second year of vegetation (2009 and 2010)



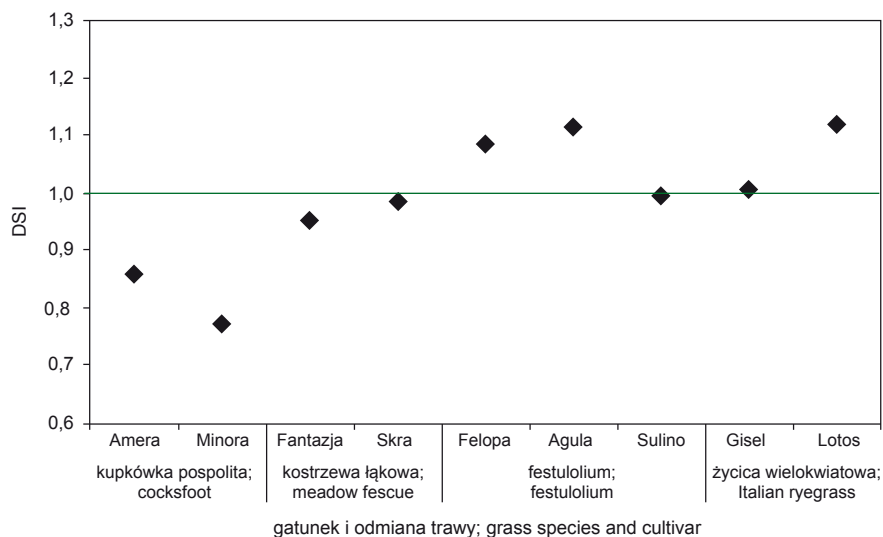
Rys. 36. Wskaźnik suszy rolniczej (YR) u gatunków i odmian traw w warunkach niedoboru wody w glebie w pierwszym i trzecim roku wegetacji (2009 i 2011)
 Agricultural drought index (YR) of grass species and cultivars under water deficit conditions in the soil in the first and third year of vegetation (2009 and 2011)



Rys. 37. Wskaźnik suszy rolniczej (YR) u gatunków i odmian traw w warunkach niedoboru wody w glebie w drugim i trzecim roku wegetacji (2010 i 2011)
 Agricultural drought index (YR) of grass species and cultivars under water deficit conditions in the soil in the second and third year of vegetation (2010 and 2011)

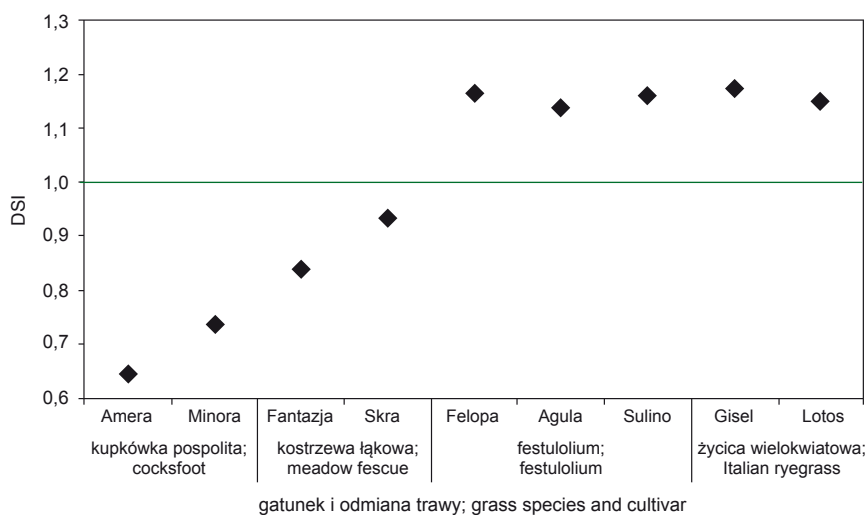
4.2. WSKAŹNIK WRAŻLIWOŚCI NA SUSZĘ (DSI)

Reakcja traw na stres spowodowany niedoborem wody w glebie uzależniona była od gatunku, odmiany i wieku rośliny. Zarówno w pierwszym, jak i w drugim roku wegetacji w grupie gatunków odpornych na suszę znalazły się kupkówka i kostrzewa, natomiast w grupie gatunków wrażliwych – życica i festulolium. W pierwszym roku wegetacji spośród badanych odmian najbardziej odporna na stres była odmiana kupkówki – Minora, nieco mniej – Amera, a następnie odmiany kostrzewy w kolejności: Fantazja i Skra (rys. 38). Spośród odmian festulolium nieco mniej wrażliwa na stres była odmiana Sulino, a życicy – Gisel, natomiast pozostałe odmiany festulolium – Agula i Felopa oraz odmiana życicy – Lotos charakteryzowały się dużą wrażliwością na niedobór wody w glebie. Reakcja starszych traw na stres suszy zastosowany w drugim roku była nieco inna niż roślin młodych w pierwszym roku wegetacji (rys. 39). Odporniejsze na stres były odmiany kupkówki i kostrzewy w kolejności od najbardziej odpornej: Amera, Minora, Fantazja, Skra, w porównaniu z odmianami życicy i festulolium, których wrażliwość na suszę była bardzo podobna (wskaźnik DSI w zakresie 1,14–1,18). Biorąc pod uwagę średnią wartość wskaźnika DSI dla dwóch lat badań, uwzględnione w badaniach odmiany traw można uszeregować w następującej kolejności pod względem wrażliwości na suszę, zaczynając od odmiany najbardziej odpornej: Amera, Minora, Fantazja, Skra, Sulino, Gisel, Felopa, Agula i Lotos (rys. 40).



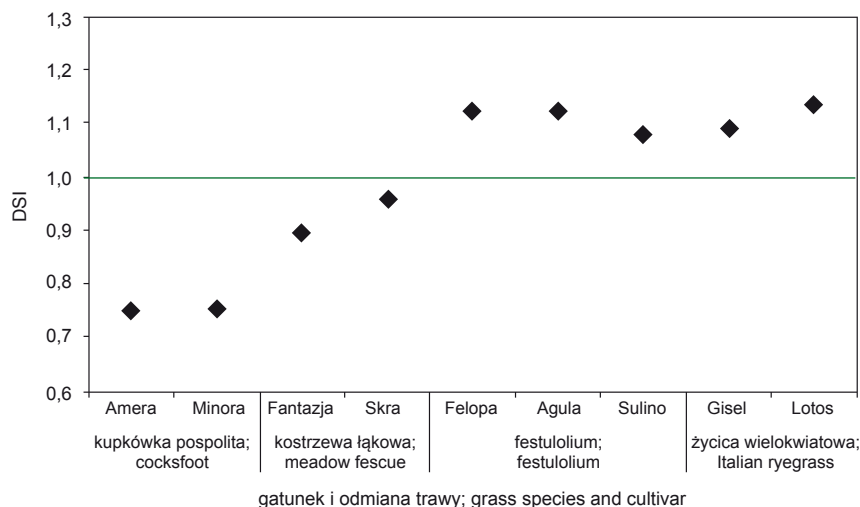
Rys. 38. Wskaźnik wrażliwości na suszę (DSI) dla odmian traw w warunkach niedoboru wody w glebie w pierwszym roku wegetacji (2009)

Drought susceptibility index (DSI) for grass cultivars under conditions of water deficit in the soil in the first year of vegetation (2009)



Rys. 39. Wskaźnik wrażliwości na suszę (DSI) dla odmian traw w warunkach niedoboru wody w glebie w drugim roku wegetacji (2010)

Drought susceptibility index (DSI) for grass cultivars under conditions of water deficit in the soil in the second year of vegetation (2010)



Rys. 40. Wskaźnik wrażliwości na suszę (DSI) dla odmian traw w warunkach niedoboru wody w glebie (średnia z dwóch lat wegetacji)

Drought susceptibility index (DSI) for grass cultivars under conditions of water deficit in the soil (average from two years of utilization)

4.3. WSKAŹNIKI WYMIANY GAZOWEJ

4.3.1. Intensywność fotosyntezy netto

Fotosynteza jest jednym z najbardziej czułych na stres związanych z niedoborem wody w glebie procesem fizjologicznym. Analiza wyników badań wykazała, że fotosynteza gatunków i odmian traw była różna w różnych warunkach wilgotnościowych. W pierwszym roku wegetacji (2009), w pierwszym odroście, w optymalnych warunkach wilgotnościowych gleby, trawy znacznie lepiej asymilowały dwutlenek węgla we wcześniejszych fazach rozwojowych, tj. w fazie końca krzewienia/strzelania w źdźbło i kłoszenia, niż w fazie kwitnienia (tab. 9). Intensywność procesu fotosyntezy w tych warunkach była najwyższa u kostrzewy odmiany Skra oraz u festulolium odmiany Sulino i Agula, natomiast najniższa u kupkówki odmiany Amera. Wszystkie trawy zareagowały na stres wywołany niedoborem wody w glebie istotnym obniżeniem intensywności tego procesu (średnio o 41,2%). Najsilniejszą reakcję na deficyt wody stwierdzono w fazie krzewienia/strzelania w źdźbło, gdzie asymilacja CO₂ zmniejszyła się o 54,0% w porównaniu ze stwierdzoną na obiektach optymalnie uwilgotnionych. W fazie kłoszenia i kwitnienia wartość ta była mniejsza odpowiednio o 33,5 i 35,0%. W warunkach stresu najmniej ograniczyła fotosyntezę kupkówka odmiany Minora (o 26,8%), natomiast najbardziej festulolium odmiany Sulino (o 54,3%).

Tabela 9

Intensywność fotosyntezy ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) gatunków i odmian traw w zależności od wilgotności gleby w pierwszym odroście (2009)
 Intensity of photosynthesis ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) of grass species and cultivars depending on the soil moisture in the first regrowth (2009)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Faza rozwojowa trawy; Development stage of grass						Średnia; Mean	
		krzewienie/ strzelanie w źdźbło; tillering/shooting		kłoszenie; heading		kwitnienie; flowering			
		wilgotność gleby; soil moisture							
		K*	S1	K	S1	K	S1	K	S1
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera Minora	11,62 a** 13,62 c	6,50 cd 8,68 f	10,92 b 10,09 a	8,83 b 9,99 c	11,08 e 13,92 h	5,73 b 9,29 h	11,21 a 12,82 c	7,02 ab 9,39 f
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja Skra	15,52 f 18,08 h	6,67 de 9,39 g	17,28 f 17,50 g	10,87 e 10,23 d	8,70 b 7,02 a	6,10 c 4,90 a	13,82 e 14,18 g	7,88 c 8,18 d
Festulolium; Festulolium	Felopa Agula Sulino	13,32 b 14,80 e 15,82 g	5,12 b 6,61 cde 3,68 a	12,80 c 16,40 e 19,30 i	8,45 a 11,23 g 10,23 d	11,48 g 11,30 f 11,40 fg	7,41 e 8,05 g 7,60 f	12,52 b 14,20 g 15,50 h	6,99 a 8,63 e 7,09 b
Życica wielokwiatwa; Italian ryegrass	Gisel Lotos	13,32 b 13,92 d	6,41 c 6,76 e	18,20 h 14,90 d	10,87 e 11,06 f	10,62 d 10,28 c	6,58 d 6,67 d	14,08 f 13,00 d	7,95 c 8,16 d
średnia dla odmiany; mean for cultivar									
Amera		9,06 a		9,88 a		8,40 c		9,11 a	
Minora		11,15 e		10,55 b		11,61 e		11,11 ef	
Fantazja		11,10 e		14,07 d		7,40 b		10,85 d	
Skra		13,73 f		13,87 d		5,96 a		11,18 fg	
Felopa		9,22 a		10,62 b		9,44 d		9,76 b	
Agula		10,70 d		13,82 d		9,68 d		11,42 h	
Sulino		9,75 b		14,77 e		9,50 d		11,29 gh	
Gisel		9,87 b		14,53 e		8,60 c		11,01 e	
Lotos		10,34 c		12,98 c		8,47 c		10,58 c	
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture									
K		14,45 b		15,36 b		10,64 b		13,48 b	
S1		6,65 a		10,22 a		6,92 a		7,92 a	

* K– optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object), S1– stres od fazy krzewienia; stress from the tillering stage of grass

** wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$); values marked with the same letter did not differ significantly ($\alpha = 0,05$)

W drugim roku wegetacji (2010) intensywność fotosyntezy u gatunków i odmian traw była największa w czwartym, a najmniejsza w trzecim odroście, bez względu na poziom wilgotności gleby (tab. 10). Intensywność tego procesu w pierwszym odroście traw była podobna do wykazanego w pierwszym roku. Przy optymalnej wilgotności gleby asymilacja CO₂ (średnio z trzech odrostów) przebiegała najintensywniej u życicy odmiany Lotos i Gisel oraz u mieszańca festulolium odmiany Felopa, natomiast najsłabiej u kostrzewy odmiany Skra. Niedobór wody w glebie przyczynił się do istotnego zahamowania procesu fotosyntezy traw (średnio o 40,6%). Większe ograniczenie intensywności tego procesu zanotowano w trzecim (o 44,5%) niż w pierwszym i czwartym odroście (odpowiednio o 39,2 i 39,3%). Spośród ocenianych traw w drugim roku wegetacji najsilniej na niedobór wody w glebie zareagował mieszaniec festulolium odmiany Felopa, u którego intensywność procesu fotosyntezy zmniejszyła się o 46,7%, natomiast najmniej wrażliwe były życica odmiany Gisel i kupkówka odmiany Amera, u których ograniczenie procesu fotosyntezy wynosiło odpowiednio: 35,5 i 36,5% w porównaniu z zanotowanymi na obiektach optymalnie uwilgotnionych. Obliczone wartości współczynnika determinacji i równania regresji wykazały istotną, dodatnią zależność między intensywnością fotosyntezy a plonem suchej masy traw zarówno w pierwszym roku (w pierwszym odroście), jak również w drugim roku wegetacji roślin (rys. 41). Zależność ta była wprost proporcjonalna, co świadczy o wysoce istotnym, liniowym wpływie intensywności przebiegu tego procesu na plonowanie traw.

Tabela 10

Intensywność fotosyntezy ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) gatunków i odmian traw w zależności od wilgotności gleby (2010)

Intensity of photosynthesis ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) of grass species and cultivars depending on the soil moisture (2010)

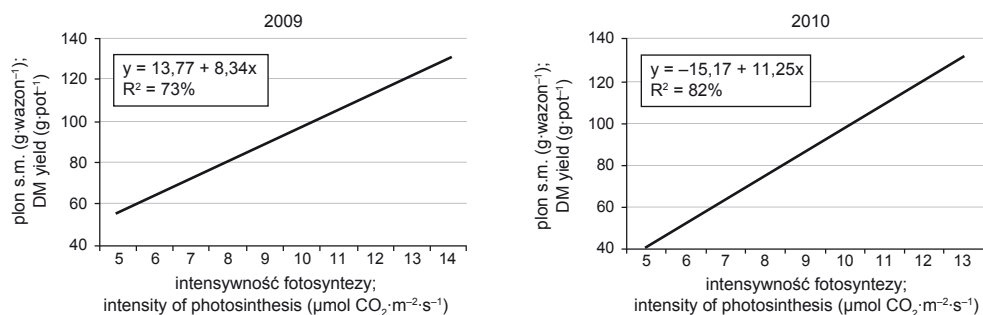
Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Odrost; Regrowth						Średnia; Mean	
		I		III		IV			
		wilgotność gleby; soil moisture							
		K*	S4	K	S4	K	S4	K	S4
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera Minora	12,70 d**	8,62 d	11,08 f	5,82 d	15,00 d	10,12 g	12,92 f	8,20 f
		10,40 b	7,35 c	9,32 c	5,70 d	16,68 f	8,65 b	12,15 d	7,22 d
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja Skra	10,00 a	8,62 d	8,60 b	5,10 c	17,30 h	7,20 a	11,98 c	6,98 c
		10,32 ab	5,48 a	7,10 a	4,70 b	15,90 e	8,80 c	11,10 a	6,32 a
Festulolium; Festulolium	Felopa	13,80 f	5,40 a	10,3 d	7,12 f	17,00 g	9,32 e	13,70 h	7,30 d
	Agula	11,12 c	6,60 b	11,2 f	3,68 a	13,30 a	10,10 g	11,82 b	6,80 b
	Sulino	13,08 e	5,72 a	10,62 e	5,82 d	14,22 c	10,88 h	12,62 e	7,50 e

cd. tab. 10

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Odrost; Regrowth						Średnia; Mean	
		I		III		IV			
		wilgotność gleby; soil moisture							
		K*	S4	K	S4	K	S4	K	S4
Życica wielokwiatwa; Italian ryegrass	Gisel Lotos	15,62 g	10,02 e	11,12 f	6,38 e	13,80 b	9,78 f	13,52 g	8,72 g
		15,32 g	10,50 f	11,58 g	6,20 e	15,00 d	9,10 d	13,98 l	8,62 g
średnia dla odmiany; mean for cultivar									
Amera		10,66 d		8,45 de		12,56 d		10,56 e	
Minora		8,86 b		7,51 c		12,66 d		9,69 c	
Fantazja		9,31 bc		6,85 b		12,25 c		9,48 bc	
Skra		7,90 a		5,90 a		12,35 c		8,71 a	
Felopa		9,60 c		8,71 e		13,16 e		10,50 e	
Agula		8,86 b		7,44 c		11,70 a		9,31 b	
Sulino		9,40 bc		8,22 d		12,55 d		10,06 d	
Gisel		12,82 e		8,75 e		11,79 a		11,12 f	
Lotos		12,91 e		8,89 e		12,05 b		11,30 f	
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture									
K		12,49 b		10,10 b		15,36 b		12,65 b	
S4		7,59 a		5,61 a		9,33 a		7,52 a	

* K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object), S4 – stres od fazy wegetatywnej traw; stress from vegetative stage of grass

** wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$); values marked with the same letter did not differ significantly ($\alpha = 0,05$)



Rys. 41. Zależność między intensywnością fotosyntezy a plonem suchej masy traw w latach 2009 i 2010

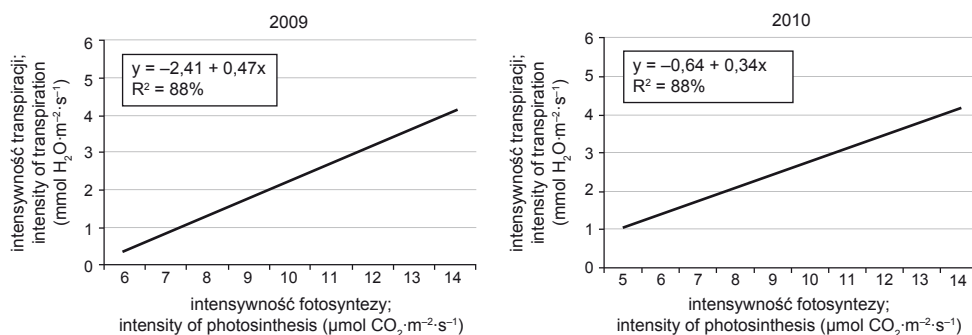
Relationship between intensity of photosynthesis and dry matter yield of grass in the years 2009 and 2010

4.3.2. Intensywność transpiracji

Wykazano istotne zróżnicowanie intensywności transpiracji wody z jednostki powierzchni liścia traw uprawianych w warunkach optymalnej i ograniczonej wilgotności gleby. Stwierdzono, że zaobserwowane zależności w przebiegu transpiracji

były podobne jak w przebiegu fotosyntezy, co świadczy o silnej, dodatniej korelacji między intensywnością obu tych procesów (rys. 42). W pierwszym roku wegetacji (2009), w pierwszym odroście, w optymalnych warunkach wilgotnościowych gleby najwięcej wody z jednostki powierzchni liścia trawy wyparowało w fazie krzewienia/strzelania w źdźbło, natomiast mniej w fazie kłoszenia i kwitnienia (tab. 11). Intensywność transpiracji była największa u mieszańca festulolium odmiany Sulino i Agula, zaś najmniejsza u kupkówki odmiany Amera.

Wszystkie trawy zareagowały na niedobór wody w glebie istotnym obniżeniem intensywności transpiracji (średnio o 64,7%) w porównaniu z zanotowaną na obiektach optymalnie uwilgotnionych. Śledząc przebieg procesu transpiracji w warunkach stresu w poszczególnych fazach rozwojowych traw, wykazano, że rośliny najbardziej ograniczyły parowanie wody z jednostki powierzchni liścia w fazie krzewienia/strzelania w źdźbło (o 83,0%), natomiast znacznie mniej w fazie kłoszenia i kwitnienia (odpowiednio o 55,9 i 54,7%). W warunkach stresu intensywność transpiracji była największa u kostrzewy odmiany Skra i festulolium odmiany Agula, zaś najmniejsza – u kupkówki odmiany Amera.



Rys. 42. Zależność między intensywnością fotosyntezy a transpiracją liści traw w latach 2009 i 2010
Relationship between intensity of photosynthesis and leaves transpiration of grass cultivars
in the years 2009 and 2010

Tabela 11

Intensywność transpiracji ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) gatunków i odmian traw w zależności od wilgotności gleby w pierwszym odroście (2009)

Intensity of transpiration ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) of grass species and cultivars depending on the soil moisture in the first regrowth (2009)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Faza rozwojowa trawy; Development stage of grass						Średnia; Mean	
		krzewienie/ strzelanie w źdźbło; tillering/shooting		kłoszenie; heading		kwitnienie; flowering			
		wilgotność gleby; soil moisture							
		K*	S1	K	S1	K	S1	K	S1
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera Minora	3,08 a** 4,58 f	0,82 b 1,18 c	2,10 a 2,20 b	0,54 a 1,09 b	2,30 b 2,20 a	1,28 a 1,80 d	2,48 a 3,00 b	0,88 a 1,32 cd
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja Skra	4,12 d 5,88 h	0,49 a 0,88 b	3,32 e 3,98 g	1,28 c 1,38 d	3,40 f 2,92 c	2,15 e 2,10 e	3,60 d 4,28 e	1,24 b 1,79 h
Festulolium; Festulolium	Felopa	3,78 b	0,40 a	2,58 c	2,07 f	3,12 d	1,38 b	3,15 c	1,28 bc
	Agula	3,90 bc	1,01 bc	5,58 h	2,43 h	5,70 g	1,53 c	5,02 f	1,66 g
	Sulino	5,40 g	0,53 a	6,82 i	2,13 g	6,40 h	1,38 b	6,20 g	1,35 de
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	4,08 cd	0,59 a	3,90 f	2,13 g	2,90 c	1,52 c	3,60 d	1,41 ef
	Lotos	4,32 e	0,92 b	3,20 d	1,85 e	3,30 e	1,47 bc	3,60 d	1,42 f
średnia dla odmiany; mean for cultivar									
Amera		1,95 a		1,32 a		1,79 a		1,68 a	
Minora		2,83 ef		1,64 b		2,00 b		2,16 b	
Fantazja		2,31 bc		2,30 c		2,77 f		2,42 c	
Skra		3,38 g		2,68 e		2,51 e		3,03 d	
Felopa		2,09 ab		2,32 c		2,25 cd		2,22 b	
Agula		2,45 cd		4,00 g		3,61 g		3,34 e	
Sulino		2,96 f		4,48 h		3,89 h		3,77 f	
Gisel		2,33 bcd		3,01 f		2,21 c		2,50 c	
Lotos		2,62 de		2,52 d		2,39 de		2,51 c	
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture									
K		4,35 b		3,74 b		3,58 b		3,88 b	
S1		0,74 a		1,65 a		1,62 a		1,37 a	

* objaśnienia jak dla tab. 9; explanations as to the table 9

** wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$); values marked with the same letter did not differ significantly ($\alpha = 0,05$)

W drugim roku wegetacji (2010) intensywność transpiracji, bez względu na poziom wilgotności gleby, była największa w czwartym, a nieco mniejsza w pierwszym i trzecim odroście traw (tab. 12). Przy optymalnej wilgotności gleby proces ten przebiegał najbardziej intensywnie u festulolium odmiany Felopa i Sulino, natomiast najmniej – u kupkówki odmiany Amera i Minora. Niedobór wody w glebie przyczynił się do istotnego zahamowania procesu transpiracji traw (średnio o 50,0%). Trawy nieco mniej ograniczyły parowanie wody z liści w pierwszym (o 41,3%), w porównaniu z trzecim i czwartym odrostem (odpowiednio o 57,1 i 50,7%). Wśród ocenianych traw największe parowanie z jednostki powierzchni liścia w warunkach stresu stwierdzono u życicy odmiany Lotos i Gisel, zaś najmniejszą transpirację zanotowano u kostrzewy odmiany Skra i kupkówki odmiany Minora i Amera. Analiza statystyczna wyników badań wykazała wysoce istotną, liniową zależność między intensywnością transpiracji a plonowaniem traw w obu latach wegetacji, o czym świadczą wysokie wartości współczynników determinacji (rys. 43).

Tabela 12

Intensywność transpiracji ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) gatunków i odmian traw w zależności od wilgotności gleby (2010)

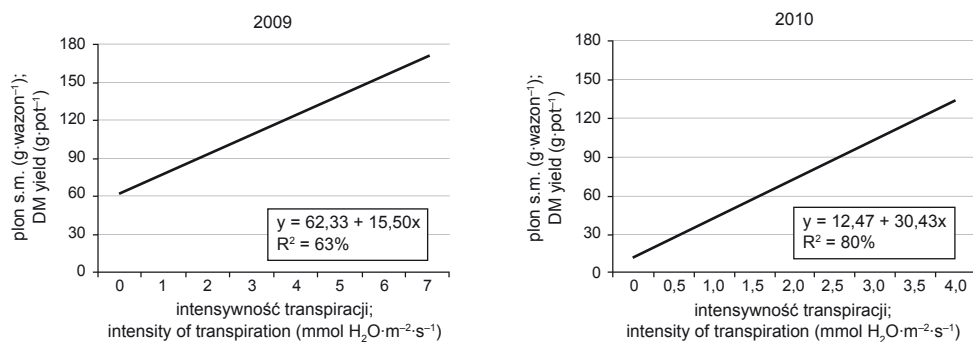
Intensity of transpiration ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) of grass species and cultivars depending on the soil moisture (2010)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Odrost; Regrowth						Średnia; Mean	
		I		III		IV			
		wilgotność gleby; soil moisture							
		K*	S4	K	S4	K	S4	K	S4
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	3,14 c**	1,59 a	2,87 c	1,21 b	3,80 c	2,16 d	3,27 a	1,65 b
	Minora	2,53 a	1,86 d	2,63 b	1,17 b	4,97 e	1,79 b	3,38 b	1,60 a
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja Skra	3,27 d 2,56 h	1,75 c 1,67 b	3,37 d 2,13 a	1,82 f 1,32 c	5,25 f 5,85 g	2,42 e 1,80 b	3,96 f 3,51 c	2,00 e 1,60 a
Festulolium; Festulolium	Felopa	3,22 d	2,03 e	4,51 e	2,16 g	5,89 g	1,70 a	4,54 h	1,96 d
	Agula	2,93 b	1,65 b	5,13 f	1,04 a	3,66 b	2,50 f	3,91 e	1,73 c
	Sulino	3,25 d	1,56 a	5,27 g	1,50 d	3,53 a	2,78 g	4,01 g	1,95 d

cd. tab. 12

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Odrost; Regrowth						Średnia; Mean	
		I		III		IV			
		wilgotność gleby; soil moisture							
		K*	S4	K	S4	K	S4	K	S4
Życica wielokwiatwa; Italian ryegrass	Gisel Lotos	3,61 e	2,50 g	2,86 c	1,75 f	4,17 d	2,07 c	3,54 c	2,11 f
		4,45 f	2,37 f	2,92 c	1,59 e	3,79 c	2,90 h	3,72 d	2,29 g
średnia dla odmiany; mean for cultivar									
Amera		2,36 cd		2,04 c		2,98 a		2,46 a	
Minora		2,20 ab		1,90 b		3,38 c		2,49 a	
Fantazja		2,51 e		2,60 e		3,84 d		2,98 d	
Skra		2,12 a		1,73 a		3,82 d		2,56 b	
Felopa		2,63 f		3,36 g		3,79 d		3,25 e	
Agula		2,29 bc		3,09 f		3,08 b		2,82 c	
Sulino		2,40 d		3,38 g		3,16 b		2,98 d	
Gisel		3,06 g		2,30 d		3,12 b		2,83 c	
Lotos		3,41 h		2,54 d		3,34 c		3,00 d	
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture									
K		3,22 b		3,52 b		4,54 b		3,76 b	
S4		1,89 a		1,51 a		2,24 a		1,88 a	

* objaśnienia jak dla tab. 10; explanations as to the table 10

** wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$); values marked with the same letter did not differ significantly ($\alpha = 0,05$)

Rys. 43. Zależność między intensywnością transpiracji a plonem suchej masy traw w latach 2009 i 2010

Relationship between intensity of transpiration and dry matter yield of grass cultivars in the years 2009 and 2010

4.3.3. Przewodnictwo szparkowe

Zmniejszenie intensywności transpiracji traw wynikało z deficytu wody oraz zmniejszonego przewodnictwa szparkowego. Obniżenie wilgotności gleby powoduje bowiem zamykanie aparatów szparkowych przez rośliny, dzięki czemu straty wody są mniejsze. W pierwszym roku (2009), w pierwszym odroście (tab. 13) wyższe wartości tego parametru przy optymalnej wilgotności gleby stwierdzono u festulolium odmiany Sulino i Agula oraz u kostrzewy odmiany Skra, natomiast u pozostałych traw wartości były istotnie niższe i mało zróżnicowane u poszczególnych odmian. W warunkach stresu związanego z niedoborem wody w glebie trawy ograniczyły przewodnictwo szparkowe średnio o 68,4% w porównaniu z zanotowanym na obiektach optymalnie uwilgotnionych. Najmniejsze wartości przewodnictwa szparkowego charakteryzowały kupkówkę odmiany Amera i Minora, natomiast pozostałe trawy charakteryzowały się istotnie większymi wartościami tego parametru. Rośliny hamowały straty wody poprzez zamykanie aparatów szparkowych, najbardziej intensywnie w fazie krzewienia/strzelania w źdźbło (o 90,8%), mniej – w fazie kwitnienia (o 64,1%), natomiast najmniej – w fazie kłoszenia (o 49,3%).

Tabela 13

Przewodnictwo szparkowe ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) gatunków i odmian traw w zależności od wilgotności gleby w pierwszym odroście (2009)
Stomatal conductance ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) of grass species and cultivars depending on soil moisture in the first regrowth (2009)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Faza rozwojowa trawy; Development stage of grass						Średnia; Mean	
		krzewienie/ strzelanie w źdźbło; tillering/shooting		kłoszenie; heading		kwitnienie; flowering			
		wilgotność gleby; soil moisture							
		K*	S1	K	S1	K	S1	K	S1
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera Minora	0,532 e**	0,048 cd	0,182 b	0,117 a	0,140 b	0,067 c	0,28 ab	0,07 a
		0,711 g	0,022 a	0,139 a	0,107 a	0,125 a	0,074 d	0,33 bcd	0,07 a
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja Skra	0,404 d	0,024 ab	0,462 e	0,151 b	0,187 e	0,078 d	0,35 cd	0,08 ab
		0,665 f	0,060 de	0,530 f	0,300 e	0,172 c	0,126 f	0,46 e	0,16 c
Festulolium; Festulolium	Felopa Agula Sulino	0,286 a	0,027 ab	0,203 c	0,204 c	0,180 d	0,079 d	0,22 a	0,10 abc
		0,278 a	0,073 e	0,694 h	0,261 d	0,374 g	0,077 d	0,45 e	0,14 abc
		0,743 h	0,053 cd	0,846 i	0,303 e	0,402 h	0,057 b	0,66 f	0,14 abc

cd. tab. 13

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Faza rozwojowa trawy; Development stage of grass						Średnia; Mean	
		krzewienie/ strzelanie w źdźbło; tillering/shooting		kłoszenie; heading		kwitnienie; flowering			
		wilgotność gleby; soil moisture							
		K*	S1	K	S1	K	S1	K	S1
Życica wielokwiatwa; Italian ryegrass	Gisel Lotos	0,313 b 0,360 c	0,038 bc 0,055 d	0,417 d 0,617 g	0,372 f 0,254 f	0,188 e 0,213 f	0,051 a 0,097 e	0,31 bc 0,40 de	0,15 bc 0,14 abc
średnia dla odmiany; mean for cultivar									
Amera		0,290 c		0,150 b		0,103 a		0,18 a	
Minora		0,367 d		0,123 a		0,100 a		0,20 ab	
Fantazja		0,214 b		0,307 d		0,132 c		0,22 ab	
Skra		0,363 d		0,415 f		0,149 d		0,31 bc	
Felopa		0,156 a		0,204 c		0,130 c		0,16 a	
Agula		0,175 a		0,477 h		0,225 e		0,29 bc	
Sulino		0,398 e		0,575 i		0,230 e		0,40 c	
Gisel		0,176 a		0,394 e		0,120 b		0,23 ab	
Lotos		0,207 b		0,435 g		0,155 d		0,27 ab	
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture									
K		0,477 b		0,454 b		0,220 b		0,38 b	
S1		0,044 a		0,230 a		0,079 a		0,12 a	

* K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object), S1 – stres od fazy krzewienia traw; stress from the tillering stage of grass

** wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$); values marked with the same letter did not differ significantly ($\alpha = 0,05$)

W drugim roku wegetacji (2010), przy optymalnej wilgotności gleby najwyższe wartości przewodnictwa szparkowego zanotowano u mieszańca festulolium odmiany Felopa i Sulino, natomiast najniższe – u kostrzewy odmiany Skra i Fantazja (tab. 14). W niekorzystnych warunkach wilgotnościowych gleby trawy ograniczyły przewodnictwo szparkowe średnio o 54,8%. Festulolium odmiany Felopa, Sulino i Agula charakteryzowało się najmniejszymi wartościami tego parametru, natomiast kupkówka odmiany Amera – największymi. Obliczone wartości współczynnika determinacji i równania regresji wykazały istotną zależność pomiędzy wartościami przewodnictwa szparkowego a plonowaniem badanych odmian traw zarówno w pierwszym, jak i drugim roku wegetacji (rys. 44).

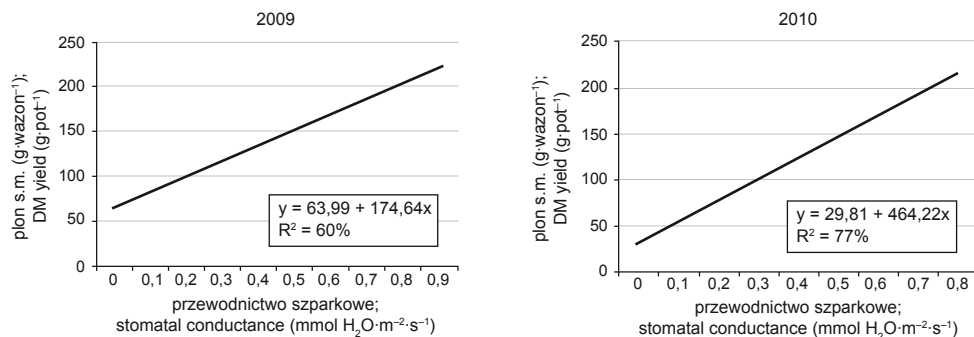
Tabela 14

Przewodnictwo szparkowe ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) gatunków i odmian traw w zależności od wilgotności gleby (2010)
 Stomatal conductance ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) of grass species and cultivars depending on the soil moisture (2010)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Odrost; Regrowth						Średnia; Mean	
		I		III		IV			
		wilgotność gleby; soil moisture							
		K*	S4	K	S4	K	S4	K	S4
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera Minora	0,283 f** 0,151 b	0,123 ef 0,115 de	0,170 b 0,232 c	0,135 d 0,089 bc	0,125 a 0,273 d	0,135 e 0,071 bc	0,193 c 0,218 d	0,131 e 0,092 bc
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja Skra	0,221 d 0,130 a	0,094 c 0,112 d	0,110 a 0,111 a	0,095 bc 0,080 ab	0,168 b 0,202 c	0,137 e 0,082 c	0,166 b 0,148 a	0,108 d 0,091 bc
Festulolium; Festulolium	Felopa Agula Sulino	0,209 c 0,205 c 0,245 e	0,100 c 0,085 b 0,074 a	0,293 d 0,340 e 0,413 f	0,088 bc 0,055 a 0,078 ab	0,268 d 0,114 a 0,115 a	0,056 a 0,102 d 0,082 c	0,257 f 0,219 d 0,258 f	0,081 ab 0,081 ab 0,078 a
Życica wielokwiatwa; Italian ryegrass	Gisel Lotos	0,208 c 0,415 g	0,132 fg 0,140 g	0,196 b 0,181 b	0,089 bc 0,089 bc	0,173 b 0,125 a	0,061 ab 0,076 c	0,192 c 0,240 e	0,094 c 0,102 cd
średnia dla odmiany; mean for cultivar									
Amera		0,203 e		0,152 bc		0,130 bc		0,162 de	
Minora		0,133 ab		0,161 bc		0,172 e		0,155 cde	
Fantazja		0,157 cde		0,102 a		0,152 cd		0,137 b	
Skra		0,121 a		0,095 a		0,142 bc		0,120 a	
Felopa		0,154 cd		0,190 c		0,162 cd		0,169 e	
Agula		0,145 bc		0,197 c		0,108 a		0,150 bcd	
Sulino		0,160 cd		0,246 d		0,098 a		0,168 e	
Gisel		0,170 d		0,142 ab		0,117 ab		0,143 bc	
Lotos		0,277 f		0,135 ab		0,101 a		0,171 e	
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture									
K		0,230 b		0,227 b		0,174 b		0,210 b	
S4		0,108 a		0,089 a		0,089 a		0,095 a	

* objaśnienia jak dla tab. 10; explanations as to the table 10

** wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$); values marked with the same letter did not differ significantly ($\alpha = 0,05$)



Rys. 44. Zależność między przewodnictwem szparkowym a plonem suchej masy traw w latach 2009 i 2010

Relationship between stomatal conductance and dry matter yield of grass in the years 2009 and 2010

4.3.4. Efektywność wykorzystania wody (WUE)

Gospodarkę wodną roślin w okresie wegetacji dobrze określa współczynnik wykorzystania wody (WUE), który jest uzależniony od intensywności fotosyntezy i transpiracji. Jest on także odzwierciedleniem reakcji roślin na różne czynniki środowiska, między innymi stresy. Na podstawie średnich wartości WUE wykazano, że efektywność wykorzystania wody przez wszystkie uwzględnione w badaniach gatunki i odmiany traw była istotnie wyższa w warunkach stresu wywołanego niedoborem wody niż w optymalnych warunkach wilgotności gleby (o 88,8% w pierwszym i 16,7% w drugim roku wegetacji). Świadczy to o tym, że rośliny lepiej gospodarowały wodą przy jej niedoborze w glebie. Porównując wskaźnik WUE w pierwszym odróście w obu latach badań, wykazano, że w pierwszym roku efektywność wykorzystania wody w warunkach stresu była niemal dwukrotnie większa niż w drugim roku, natomiast w optymalnych warunkach wilgotnościowych w obu latach była podobna. W pierwszym roku badań (2009) najwyższe wartości WUE w warunkach suszy zanotowano w fazie krzewienia/strzelania w źdźbło, zaś w kolejnych fazach rozwojowych traw wartości te były coraz mniejsze (tab. 15). Porównując gatunki i odmiany traw, stwierdzono, że efektywność wykorzystania wody w procesie fotosyntezy w warunkach stresu była największa u kupkówki odmiany Amera i kostrzewy odmiany Fantazja, natomiast najmniejsza u festulolium odmiany Agula i Sulino oraz u życicy odmiany Lotos.

W drugim roku wegetacji (2010) wszystkie gatunki i odmiany traw charakteryzowały się niższymi wartościami WUE w porównaniu z pierwszym rokiem badań (tab. 16). W optymalnych warunkach wilgotności gleby najlepiej gospodarowała wodą kupkówka odmiany Amera i Minora oraz życica odmiany Lotos i Gisel, natomiast w warunkach stresu – kupkówka odmiany Amera i Minora. Pozostałe trawy wykazały się słabszą i mniej zróżnicowaną efektywnością wykorzystania wody. Stwierdzono istotną zależność między wskaźnikiem WUE a plonem traw w obu latach badań,

przy czym w pierwszym roku wegetacji zależność ta była silniejsza, o czym świadczy wyższa wartość współczynnika determinacji R^2 (rys. 45).

Tabela 15

Efektywność wykorzystania wody WUE ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mmol H}_2\text{O}^{-1}$) przez gatunki i odmiany traw w zależności od wilgotności gleby w pierwszym odroście (2009)

Water use efficiency WUE ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mmol H}_2\text{O}^{-1}$) by grass species and cultivars depending on the soil moisture in the first regrowth (2009)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Faza rozwojowa trawy; Development stage of grass						Średnia; Mean	
		krzewienie/ strzelanie w źdźbło; tillering/shooting		kłoszenie; heading		kwitnienie; flowering			
		wilgotność gleby; soil moisture							
		K*	S1	K	S1	K	S1	K	S1
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera Minora	3,80 de** 2,98 ab	7,95 c 8,07 c	5,20 g 4,88 f	16,28 i 9,36 h	4,48 f 5,16 g	4,88 e 6,48 h	4,61 g 4,78 h	9,57 g 7,53 e
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja Skra	3,75 de 3,08 abc	13,68 f 10,67 d	5,16 g 4,42 d	8,49 g 7,43 f	2,54 c 2,41 c	2,84 a 3,31 e	3,82 e 3,30 c	8,35 f 7,14 d
Festulolium; Festulolium	Felopa	3,60 d	12,78 e	4,09 c	4,99 c	3,70 e	5,36 fg	4,10 f	7,42 e
	Agula	3,89 e	6,56 a	2,95 b	4,62 a	1,99 b	5,26 f	2,94 b	5,48 a
	Sulino	2,93 a	6,46 a	2,82 a	4,81 b	1,78 a	5,50 g	2,51 a	5,59 ab
Życica wielokwiatwa; Italian ryegrass	Gisel Lotos	3,29 c 3,22 bc	10,91 d 7,33 b	4,69 e 4,72 e	5,11 d 5,98 e	3,62 e 3,12 d	4,34 c 4,58 d	3,86 e 3,68 d	6,79 c 5,72 b
średnia dla odmiany; mean for cultivar									
Amera		5,87 c		10,74 h		4,66 d		7,09 f	
Minora		5,53 bc		7,12 g		5,82 e		6,15 e	
Fantazja		8,72 f		6,83 f		2,69 a		6,08 e	
Skra		6,87 d		5,93 e		2,86 a		5,22 c	
Felopa		8,19 e		4,54 b		4,53 d		5,76 d	
Agula		5,23 b		3,79 a		3,62 b		4,21 a	
Sulino		4,70 a		3,92 a		3,64 b		4,05 a	
Gisel		7,10 d		4,90 c		3,98 c		5,32 c	
Lotos		5,28 b		5,35 d		3,85 bc		4,70 b	
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture									
K		3,39 a		4,32 a		3,20 a		3,74 a	
S1		9,38 b		7,45 b		4,73 b		7,06 b	

* objaśnienia jak dla tab. 9; explanations as to the table 9

** wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$); values marked with the same letter did not differ significantly ($\alpha = 0,05$)

Tabela 16

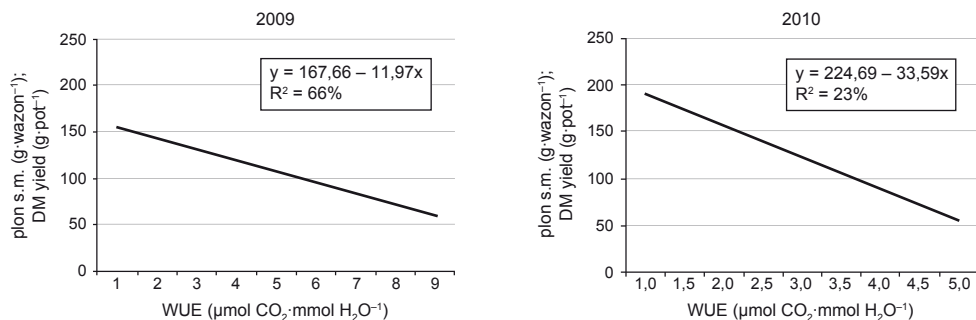
Efektywność wykorzystania wody WUE ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mmol H}_2\text{O}^{-1}$) przez gatunki i odmiany traw w zależności od wilgotności gleby (2010)

Water use efficiency WUE ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mmol H}_2\text{O}^{-1}$) by grass species and cultivars depending on the soil moisture (2010)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Odrost; Regrowth						Średnia; Mean	
		I		III		IV			
		wilgotność gleby; soil moisture							
		K*	S4	K	S4	K	S4	K	S4
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera Minora	4,05 d** 4,11 de	5,44 g 3,94 d	3,86 e 3,54 d	4,83 e 4,89 e	3,94 f 3,36 d	4,68 e 4,82 g	3,96 f 3,67 d	4,99 e 4,55 d
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja Skra	3,07 a 4,03 d	4,93 f 3,28 b	2,56 c 3,33 d	2,80 a 3,56 c	3,30 c 2,72 a	2,98 a 4,88 h	2,97 a 3,36 c	3,57 a 3,91 b
Festulolium; Festulolium	Felopa Agula Sulino	4,29 ef 3,80 c 4,02 d	2,66 a 4,00 d 3,67 c	2,28 b 2,18 a 2,02 a	3,30 b 3,53 bc 3,90 d	2,89 b 3,63 e 4,04 g	5,49 i 4,04 d 3,90 c	3,20 b 3,20 b 3,36 c	3,82 b 3,86 b 3,82 b
Życica wielokwiatwa; Italian ryegrass	Gisel Lotos	4,33 f 3,44 b	4,01 d 4,42 e	3,89 e 3,96 e	3,65 c 3,91 d	3,31 c 3,96 f	4,72 f 3,14 b	3,84 e 3,79 e	4,13 c 3,82 b
średnia dla odmiany; mean for cultivar									
Amera		4,74 d		4,35 e		4,31 g		4,47 f	
Minora		4,02 c		4,22 de		4,09 e		4,11 e	
Fantazja		4,00 bc		2,68 a		3,14 a		3,27 a	
Skra		3,66 ab		3,45 b		3,80 c		3,64 bc	
Felopa		3,48 a		2,79 a		4,19 f		3,48 b	
Agula		3,90 bc		2,86 a		3,84 c		3,53 b	
Sulino		3,85 bc		2,96 a		3,97 d		3,59 b	
Gisel		4,17 c		3,78 bc		4,01 d		3,99 de	
Lotos		3,93 bc		3,94 cd		3,55 b		3,81 cd	
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture									
K		3,90 a		3,07 a		3,46 a		3,47 a	
S4		4,04 b		3,82 b		4,30 b		4,05 b	

* objaśnienia jak dla tab. 10; explanations as to the table 10

** wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$); values marked with the same letter did not differ significantly ($\alpha = 0,05$)



Rys. 45. Zależność między efektywnością wykorzystania wody (WUE) a plonem suchej masy traw w latach 2009 i 2010

Relationship between water use efficiency (WUE) and dry matter yield of grass cultivars in the years 2009 and 2010

4.4. REAKCJA ODMIAN TRAW NA NIEDOBÓR WODY W GLEBIE W PIERWSZYM I DRUGIM ROKU WEGETACJI

Porównywano różnice w plonach suchej masy, wysokości roślin oraz wskaźnikach wymiany gazowej u poszczególnych gatunków i odmian traw, w warunkach optymalnej i obniżonej wilgotności gleby, w pierwszym i w drugim roku wegetacji (rys. 46–54). Zestawienie tych parametrów pozwala na ocenę reakcji na stres spowodowany niedoborem wody w glebie poszczególnych odmian w obrębie gatunków, a także różnic w reakcji na stres roślin młodych i starszych.

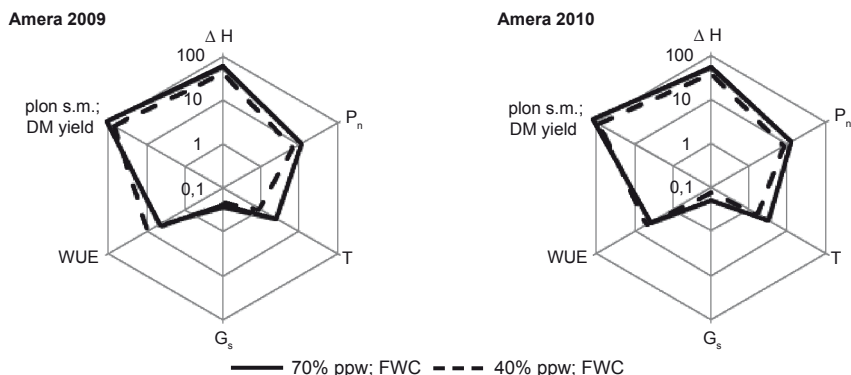
Wykazano, że odmiany kupkówki Amera i Minora charakteryzowały się podobną reakcją na stres w przypadku większości badanych parametrów, natomiast znacznie mniejsze w warunkach niedoboru wody w glebie niż w warunkach optymalnych było przewodnictwo szparkowe u odmiany Minora (rys. 46 i 47). Efektywność wykorzystania wody przez rośliny starsze (w drugim roku wegetacji) była znacznie słabsza niż przez rośliny młodsze (w pierwszym roku), o czym świadczą niższe wartości współczynnika WUE.

Odmiany kostrzewy Fantazja i Skra również w podobny sposób reagowały na stres, przy czym wyraźnie widoczne były różnice w latach. W drugim roku wegetacji, w optymalnych warunkach wilgotnościowych obie odmiany charakteryzowały się znacznie niższym przewodnictwem szparkowym, natomiast poddane stresowi – mniejszą efektywnością wykorzystania wody, w porównaniu z pierwszym rokiem, co świadczy o gorszym gospodarowaniu wodą przez rośliny starsze niż młodsze (rys. 48 i 49).

Spośród odmian festulolium w pierwszym roku wegetacji największą odporność na suszę wykazała odmiana Sulino, która najbardziej ograniczyła transpirację i najlepiej wykorzystywała wodę w niekorzystnych warunkach wilgotności gleby. W drugim roku wegetacji reakcja na stres wszystkich trzech odmian tego gatunku (Felopa, Agula i Sulino) była zbliżona, przy czym, podobnie jak w przypadku odmian kupkówki i kostrzewy, rośliny starsze w drugim roku wegetacji charakte-

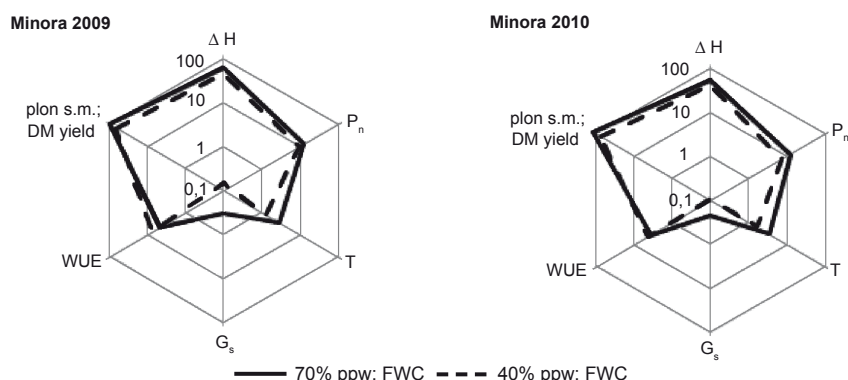
ryzowały się znacznie gorszą efektywnością wykorzystania wody w porównaniu z roślinami młodszymi w pierwszym roku (rys. 50–52).

Analizując badane parametry u odmian życicy – Gisel i Lotos, wykazano, że zarówno uprawa w optymalnych warunkach wilgotnościowych, jak i reakcja na niedobór wody w glebie były u tych odmian podobne. Porównując natomiast ich reakcję na stres suszy w pierwszym i w drugim roku wegetacji, wykazano, że rośliny młode (w pierwszym roku) znacznie lepiej plonowały i oszczędniej gospodarowały wodą niż rośliny starsze (w drugim roku) (rys. 53 i 54).



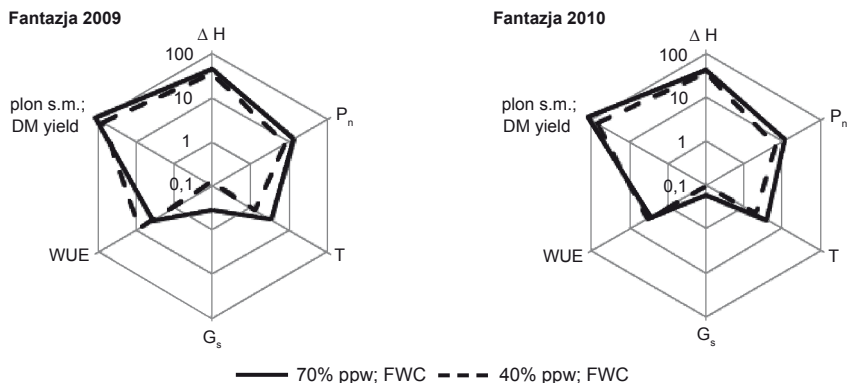
Rys. 46. Zmiany wskaźników wymiany gazowej (P_n , T , G_s , WUE), wysokości roślin (ΔH) i plonu suchej masy kupkówki pospolitej odmiany Amera pod wpływem zróżnicowanej wilgotności gleby w pierwszym (2009) i drugim roku wegetacji (2010)

Changes of gas exchange parameters (P_n , T , G_s , WUE), height of plant (ΔH), and dry matter yield of cocksfoot cultivar Amera depending on differentiated soil moisture in the first (2009) and second year of vegetation (2010)



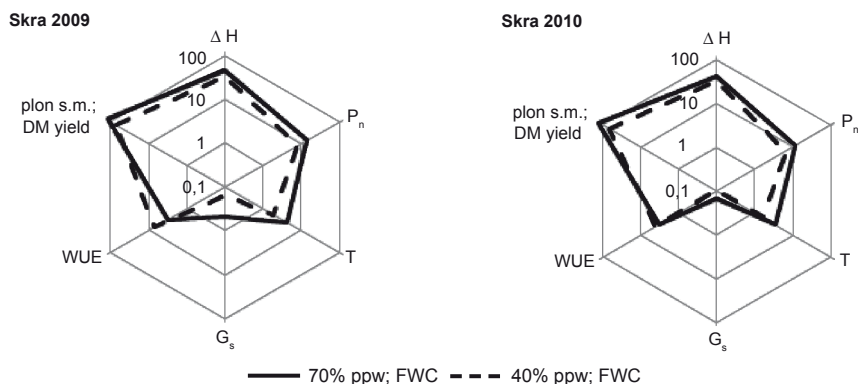
Rys. 47. Zmiany wskaźników wymiany gazowej (P_n , T , G_s , WUE), wysokości roślin (ΔH) i plonu suchej masy kupkówki pospolitej odmiany Minora pod wpływem zróżnicowanej wilgotności gleby w pierwszym (2009) i drugim roku wegetacji (2010)

Changes of gas exchange parameters (P_n , T , G_s , WUE), height of plant (ΔH), and dry matter yield of cocksfoot cultivar Minora depending on differentiated soil moisture in the first (2009) and second year of vegetation (2010)



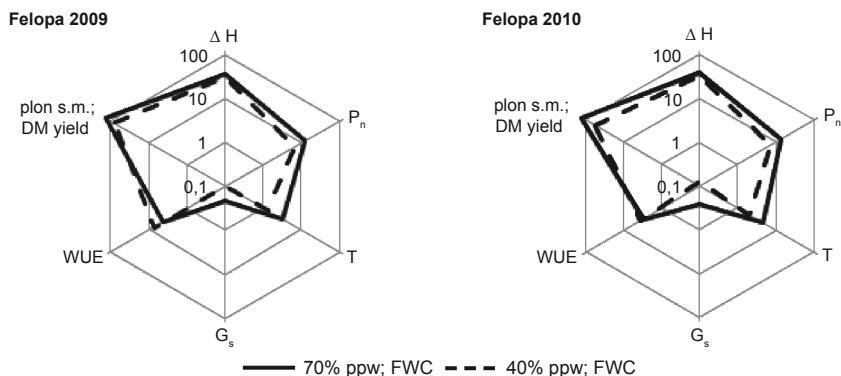
Rys. 48. Zmiany wskaźników wymiany gazowej (P_n , T , G_s , WUE), wysokości roślin (ΔH) i plonu suchej masy kosterzawy łąkowej odmiany *Fantazja* pod wpływem zróżnicowanej wilgotności gleby w pierwszym (2009) i drugim roku wegetacji (2010)

Changes of gas exchange parameters (P_n , T , G_s , WUE), height of plant (ΔH), and dry matter yield of meadow fescue cultivar *Fantazja* depending on differentiated soil moisture in the first (2009) and second year of vegetation (2010)



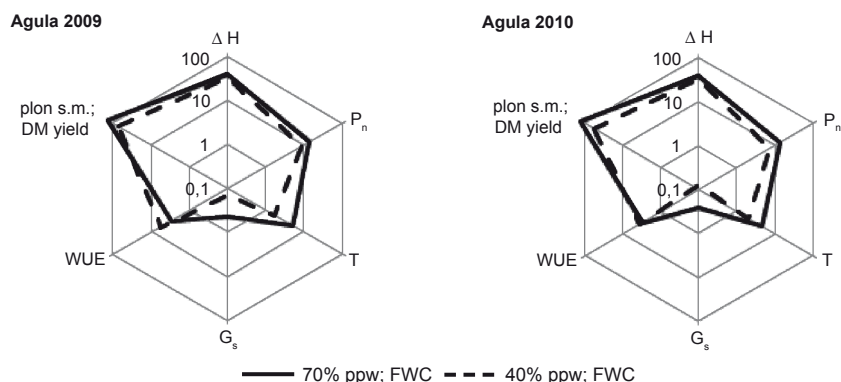
Rys. 49. Zmiany wskaźników wymiany gazowej (P_n , T , G_s , WUE), wysokości roślin (ΔH) i plonu suchej masy kosterzawy łąkowej odmiany *Skra* pod wpływem zróżnicowanej wilgotności gleby w pierwszym (2009) i drugim roku wegetacji (2010)

Changes of gas exchange parameters (P_n , T , G_s , WUE), height of plant (ΔH), and dry matter yield of meadow fescue cultivar *Skra* depending on differentiated soil moisture in the first (2009) and second year of vegetation (2010)



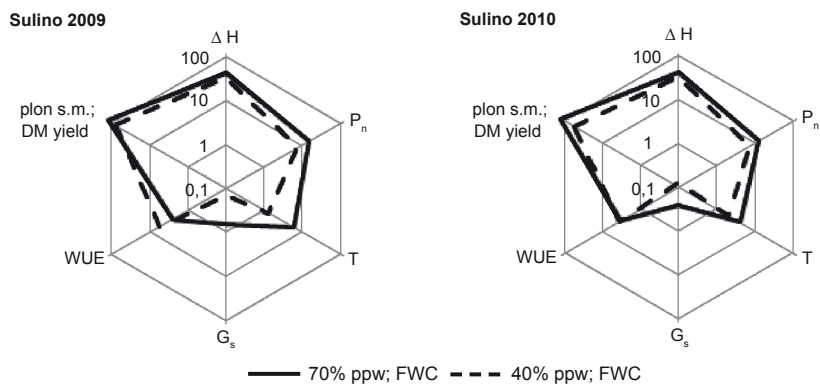
Rys. 50. Zmiany wskaźników wymiany gazowej (P_n , T , G_s , WUE), wysokości roślin (ΔH) i plonu suchej masy festulolium odmiany Felopa pod wpływem zróżnicowanej wilgotności gleby w pierwszym (2009) i drugim roku wegetacji (2010)

Changes of gas exchange parameters (P_n , T , G_s , WUE), height of plant (ΔH), and dry matter yield of festulolium cultivar Felopa depending on differentiated soil moisture in the first (2009) and second year of vegetation (2010)



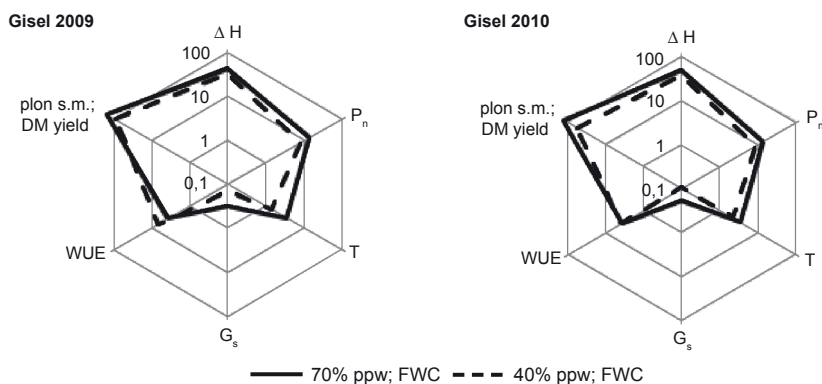
Rys. 51. Zmiany wskaźników wymiany gazowej (P_n , T , G_s , WUE), wysokości roślin (ΔH) i plonu suchej masy festulolium odmiany Agula pod wpływem zróżnicowanej wilgotności gleby w pierwszym (2009) i drugim roku wegetacji (2010)

Changes of gas exchange parameters (P_n , T , G_s , WUE), height of plant (ΔH), and dry matter yield of festulolium cultivar Agula depending on differentiated soil moisture in the first (2009) and second year of vegetation (2010)



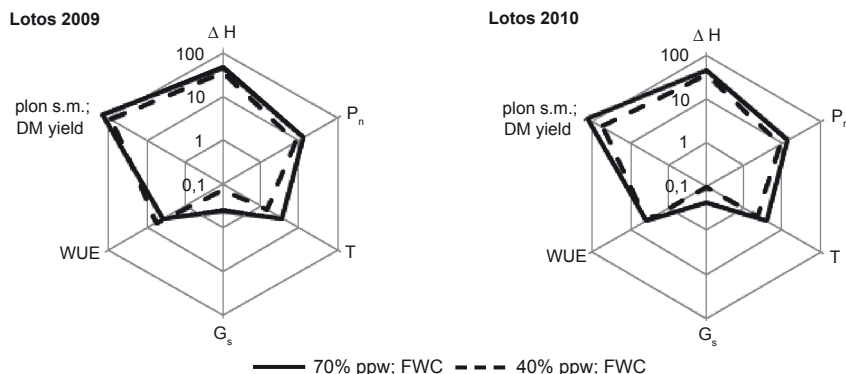
Rys. 52. Zmiany wskaźników wymiany gazowej (P_n , T , G_s , WUE), wysokości roślin (ΔH) i plonu suchej masy festulolium odmiany Sulino pod wpływem zróżnicowanej wilgotności gleby w pierwszym (2009) i drugim roku wegetacji (2010)

Changes of gas exchange parameters (P_n , T , G_s , WUE), height of plant (ΔH), and dry matter yield of festulolium cultivar Sulino depending on differentiated soil moisture in the first (2009) and second year of vegetation (2010)



Rys. 53. Zmiany wskaźników wymiany gazowej (P_n , T , G_s , WUE), wysokości roślin (ΔH) i plonu suchej masy życicy wielokwiatowej odmiany Gisel pod wpływem zróżnicowanej wilgotności gleby w pierwszym (2009) i drugim roku wegetacji (2010)

Changes of gas exchange parameters (P_n , T , G_s , WUE), height of plant (ΔH), and dry matter yield of Italian ryegrass cultivar Gisel depending on differentiated soil moisture in the first (2009) and second year of vegetation (2010)



Rys. 54. Zmiany wskaźników wymiany gazowej (P_n , T , G_s , WUE), wysokości roślin (ΔH) i plonu suchej masy życicy wielokwiatowej odmiany Lotos pod wpływem zróżnicowanej wilgotności gleby w pierwszym (2009) i drugim roku wegetacji (2010)

Changes of gas exchange parameters (P_n , T , G_s , WUE), height of plant (ΔH), and dry matter yield of Italian ryegrass cultivar Lotos depending on differentiated soil moisture in the first (2009) and second year of vegetation (2010)

4.5. INDEKS ZIELONOŚCI LIŚCIA (SPAD)

Badania dotyczące zawartości chlorofilu w liściach traw przeprowadzono w trzech kolejnych okresach wegetacji roślin w różnych warunkach wilgotnościowych gleby. W pierwszym roku porównywano obiekty o optymalnej wilgotności gleby z tymi, na których stres wywołany niedoborem wody w glebie zastosowano od fazy krzewienia (S1) (tab. 17). W drugim roku zestawiono obiekty optymalnie uwilgotnione i poddane stresowi, przy czym na obiektach S4 wilgotność gleby była obniżona tylko w drugim roku (tab. 18), zaś na obiektach S2 – w pierwszym i drugim roku wegetacji (tab. 19). Z kolei w trzecim roku porównywano obiekty o optymalnej wilgotności gleby z obiektami o ograniczonej ilości wody w podłożu glebowym w pierwszym i trzecim roku badań (S1) (tab. 20).

Analizując średnie wartości indeksu zieloności liścia dla wszystkich gatunków i odmian traw w kolejnych latach badań, stwierdzono, że na obiektach optymalnie uwilgotnionych przez pierwsze dwa lata względna zawartość chlorofilu utrzymywała się na zbliżonym poziomie, natomiast w trzecim roku była niższa. Średnia wartość indeksu SPAD dla traw wynosiła 513 w pierwszym, 530 (S4) i 528 (S2) w drugim oraz 480 w trzecim roku badań. W warunkach obniżonej wilgotności gleby indeks zieloności liścia traw podlegał wahaniom w kolejnych latach badań. W pierwszym roku nastąpił wzrost wartości SPAD średnio o 15,2%, natomiast w drugim roku na obiektach S4 średnia wartość indeksu była taka sama jak na obiektach optymalnie uwilgotnionych, zaś na obiektach S2 – niższa o 3,4%. W trzecim roku zaobserwowano wzrost indeksu SPAD średnio o 7,5% w porównaniu z wykazanym u roślin z obiektów optymalnie uwilgotnionych. Poszczególne gatunki i odmiany

ny traw charakteryzowały się znacznym zróżnicowaniem indeksu zieloności liścia w kolejnych latach badań.

W pierwszym roku wegetacji (2009) względna zawartość chlorofilu w liściach traw, wyrażona jako indeks SPAD, była istotnie większa w warunkach stresu wywołanego niedoborem wody niż w warunkach optymalnej wilgotności gleby (tab. 17). Największe różnice zanotowano w pierwszym odroście, w którym rośliny poddane stresowi cechowały się większym o 24,5% indeksem SPAD niż rosnące w optymalnych warunkach wilgotnościowych. W drugim odroście różnica ta wyniosła 11,7%, a w trzecim – 15,7%. Porównując średnie wartości indeksu zieloności liścia badanych traw, stwierdzono, że w optymalnych warunkach wilgotnościowych był on największy u kupkówki odmiany Minora i Amera, natomiast najmniejszy – u życicy odmiany Gisel i Lotos, przy czym różnic istotnych nie udowodniono. W warunkach stresu największa wartość SPAD charakteryzowała kostrzewę odmiany Fantazja i Skra, zaś najmniejsza – życicę odmiany Lotos. Mieszaniec festulolium charakteryzował się pośrednią, pomiędzy gatunkami rodzicielskimi, względną zawartością chlorofilu w liściach. Najmniejsze wartości SPAD zanotowano w pierwszym, a największe w drugim odroście traw.

W drugim roku wegetacji (2010) na obiektach S4 średnia wartość indeksu SPAD roślin poddanych stresowi niedoboru wody w glebie była podobna jak na obiektach optymalnie uwilgotnionych, natomiast wystąpiły znaczne różnice pomiędzy odrostami traw (tab. 18). W pierwszym, drugim i trzecim odroście stwierdzono wyższe wartości indeksu SPAD u roślin poddanych stresowi niż na obiektach optymalnie uwilgotnionych (odpowiednio o 6,6, 2,2 i 2,6%), przy czym istotne różnice zanotowano tylko w pierwszym odroście. Natomiast w czwartym i piątym odroście większą względną zawartość chlorofilu w liściach zanotowano u traw rosnących w optymalnych warunkach wilgotnościowych w porównaniu z warunkami stresowymi (odpowiednio o 10,1 i 1,4%), przy czym istotne różnice zanotowano tylko w czwartym odroście. Analizując średnie wartości SPAD dla poszczególnych gatunków traw, wykazano, że w warunkach suszy indeks zieloności liścia był większy u kupkówki i kostrzewy, natomiast mniejszy u festulolium i życicy, w porównaniu z tymi trawami rosnącymi na obiektach optymalnie uwilgotnionych. Bez względu na poziom wilgotności gleby największą wartością indeksu SPAD charakteryzowała się kupkówka odmiany Amera, natomiast najmniejszą – kostrzewa odmiany Skra.

W optymalnych warunkach wilgotności gleby względna zawartość chlorofilu w liściach traw w sezonie wegetacyjnym zmieniała się; wiosną była nieco niższa, wzrastała w odrostach letnich (drugim i trzecim), a następnie ponownie zmniejszała się w odrostach jesiennych (czwartym i piątym). W warunkach suszy największy wzrost wartości indeksu SPAD zanotowano w pierwszym odroście, natomiast w pozostałych stwierdzono systematyczny jego spadek.

Tabela 17

Indeks zieloności liścia (SPAD) gatunków i odmian traw w zależności
od wilgotności gleby (2009)

Leaf greenness index (SPAD) of grass species and cultivars depending
on the soil moisture (2009)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Odrost; Regrowth						Średnia; Mean	
		I		II		III			
		wilgotność gleby; soil moisture							
		K*	S1	K	S1	K	S1	K	S1
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera Minora	465,2 abc**	569,8 a	591,2 c	587,8 ab	605,8 e	596,0 b	544,8 a	585,8 a
		487,8 c	558,8 a	578,0 bc	586,0 ab	588,8 de	620,0 bcd	551,2 a	589,5 a
Kostrzewa łakowa; Meadow fescue	Fantazja Skra	466,0 bc	636,0 c	538,5 a	633,5 c	521,8 bc	637,8 cd	515,5 a	622,8 a
		468,0 bc	613,2 bc	542,2 a	634,8 c	533,8 c	640,2 d	517,2 a	615,2 a
Festulolium; Festulolium	Felopa	445,5 ab	570,0 a	519,0 a	618,0 bc	520,0 bc	611,2 bc	498,8 a	586,0 a
	Agula	481,5 c	572,2 a	543,0 ab	627,0 c	508,2 abc	611,0 bc	507,0 a	593,0 a
	Sulino	465,0 ab	548,0 a	516,2 a	633,2 c	503,2 ab	617,2 bcd	501,5 a	587,2 a
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel Lotos	442,8 ab	560,8 a	539,8 a	597,8 ab	486,8 a	611,8 bcd	489,0 a	584,5 a
		436,0 a	550,2 a	545,2 abc	576,2 a	489,2 a	565,2 a	492,2 a	551,8 a
średnia dla odmiany; mean for cultivar									
Amera		517,5 abc		589,5 a		600,9 c		565,2 a	
Minora		523,3 abc		582,0 a		604,4 c		570,4 a	
Fantazja		551,0 c		586,0 a		479,8 bc		569,1 a	
Skra		540,6 bc		588,5 a		587,0 bc		566,2 a	
Felopa		507,8 abc		568,5 a		565,6 abc		542,4 a	
Agula		526,9 abc		585,0 a		559,6 abc		550,0 a	
Sulino		506,5 abc		574,8 a		560,2 abc		544,4 a	
Gisel		501,8 ab		568,8 a		549,2 ab		536,8 a	
Lotos		493,1 a		560,8 a		527,2 a		522,0 a	
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture									
K		462,0 a		545,9 a		528,6 a		513,0 a	
S1		575,4 b		610,5 b		612,3 b		590,6 b	

* K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object), S1 – stres w fazie krzewienia traw; stress in the tillering stage of grass

** wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$); values marked with the same letter did not differ significantly ($\alpha = 0,05$)

Tabela 18

Indeks zieloności liścia (SPAD) gatunków i odmian traw w zależności od wilgotności gleby (2010)
 Leaf greenness index (SPAD) of grass species and cultivars depending on the soil moisture (2010)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Odrost; Regrowth										Średnia; Mean			
		I		II		III		IV		V					
		wilgotność gleby; soil moisture										K		S4	
		K*	S4	K	S4	K	S4	K	S4	K	S4				
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	556,2 **	551,5 a	579,3 a	627,3 a	553,2 b	625,2 c	573,3 c	602,7 d	558,8 a	559,8 a	564,2 a	593,3 a		
	Minora	536,0 a	522,5 a	579,3 a	564,3 a	539,2 ab	602,2 c	554,0 bc	599,7 d	545,8 a	557,5 a	550,9 a	569,2 a		
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazia	478,8 a	513,2 a	537,0 a	585,0 a	532,8 ab	609,5 c	503,7 ab	516,0 cd	459,0 a	513,8 a	502,2 a	547,5 a		
	Skra	464,8 a	513,2 a	540,3 a	540,0 a	515,8 a	539,5 b	465,0 a	460,3 bcd	455,5 a	492,2 a	488,3 a	509,1 a		
Festulolium; Festulolium	Felopa	525,2 a	598,2 a	544,3 a	557,0 a	550,0 ab	537,5 b	504,7 ab	418,3 ab	522,5 a	507,8 a	529,4 a	523,8 a		
	Agula	542,8 a	602,5 a	531,6 a	531,7 a	544,8 ab	512,0 ab	521,0 abc	422,7 ab	511,2 a	468,8 a	530,3 a	507,5 a		
	Sulino	511,2 a	563,0 a	525,3 a	515,3 a	543,0 ab	499,0 a	552,3 bc	414,7 ab	522,0 a	476,8 a	530,8 a	493,8 a		
Żyćica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	583,2 a	614,2 a	540,3 a	518,7 a	544,5 ab	525,0 ab	532,7 bc	425,7 ab	505,5 a	478,5 a	541,2 a	512,4 a		
	Lotos	572,5 a	607,5 a	509,7 a	554,0 a	517,5 a	519,2 ab	517,3 abc	392,3 a	527,0 a	488,8 a	528,8 a	512,4 a		
średnia dla odmiany; mean for cultivar															
Amera		553,9 abc		603,3 b		589,2 b		588,0 b		559,2 b		578,7 c			
	Minora	529,2 abc		571,8 ab		570,8 ab		576,8 b		551,6 ab		560,1 bc			
Fantazia		496,0 ab		561,0 ab		571,1 ab		509,8 ab		486,4 ab		524,9 ab			
	Skra	489,0 a		540,2 a		527,6 a		462,7 a		473,9 a		498,7 a			
Felopa		561,8 abc		550,7 ab		543,8 ab		461,5 a		515,1ab		526,6 ab			
	Agula	572,6 abc		531,7 a		528,4 a		471,8 a		490,0 ab		518,9 ab			
Sulino		537,1 abc		520,3 a		521,0 a		483,5 a		499,4 ab		512,3 ab			
	Gisel	598,8 c		529,5 a		534,8 ab		479,2 a		492,0 ab		526,8 ab			
Lotos		590,0 bc		531,8 a		518,4 a		454,8 a		507,9 ab		520,6 ab			
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture															
K		530,1 a		543,0 a		537,9 a		524,9 b		511,9 a		529,6 a			
	S4	565,1 b		554,8 a		552,1 a		472,5 a		504,9 a		529,9 a			

* K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object), S4 – stres w drugim roku w fazie wegetatywnej traw; stress in the second year in vegetative stage of grass

** wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$); values marked with the same letter did not differ significantly ($\alpha = 0,05$)

Tabela 19

Indeks zieloności liścia (SPAD) gatunków i odmian traw w zależności od wilgotności gleby (2010)
 Leaf greenness index (SPAD) of grass species and cultivars depending on the soil moisture (2010)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Odrost; Regrowth										Średnia; Mean	
		I		II		III		IV		V			
		wilgotność gleby; soil moisture											
		K*	S2	K	S2	K	S2	K	S2	K	S2	K	S2
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	556,2 a**	636,0 a	572,1 c	631,5 c	553,2 b	590,8 f	542,5 bc	473,0 cd	558,8 a	576,0 a	556,6 c	581,4 e
	Minora	536,0 a	554,5 a	563,2 bc	618,0 bc	539,2 ab	572,0 e	539,3 bc	380,2 ab	545,8 a	540,5 a	544,7 c	533,0 cd
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	478,8 a	544,5 a	545,7 abc	611,5 bc	532,8 ab	573,0 e	493,2 ab	483,8 d	459,0 a	485,2 a	501,9 ab	539,6 d
	Skra	464,8 a	491,5 a	544,5 abc	582,0 b	515,8 a	550,0 de	461,3 a	378,2 ab	455,5 a	483,0 a	488,4 a	497,0 ab
Festulolium; Festulolium	Felopa	525,2 a	535,2 a	546,8 abc	514,0 a	550,0 b	531,2 cd	508,7 abc	441,5 cd	522,5 a	474,2 a	530,6 bc	499,2 ab
	Agula	542,8 a	513,8 a	541,8 abc	534,8 a	544,8 ab	476,5 ab	509,8 abc	362,5 a	511,2 a	479,5 a	530,1 bc	473,4 a
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Sulino	511,2 a	507,2 a	539,2 abc	516,5 a	543,0 ab	494,2 ab	548,3 c	370,2 ab	522,0 a	479,5 a	532,8 c	473,6 a
	Gisel	583,2 a	571,2 a	548,2 abc	518,8 a	544,5 ab	503,0 bc	523,6 bc	423,0 bc	505,5 a	511,5 a	541,0 c	505,5 bc
	Lotos	572,5 a	573,0 a	519,5 a	526,5 a	517,5 a	468,5 a	512,8 abc	371,0 ab	527,0 a	475,5 a	529,8 bc	482,8 ab
średnia dla odmiany; mean for cultivar													
Amera		596,1 b		601,8 c		572,0 c		507,8 b		567,4 b		569,0 b	
Minora		545,2 ab		590,6 bc		555,6 bc		459,8 ab		543,1 ab		538,9 ab	
Fantazja		511,6 ab		578,6 abc		552,9 bc		488,5 ab		472,1 a		520,7 a	
Skra		478,1 a		563,2 abc		532,9 abc		419,8 a		469,2 a		492,7 a	
Felopa		530,2 ab		530,4 ab		540,6 abc		475,1 b		498,4 ab		515,0 a	
Agula		528,2 ab		538,2 ab		510,6 ab		436,2 ab		495,4 ab		501,7 a	
Sulino		509,2 ab		527,9 a		518,6 ab		459,3 ab		500,8 ab		503,2 a	
Gisel		577,2 b		533,5 ab		523,8 abc		473,3 ab		508,5 ab		523,3 ab	
Lotos		572,8 b		522,9 a		493,0 a		441,9 ab		501,2 ab		506,4 a	
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture													
K		530,1 a		546,8 a		537,9 a		515,5 b		511,9 a		528,4 b	
S2		547,4 a		561,5 a		528,8 a		409,3 a		500,6 a		509,5 a	

* K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object), S2 – stres w pierwszym i drugim roku wegetacji; stress in the first and second year of vegetation

** wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$), values marked with the same letter did not differ significantly ($\alpha = 0,05$)

Tabela 20

Indeks zieloności liścia (SPAD) gatunków i odmian traw w zależności od wilgotności gleby (2011)
 Leaf greenness index (SPAD) of grass species and cultivars depending on the soil moisture (2011)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Odrost; Regrowth												Średnia; Mean	
		I		II		III		IV		V					
		K*	S1	K	S1	K	S1	K	S1	K	S1	K	S1		
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	590,2 a**	614,8 a	530,2 e	559,8 d	532,0 f	608,0 e	529,2 g	548,0 g	584,0 a	634,0 a	553,2 a	593,0 a		
	Minora	594,5 a	602,5 a	505,2 de	467,8 a	517,0 ef	563,0 d	507,0 fg	522,0 f	523,8 a	536,0 a	529,5 a	538,2 a		
Kostrzewa łakowa; Meadow fescue	Fantazja	434,0 a	470,0 a	445,0 ab	555,8 d	418,2 a	531,2 d	503,8 ef	430,0 a	495,5 a	504,0 a	459,2 a	498,0 a		
	Skra	421,0 a	415,5 a	420,8 a	506,2 bc	435,5 ab	482,2 bc	469,8 cd	441,8 ab	420,0 a	490,2 a	422,5 a	467,0 a		
Festulolium; Festulolium	Felopa	484,0 a	553,2 a	468,0 bc	518,0 c	507,2 def	483,2 bc	480,8 de	521,2 f	464,0 a	461,2 a	481,0 a	507,5 a		
	Agula	423,5 a	540,0 a	481,5 cd	525,0 c	465,0 bc	463,8 b	428,0 a	481,2 de	407,8 a	447,8 a	441,2 a	491,5 a		
Życzka wielokwiatowa; Italian ryegrass	Sulino	468,0 a	573,8 a	497,2 cd	513,2 c	472,0 cd	509,2 cd	450,0 abc	504,8 ef	403,8 a	493,5 a	458,0 a	519,0 a		
	Gisel	539,0 a	665,2 a	496,2 cd	468,2 a	481,0 cde	418,2 a	442,2 ab	456,0 bc	469,2 a	547,5 a	485,5 a	511,0 a		
	Lotos	545,8 a	662,5 a	478,2 cd	479,8 ab	458,8 bc	478,2 bc	456,0 bcd	469,0 cd	446,0 a	479,2 a	477,0 a	514,0 a		
	średnia dla odmiany; mean for cultivar														
	Amera	602,5 c	545,0 b	570,0 c	538,6 d	609,0 d	573,1 e								
	Minora	598,5 bc	486,5 a	540,0 bc	514,5 cd	529,9 c	533,9 d								
	Fantazja	452,0 a	500,4 ab	474,8 a	466,9 ab	499,8 bc	478,6 bc								
	Skra	418,2 a	463,5 a	458,9 a	455,8 a	455,1 ab	450,2 a								
	Felopa	518,6 abc	493,0 a	495,2 ab	501,0 bcd	462,6 abc	494,2 c								
	Agula	481,8 ab	503,2 ab	464,4 a	454,6 a	427,8 a	466,4 ab								
	Sulino	520,9 abc	505,2 ab	490,6 ab	477,4 abc	448,6 ab	488,5 bc								
	Gisel	602,1 c	482,2 a	449,6 a	449,1 a	508,4 bc	498,2 c								
	Lotos	604,1 c	479,0 a	468,5 a	462,5 ab	462,6 abc	495,5 c								
	średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture														
	K	500,0 a	480,3 a	476,3 a	474,1 a	468,2 a	479,8 a								
	S1	566,4 b	510,4 b	504,1 b	486,0 b	510,4 b	515,5 b								

* K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object), S1 – stres w pierwszym i trzecim roku wegetacji, optymalna wilgotność gleby w drugim roku; stress in the first and third year of vegetation, optimal soil moisture in the second year

** wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$); values marked with the same letter did not differ significantly ($\alpha = 0,05$)

W drugim roku wegetacji (2010) na obiektach, na których stres suszy wprowadzono w pierwszym i drugim roku wegetacji (S2), średnia wartość indeksu SPAD u wszystkich odmian traw była istotnie mniejsza w porównaniu z wartościami uzyskanymi na obiektach optymalnie uwilgotnionych (tab. 19). Zanotowano również znaczne różnice w wartości SPAD w kolejnych odrostach traw. Przy optymalnej wilgotności gleby największą średnią dla odmian wartość SPAD stwierdzono w drugim, natomiast w trzecim, czwartym i piątym odroście wartość tego wskaźnika systematycznie zmniejszała się. Przy ograniczonym poziomie wilgotności gleby wyższy indeks SPAD zanotowano w pierwszym i drugim odroście (odpowiednio o 3,2 i 2,7%), natomiast niższy – w trzecim, czwartym i piątym odroście (odpowiednio o 1,7, 20,7 i 2,1%), w porównaniu z wartością tego indeksu na obiektach optymalnie uwilgotnionych. W warunkach stresu większe wartości indeksu zieloności liścia wykazano u odmian kupkówki i kostrzewy, natomiast mniejsze u odmian życicy i festulolium, w porównaniu z wartościami zanotowanymi na obiektach optymalnie uwilgotnionych. Zarówno przy optymalnej, jak i obniżonej wilgotności gleby najwyższe wartości SPAD stwierdzono u kupkówki odmiany Amera, zaś pozostałe trawy charakteryzowały się istotnie mniejszą wartością indeksu zieloności liścia.

W trzecim roku wegetacji (2011) stres powodował istotny wzrost względnej zawartości chlorofilu w liściach we wszystkich odrostach traw (tab. 20). W pierwszym odroście rośliny w warunkach stresu charakteryzowały się o 13,2% wyższym indeksem SPAD niż rosnące w warunkach optymalnej wilgotności gleby, a w kolejnych odrostach – odpowiednio o 6,2, 5,9, 2,5 i 9,0%. Analizując średnie wartości SPAD dla badanych gatunków i odmian traw, stwierdzono, że przy obu poziomach wilgotności gleby największy indeks zieloności liścia wykazano u kupkówki odmiany Amera i Minora, natomiast najmniejszy u kostrzewy odmiany Skra oraz festulolium odmiany Agula. Pozostałe trawy charakteryzowały się średnimi, podobnymi wartościami tego indeksu. Zarówno w warunkach optymalnej, jak i obniżonej wilgotności gleby największe wartości SPAD zanotowano w pierwszym odroście traw, natomiast w kolejnych były one coraz mniejsze.

Obliczone wartości współczynnika determinacji i równania regresji wykazały istotną, ujemną zależność między indeksem zieloności liścia (SPAD) a plo-nem suchej masy badanych odmian traw w pierwszym i trzecim roku wegetacji (tab. 21). W drugim roku nie wykazano istotnej zależności na obiektach S4, gdzie stres wywołany niedoborem wody w glebie był zastosowany tylko w drugim roku wegetacji, natomiast na obiektach S2 (stres w pierwszym i drugim roku), chociaż równanie jest istotne, zależność nie ma większego znaczenia, bo współczynnik determinacji wynosi tylko 8%.

Tabela 21

Zależności między indeksem zieloności liścia (SPAD) a plonem suchej masy traw
w kolejnych latach wegetacji
Relationship between leaf greenness index (SPAD) and dry matter yield of grass in the
years of vegetation

Lata wegetacji i obiekty; Years of vegetation and objects	Równanie regresji; Regression equation	Współczynnik determinacji; Determination coefficient R ² (%)
I rok; I year (S1)	$y = 319,14 - 0,392x^{**}$	55,0
II rok; II year (S4)	$y = 44,51 + 0,101x$	1,3
II rok; II year (S2)	$y = -44,98 + 0,269x^*$	8,0
III rok; III year (S1)	$y = 251,74 - 0,300x^{**}$	11,0

* korelacja istotna przy $\alpha < 0,05$; correlation significant at the level $\alpha < 0,05$

** korelacja istotna przy $\alpha < 0,01$; correlation significant at the level $\alpha < 0,01$

4.6. CECHY MORFOLOGICZNE ROŚLIN

4.6.1. Cechy morfologiczne traw w różnych warunkach wilgotnościowych gleby zróżnicowanych w pierwszym, drugim i trzecim roku wegetacji

Zróżnicowanie wilgotności gleby istotnie wpłynęło na kształtowanie cech morfologicznych traw w pierwszym roku wegetacji (2009). Zarówno przy optymalnej wilgotności gleby, jak i w warunkach stresu największe średnie wartości dla długości pędu, wysokości rośliny, długości i szerokości blaszki liściowej zanotowano u kupkówki, przy czym odmiana Minora charakteryzowała się najdłuższym pędem i liściem oraz była najwyższa, zaś odmiana Amera wyróżniała się najszerszym liściem w porównaniu z pozostałymi odmianami traw. Istotnie niższe wartości badanych parametrów stwierdzono u kostrzewy, natomiast najniższe u festulolium. Życica miała podobną do festulolium długość pędu, natomiast była istotnie wyższa i odznaczała się dłuższą blaszką liściową (tab. 22).

Stres spowodowany niedoborem wody w glebie, wprowadzony w różnych fazach rozwojowych roślin, istotnie wpłynął na ich cechy morfologiczne tylko w pierwszym odroście (tab. I w aneksie). Ograniczenie wilgotności gleby od fazy krzewienia (S1) spowodowało zmniejszenie długości pędu, wysokości rośliny oraz długości i szerokości blaszki liściowej traw odpowiednio o 20,6, 23,7, 24,9 i 6,5%, od fazy strzelania w źdźbło (S2) – odpowiednio o 13,9, 17,6, 21,3 i 7,8%, natomiast od fazy początku kłoszenia (S3) – odpowiednio o 9,1, 12,2, 13,7 i 5,2%, w porównaniu z tymi wartościami uzyskanymi na obiektach optymalnie uwilgotnionych. Spośród badanych traw wzrost w warunkach suszy najbardziej ograniczyła kostrzewa odmiany Skra i Fantazja, natomiast najmniej – festulolium odmiany Agula i Sulino.

W dwóch pozostałych odrostach termin rozpoczęcia stresu nie wpłynął istotnie na badane cechy morfologiczne roślin.

W drugim odroście u wszystkich gatunków i odmian traw w warunkach stresu wykazano zmniejszenie długości pędu, wysokości rośliny oraz długości i szerokości blaszki liściowej odpowiednio o 18,7, 20,9, 18,3, 6,6% (tab. II w aneksie). Największą reakcję na stres, wyrażoną ograniczeniem wzrostu poszczególnych organów rośliny, wykazano u kupkówki odmiany Amera i Minora oraz kostrzewy odmiany Skra. Odmiany życicy i festulolium w tych warunkach znacznie słabiej zahamowały wzrost, zwłaszcza odmiana Felopa w stosunku do długości pędu i wysokości rośliny oraz odmiany Sulino, Gisel i Lotos w odniesieniu do długości blaszki liściowej. W warunkach ograniczonej wilgotności gleby, w trzecim odroście traw stwierdzono zmniejszenie długości pędu, wysokości rośliny oraz długości i szerokości blaszki liściowej odpowiednio o 20,3, 25,8, 27,0 i 9,3%. Spośród badanych traw wzrost w czasie suszy najbardziej zahamowała kupkówka odmiany Amera, natomiast najmniej – festulolium odmiany Felopa i Agula (tab. III w aneksie).

Tabela 22

Cechy morfologiczne (średnia z trzech odrostów) gatunków i odmian traw (2009)
Morphological characters (average from three regrowths) of grass species and cultivars (2009)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	11,55	57,73	45,73	0,72
		S1	8,11	42,10	33,57	0,70
		S2	8,23	43,94	35,14	0,70
		S3	9,05	48,02	38,48	0,69
	Minora	K	13,05	60,66	46,26	0,68
		S1	9,00	44,24	34,61	0,68
		S2	9,42	44,96	35,01	0,64
		S3	10,16	48,04	37,45	0,66
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	9,32	46,05	36,65	0,65
		S1	7,76	34,50	26,76	0,62
		S2	8,22	36,79	29,25	0,64
		S3	8,39	37,26	28,83	0,61
	Skra	K	9,42	46,01	36,01	0,64
		S1	7,24	32,62	25,46	0,59
		S2	8,08	34,81	26,62	0,60
		S3	8,71	37,43	28,91	0,63

cd. tab. 22

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	7,54	36,54	28,68	0,67
		S1	6,76	30,68	24,05	0,61
		S2	6,85	30,91	23,96	0,61
		S3	6,64	31,16	24,15	0,62
	Agula	K	8,14	39,69	31,57	0,67
		S1	7,39	32,74	25,57	0,62
		S2	7,07	32,90	24,86	0,59
		S3	7,67	32,49	24,75	0,60
	Sulino	K	7,82	42,15	32,47	0,68
		S1	6,77	33,32	26,34	0,66
		S2	6,48	31,67	24,16	0,64
		S3	6,93	34,38	26,88	0,62
Życica wielokwiatwa; Italian ryegrass	Gisel	K	8,12	43,41	34,32	0,73
		S1	6,78	34,32	27,42	0,64
		S2	6,80	35,53	27,16	0,61
		S3	7,00	34,58	26,49	0,62
	Lotos	K	8,31	42,88	33,77	0,70
		S1	6,76	34,36	27,57	0,62
		S2	6,50	33,13	25,66	0,60
		S3	7,16	35,34	27,06	0,60
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			9,24	47,95	38,23	0,70
Minora			10,40	49,48	38,33	0,66
Fantazja			8,42	38,65	30,37	0,63
Skra			8,36	37,72	29,25	0,62
Felopa			6,95	32,32	25,21	0,63
Agula			7,57	34,46	26,69	0,62
Sulino			7,00	35,38	27,47	0,65
Gisel			7,17	36,96	28,85	0,65
Lotos			7,18	36,43	28,52	0,63
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			9,25	46,12	36,16	0,68
S1			7,40	35,43	27,93	0,64
S2			7,52	36,07	27,98	0,63
S3			7,97	37,63	29,22	0,63
NIR I; LSD I			0,637	2,091	1,758	0,032
NIR II; LSD II			0,350	1,149	0,971	0,018
NIR I/II; LSD I/II			0,564	1,852	1,565	0,028

* K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object), S1 – stres w fazie krzewienia traw; stress in the tillering stage of grass, S2 – stres w fazie strzelania w źdźbło; stress in the shooting stage, S3 – stres w fazie początku kłoszenia; stress in the early heading stage

Długotrwały stres suszy (S2) istotnie wpłynął na kształtowanie się cech morfologicznych traw w drugim roku wegetacji (2010). Zarówno przy optymalnej wilgotności gleby, jak i w warunkach stresu największe średnie wartości dla badanych cech morfologicznych zanotowano u kupkówki i życicy, przy czym kupkówka była najwyższa, miała najdłuższą i najszerszą blaszkę liściową, natomiast życica charakteryzowała się najdłuższym pędem (tab. 23). Niższe wartości badanych cech stwierdzono u kostrzewy, natomiast najniższe – u festulolium. Długotrwały stres związany z niedoborem wody w glebie znacznie ograniczył wzrost badanych traw. Analizując poszczególne parametry, wykazano, że w warunkach suszy długość pędu, wysokość rośliny, długość i szerokość blaszki liściowej były mniejsze odpowiednio o 22,1, 22,5, 24,4 i 7,4% w porównaniu z trawami z obiektów optymalnie uwilgotnionych.

Znaczące różnice wystąpiły w poszczególnych odrostach traw. W pierwszym odroście, w optymalnych warunkach wilgotnościowych najwyższe wartości dla wszystkich badanych cech morfologicznych zanotowano u kupkówki odmiany Amera, nieco niższe u odmiany Minora, natomiast najniższe, w odniesieniu do długości pędu, wysokości rośliny i długości blaszki liściowej – u mieszańca festulolium odmiany Felopa i Agula. Z kolei kostrzewa odmiany Skra charakteryzowała się najwęższą blaszką liściową (tab. IV w aneksie). Obniżenie wilgotności gleby z 70 do 40% ppw przyczyniło się do istotnego ograniczenia wzrostu roślin. Wykazano zmniejszenie długości pędu i wysokości roślin rosnących w takich warunkach odpowiednio o 34,9 i 26,3% oraz długości i szerokości blaszki liściowej odpowiednio o 22,4 i 10,5%, w porównaniu z roślinami na obiektach optymalnie uwilgotnionych. Spośród badanych traw najwyższe wartości dla analizowanych cech morfologicznych zanotowano u kupkówki odmiany Amera, zaś najniższe u festulolium odmiany Felopa. W drugim i trzecim odroście nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy średnią długością pędu na obiektach o optymalnym i ograniczonym poziomie wilgotności gleby, natomiast trawy różniły się istotnie wysokością oraz rozmiarami blaszki liściowej. W warunkach stresu rośliny były niższe i charakteryzowały się krótszą i węższą blaszką liściową, w drugim odroście – odpowiednio o 19,2, 37,8 i 3,8%, natomiast w trzecim odroście – odpowiednio o 23,7, 18,6 i 16,4% (tab. V i VI w aneksie).

Przy obu poziomach wilgotności gleby, w drugim i trzecim odroście traw najdłuższym pędem charakteryzowała się życica odmiany Lotos i Gisel, zaś największą wysokością oraz długością blaszki liściowej – kupkówka odmiany Amera i Minora. W drugim odroście najszerszą blaszkę liściową wytworzyła życica, zaś w trzecim – kupkówka. Najkrótszy pęd zanotowano u kupkówki odmiany Amera i kostrzewy odmiany Skra w drugim odroście – oraz u kostrzewy odmiany Skra i Fantazja w trzecim odroście. Natomiast wysokość rośliny i długość blaszki liściowej w obu odrostach traw była najmniejsza u mieszańca festulolium odmiany Agula i Sulino. Stres wywołany niedoborem wody w glebie najbardziej wpłynął na wzrost roślin w czwartym odroście (tab. VII w aneksie), powodując ograniczenie długości pędu, wysokości rośliny oraz długości i szerokości blaszki liściowej odpowiednio o 43,8,

28,8, 29,6 i 12,5%. W optymalnych warunkach wilgotnościowych życie charakteryzowała się największymi wartościami opisującymi długość pędu i wysokość rośliny, natomiast kupkówka miała podobną wysokość, ale dłuższą i szerszą blaszkę liściową. Przy obniżonej wilgotności gleby najwyższe wartości dla wszystkich badanych cech morfologicznych zanotowano u kupkówki. W piątym odroście traw różnice w wartościach badanych cech roślin poddanych stresowi suszy i na obiektach optymalnie uwilgotnionych nie były znaczące (tab. VIII w aneksie).

Stres związany z ograniczeniem wilgotności gleby w pierwszym roku wegetacji korzystnie wpłynął na wzrost i rozwój roślin w drugim roku charakteryzującym się optymalnymi warunkami wilgotnościowymi (S1). Średnie wartości dla wszystkich badanych cech morfologicznych roślin były istotnie większe w porównaniu z uzyskanymi na obiektach kontrolnych (tab. 23). Trawy rosnące w takich warunkach charakteryzowały się dłuższym pędem, były wyższe oraz miały dłuższą i szerszą blaszkę liściową. Największe zróżnicowanie zanotowano w trzecim i piątym, a najmniejsze w drugim odroście traw (tab. IV–VIII w aneksie). Pędy roślin przystały najintensywniej w trzech pierwszych odrostach (były dłuższe odpowiednio o 20,0, 13,3 i 34,7%), natomiast blaszki liściowe – w trzech ostatnich (były dłuższe odpowiednio o 15,1, 11,3 i 22,3%), w porównaniu z roślinami na obiektach kontrolnych. Różnice w wysokości traw były najbardziej widoczne w trzecim i piątym odroście (rośliny wyższe odpowiednio o 12,0 i 15,1%). Spośród badanych traw pod względem cech morfologicznych korzystnie wyróżniały się kupkówka odmiany Minora i festulolium odmiany Agula.

Tabela 23

Cechy morfologiczne (średnia z pięciu odrostów) gatunków i odmian traw (2010)
Morphological characters (average from five regrowths) of grass species and cultivars (2010)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Length of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	14,70	42,80	29,94	0,65
		S1	15,00	44,32	31,29	0,70
		S2	11,27	33,56	23,53	0,66
	Minora	K	12,9	40,72	27,84	0,62
		S1	15,43	41,25	31,33	0,68
		S2	9,66	31,34	20,51	0,59
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	11,64	34,70	22,74	0,48
		S1	12,34	35,36	23,88	0,45
		S2	9,26	25,68	16,68	0,46
	Skra	K	12,03	33,62	23,28	0,49
		S1	13,50	32,91	20,49	0,49
		S2	7,88	27,07	18,53	0,45

cd. tab. 23

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	9,57	31,54	20,24	0,51
		S1	10,84	34,44	21,08	0,51
		S2	7,15	24,52	15,15	0,49
	Agula	K	9,70	30,72	20,52	0,48
		S1	11,84	34,76	22,88	0,55
		S2	9,33	25,62	15,35	0,44
	Sulino	K	8,48	31,98	23,31	0,52
		S1	11,92	32,41	21,81	0,55
		S2	8,26	25,38	15,98	0,49
Życica wielokwiatwa; Italian ryegrass	Gisel	K	16,90	39,32	20,54	0,57
		S1	18,18	40,27	25,02	0,58
		S2	11,16	27,58	15,53	0,48
	Lotos	K	16,31	37,36	21,43	0,58
		S1	19,10	39,20	23,72	0,59
		S2	13,41	29,29	17,30	0,45
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			13,66 d	40,22 e	28,25 e	0,67
Minora			12,66 d	37,77 d	26,56 d	0,63
Fantazja			11,08 c	31,91 b	21,10 c	0,47
Skra			11,14 c	31,20 ab	20,77 bc	0,48
Felopa			9,19 a	30,17 a	18,82 a	0,50
Agula			10,29 bc	30,37 a	19,58 ab	0,49
Sulino			9,55 ab	29,93 a	20,37 bc	0,52
Gisel			15,41 e	35,72 c	20,36 bc	0,54
Lotos			16,28 e	35,29 c	20,82 bc	0,54
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			12,47	35,86	23,32	0,54
S1			14,24	37,21	24,61	0,57
S2			9,71	27,78	17,62	0,50
NIR I; LSD I			1,066	1,438	1,272	0,038
NIR II; LSD II			0,461	0,622	0,550	0,016
NIR I/II; LSD I/II			0,815	1,100	0,972	0,029

* K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object), S1 – stres w pierwszym roku wegetacji, optymalna wilgotność gleby w drugim roku wegetacji; stress in the first year of vegetation, optimal soil moisture in the second year of vegetation, S2 – stres w pierwszym i drugim roku wegetacji; stress in the first and second year of vegetation

W trzecim roku wegetacji (2011), na obiektach S1 uwilgotnienie gleby było ograniczone do 40% ppw, natomiast na obiektach S2 wynosiło 70% ppw (optymalne). Niezależnie od poziomu wilgotności gleby życica charakteryzowała się najdłuższym pędem, natomiast kupkówka – najdłuższą blaszką liściową. Oba gatunki traw miały zbliżoną wysokość i szerokość blaszki liściowej. *Festulolium* i *kostrzewa* charakteryzowały się istotnie niższymi wartościami cech morfologicznych. Na obiektach z obniżoną wilgotnością gleby (S1) średnia dla odmian długość pędu, wysokość rośliny oraz długość i szerokość blaszki liściowej były mniejsze odpowiednio o 33,9, 30,4, 29,3 i 5,8% w porównaniu z tymi wartościami na obiektach kontrolnych. Duże zróżnicowanie zanotowano w poszczególnych odrostach traw. W pierwszym odroście zarówno przy optymalnej wilgotności gleby, jak i w warunkach stresu najwyższe wartości dla wszystkich badanych cech morfologicznych stwierdzono u życicy odmiany Gisel (tab. IX w aneksie). Wysokie wartości parametrów odnoszących się do długości pędu i wysokości rośliny zanotowano także u życicy odmiany Lotos i *kostrzewy* odmiany Fantazja. Z kolei najmniejszą długość pędu oraz blaszki liściowej stwierdzono u kupkówki odmiany Amara. W warunkach stresu trawy znacznie przyhamowały wzrost organów wegetatywnych, przez co średnia długość pędu, wysokość rośliny oraz długość i szerokość blaszki liściowej były mniejsze odpowiednio o 52,4, 29,4, 21,2 i 13,3% w porównaniu z tymi wartościami na obiektach optymalnie uwilgotnionych. W drugim i trzecim odroście traw, przy obu poziomach wilgotności gleby najdłuższym pędem wyróżniała się życica odmiany Gisel i Lotos, natomiast najwyższą była kupkówka odmiany Amara i Minora, która jednocześnie charakteryzowała się najdłuższą blaszką liściową (tab. X i XI w aneksie). Ograniczenie wzrostu roślin w warunkach stresu było podobne w obu tych odrostach, z wyjątkiem długości pędu i szerokości blaszki liściowej, które w drugim odroście miały wartości nieco wyższe niż u roślin z obiektu optymalnie uwilgotnionego. Stwierdzono natomiast zmniejszenie wysokości rośliny oraz długości blaszki liściowej odpowiednio o 39,1 i 40,9% – w drugim odroście oraz o 38,1 i 27,8% – w trzecim odroście. W czwartym i piątym odroście traw największymi wartościami cech morfologicznych wyróżniała się kupkówka, natomiast istotnie niższe wartości zanotowano dla *kostrzewy* i *festulolium* (tab. XII i XIII w aneksie). Długotrwały stres suszy znacznie ograniczył wzrost roślin w tych odrostach. Średnio dla czwartego i piątego odrostu traw: długość pędu, wysokość rośliny oraz długość i szerokość blaszki liściowej były mniejsze odpowiednio o 27,6, 26,3, 29,2 i 8,0% w porównaniu z roślinami na obiektach kontrolnych.

W trzecim roku wegetacji (2011) na obiektach optymalnie uwilgotnionych, po stresie zastosowanym w pierwszym i drugim roku (S2) stwierdzono, że trawy charakteryzowały się istotnie dłuższym pędem i szerszą blaszką liściową, natomiast wysokość rośliny i długość blaszki liściowej były istotnie mniejsze, w porównaniu

z wielkościami tych cech u roślin z obiektów kontrolnych (tab. 24). Spośród badanych traw większe wartości cech morfologicznych charakteryzowały odmiany kupkówki i życicy w porównaniu z odmianami kostrzewy i festulolium. Takie tendencje obserwowano również w poszczególnych odrostach traw (tab. IX–XIII w aneksie). Pędy roślin najintensywniej przyrastały w trzech pierwszych odrostach i były istotnie dłuższe niż na obiektach kontrolnych, natomiast w czwartym i piątym odroście zależności takiej nie wykazano. Nie stwierdzono także istotnych różnic w wysokości rośliny, z wyjątkiem drugiego odrostu, w którym rośliny były istotnie niższe. Blaszki liściowe traw były krótsze we wszystkich odrostach i węższe w dwóch pierwszych odrostach, w porównaniu z wielkościami tych cech u roślin z obiektów kontrolnych.

Tabela 24

Cechy morfologiczne (średnia z pięciu odrostów) gatunków i odmian traw (2011)
Morphological characters (average from five regrowths) of grass species and cultivars (2011)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Length of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	6,88	42,58	28,58	0,54
		S1	5,65	26,20	18,97	0,54
		S2	6,65	38,08	24,52	0,60
	Minora	K	7,32	36,95	26,52	0,58
		S1	5,85	23,32	16,70	0,49
		S2	6,05	32,78	24,81	0,57
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	9,08	30,62	21,02	0,50
		S1	7,25	21,35	14,52	0,48
		S2	10,35	30,95	20,72	0,48
	Skra	K	8,35	29,35	21,05	0,44
		S1	5,02	22,28	14,05	0,46
		S2	11,25	30,52	20,88	0,54
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	9,48	32,18	23,10	0,52
		S1	5,45	22,32	15,72	0,48
		S2	11,58	32,02	20,30	0,54
	Agula	K	7,78	31,55	24,22	0,50
		S1	4,82	22,90	16,00	0,46
		S2	13,60	31,15	20,88	0,54
	Sulino	K	8,18	32,38	24,15	0,48
		S1	6,02	23,48	17,60	0,48
		S2	12,18	32,88	21,42	0,56

cd. tab. 24

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatwa; Italian ryegrass	Gisel	K	17,52	35,15	21,62	0,58
		S1	8,95	25,50	18,45	0,50
		S2	17,68	35,51	22,21	0,64
	Lotos	K	15,35	36,08	21,32	0,55
		S1	10,40	26,18	17,55	0,52
		S2	16,58	35,48	22,32	0,58
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			6,39	35,62	24,02	0,56
Minora			6,41	31,02	22,68	0,54
Fantazja			8,89	27,64	18,76	0,49
Skra			8,21	27,38	18,66	0,48
Felopa			8,83	28,84	19,71	0,51
Agula			8,73	28,53	20,37	0,50
Sulino			8,79	29,58	21,06	0,51
Gisel			15,38	32,05	20,76	0,57
Lotos			14,11	32,58	20,40	0,55
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			9,99	34,09	23,51	0,52
S1			6,60	23,72	16,62	0,49
S2			11,77	33,26	22,01	0,56
NIR I; LSD I			0,967	1,654	1,166	0,038
NIR II; LSD II			0,418	0,716	0,505	0,016
NIR I/II; LSD I/II			0,740	1,265	0,892	0,029

* K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object), S1 – stres w pierwszym i trzecim roku wegetacji, optymalna wilgotność gleby w drugim roku; stress in the first and third year of vegetation, optimal soil moisture in the second year, S2 – stres w pierwszym i drugim roku wegetacji, optymalna wilgotność gleby w trzecim roku; stress in the first and second year of vegetation, optimal soil moisture in the third year

4.6.2. Cechy morfologiczne traw w różnych warunkach wilgotnościowych gleby zróżnicowanych w drugim i trzecim roku wegetacji

W pierwszym roku wegetacji (2009) wilgotność gleby w doświadczeniu II nie była zróżnicowana, a cechy morfologiczne roślin były podobne jak u traw z obiektów kontrolnych, które były wspólne dla obu doświadczeń i zostały opisane w doświadczeniu I.

W drugim roku badań (2010) zarówno przy optymalnej wilgotności gleby (70% ppw), jak i w warunkach stresu (40% ppw) największą długością pędu charakteryzowała się życica odmiany Gisel i Lotos oraz kupkówka odmiany Amera, wysokością rośliny – kupkówka odmiany Amera i Minora oraz życica odmiany Gisel,

natomiast długością i szerokością blaszki liściowej – kupkówka odmiany Amera i Minora (tab. 25).

Stres związany z niedoborem wody w glebie, wprowadzony w dwóch terminach, istotnie wpłynął na zróżnicowanie cech morfologicznych traw, przede wszystkim w pierwszym odróście (tab. XIV w aneksie). Ograniczenie wilgotności gleby od fazy wegetatywnej (S4) przyczyniło się do zmniejszenia długości pędu, wysokości rośliny oraz długości i szerokości blaszki liściowej odpowiednio o 45,3, 26,1, 20,8 i 10,5% w porównaniu z wartościami tych cech u roślin z obiektów optymalnie uwilgotnionych. Wprowadzenie stresu od fazy strzelania w źdźbło (S5) spowodowało mniejsze ograniczenie wzrostu traw; długość pędu, wysokość rośliny i szerokość blaszki liściowej zmniejszyła się odpowiednio o 34,6, 10,3 i 9,2%, natomiast nie zmieniała się istotnie długość blaszki liściowej. Spośród badanych gatunków traw, rosnących w niekorzystnych warunkach wilgotności gleby, kupkówka najbardziej zahamowała wzrost organów wegetatywnych. W kolejnych odrostach termin rozpoczęcia stresu na ogół nie wpływał istotnie na wielkość badanych cech.

Tabela 25

Cechy morfologiczne (średnia z pięciu odróstów) gatunków i odmian traw (2010)
Morphological characters (average from five regrowths) of grass species and cultivars (2010)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	18,38	53,50	37,42	0,82
		S4	11,85	40,18	25,73	0,78
		S5	15,48	45,64	29,51	0,75
	Minora	K	16,12	50,91	34,80	0,78
		S4	10,41	40,15	26,51	0,74
		S5	11,58	40,07	28,12	0,72
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	14,55	43,38	28,42	0,60
		S4	10,24	36,54	24,96	0,54
		S5	10,09	32,17	20,26	0,53
	Skra	K	15,04	42,03	29,11	0,61
		S4	8,49	34,02	22,30	0,58
		S5	10,86	33,71	22,28	0,54
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	11,96	39,43	25,30	0,64
		S4	8,66	32,04	22,15	0,62
		S5	9,01	32,37	22,45	0,60
	Agula	K	12,12	38,40	25,66	0,60
		S4	11,10	31,12	20,62	0,64
		S5	10,50	32,76	21,99	0,58
	Sulino	K	10,60	39,98	29,14	0,65
		S4	9,86	33,46	22,38	0,66
		S5	9,90	33,36	22,15	0,59

cd. tab. 25

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatwa; Italian ryegrass	Gisel	K	21,12	49,16	25,67	0,71
		S4	13,94	39,14	20,39	0,65
		S5	16,89	41,12	23,14	0,64
	Lotos	K	20,39	46,71	26,79	0,72
		S4	13,92	36,98	19,68	0,65
		S5	13,62	37,62	24,48	0,6
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			15,23	46,44	30,89	0,78
Minora			12,70	43,71	29,81	0,75
Fantazja			11,63	37,36	24,55	0,56
Skra			11,47	36,58	24,56	0,58
Felopa			9,88	34,62	23,30	0,62
Agula			11,24	34,09	22,76	0,60
Sulino			10,12	35,60	24,56	0,63
Gisel			17,32	43,14	23,07	0,67
Lotos			15,98	40,44	23,65	0,66
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			15,59	44,83	29,15	0,68
S4			10,94	35,96	22,75	0,65
S5			11,99	36,54	23,82	0,62
NIR I; LSD I			1,872	2,037	1,810	0,046
NIR II; LSD II			0,809	0,881	0,783	0,020
NIR I/II; LSD I/II			1,431	1,558	1,384	r.n.; n.s.

* K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object), S4 – optymalna wilgotność gleby w pierwszym roku, stres w drugim roku w fazie wegetatywnej; optimal soil moisture in the first year, stress in the second year in vegetative stage, S5 – optymalna wilgotność gleby w pierwszym roku, stres w drugim roku w fazie strzelania w źdźbło; optimal soil moisture in the first year, stress in the second year in shooting stage

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

W drugim i trzecim odroście nie stwierdzono istotnej różnicy w długości pędu i szerokości blaszki liściowej pomiędzy trawami uprawianymi w optymalnych i stresowych warunkach wilgotności gleby, natomiast istotnie ograniczona została w warunkach stresu wysokość roślin (odpowiednio o 20,7 i 16,1%) oraz długość blaszki liściowej (odpowiednio o 33,8 i 20,6%) (tab. XV i XVI w aneksie). Gatunkami wyróżniającymi się w tych warunkach były: życica, która charakteryzowała się najdłuższym pędem zarówno przy optymalnej, jak i ograniczonej wilgotności gleby oraz kupkówka, która była najwyższa i miała najdłuższą blaszkę liściową. Kostrzewa i festulolium cechowały się istotnie niższymi wartościami badanych cech. W czwartym odroście stres suszy spowodował znaczące ograniczenie wzrostu traw; długość pędu, wysokość rośliny, długość i szerokość blaszki liściowej zmniejszyły

się odpowiednio o 52,8, 32,8, 29,6 i 13,5% w porównaniu z roślinami na obiektach kontrolnych (tab. XVII w aneksie). W optymalnych warunkach wilgotnościowych gleby życica wyróżniała się najdłuższym pędem i była najwyższa, natomiast kupkówka charakteryzowała się najdłuższą i najszerzą blaszką liściową. Przy obniżonej wilgotności gleby istotnie większe wartości wszystkich analizowanych cech morfologicznych stwierdzono u kupkówki, zwłaszcza odmiany Amera, w porównaniu z wielkościami tych cech u roślin z obiektów kontrolnych. W piątym odroście różnice w wartościach badanych cech roślin poddanych stresowi i na obiektach optymalnie uwilgotnionych nie były istotne (tab. XVIII w aneksie).

W trzecim roku badań (2011) na obiektach S4 wilgotność gleby była optymalna (70% ppw), natomiast na obiektach S5 – ograniczona (40% ppw). Przy obu poziomach wilgotności gleby najdłuższe pędy zanotowano u życicy, natomiast najkrótsze – u kupkówki (tab. 26). Ponadto kupkówka charakteryzowała się największą wysokością rośliny oraz długością blaszki liściowej. Pod względem parametrów opisujących liść korzystnie wyróżniała się również życica, natomiast festulolium i kostrzewa cechowały się istotnie mniejszymi wartościami badanych cech i były do siebie podobne. W warunkach stresu (S5) trawy znacznie ograniczyły długość pędu, wysokość rośliny oraz długość blaszki liściowej odpowiednio o 27,4, 29,7 i 28,4% w porównaniu z wartościami tych cech u roślin z obiektów optymalnie uwilgotnionych. Duże zróżnicowanie obserwowano w poszczególnych odrostach traw. W pierwszym odroście zarówno przy optymalnej, jak i obniżonej wilgotności gleby najwyższe wartości dla wszystkich badanych cech morfologicznych stwierdzono u życicy odmiany Gisela (tab. XIX w aneksie). Pozytywnie pod względem długości pędu i wysokości rośliny wyróżniała się także kostrzewa odmiany Fantazja. Stres znacząco ograniczył wzrost traw, powodując zmniejszenie długości pędu, wysokości rośliny oraz długości blaszki liściowej odpowiednio o 52,9, 31,2 i 22,9% w porównaniu z wartościami tych cech u roślin z obiektów optymalnie uwilgotnionych. W trzech kolejnych odrostach tendencja związana z wielkością cech budowy morfologicznej traw była podobna (tab. XX–XXII w aneksie). Bez względu na poziom wilgotności gleby życica charakteryzowała się najdłuższym pędem, natomiast kupkówka osiągnęła największą wysokość oraz wytworzyła najdłuższe blaszki liściowe. Istotnie mniejsze wartości badanych cech charakteryzowały festulolium i kostrzewę. Długotrwały stres przyczynił się na ogół do zmniejszenia długości pędu, wysokości rośliny oraz długości i szerokości blaszki liściowej traw (średnio dla trzech odrostów) odpowiednio o 21,2, 32,9, 32,4 i 5,8%, w porównaniu z roślinami na obiektach optymalnie uwilgotnionych. W ostatnim – piątym odroście różnice między odmianami w wielkości badanych cech były niewielkie (tab. XXIII w aneksie). Nieco dłuższy pęd posiadała kupkówka odmiany Minora, natomiast pod względem wysokości dominowała kupkówka odmiany Amera, która jednocześnie cechowała się najdłuższą i najszerzą blaszką liściową.

Na obiektach S4, w warunkach optymalnej wilgotności gleby (po stresie zastosowanym w drugim roku wegetacji) uwzględnione w badaniach trawy, biorąc pod

uwagę wartości średnie, charakteryzowały się jedynie istotnie dłuższym pędem (o 14,9%), natomiast wielkość pozostałych cech budowy morfologicznej nie różniła się istotnie w porównaniu z wartościami na obiektach kontrolnych (tab. 26). Najdłuższym pędem i najszerzą blaszką liściową charakteryzowała się życica, natomiast największą wysokością rośliny i długością blaszki liściowej – kupkówka. Festulium i kostrzewa cechowały się istotnie mniejszymi i zarazem podobnymi wartościami cech morfologicznych. W warunkach prowadzonych doświadczeń pewne zróżnicowanie wielkości badanych parametrów zaobserwowano w kolejnych odrostach traw. W pierwszym odroście, w którym wzrost roślin jest najbardziej intensywny, trawy charakteryzowały się istotnie większą długością pędu i wysokością rośliny oraz podobną długością i szerokością blaszki liściowej w porównaniu z wartościami na obiektach kontrolnych (tab. XIX w aneksie). Najdłuższe pędy stwierdzono u życicy odmiany Gisel oraz kostrzewy odmiany Skra i Fantazja, największą wysokość – u kupkówki odmiany Amera, kostrzewy odmiany Fantazja oraz życicy odmiany Gisel, natomiast największą długość i szerokość blaszki liściowej – u festulium odmiany Felopa, Agula i Sulino. W drugim odroście trawy na obiektach S4 wyróżniały się istotnie dłuższym pędem i szerszą blaszką liściową, natomiast były podobne pod względem wysokości rośliny oraz długości blaszki liściowej (tab. XX w aneksie). W trzech ostatnich odrostach różnice w wielkościach badanych cech morfologicznych nie różniły się istotnie, w porównaniu z wartościami na obiektach kontrolnych (tab. XXI–XXIII w aneksie).

Tabela 26

Cechy morfologiczne (średnia z pięciu odrostów) gatunków i odmian traw (2011)
Morphological characters (average from five regrowths) of grass species and cultivars (2011)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Length of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	4,87	42,57	28,58	0,54
		S4	7,35	41,52	28,02	0,58
		S5	4,65	26,78	19,77	0,55
	Minora	K	7,32	36,95	26,52	0,58
		S4	7,30	40,18	25,80	0,55
		S5	5,88	22,08	16,92	0,52
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	9,08	30,62	21,02	0,50
		S4	9,32	33,72	22,92	0,52
		S5	5,30	21,67	16,15	0,48
	Skra	K	8,35	29,35	21,05	0,44
		S4	9,55	31,00	23,35	0,49
		S5	5,18	23,57	14,75	0,43

cd. tab. 26

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	9,48	32,18	23,10	0,52
		S4	9,77	32,05	22,32	0,57
		S5	6,47	22,95	16,00	0,54
	Agula	K	7,78	31,55	24,22	0,51
		S4	11,55	32,57	22,32	0,58
		S5	7,18	22,70	15,22	0,51
	Sulino	K	8,18	32,38	24,15	0,48
		S4	11,25	32,25	22,78	0,56
		S5	7,05	23,85	16,90	0,48
Życica wielokwiatwa; Italian ryegrass	Gisel	K	17,52	35,15	21,62	0,58
		S4	20,32	34,22	22,22	0,62
		S5	13,35	27,12	17,32	0,54
	Lotos	K	15,35	36,08	21,32	0,55
		S4	16,90	34,75	22,82	0,62
		S5	10,22	25,12	18,50	0,55
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			6,29	36,96	25,46	0,56
Minora			6,83	33,07	23,08	0,55
Fantazja			7,90	28,68	20,03	0,50
Skra			7,69	27,98	19,72	0,45
Felopa			8,58	29,06	20,48	0,54
Agula			8,83	28,94	20,59	0,53
Sulino			8,82	29,49	21,28	0,51
Gisel			17,07	32,17	20,39	0,58
Lotos			14,16	31,98	20,88	0,57
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			9,99	34,09	23,51	0,52
S4			11,48	34,70	23,62	0,51
S5			7,25	23,98	16,84	0,57
NIR I; LSD I			1,014	1,692	1,343	0,038
NIR II; LSD II			0,434	0,732	0,581	0,017
NIR I/II; LSD I/II			0,775	1,294	1,027	r. n.; n.s.

* K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object), S4 – optymalna wilgotność gleby w pierwszym i trzecim roku, stres w drugim roku; optimal soil moisture in the first and third year, stress in the second year, S5 – optymalna wilgotność gleby w pierwszym roku, stres w drugim i trzecim roku; optimal soil moisture in the first year, stress in the second and third year
r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

Tabela 27

Współczynniki korelacji prostej między plonem suchej masy traw, cechami morfologicznymi roślin i indeksem SPAD a wskaźnikami wymiany gazowej
Simple correlation coefficients between dry matter yield of grass, its morphological features, index SPAD and gas exchange parameters

Cechy traw; Grass characters	Fotosynteza; Photosynthesis	Transpiracja; Transpiration	WUE	Przewodnictwo szparkowe; Stomatal conductance	SPAD	Długość pędu; Leaf length	Wysokość rośliny; Plant height	Długość blaszki liściowej; Length of leaf blade	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade
Plon suchej masy; Dry matter yield	0,962*	0,918*	-0,761*	0,878*	-0,512*	0,604*	0,592*	0,555*	0,334*
Fotosynteza; Photosynthesis		0,942*	-0,809*	0,900*	-0,552*	0,674*	0,653*	0,603*	0,370*
Transpiracja; Transpiration			-0,907*	0,967*	-0,584*	0,439*	0,453*	0,447*	0,152
Efektywność wykorzystania (WUE); Water use efficiency (WUE)				-0,861*	0,630*	-0,324*	-0,275*	-0,284*	0,042
Przewodnictwo szparkowe; Stomatal conductance					-0,545*	0,421*	0,448*	0,448*	0,171
Indeks SPAD; Index SPAD						-0,309*	-0,164	-0,112	-0,065
Długość pędu; Shoot length							0,882*	0,785*	0,677*
Wysokość rośliny; Plant height								0,970*	0,725*
Długość blaszki liściowej; Length of leaf blade									0,657*

* korelacja istotna ($p < 0,05$); significant correlation ($p < 0,05$)

Wykazano istotną, dodatnią korelację pomiędzy plonem suchej masy a wskaźnikami wymiany gazowej (intensywnością fotosyntezy, transpiracji i przewodnictwem szparkowym), natomiast ujemną z efektywnością wykorzystania wody (WUE) oraz indeksem zieloności liścia (SPAD) (tab. 27). Podobny trend zależności obserwowano między wskaźnikami wymiany gazowej a cechami morfologicznymi roślin, przy czym współczynniki korelacji były niższe niż dla plonu. Jedynie nie stwierdzono istotnych zależności pomiędzy szerokością blaszki liściowej a wskaźnikami wymiany gazowej (z wyjątkiem fotosyntezy). Zmienna ta, podobnie jak pozostałe cechy morfologiczne roślin, była istotnie skorelowana z plonem suchej masy. Wykazano istotną zależność między indeksem SPAD a efektywnością wykorzystania wody (WUE), natomiast z plonem suchej masy i wskaźnikami wymiany gazowej zależności były odwrotne. Korelacje indeksu SPAD z cechami morfologicznymi roślin okazały się nieistotne (z wyjątkiem długości pędu).

4.7. PODOBIENSTWO ODMIAN TRAW W RÓŻNYCH WARUNKACH WILGOTNOŚCIOWYCH GLEBY

Ocena podobieństwa odmian traw ze względu na badane cechy, takie jak: plon suchej masy, indeks zieloności liścia (SPAD), intensywność fotosyntezy i transpiracji, efektywność wykorzystania wody (WUE), przewodnictwo szparkowe, długość pędu, wysokość rośliny, długość i szerokość blaszki liściowej wykazała, że głównym czynnikiem różnicującym odmiany był poziom wilgotności gleby. Na otrzymanym dendogramie uzyskano dwa skupienia, z których jedno (po lewej stronie) grupuje odmiany dla obiektu optymalnie uwilgotnionego, a drugie (po prawej stronie) skupia odmiany poddane stresowi niedoboru wody w glebie (rys. 55). Na obiekcie o optymalnej wilgotności stwierdzono większe wartości wszystkich analizowanych cech, niż na obiekcie o ograniczonej wilgotności gleby.

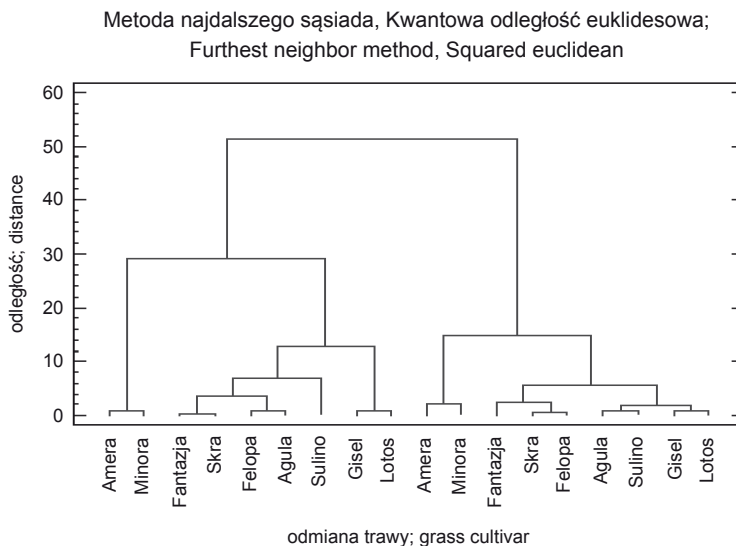
W obrębie skupienia pierwszego wyróżniono 3 grupy odmian traw charakteryzujące się podobnymi cechami (rys. 56). Do pierwszej grupy (1) zaliczono dwie odmiany kupkówki – Amera i Minora, które charakteryzowały się najniższym poziomem plonu suchej masy, największym indeksem zieloności liścia (SPAD), najmniejszą intensywnością fotosyntezy i transpiracji, najniższym przewodnictwem szparkowym, najwyższą efektywnością wykorzystania wody oraz największymi wartościami dotyczącymi długości pędu, wysokości rośliny i długości blaszki liściowej (tab. 28).

Do grupy drugiej (2) zaliczono dwie odmiany kostrzewy – Fantazja i Skra oraz trzy odmiany festulolium – Felopa, Agula i Sulino, które charakteryzowały się średnimi plonami suchej masy, największą intensywnością transpiracji i najwyższym przewodnictwem szparkowym oraz najniższą efektywnością wykorzystania wody (WUE). Ponadto odmiany te wytworzyły najkrótsze pędy, najwęższe blaszki liściowe i były najniższe.

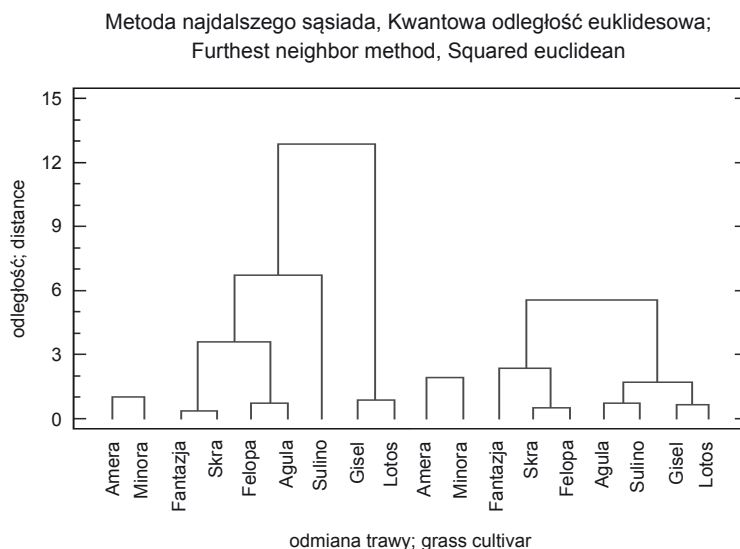
W grupie trzeciej (3) znalazły się dwie odmiany życicy – Lotos i Gisel, które cechowały się najwyższym poziomem plonowania, największą intensywnością fotosyntezy, niższą wartością indeksu SPAD niż w skupieniu pierwszym i podobną jak w skupieniu drugim oraz przeciętnymi wartościami cech budowy morfologicznej traw.

W obrębie skupienia drugiego, grupującego odmiany z obiektów poddanych stresowi niedoboru wody w glebie, również wyróżniono trzy grupy odmian traw (rys. 56). W grupie pierwszej (1) znalazły się odmiany kupkówki – Amera i Mino-ra, które wyróżniały się największymi plonami suchej masy, najwyższymi wartościami indeksu SPAD, średnią intensywnością fotosyntezy, najniższą transpiracją i przewodnictwem szparkowym, ale najwyższą efektywnością wykorzystania wody (WUE). Poza tym rośliny tych odmian były najwyższe i miały najdłuższe i najszerze blaszki liściowe (tab. 28).

Grupa druga (2) obejmowała dwie odmiany kostrzewy – Fantazja i Skra oraz odmianę festulolium – Felopa, które charakteryzowały się średnim poziomem plonowania oraz średnimi wartościami indeksu SPAD, najmniejszą intensywnością fotosyntezy, najkrótszym pędem, najmniejszą wysokością i najwęższą blaszką liściową. Do grupy trzeciej (3) zaliczono dwie odmiany życicy – Gisel i Lotos oraz dwie odmiany festulolium – Agula i Sulino, wyróżniające się najmniejszymi plonami suchej masy, najmniejszym indeksem zieloności liścia (SPAD), najwyższą intensywnością fotosyntezy i transpiracji oraz najwyższym przewodnictwem szparkowym, zaś niższą niż w skupieniu pierwszym i podobną jak w drugim efektywnością wykorzystania wody. Natomiast cechy budowy morfologicznej roślin miały pośrednie wartości.



Rys. 55. Podobieństwo odmian ze względu na analizowane cechy traw
The similarity of the cultivars analyzed due to the features of the grass



Rys. 56. Podobieństwo odmian ze względu na analizowane cechy traw w pierwszym
i drugim skupieniu

The similarity of the cultivars analyzed due to the features of the grass in the first and second cluster

Tabela 28

Wartości cech w skupieniach
The values of the features in clusters

Cecha; Feature	Optymalna wilgotność gleby; Optimal soil moisture			Ograniczona wilgotność gleby (stres) Limited soil moisture (stress)		
	skupienie; cluster					
	1	2	3	1	2	3
Plon suchej masy; Dry matter yield	115,59	129,86	142,32	77,14	71,41	69,47
Indeks SPAD Index SPAD	552,8	512,1	512,8	584,4	567,4	542,8
Fotosynteza; Photosynthesis	11,85	12,43	13,30	7,50	6,77	7,67
Transpiracja; Transpiration	2,96	4,04	3,55	1,43	1,59	1,77
Efektywność wykorzystania wody (WUE) Water use efficiency (WUE)	4,17	3,23	3,80	5,97	5,15	4,60
Przewodnictwo szparkowe Stomatal conductance	0,22	0,29	0,26	0,08	0,11	0,12
Długość pędu; Shoot length	13,05	9,36	12,41	8,73	7,28	8,35
Wysokość rośliny; Plant height	50,45	37,30	40,74	37,65	29,96	30,92
Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade	37,44	27,55	27,52	27,49	21,97	21,67
Szerokość liścia; Width of leaf blade	0,67	0,58	0,64	0,65	0,54	0,58

4.8. SKŁAD CHEMICZNY TRAW

4.8.1. Podstawowe składniki pokarmowe

Zawartość składników pokarmowych w suchej masie traw zależała od wilgotności gleby i gatunku trawy. Różnice między odmianami w obrębie gatunku były na ogół nieistotne. Poziom białka ogólnego w suchej masie traw zwiększał się w warunkach ograniczonej wilgotności gleby, przy czym największy wzrost zanotowano w pierwszym (o 51,2%), a nieco mniejszy w drugim i trzecim (odpowiednio o 27,8 i 31,4%) roku wegetacji w porównaniu z wartościami na obiektach optymalnie uwilgotnionych (tab. 29). Wzrost zawartości białka w suchej masie traw w warunkach stresu był istotny w każdym odroście, we wszystkich latach wegetacji (tab. XXIV w aneksie). Różnice pomiędzy gatunkami w zawartości tego składnika były istotne głównie w pierwszym roku wegetacji. Zarówno przy optymalnej, jak i ograniczonej wilgotności gleby najmniej białka zgromadziła życica, natomiast wszystkie pozosta-

łe gatunki traw charakteryzowały się istotnie większą i zarazem podobną zawartością tego składnika.

W warunkach stresu związanego z ograniczoną wilgotnością gleby zawartość włókna surowego w suchej masie traw istotnie zmniejszała się w kolejnych latach badań odpowiednio o 13,9, 16,6 i 25,1% w porównaniu z zawartością w roślinach z obiektów optymalnie uwilgotnionych (tab. 29). Istotne różnice stwierdzono we wszystkich odrostach, w każdym roku badań (tab. XXV w aneksie). Duże zróżnicowanie w zawartości tego składnika zanotowano również pomiędzy gatunkami, zwłaszcza w pierwszym i drugim roku wegetacji. Biorąc pod uwagę wartości średnie, w pierwszym roku zarówno przy optymalnej wilgotności gleby, jak i w warunkach stresu największą ilością włókna surowego odznaczała się kupkówka ze względu na dużą liczbę pędów generatywnych, zwłaszcza w pierwszym odroście, który stanowił największy udział w plonach rocznych, istotnie mniejszą – kostrzewa, natomiast najmniejszą – życica i festulolium, które pod tym względem były do siebie podobne. W drugim i trzecim roku wegetacji najwięcej włókna stwierdzono u kupkówki, mniejszą i podobną zawartość u kostrzewy i życicy, natomiast najmniej tego składnika zanotowano u festulolium.

Zawartość węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie była zróżnicowana u poszczególnych gatunków traw, ale także uzależniona od wilgotności gleby, odrostu i roku badań. Bez względu na poziom wilgotności gleby najbogatsze w cukry były życica i festulolium, natomiast najuboższa – kupkówka (tab. 29). Kostrzewa charakteryzowała się pośrednią zawartością tego składnika. W pierwszym roku wegetacji trawy reagowały na stres zmniejszeniem zawartości węglowodanów w pierwszym i drugim odroście, natomiast nie stwierdzono istotnego zróżnicowania w trzecim odroście (tab. XXVI w aneksie). W drugim roku utrzymywała się tendencja zmniejszania ilości tego składnika w warunkach obniżonej wilgotności gleby, przy czym istotne różnice zanotowano tylko w trzecim i piątym odroście traw. Biorąc pod uwagę średnią zawartość węglowodanów w suchej masie, wykazano, że w warunkach stresu trawy zgromadziły mniej tego składnika średnio o 15,7% w pierwszym i o 10,2% w drugim roku wegetacji, w porównaniu z zawartością w roślinach z obiektów optymalnie uwilgotnionych. W trzecim roku badań, w warunkach ograniczonej wilgotności gleby zanotowano istotne zmniejszenie zawartości tego składnika w roślinach z drugiego i czwartego, wzrost z piątego i brak różnic w roślinach z pierwszego i trzeciego odrostu. Pod względem gromadzenia cukrów reakcja poszczególnych gatunków na stres była zróżnicowana. Biorąc pod uwagę wartości średnie, w pierwszym roku wegetacji wszystkie gatunki (z wyjątkiem kostrzewy odmiany Fantazja) w warunkach stresu zmniejszyły zawartość tego składnika, natomiast w drugim roku kupkówka i kostrzewa zgromadziły więcej węglowodanów w warunkach obniżonej wilgotności gleby, zaś życica i festulolium zdecydowanie mniej, w porównaniu z ilością wykazaną u traw z obiektów optymalnie uwilgotnionych. W trzecim roku badań większą zawartością cukrów w warunkach

stresu charakteryzowały się: kostrzewa, festulolium i kupkówka (z wyjątkiem odmiany Minora), natomiast mniejszą – życica. Ilość węglowodanów w suchej masie zmieniała się w ciągu sezonu wegetacyjnego. Najwięcej cukrów trawy gromadziły wiosną, w odrostach letnich następowało zmniejszanie zawartości tego składnika, a jesienią obserwowano ponowny jego wzrost.

Niższe uwilgotnienie gleby wpłynęło na zwiększenie zawartości tłuszczu surowego w suchej masie traw. Największą reakcję zanotowano w pierwszym roku wegetacji, w którym ilość tego składnika wzrosła o 21,1% w stosunku do zawartości w roślinach rosnących na obiektach optymalnie uwilgotnionych (tab. 29). W drugim roku wegetacji trawy w mniejszych ilościach gromadziły ten składnik (istotne różnice zanotowano jedynie w trzecim odroście traw), chociaż tendencja wzrostowa została zachowana we wszystkich odrostach (tab. XXVII w aneksie). Średnia zawartość tłuszczu w warunkach ograniczonej wilgotności gleby w tym roku wzrosła o 4,1%. Natomiast w trzecim roku, pod wpływem niedoboru wody w glebie trawy znacząco zwiększyły zawartość tego składnika w suchej masie (o 20,3%), przy czym różnice statystyczne udowodniono tylko w pierwszym, czwartym i piątym odroście. Nie wykazano natomiast istotnych różnic w zawartości tłuszczu surowego pomiędzy gatunkami i odmianami traw.

Stres spowodowany niedoborem wody w glebie przyczynił się do istotnego wzrostu zawartości popiołu surowego w suchej masie traw. W pierwszym roku wegetacji ilość popiołu wzrosła o 10,1%, w drugim – o 24,9%, a w trzecim – o 26,4% w porównaniu z zawartością tego składnika w suchej masie roślin na obiektach optymalnie uwilgotnionych (tab. 29). Istotne różnice stwierdzono we wszystkich latach badań, niemal w każdym odroście traw. Wyjątek stanowił drugi odrost w pierwszym roku wegetacji, choć i tu wykazano tendencję wzrostową (tab. XXVIII w aneksie). Nie zanotowano na ogół istotnych różnic w zawartości tego składnika pomiędzy gatunkami i odmianami traw we wszystkich latach wegetacji.

Tabela 29

Średnia zawartość podstawowych składników pokarmowych w suchej masie traw w zależności od poziomu wilgotności gleby (g·kg⁻¹)
Average content of primary nutrients in dry matter of grass depending on the level of soil moisture (g·kg⁻¹)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	lata badań; years of investigation															Tłuszcz surowy; Crude fat	Popiół surowy; Crude ash
			Białko ogólne; Total protein			Włókno surowe; Crude fibre			Węglowodany rozpuszczane w wodzie; Water soluble carbohydrates										
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III		
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	136,6	189,7	194,6	299,2	264,8	275,7	77,8	48,0	71,5	41,4	44,2	35,9	76,5	79,4	75,6		
		S	181,3	220,7	253,1	263,9	234,4	215,7	74,2	65,4	74,5	40,1	46,2	42,1	82,3	91,3	95,6		
	Minora	K	125,6	200,4	186,4	317,9	275,7	286,5	69,4	38,6	74,4	39,3	45,5	36,2	75,4	82,9	74,9		
		S	200,9	226,7	259,5	269,5	237,6	216,5	40,7	55,5	72,3	38,5	53,7	43,5	90,7	90,9	96,2		
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	125,7	182,7	201,5	267,9	255,6	260,1	100,9	51,5	69,1	39,6	41,7	34,7	78,4	80,1	76,0		
		S	180,3	232,9	264,0	228,0	201,4	188,4	109,2	88,7	72,8	42,1	48,1	42,3	79,3	93,3	101,3		
	Skra	K	124,7	182,0	211,3	261,1	254,3	258,9	117,7	68,9	73,7	36,3	46,4	34,6	75,6	75,9	76,7		
		S	180,7	227,1	252,7	215,1	206,5	193,5	101,5	88,2	87,8	42,7	48,3	43,6	81,6	91,9	98,9		
	Felopa	K	120,3	190,3	208,8	235,4	228,2	233,8	153,7	114,3	103,2	40,3	47,4	40,3	83,6	82,8	82,2		
		S	176,3	258,5	274,0	204,4	192,2	177,5	157,9	95,2	110,6	53,2	58,0	53,0	84,1	108,7	104,3		
Festulolium; Festulolium	Agula	K	122,2	190,6	197,6	234,5	221,0	242,1	165,4	119,7	97,2	38,8	50,7	40,0	80,8	85,4	84,3		
		S	181,5	252,9	267,0	198,4	186,5	185,1	143,8	91,0	98,0	51,1	53,0	43,2	90,5	111,3	110,8		
	Sulino	K	110,9	189,8	217,7	230,2	222,5	242,5	193,1	121,3	93,2	37,1	52,6	39,7	75,1	86,6	89,1		
		S	181,0	245,6	267,2	192,2	179,2	177,8	161,7	99,3	118,3	49,7	52,9	47,9	87,4	110,1	105,1		

cd. tab. 29

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	lata badań; years of investigation														
			Białko ogólne; Total protein			Włókno surowe; Crude fibre			Węglowodany rozpuszczane w wodzie; Water soluble carbohydrates			Tłuszcz surowy; Crude fat			Popiół surowy; Crude ash		
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Żyrcia wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	101,4	171,0	181,4	223,6	252,7	259,1	210,1	101,6	113,8	34,1	42,6	34,5	73,0	79,7	82,9
		S	165,6	232,7	262,6	195,3	201,0	187,5	168,4	56,3	109,6	49,0	42,7	42,7	81,9	108,0	103,6
	Lotos	K	101,6	174,5	182,9	219,3	242,6	250,6	222,0	104,9	102,8	34,6	45,8	32,6	73,4	83,2	84,2
		S	167,8	239,6	241,2	204,6	209,7	187,4	146,6	50,9	117,3	47,0	38,0	36,5	84,7	113,9	102,4
średnia dla odmiany; mean for cultivar																	
Amera			158,6	205,2	223,8	281,6	249,6	245,7	76,0	56,7	73,0	40,8	45,2	39,0	79,4	85,4	85,6
Minora			163,2	213,6	223,0	293,7	256,6	251,5	55,0	47,0	73,4	38,9	49,6	39,8	83,0	86,9	85,6
Fantazja			153,0	207,8	232,8	248,0	228,5	224,2	105,0	70,1	71,0	40,8	44,9	38,5	78,8	86,7	88,6
Skra			152,7	204,6	232,0	238,1	230,4	226,2	109,6	78,6	80,8	39,5	47,4	39,1	78,6	83,9	87,8
Felopa			148,3	224,4	241,4	219,9	210,2	205,6	155,8	104,8	106,9	46,8	52,7	46,6	83,8	95,8	93,2
Agula			151,8	221,8	232,3	216,4	203,8	213,6	154,6	105,4	97,6	45,0	51,8	41,6	85,6	98,4	97,6
Sulino			146,0	217,7	242,4	211,2	200,8	210,2	177,4	110,3	105,8	43,4	52,8	43,8	81,2	98,4	97,1
Gisel			133,5	201,8	222,0	209,4	226,8	223,3	189,2	79,0	111,7	41,6	42,6	38,6	77,4	93,8	93,2
Lotos			134,7	207,0	212,0	212,0	226,2	219,0	184,3	77,9	110,0	40,8	41,9	34,6	79,0	98,6	93,3
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture																	
K			118,7	185,7	198,0	254,3	246,4	256,6	145,6	85,4	88,8	37,9	46,2	36,5	76,9	81,8	80,7
S			179,5	237,4	260,1	219,0	205,4	192,2	122,7	76,7	95,7	45,9	48,1	43,9	84,7	102,2	102,0

* K – optymalna wilgotność gleby; optimal soil moisture, S – ograniczona wilgotność gleby (stres); limited soil moisture (stress)

4.8.2. Frakcje włókna

Stres wywołany ograniczeniem wilgotności gleby spowodował istotne zmniejszenie zawartości kwaśnej detergentowej frakcji włókna (ADF), natomiast w przypadku neutralnej detergentowej frakcji (NDF) wykazano jedynie tendencję spadkową (różnice na ogół nie były istotne). W pierwszym roku wegetacji zawartość frakcji ADF w suchej masie traw zmniejszyła się średnio o 11,6%, w drugim – o 18,0%, a w trzecim – o 25,9% (tab. 30). Uwzględnione w badaniach gatunki traw różniły się na ogół istotnie pod względem zawartości frakcji NDF i ADF. Zarówno przy optymalnym, jak i obniżonym poziomie wilgotności gleby najwięcej tych frakcji włókna w odroście wiosennym, jak również letnim wykazano w kupkówce, natomiast znacznie mniej w życicy i festulolium. Kostrzewa łąkowa zawierała ilości pośrednie tych składników (tab. XXIX w aneksie).

Stres związany z niedoborem wody w glebie różnicował także zawartość celulozy i lignin w suchej masie traw. Zawartość tych składników na ogół zmniejszała się w porównaniu z wykazaną w roślinach z obiektów optymalnie uwilgotnionych. W przypadku celulozy znaczące różnice zanotowano we wszystkich latach wegetacji traw (13,2% w pierwszym, 18,5% w drugim i 26,7% w trzecim roku), natomiast w przypadku lignin – w drugim i trzecim roku (odpowiednio o 13,3 i 23,5%) (tab. 30). W pierwszym roku wzrost zawartości lignin w warunkach niedoboru wody w glebie zanotowano w pierwszym (wiosennym), natomiast spadek – w trzecim (letnim) odroście, przy czym różnic istotnych nie stwierdzono. Badane gatunki traw były na ogół istotnie zróżnicowane pod względem zawartości celulozy i lignin. Najwięcej tych frakcji włókna wykazano u kupkówki, natomiast najmniej, w pierwszym roku wegetacji u życicy, zaś w drugim i trzecim – u festulolium (tab. XXX w aneksie).

Badane gatunki traw charakteryzowały się podobną zawartością hemiceluloz. Jednak w warunkach prowadzonych doświadczeń trawy nieco inaczej gromadziły hemicelulozy. W warunkach stresu związanego z niedoborem wody w glebie wykazano niewielki wzrost zawartości tej frakcji włókna, przy czym różnice na ogół nie były istotne (tab. 30). W optymalnych warunkach wilgotnościowych nieco więcej tej frakcji włókna wykazano w kupkówce i kostrzewie w porównaniu z życicą i festulolium, natomiast w warunkach stresu takiej zależności nie stwierdzono.

Tabela 30

Średnia zawartość frakcji włókna w suchej masie traw w zależności od poziomu wilgotności gleby ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
 Average content of fibre fractions in dry matter of grass depending on the level of soil moisture ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	lata badań; years of investigation															Ligniny; Lignins	Hemicelulozy; Hemicelluloses
			NDF neutralna frakcja detergentowa; Neutral detergent fibre			ADF kwaśna frakcja detergentowa; Acid detergent fibre			Celuloza; Cellulose										
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III					
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	695	712	664	362	346	305	323	308	269	38,8	38,2	36,6	328	366	358		
		S	647	649	596	272	307	234	246	267	209	26,3	39,5	24,8	374	343	363		
	Minora	K	756	705	685	384	373	322	343	328	287	40,3	45,7	34,5	372	332	364		
		S	668	646	602	339	289	237	297	255	210	41,5	34,6	26,1	329	357	365		
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	628	694	639	303	312	315	286	290	287	17,5	21,4	28,1	324	382	324		
		S	623	600	578	289	256	225	260	235	205	28,1	21,9	20,5	334	344	352		
	Skra	K	627	662	648	259	278	278	244	259	258	14,6	18,4	20,0	368	385	370		
		S	651	616	553	292	252	211	260	231	196	32,1	21,4	14,8	359	365	342		
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	588	575	561	279	273	257	262	256	239	17,1	17,3	18,1	310	302	304		
		S	542	574	537	233	236	199	219	215	180	14,8	21,5	18,6	308	338	339		
	Agula	K	574	571	573	266	279	287	252	258	264	13,7	20,9	22,9	309	292	286		
		S	597	590	528	234	230	204	220	209	186	14,5	19,8	17,2	363	361	324		
	Sulino	K	576	561	570	269	284	268	257	261	249	12,0	23,5	19,5	306	277	303		
		S	515	578	540	223	231	205	209	210	184	13,6	20,6	21,9	293	347	334		

cd. tab. 30

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	NDF neutralna frakcja detergentowa; Neutral detergent fibre		ADF kwasna frakcja detergentowa; Acid detergent fibre		Celuloza; Cellulose			Ligniny; Lignins			Hemicelulozy; Hemicelluloses				
			lata badań; years of investigation														
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Żyćica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	549	641	584	264	354	308	248	312	275	15,5	41,5	33,1	286	288	276
		S	548	604	540	225	265	218	210	238	195	14,2	27,3	23,3	323	339	322
	Lotos	K	511	605	578	254	346	295	240	303	264	14,5	43,3	31,9	257	259	282
		S	532	639	535	224	265	216	210	238	195	13,5	27,3	20,2	308	373	332
średnia dla odmiany; mean for cultivar																	
Amera			671	681	630	317	326	270	285	287	239	32,6	38,8	30,7	351	354	360
Minora			712	676	644	361	331	279	320	291	249	40,9	40,2	30,3	351	344	364
Fantazia			625	647	608	296	284	270	273	263	246	22,8	21,7	24,3	329	363	338
Skra			639	639	601	276	265	245	252	245	227	23,4	19,9	17,4	363	375	356
Felopa			565	575	549	256	255	228	240	235	209	16,0	19,4	18,4	309	320	321
Agula			586	581	550	250	254	245	236	234	225	14,1	20,4	20,0	336	327	305
Sulino			545	570	555	246	257	237	233	236	216	12,8	22,0	20,7	299	312	318
Gisel			548	622	562	244	309	263	229	275	235	14,8	34,4	28,2	305	313	299
Lotos			522	622	556	239	305	256	225	270	229	14,0	35,3	26,0	283	316	307
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture																	
K S			612	636	611	293	316	293	273	286	266	20,4	30,0	27,2	318	320	318
			591	611	557	259	259	217	237	233	195	22,1	26,0	20,8	332	352	342

* objaśnienia jak dla tab. 29; explanations as to the table 29

4.8.3. Składniki mineralne

Zawartość fosforu, potasu, wapnia i magnezu w suchej masie traw była istotnie zróżnicowana w zależności od poziomu wilgotności gleby. W warunkach stresu zanotowano wzrost zawartości fosforu, wapnia i potasu w porównaniu do roślin rosnących na obiektach optymalnie uwilgotnionych, przy czym w przypadku dwóch pierwszych makroelementów istotne różnice wystąpiły głównie w drugim i trzecim roku wegetacji, natomiast zawartość potasu była istotnie większa we wszystkich latach badań (o 39,5% w pierwszym, 71,4% w drugim i 81,3% w trzecim roku) (tab. 31). W warunkach optymalnej wilgotności gleby najmniej fosforu zgromadziła życica, natomiast w warunkach stresu zawartość tego składnika była podobna u wszystkich gatunków, zwłaszcza w drugim i trzecim roku wegetacji. We wszystkich latach badań trawy charakteryzowały się zbliżoną zawartością potasu w suchej masie, która w warunkach stresu była istotnie wyższa niż przy optymalnej wilgotności gleby. Zawartość wapnia zwiększała się natomiast w kolejnych latach wegetacji. Najmniej tego składnika zarówno w warunkach optymalnej, jak i ograniczonej wilgotności gleby stwierdzono w suchej masie kostrzewy, natomiast pozostałe gatunki traw charakteryzowały się nieco większą, a zarazem podobną jego zawartością. Przy wyższym poziomie wilgotności gleby wszystkie trawy podobnie gromadziły magnez, natomiast przy niższym – wykazano zmniejszenie zawartości tego makroelementu, szczególnie w drugim i trzecim roku wegetacji (tab. XXXI–XXXIV w aneksie).

Tabela 31

Średnia zawartość makroelementów w suchej masie traw w zależności od poziomu wilgotności gleby ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
 Average content of macroelements in dry matter of grass depending on the level of soil moisture ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	Fosfor; Phosphorus		Potas; Potassium			Wapń; Calcium			Magnez; Magnesium			
			lata badań; years of investigation											
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	3,5	3,2	2,9	15,5	16,2	15,0	9,4	12,2	13,2	3,1	3,8	4,2
		S	3,6	3,3	3,4	22,2	20,6	25,0	11,0	15,4	15,8	3,1	4,1	4,0
	Minora	K	3,4	3,4	2,9	15,5	18,4	14,7	9,2	12,7	13,3	2,8	3,4	4,0
		S	3,4	3,2	3,3	23,0	21,0	25,5	12,3	15,0	15,4	3,0	3,6	3,6
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazia	K	3,7	3,0	2,8	17,3	15,8	15,5	9,2	11,2	11,3	4,6	4,8	5,8
		S	3,5	3,6	3,8	21,4	23,7	29,2	8,7	14,7	14,4	4,3	4,6	3,9
	Skra	K	3,6	3,0	2,8	17,1	15,7	15,0	8,6	10,5	11,2	4,4	4,6	5,8
		S	3,4	3,6	3,9	22,9	24,1	28,1	8,9	13,4	13,7	4,4	4,2	4,0
	Felopa	K	3,5	2,8	2,6	17,0	14,9	15,9	10,6	12,4	11,8	4,4	5,0	4,9
		S	3,0	3,7	3,8	20,3	29,4	28,6	10,5	14,9	16,4	4,0	4,3	4,2
Festulolium; Festulolium	Agula	K	3,5	2,8	2,7	15,4	14,7	14,2	11,5	12,5	12,8	4,3	5,0	5,3
		S	3,3	3,9	3,8	23,4	30,0	27,9	10,7	16,0	16,6	3,9	4,4	4,5
	Sulino	K	3,2	2,9	2,7	15,4	14,9	15,6	10,1	12,6	12,8	3,8	5,4	5,5
		S	3,1	3,9	3,5	23,3	28,7	26,2	10,5	15,9	16,2	4,1	4,3	4,4

cd. tab. 31

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	Fosfor; Phosphorus			Potas; Potassium			Wapń; Calcium			Magnez; Magnesium		
			lata badań; years of investigation											
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Żyćica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	2,7	2,5	2,5	13,8	13,9	14,8	9,7	11,5	13,1	3,5	4,3	4,6
		S	2,6	3,7	3,5	21,4	29,1	27,0	10,6	13,9	15,8	3,3	3,7	3,8
	Lotos	K	2,7	2,6	2,5	14,7	14,5	14,4	9,7	11,9	13,7	3,1	4,3	5,2
		S	2,6	3,8	3,4	19,4	31,0	26,9	11,7	15,6	16,3	3,4	4,0	4,2
średnia dla odmiany; mean for cultivar														
Amera			3,6	3,2	3,2	18,8	18,4	20,0	10,2	13,8	14,5	3,1	4,0	4,1
Minora			3,4	3,3	3,1	19,2	19,7	20,1	10,8	13,8	14,4	2,9	3,5	3,8
Fantazja			3,6	3,3	3,3	19,4	19,8	22,4	9,0	13,0	12,8	4,4	4,7	4,8
Skra			3,5	3,3	3,4	20,0	19,9	21,6	8,8	12,0	12,4	4,4	4,4	4,9
Felopa			3,3	3,2	3,2	18,6	22,2	22,2	10,6	13,6	14,1	4,2	4,6	4,6
Agula			3,4	3,4	3,2	19,4	22,4	21,0	11,1	14,2	14,7	4,1	4,7	4,9
Sulino			3,2	3,4	3,1	19,3	21,8	20,9	10,3	14,2	14,5	4,0	4,8	5,0
Gisel			2,7	3,1	3,0	17,6	21,5	20,9	10,2	12,7	14,4	3,4	4,0	4,2
Lotos			2,7	3,2	3,0	17,1	22,8	20,6	10,7	13,8	15,0	3,3	4,2	4,7
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture														
K			3,3	2,9	2,7	15,7	15,4	15,0	9,8	11,9	12,6	3,8	4,5	5,0
S			3,2	3,6	3,6	21,9	26,4	27,2	10,5	15,0	15,6	3,7	4,1	4,1

* objaśnienia jak dla tab. 29; explanations as to the table 29

5. DYSKUSJA

Reakcją traw pastewnych na warunki stresowe wywołane niedoborem wody w glebie jest ograniczenie poziomu plonowania. Wynika to z hamowania procesów wzrostu roślin, intensywności fotosyntezy oraz zakłóceń w transporcie i dystrybucji asymilatów z blaszek liściowych do innych organów rośliny (Zagdańska 1992, Starck 1995, 2002 i 2010, Lu i Zhang 1998, Kacperska 2002, Kocoń i Podleśna 2004). Wyniki badań własnych potwierdzają, że kupkówka pospolita, kostrzewa łąkowa, festulolium (kostrzyca Brauna) i życica wielokwiatowa na niższą wilgotność gleby reagowały istotnym obniżeniem poziomu plonowania. Łączny plon traw, za trzyletni okres użytkowania, po stresie w pierwszym i drugim roku był mniejszy średnio o 24%, w pierwszym i trzecim – o 29%, w drugim i trzecim – o 34%, natomiast tylko w drugim roku – o 13%, w porównaniu z plonem uzyskanym z obiektów optymalnie uwilgotnionych. Najmniejszą redukcję plonu suchej masy w warunkach stresu wykazano u kupkówki pospolitej i kostrzewy łąkowej, natomiast zdecydowanie większą – u festulolium i życicy wielokwiatowej. Przyjęcie wielkości obniżki plonu rolniczego jako kryterium miary odporności na stres wskazuje, że najbardziej odporna na działanie długotrwałej suszy była kupkówka pospolita, mniej – kostrzewa łąkowa, natomiast odporność festulolium i życicy wielokwiatowej była najmniejsza i zarazem podobna. Wskazuje to, że mieszaniec festulolium pod względem wrażliwości na niedobór wody w glebie był bardziej podobny do życicy wielokwiatowej niż kostrzewy łąkowej. W badaniach Olszewskiej i in. (2010) wykazano, że w warunkach długotrwałego stresu wodnego (35% ppw) nastąpiło istotne ograniczenie plonowania trzech gatunków traw, przy czym najmniejszą obniżkę plonu suchej masy wykazano u życicy trwałej (o 46%), większą u kupkówki pospolitej (o 57%), zaś największą u kostrzewy łąkowej (o 68%). Podobne wyniki uzyskali Madziar i Latanowicz (1996), którzy stwierdzili, że spośród badanych gatunków traw, niezależnie od wilgotności gleby, najlepiej plonowała kupkówka pospolita, słabiej tymotka, natomiast zdecydowanie najslabiej kostrzewa łąkowa. Zdaniem wielu autorów w warunkach polowych nawadnianie traw pastewnych i roślin zbożowych znacznie podnosi ich plonowanie w latach suchych. Według Rumasza-Rudnickej (2010), nawadnianie życicy westerwoldzkiej zwiększyło plony świeżej masy o 17,1%, a Chmura i in. (2009) wykazali, że deszczowanie zbóż w okresie wegetacyjnym, w roku o opadach poniżej 200 mm, przyczyniło się do zwiększenia plonu pszenicy ozimej o 22%, pszenicy jarej o 39%, a jęczmienia jarego o 40%. Zboża podobnie jak trawy pastewne należą do rodziny Wiechlinowate (*Poaceae*) i podobnie reagują na stres suszy. Z kolei Norris i Thomas (1982) donoszą, że wstrzymanie deszczowania życicy na 10 dni przed koszeniem obniżyło plon o 20%, natomiast zaprzestanie nawadniania na 6 tygodni – aż o 45%. Wyniki badań własnych (Staniak 2008) potwierdzają wcześniejsze obserwacje o małej odporności na suszę mieszańca festulolium. Wykazano bowiem, że w roku o ograniczonej ilości opadów w czerwcu i lipcu udział festulolium odmiany Sulino w plonie drugiego odrostu mieszanek

z koniczyną czerwoną został zredukowany o ok. 80% w porównaniu z udziałem w pierwszym odroście. W innych badaniach Staniak (2004a) wykazała, że ograniczone opady w maju spowodowały redukcję rocznego plonu festulolium odmiany Felopa (uprawianego w siewie czystym) o 15% w stosunku do osiągniętego w roku o optymalnych opadach. O dużej wrażliwości tego mieszańca na niedobór wody w glebie informują także Wilman i in. (1998), Łyszczarz i in. (1999), Borowiecki (2002b) oraz Gutmane i Adamovich (2004). Nie potwierdzają tego natomiast wyniki badań Thomasa i Humphreysa (1991) oraz Joksia i in. (1998), które wskazują, że mieszańiec ten był odporny na suszę podobnie jak kostrzewa łąkowa oraz Domańskiego i Joksia (1999), w których wykazano, że mieszańiec festulolium w warunkach ograniczonej wilgotności gleby plonował na podobnym poziomie jak kostrzewa trzcinowa. Hamowanie wzrostu w warunkach suszy jest typową reakcją obronną roślin. Deficyt wody w podłożu prowadzi przede wszystkim do zmniejszenia potencjału wodnego pędów roślin i stymulacji wzrostu systemu korzeniowego. Bezpośrednim odzwierciedleniem tych reakcji w roślinie jest zmiana sposobu dystrybucji asymilatów, co w rezultacie przekłada się na mniejszy plon masy nadziemnej (Zagdańska 1992, Volkman 1997, Starck 2002).

Jednym z czynników decydujących o plonowaniu roślin, oprócz warunków siedliskowych i zabiegów agrotechnicznych, jest odmiana (Goliński 2008). W ostatnich latach zwraca się coraz większą uwagę na odmiany traw, co wyraża się z jednej strony zainteresowaniem hodowców kreowaniem nowych odmian, z drugiej zaś użytkowników do ich praktycznego wykorzystania (Madziar i Latanowicz 1996). Uzyskane wyniki wskazują, że poszczególne odmiany traw różnie reagowały na niedobór wody w glebie. Biorąc pod uwagę poziom plonowania w warunkach stresu w pierwszym roku wegetacji, wykazano, że spośród odmian kupkówki pospolitej bardziej odporna na stres była Minora niż Amera, obie odmiany kostrzewy łąkowej, tj. Skra i Fantazja reagowały podobnie na suszę, wśród odmian festulolium (Felopa, Agula i Sulino) najbardziej odporna była Sulino, natomiast w przypadku życicy wielokwiatowej – odmiana Gisel w porównaniu z Lotos. W warunkach ograniczonej wilgotności gleby w drugim roku wegetacji spośród odmian kupkówki pospolitej bardziej odporna na stres była Amera niż Minora, w przypadku kostrzewy łąkowej – Fantazja niż Skra, z odmian festulolium najmniej wrażliwa okazała się Felopa, natomiast z odmian życicy wielokwiatowej, podobnie jak w pierwszym roku – Gisel. Badania przeprowadzone przez Szoszkiewicza i in. (1991) również wykazały zróżnicowaną reakcję odmian traw na stres suszy. Przy optymalnej wilgotności gleby najlepiej plonowały późne odmiany traw (kupkówka pospolita – Satra i kostrzewa łąkowa – Westa), natomiast w warunkach stresu wodnego (40% ppw) – średniowczesna odmiana kupkówki pospolitej – Amera oraz późna odmiana kostrzewy łąkowej – Westa. Zdaniem Olszewskiej (2009), spośród badanych odmian kostrzewy łąkowej lepszą wydajność zarówno w optymalnych warunkach wilgotnościowych (80% ppw), jak i niedoboru wody (40% ppw) wykazano u odmiany Skra w porównaniu ze Skawą, przy czym różnic istotnych w warunkach stresu nie udowodnio-

no. W innych badaniach ta sama autorka wykazała wyższe plonowanie kupkówki odmiany Dala w porównaniu z odmianą Areda, bez względu na poziom wilgotności gleby (Olszewska 2006a). Według Kochanowskiej-Bukowskiej (2001), spośród badanych odmian kupkówki najwyżej plonowała Astera, istotnie niżej – Amera i Bepro, natomiast najniżej – Potomac. Największą wydajnością charakteryzowała się kupkówka uprawiana w warunkach 65 i 50% ppw, natomiast istotnie niższe plony uzyskano przy wilgotności gleby wynoszącej 35 i 80% ppw. Również w przypadku roślin zbożowych wykazano istotne różnice odmianowe w reakcji na stres wodny (Grudkowska i in. 2003, Kocoń 2006). Uzyskane wyniki badań własnych potwierdziły wcześniejsze doniesienia literaturowe dotyczące zróżnicowanej reakcji poszczególnych odmian traw na stres wodny. Według Dziadczyka (2002), wynika to przede wszystkim z genetycznych uwarunkowań tolerancji odmian danego gatunku na stres.

Zdaniem Chmury i in. (2009), zapotrzebowanie roślin na wodę związane jest z gatunkiem, odmianą, a także fazą rozwojową – wzrasta w miarę przyrostu masy. Największe zapotrzebowanie na wodę występuje zwykle w krytycznym okresie rozwoju rośliny, w którym jest ona wyjątkowo wrażliwa na określony czynnik stresowy. Najczęściej odpowiada to fazom pod koniec rozwoju wegetatywnego i początku tworzenia organów generatywnych. Wyniki badań własnych potwierdziły tę opinię w przypadku badanych traw pastewnych, które były najbardziej wrażliwe na stres pod koniec fazy krzewienia. W pierwszym roku wegetacji ograniczenie wilgotności gleby w tej fazie spowodowało redukcję rocznego plonu suchej masy średnio o 40%, w fazie strzelania w źdźbło – o 35%, natomiast w fazie początku kłoszenia – o 31% w porównaniu z plonem uzyskanym z obiektu optymalnie uwilgotnionego. Podobnie było w drugim roku wegetacji. Stres zadany roślinom w fazie wegetatywnej spowodował spadek rocznego plonu suchej masy średnio o 49%, natomiast w fazie strzelania w źdźbło – o 43%. Literatura dotycząca wyznaczania okresów krytycznych u traw jest bardzo uboga, być może ze względu na fakt, że są to gatunki wielokośne. Stres zastosowany w pierwszym odroście powodował bowiem reakcję roślin tylko w tym jednym, natomiast nie miał większego wpływu na plonowanie traw w kolejnych odrostach. Dlatego w praktyce, jeśli susza nie trwa zbyt długo, najczęściej następuje redukcja plonu, a czasem nawet całkowita utrata jednego odrostu. Znajomość tego zagadnienia może być przydatna przy określaniu prognozowanych strat w plonowaniu traw w zależności od czasu wystąpienia suszy, zwłaszcza w pierwszym odroście, który jest dominujący pod względem udziału w plonie rocznym. Zagadnienie okresów krytycznych jest natomiast dosyć dobrze rozpoznane w przypadku roślin zbożowych (Grzesiuk i Górecki 1978, Zagdańska i Pacanowska 1979, Grudkowska i in. 2003, Kocoń 2006a, Podolska i Hołubowicz-Kliza 2006a i 2006b).

Zdolność plonowania traw w warunkach stresu jest dobrym miernikiem tolerancji niedoboru wody w glebie, jednak ich reakcja uzależniona jest nie tylko od gatunku i odmiany, ale także od wieku roślin. Wyniki badań własnych wykazały bowiem, że młode trawy zareagowały na stres zastosowany w pierwszym roku we-

getacji średnio 35% spadkiem poziomu plonowania, natomiast starsze na niedobór wody w drugim roku – średnio 46% obniżeniem plonu w porównaniu z osiągniętym z obiektu optymalnie uwilgotnionego. W pierwszym roku najmniejszą redukcję plonu suchej masy w warunkach stresu wykazano u kupkówki pospolitej (o 29%), nieco większą u kostrzewy łąkowej (o 32%), natomiast zdecydowanie największą u festulolium i życicy wielokwiatowej (odpowiednio o 39 i 38%). Uszeregowanie gatunków pod względem tolerancji na suszę w drugim roku wegetacji było takie samo jak w pierwszym, tzn. najbardziej odporna na stres była kupkówka pospolita, następnie kostrzewa łąkowa, natomiast najmniejszą odpornością cechowały się festulolium i życica wielokwiatowa (redukcja plonu odpowiednio o 36, 38, 53 i 55%). Te wyniki potwierdzają wcześniejsze badania Jurka (1994), który wykazał większą zdolność plonowania życicy trwałej w pierwszym niż w trzecim roku wegetacji. Potwierdzony związek plonowania badanych gatunków traw z wiekiem rośliny wskazuje na konieczność dokonywania oceny odporności na suszę w kolejnych latach wegetacji traw. Przemawia za tym również zależne od wieku rośliny kształtowanie się zmienności niektórych cech, na przykład zmienność zdolności do wzrostu i krzewienia jest większa u roślin starszych, natomiast odporność na zasychanie u młodszych (w pierwszym roku wegetacji).

Po nawodnieniu gleby następuje przerwanie suszy, a następnie rozpoczyna się proces regeneracji roślin. Według Kempa i Culvenora (1994), ma on dużo większe znaczenie dla roślin niż utrzymanie wzrostu w czasie suszy. Zamieranie liści podczas przedłużającego się braku wody jest bardzo istotne dla rośliny, gdyż umożliwia przemieszczanie białek, tłuszczów i innych makromolekuł do takich organów, jak np.: zawiązki młodych liści, kwiaty czy nasiona, z których roślina będzie mogła się zregenerować po ustąpieniu suszy (Volaire 2003, Munne-Bosch i Alegre 2004). Zdaniem Volaire i Lelièvre (2005), proces regeneracji traw uzależniony jest w głównej mierze od zagęszczenia i stopnia odrastania pędów przeżywających długotrwałe niedobory wody oraz od wzrostu nowych pędów. Kluczowymi organami decydującymi o przetrwaniu okresu niedoboru wody u traw są zawiązki liściowe, które tolerują znacznie niższe wartości potencjału osmotycznego niż w pełni wykształcona blaszka liściowa i to one inicjują późniejszy odrost roślin. Najszybciej bowiem wzrasta nawodnienie młodych tkanek, wydłużających się blaszek i pochw liściowych, natomiast zdecydowanie wolniej dojrziałych liści (Volaire 2003). Według Carrow (1996a i 1996b), zamieranie liści traw będące objawem stopniowej degradacji chlorofilu uważa się za dobry wskaźnik odporności roślin na warunki suszy. W badaniach własnych pełną regenerację trawy uzyskały w drugim roku wegetacji, po okresie obniżonej wilgotności gleby w pierwszym roku. Długotrwały stres korzystnie wpłynął na poziom plonowania traw, u których wykazano większą wydajność w porównaniu z uzyskaną na obiektach optymalnie uwilgotnionych przez cały okres prowadzenia badań (średnio o 7%). Największy przyrost plonu zanotowano u życicy wielokwiatowej i kostrzewy łąkowej, a najmniejszy u festulolium. Jeszcze większe przyrosty plonu suchej masy zanotowano w trzecim roku wegetacji, po

stresie w pierwszym i drugim roku (średnio o 14%). Największe zdolności regeneracyjne w tych warunkach stwierdzono u kostrzewy łąkowej odmiany Fantazja. Pełną regenerację traw po okresie długotrwałej suszy w warunkach polowych wykazał również Żurek (2006). Zadarnienie traw, w stosunku do wartości wyjściowych, wynosiło: u życicy trwałej – 105%, u wiechliny łąkowej – 102%, u kostrzewy czerwonej – 100%, u kostrzewy trzcinowej – 107%, u śmiałka darniowego – 115%, zaś u kostrzewy owczej – 97%. Natomiast w drugim roku badań kondycja traw po kolejnej suszy letniej zmniejszyła się i zadarnienie u tych gatunków wynosiło odpowiednio: 104, 69, 72, 88, 55 i 83% w stosunku do wartości wyjściowych. W przeprowadzonych badaniach własnych odtworzenie potencjału roślin po okresowym niedoborze wody w glebie było możliwe przypuszczalnie dlatego, że trawy cały czas miały dostęp do wody, choć dużo mniejszej jej ilości (40% ppw) i nie osiągały punktu trwałego wędnięcia, który dla traw wynosi $pF = 4,2$, a którego przekroczenie powoduje wyraźne wędnięcie i zasychanie traw w wazonach (Zimont i Pawlak 1978). Dlatego rośliny częściowo przystosowały się do niekorzystnych warunków. Można zatem wnioskować, że o wielkości plonu traw w warunkach suszy decyduje zdolność roślin do tolerowania odwodnienia, zaś zdolność do unikania odwodnienia nie ma w tym przypadku praktycznego znaczenia. Ten rodzaj obrony przed stresem nabiera znaczenia przy niewielkich lub krótkotrwałych niedoborach wody w glebie i może być wystarczającym mechanizmem dla utrzymania stosunkowo wysokiego plonu rolniczego (Araus i in. 2002).

Wrażliwość roślin na stresy środowiskowe określa się wartością wskaźnika wrażliwości na suszę (DSI). Pozwala on porównywać reakcję na stres związany z niedoborem wody w glebie różnych genotypów, co umożliwia selekcję najwartościowszych z nich, np. w celu dalszych prac hodowlanych i wprowadzania do praktyki rolniczej nowych, ulepszonych odmian. Ta metoda oszacowania ilościowego wskaźnika tolerancji na suszę jest uproszczona, ponieważ nie uwzględnia współdziałania warunków suszy z fazami rozwojowymi roślin oraz ważnymi wskaźnikami fizjologicznymi, w tym szczególnie z transpiracją. Dostarcza jednak ogólnych informacji, na podstawie których możliwe jest zaszeregowanie testowanych odmian w grupy wyraźnie różniące się poziomem plonowania w warunkach ograniczonego zaopatrzenia w wodę. Wyznaczony w przeprowadzonych badaniach wskaźnik DSI wykazał, że inne jest uszeregowanie odmian traw w pierwszym i drugim roku wegetacji, co wynikało z różnej reakcji na suszę roślin młodych i starszych. W obu latach najbardziej odpornym na suszę gatunkiem trawy była kupkówka pospolita, przy czym w pierwszym roku niższym wskaźnikiem DSI charakteryzowała się odmiana Minora, natomiast w drugim roku – Amera. Kolejnym gatunkiem w szeregu odporności była kostrzewa łąkowa (odmiana Fantazja odporniejsza niż Skra). Najmniej odporne były odmiany festulolium i życicy wielokwiatowej, przy czym w pierwszym roku mniejszą wrażliwość na stres wykazano u festulolium odmiany Sulino oraz życicy – Gisel, natomiast w drugim roku wrażliwość wszystkich odmian obu tych gatunków była większa i zarazem podobna. Przedstawione wyniki mają

dużą wartość poznawczą, ponieważ literatura dotycząca wyznaczania wskaźnika DSI dla różnych gatunków i odmian traw pastewnych jest w naszym kraju bardzo uboga. Więcej jest badań dotyczących zbóż. Ocenę odporności na suszę odmian pszenicy jarej, na podstawie wartości wskaźnika DSI, przeprowadzili na przykład Grudkowska i in. (2003) oraz Bahar i Yildirim (2010).

Jednym z ważniejszych procesów fizjologicznych zmieniających się pod wpływem stresów środowiskowych jest fotosynteza. Skala jej zmian zależy jednak nie tylko od wystąpienia czynnika stresowego, ale również od jego natężenia i czasu pojawienia się. Wyniki badań własnych wykazały, że przy optymalnym uwilgotnieniu gleby trawy najintensywniej asymilowały CO_2 w fazie końca krzewienia/strzelania w źdźbło i kłoszenia, natomiast o około 30% słabiej w fazie kwitnienia. W warunkach stresu największy spadek intensywności tego procesu wykazano również pod koniec fazy krzewienia/strzelania w źdźbło (o 54%), co świadczy o szczególnej wrażliwości roślin na niedobór wody w glebie w tej fazie wzrostu i rozwoju. Potwierdza to również wcześniejsze spostrzeżenie dotyczące wystąpienia okresu krytycznego w końcu fazy wegetatywnej u badanych gatunków traw. Przy optymalnym uwilgotnieniu gleby wysoką intensywność procesu fotosyntezy wykazały życica wielokwiatowa i festulolium. Życica jest rośliną o fotosyntezie typu C_4 , co sprawia, że proces asymilacji CO_2 przebiega u niej intensywnie nawet podczas wysokich temperatur letnich i dzięki temu trawa ta osiąga duże przyrosty masy nadziemnej (Kukułka i Kozłowski 1977). Jest również jednym z gatunków rodzicielskich mieszańca festulolium (obok kostrzewy łąkowej), który, jak wykazały wyniki licznych doświadczeń, większość badanych cech przejął właśnie po życicy (Jokś i in. 1998, Domański i Jokś 1999, Ostrowski 2000, Borowiecki 2005). Jednocześnie gatunki o większej intensywności fotosyntezy, przy optymalnym uwilgotnieniu gleby, silniej reagowały na deficyt wody w podłożu niż gatunki o mniejszej intensywności tego procesu. Najmniejsze ograniczenie fotosyntezy w warunkach suszy stwierdzono u kupkówki pospolitej (w pierwszym roku u odmiany Minora, a w drugim – Amara), natomiast największe – u życicy wielokwiatowej i festulolium. Według Ghannoum (2009), rośliny o fotosyntezie typu C_4 są bardziej wrażliwe na stres suszy niż rośliny typu C_3 . Flexas i Medrano (2002) podają, że duże ograniczenie intensywności fotosyntezy traw może być efektem zwiększonego udziału fotooddychania w wymianie gazowej, które w warunkach stresowych często się nasila, jako jeden z mechanizmów rozpraszania nadmiaru energii w procesie asymilacji CO_2 . Zdaniem Dziadczyka (2002), tolerancyjność roślin na stres polega natomiast na zdolności do utrzymywania procesów życiowych na jak najmniej zmienionym poziomie w warunkach środowiska odbiegających od optymalnych. Podobne zależności wykazano w stosunku do transpiracji, procesu, który był silnie skorelowany z fotosyntezą. Uwzględnione w badaniach trawy w warunkach stresu najbardziej ograniczyły wyparowywanie wody z jednostki powierzchni liścia w fazie końca krzewienia/strzelania w źdźbło (o 83%), głównie poprzez zamykanie aparatów szparkowych, przez co przewodnictwo szparkowe zmniejszyło się o 91%. Dla porównania, spadek intensywności transpiracji

w fazie kłoszenia wynosił 56%, a przewodnictwa szparkowego – 49%. Wyniki badań własnych są zbieżne z doniesieniami innych autorów. Według Rumasz-Rudnickiej (2010), pod wpływem nawadniania życicy westerwoldzkiej intensywność fotosyntezy wzrosła o 28%, zaś transpiracji o 63%. Zdaniem Olszewskiej i in. (2010), spośród badanych gatunków traw (życica trwała, kupkówka pospolita, kostrzewa łąkowa, tymotka łąkowa i rajgras wyniosły) przy optymalnej wilgotności gleby największą intensywnością procesu fotosyntezy charakteryzowała się kostrzewa łąkowa, zaś najmniejszą – kupkówka pospolita. Natomiast w warunkach stresu u kostrzewy łąkowej zanotowano największy spadek asymilacji CO_2 , zaś u kupkówki pospolitej niewielki i nieistotny statystycznie. Podobne zależności wystąpiły w przebiegu transpiracji. Istotne obniżenie intensywności fotosyntezy i transpiracji u różnych gatunków i odmian traw w warunkach stresu suszy stwierdzono także w badaniach innych autorów (Jones i in. 1980a, Olszewska 2004, Xu i Zhou 2005, Olszewska 2006a, 2006b, 2008 i 2009). Wymiana gazowa w warunkach różnej wilgotności gleby jest wnikliwie badana również u innych gatunków, między innymi u roślin zbożowych. Wojtasik (2004) stwierdził, że deszczowanie jęczmienia browarnego przyczyniło się do wzrostu intensywności fotosyntezy o 13%, a transpiracji o 26%, natomiast w przypadku jęczmienia pastewnego – odpowiednio o 43 i 96%. Nawadnianie miało też wpływ na przewodność dyfuzyjną szparek, która w tych warunkach istotnie wzrosła. Zmniejszenie wartości parametrów wymiany gazowej w warunkach stresu suszy u pszenicy obserwowali Lu i Zhang (1998), Bartoli i in. (1999), Kocoń i Podleśna (2004), Kocoń (2006a i 2006b) oraz Olszewski i in. (2007 i 2009). W warunkach deficytu wody w glebie rośliny tracą turgor i aby zmniejszyć utratę wody, ograniczają transpirację, zamykając aparaty szparkowe. To z kolei ogranicza pobieranie dwutlenku węgla i tym samym spowalnia proces fotosyntezy. Każde ograniczenie tego procesu powoduje obniżkę plonu (Xu i in. 1990, Kacperska 1991, Lawlor 1995, Jones 1998, Lu i Zhang 1998, Hall i Rao 1999, Zhu 2002, Hejtník i Křížková 2004, Gong i in. 2006, Żurek 2006, Hura i in. 2007, Jeżowski i in. 2009). Zmiany natężenia procesów fizjologicznych w niekorzystnych warunkach wilgotności gleby mogą być również wynikiem mechanizmów naprawczych (Starck 2002) lub mogą być związane ze zmniejszeniem eksportu asymilatów z blaszek liściowych do innych organów rośliny (Starck 1995).

Jednym z głównych czynników decydujących o przetrwaniu rośliny w warunkach suszy jest efektywne gospodarowanie wodą. Gospodarkę wodną roślin dobrze określa współczynnik efektywności wykorzystania wody (WUE). W badaniach własnych wykazano, że WUE wszystkich badanych gatunków i odmian traw był istotnie wyższy w warunkach obniżonej wilgotności gleby w porównaniu z efektywnością na obiektach optymalnie uwilgotnionych. Świadczy to o lepszej gospodarce wodnej roślin w czasie stresu. Efektywność wykorzystania wody była przy tym znacznie większa w pierwszym niż w drugim roku wegetacji, co dowodzi, że młode rośliny lepiej niż starsze wykorzystywały wodę w niekorzystnych warunkach wilgotnościowych. Najwyższe wartości współczynnika WUE uzyskano w fazie końca

krzewienia/strzelania w źdźbło, natomiast w kolejnych fazach rozwojowych traw jego wartości były coraz mniejsze. Najbardziej oszczędną gospodarkę wodą prowadziła kupkówka pospolita odmiany Amera i kostrzewa łąkowa odmiany Fantazja, natomiast największe potrzeby wodne miały: festulolium odmiany Agula i życica wielokwiatowa odmiany Lotos. Wyniki badań własnych korespondują z badaniami Pietkiewicza i in. (2005) oraz Kocoń i Podleśnej (2010), w których wykazano, że współczynnik WUE zwiększa się przy niedoborze wody w glebie i zmniejsza się, gdy dostępność wody wzrasta. Olszewska i in. (2010) stwierdzili istotnie wyższe wartości współczynnika wykorzystania wody w warunkach stresu suszy u kupkówki pospolitej, tymotki łąkowej, kostrzewy łąkowej, życicy trwałej i rajgrasu wyniosłego niż na obiektach optymalnie uwilgotnionych. Cytowani autorzy wykazali również, że kupkówka pospolita była gatunkiem odznaczającym się największą efektywnością wykorzystania wody. Natomiast o lepszym gospodarowaniu wodą przez życicę westerwoldzką w warunkach stresu donosi Rumasz-Rudnicka (2010). Wyższą wartość współczynnika WUE w warunkach stresu suszy wykazali też Rykaczewska i in. (2004) oraz Vitale i in. (2009). Zdaniem Hall (1990), wysoka wartość WUE pozwala na utrzymanie wysokiego wskaźnika plonowania, nawet w okresie suszy. Według Bokhari i Trenta (1985), Karolewskiego (1996) oraz Osório i in. (2011), deficyt wody powoduje gromadzenie się w komórkach roślin proliny, która jest substancją o działaniu antystresowym. Szybka akumulacja tego aminokwasu wpływa na lepszą efektywność pobierania wody z gleby oraz pozwala na dłuższe jej utrzymywanie w roślinie. Jak podaje Bandurska i in. (2008), akumulacja proliny uzależniona jest od wielu czynników, między innymi od wieku rośliny – w warunkach suszy młode rośliny akumulują więcej proliny niż roślin starsze, co może tłumaczyć większą efektywność wykorzystania wody przez trawy w pierwszym roku niż w drugim.

Ważną rolę w ocenie traw pastewnych spełniają barwniki chlorofilowe. Decydują one o procesach życiowych roślin i ich składzie chemicznym. Według Kozłowskiego i Kukułki (1979, 1996a i 1996b), są one wskaźnikiem żywotności roślin i ich reakcji na zmieniające się warunki środowiska w kolejnych latach użytkowania. Traktuje się je także jako indykator dojrzewania roślin. Zmiany stężenia barwników chlorofilowych mogą następować w bardzo krótkim czasie, jako reakcja na aktualne czynniki siedliska (Falkowski i in. 1989). Wyniki badań własnych wykazały, że zawartość wody w glebie była czynnikiem modyfikującym względną zawartość chlorofilu w liściach wszystkich badanych gatunków traw. Nieco inna była jednak reakcja roślin młodych w pierwszym roku wegetacji niż roślin starszych w drugim roku. U roślin młodych w warunkach niedoboru wody w glebie indeks zieloności liścia SPAD zwiększył się średnio o 15%, przy czym największe jego wartości wykazano u kostrzewy łąkowej odmiany Skra i Fantazja, a najmniejsze u życicy wielokwiatowej odmiany Lotos. W drugim roku wzrost indeksu SPAD, przy ograniczonej wilgotności gleby, stwierdzono u odmian kupkówki pospolitej i kostrzewy łąkowej, natomiast spadek – u odmian życicy wielokwiatowej i festulolium. Zanotowano także znaczne zróżnicowanie względnej zawartości chlorofilu

w poszczególnych odrostach roślin, co może świadczyć o wpływie temperatury, natężenia światła i długości dnia na zmiany tego indeksu. W pierwszym roku wegetacji najniższe wartości SPAD zanotowano w pierwszym odroście, w drugim nastąpił wzrost, natomiast w trzecim – ponowny, niewielki spadek. W drugim roku wegetacji podobny układ wystąpił w pierwszych trzech odrostach, przy czym różnice nie były znaczne, natomiast w czwartym i piątym zawartość chlorofilu była mniejsza niż w pierwszym odroście. Wyniki badań własnych są zbieżne z rezultatami Olszewskiej, która w pierwszym roku wykazała istotnie większe wartości SPAD w warunkach stresu suszy u odmian kostrzewy łąkowej i tymotki łąkowej (Olszewska 2009), festulolium (Olszewska 2008) i kupkówki pospolitej (Olszewska 2006b). Nie potwierdziła tej zależności tylko w przypadku życicy trwałej (Olszewska 2006a). O wzroście stężenia chlorofilu w liściach życicy westerwoldzkiej w warunkach niedoboru wody w glebie donosi Rumasz-Rudnicka (2010), a kupkówki pospolitej – Falkowski i in. (1989). Kozłowski i Kukułka (1996a i 1996b) podają natomiast, że w warunkach wysokiej temperatury powietrza i niedoboru opadów wyraźnie osłabiła się żywotność kilku odmian życicy trwałej, czego wynikiem było obniżenie zawartości chlorofilu w liściach; u dwóch odmian ilość tego barwnika wzrosła, co autorzy tłumaczą ich większą żywotnością. Należy przy tym zauważyć, że gatunek ten wysiano w 1990 r., a susza wystąpiła w 1992 r., czyli oceniano rośliny starsze. W badaniach własnych również wykazano obniżenie żywotności życicy wielokwiatowej i festulolium w drugim roku wegetacji, o czym świadczyła mniejsza wartość indeksu SPAD, natomiast u kupkówki pospolitej i kostrzewy łąkowej wartości te były wyższe, co wskazywało na ich większą żywotność i odporność na suszę. Stanowi to potwierdzenie opinii Jurka (1994) o zróżnicowanej reakcji na suszę traw różniących się wiekiem i wskazuje na konieczność uwzględniania tego faktu w czasie dokonywania oceny odporności roślin na stres. Większe wartości SPAD, zwłaszcza w pierwszym roku wegetacji, u roślin uprawianych w warunkach obniżonej wilgotności gleby mogły wynikać z ich reakcji obronnej przed stresem. Zdaniem Jones i in. (1980b), w warunkach niedoboru wody zachodzą zmiany w budowie morfologicznej i anatomicznej liści – są krótsze, a ich powierzchnia mniejsza. Następuje też zmniejszanie się komórek i zagęszczanie tkanek liściowych, w związku z tym wzrasta w nich stężenie związków mało- i wielkocząsteczkowych, m.in. chlorofilu. Wyniki badań własnych potwierdziły też wcześniejsze badania innych autorów wskazujące na znaczne różnice odmianowe w obrębie gatunków traw pod względem zawartości chlorofilu w liściach (Falkowski i Kukułka 1979 i 1999, Falkowski i in. 1989 i 2000, Swędrzyński i Kozłowski 1994, Kozłowski i Kukułka 1996a i 1999, Gregorczyk i Raczyńska 1997, Goliński i Kozłowski 1998, Kozłowski i in. 2001). Według opinii Falkowskiego i Kukułki (1979), zmniejszenie ilości chlorofilu następuje wraz z osłabieniem natężenia światła. Z badań przeprowadzonych przez Falkowskiego i Kukułkę (1979) oraz Falkowskiego i in. (1989) wynika też, że największe ilości chlorofilu występują w liściach traw wiosną, mniejsze – jesienią, a najmniejsze – w lecie. Jest to jednak cecha gatunkowa, ściśle uzależniona od warunków siedlisko-

wych, przede wszystkim natężenia światła, temperatury i uwilgotnienia gleby. Wyniki badań własnych nie są zgodne z tymi spostrzeżeniami, potwierdzają natomiast opinię Gáborčika (1997) oraz Olszewskiej (2004) o większym stężeniu barwnika w drugim i trzecim aniżeli w pierwszym odroście traw.

Obniżenie wilgotności podłoża rośliny tolerują do pewnego poziomu, poniżej którego zaczynają pojawiać się zmiany, najpierw o charakterze odwracalnym (np. odwodnienie komórek podstawy blaszki liściowej), a przy dalszym obniżaniu wilgotności – o charakterze nieodwracalnym (np. całkowite zasychanie liści) (Chaves i Oliveira 2004). Pierwszą zauważalną zmianą w roślinach poddanych suszy jest więdnienie liści, które w warunkach obniżonego turgoru stają się niebiesko-zielone, zwijają się równoległe do osi wzdłużnej lub składają się (Carrow 1996a i 1996b, Falkowski i in. 1997, Żurek 2006). Takie objawy niedoboru wody obserwowano także w badaniach własnych. Niebiesko-zielony kolor liści był najbardziej widoczny u kupkówki pospolitej, natomiast zwijanie liści, zwłaszcza w pierwszym tygodniu po wprowadzeniu stresu – u kostrzewy łąkowej. Według Esau (cyt. za Zagdańską 1992), zwijanie liści powoduje zmniejszenie powierzchni asymilacyjnej o około 70%, a przez to ograniczenie intensywności transpiracji o 50–70%. Z badań Norrisa i Thomasa (1982) wynika, że niedobór wody, niedoprowadzający jeszcze do nieodwracalnego zwiędnięcia, hamuje wzrost liści oraz wykształcanie nowych liści i pędów traw. Potwierdziły to wyniki badań własnych, w których wykazano, że w warunkach długotrwałego stresu mniejsza była długość pędu traw, wysokość rośliny oraz długość i szerokość blaszki liściowej w porównaniu z wielkościami tych cech u roślin rosnących na obiektach optymalnie uwilgotnionych. Spośród badanych gatunków traw zarówno przy optymalnej wilgotności gleby, jak i w warunkach stresu najwyższe wartości cech morfologicznych zanotowano u kupkówki pospolitej, natomiast najniższe – u mieszańca festulolium. Badania Jones i in. (1980b) wykazały, że liście życicy trwałej poddanej stresowi suszy były o około 34% krótsze, ich powierzchnia o 45% mniejsza, zaś ich tkanka była bardziej zbita, a szparki krótsze, ale silniej zagęszczone. Zdaniem Jurka (1985), taka morfologia liścia ogranicza transpirację, przez co zwiększa się wytrzymałość roślin na suszę. Decydujące znaczenie ma tu mechanizm aparatów szparkowych, który szybko reaguje na zmiany bilansu wodnego rośliny. O zmniejszaniu się powierzchni blaszki liściowej oraz wysokości rośliny na skutek niedoboru wody w glebie donoszą również Pszczółkowska i in. (2003), Wojtasik (2004), Brisson i Casals (2005) oraz Podleśny i Podleśna (2010). Według Volaire'a (2003), proces wydłużania liści gwałtownie maleje, gdy wilgotność gleby zbliża się do punktu trwałego więdnienia i całkowicie zanika przy wilgotności równej lub niższej od tego parametru. Zdaniem Wilmana i in. (1998), genotypy traw, które w warunkach suszy wykształcają krótsze i węższe blaszki liściowe mogą dzięki temu lepiej gospodarować wodą i przetrwać niekorzystne warunki w lepszej kondycji.

Uwzględnione w badaniach własnych czynniki różnicowały zawartość składników organicznych i mineralnych w suchej masie traw. Większy wpływ na skład chemiczny miała jednak wilgotność gleby niż odmiana. W warunkach stresu badane

gatunki traw charakteryzowały się większą zawartością białka ogólnego, tłuszczu surowego, popiołu surowego, fosforu, wapnia i potasu, natomiast mniejszą – włókna surowego, węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie oraz magnezu. Spośród badanych gatunków życica wielokwiatowa zgromadziła najmniej białka ogólnego w pierwszym roku wegetacji ze względu na dużą liczbę pędów generatywnych, natomiast pozostałe trawy charakteryzowały się zbliżoną zawartością tego składnika, podobnie jak w drugim roku. Najwięcej włókna surowego oraz najmniej węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie stwierdzono u kupkówki pospolitej, natomiast odwrotne proporcje zawartości tych składników wykazano u życicy wielokwiatowej i festulolium. Kostrzewa łąkowa charakteryzowała się pośrednią ilością tych składników. Poszczególne trawy nie różniły się natomiast zawartością popiołu surowego oraz makroelementów. Wyniki te są zbieżne z rezultatami badań Szoszkiewicza i in. (1991) oraz Madziara i Latanowicza (1996), którzy w warunkach deficytu wody w glebie wykazali wzrost zawartości białka ogólnego, tłuszczu surowego, potasu i fosforu oraz obniżenie zawartości włókna surowego u kupkówki pospolitej, kostrzewy łąkowej i tymotki łąkowej. Cytowani autorzy stwierdzili natomiast odwrotne zależności w stosunku do wapnia i brak wpływu poziomu uwilgotnienia gleby na zawartość magnezu i popiołu surowego. Wykazali oni także różnice pomiędzy odmianami w zawartości podstawowych składników pokarmowych i ich brak w przypadku popiołu surowego i makroelementów. Zdaniem Olszewskiej (2009), odmiany kostrzewy łąkowej i tymotki uprawiane w warunkach glebowego deficytu wody zawierały więcej białka ogólnego i wapnia oraz mniej włókna surowego i fosforu. Autorka ta nie stwierdziła natomiast istotnych zmian w zawartości popiołu surowego, potasu i magnezu. Uzyskane wyniki badań własnych wskazują na istotny wzrost zawartości fosforu i wapnia oraz obniżenie zawartości magnezu dopiero w drugim i trzecim roku wegetacji, natomiast badania przeprowadzone przez cytowanych autorów dotyczą pierwszego roku badań, co może tłumaczyć niewielkie rozbieżności w wynikach dotyczących niektórych makroelementów. Według Falkowskiego i in. (2000), zawartość wapnia w trawach jest cechą gatunkową i odmianową, ale podlegającą znacznym wahaniom spowodowanym wiekiem roślin, porą roku i warunkami siedliskowymi. Poza tym, rośliny mogą zwiększać pobieranie wapnia pod wpływem azotu. W badaniach Trzaskoś i in. (2001), w warunkach suszy obserwowano wzrost zawartości białka ogólnego, potasu i wapnia w suchej masie traw oraz zmniejszenie ilości fosforu i sodu. Jurkowska i in. (1993) wykazali, że obniżenie poziomu uwilgotnienia gleby spowodowało wzrost zawartości azotu i wapnia w biomacie roślin oraz zmniejszenie fosforu i potasu. Natomiast Korman (1999) stwierdził, że zwiększenie uwilgotnienia gleby nie zmieniało istotnie zawartości składników mineralnych w suchej masie mieszanek traw. Według Zimont i Pawlak (1978), stres suszy przyczynił się do zmniejszenia plonu suchej masy i podwyższenia zawartości białka ogólnego w życicy wielokwiatowej, ale plon białka nie ulegał początkowo większym zmianom. Dopiero dalsze osuszanie gleby spowodowało gwałtowny spadek plonu białka, co świadczyło o pogarszaniu się jakości paszy w warunkach suszy.

Poziom węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie w trawach pastewnych zależy od oddziaływania wielu czynników siedliskowych, między innymi temperatury powietrza i wielkości opadów (Falkowski i in. 1989), dlatego niektórzy autorzy (Kozłowski 1978, Kozłowski i Kukułka 1996a) uważają, że zawartość tego składnika może być dobrym wskaźnikiem oceny reakcji gatunków i odmian traw na warunki stresowe, takie jak susza. W badaniach własnych wykazano duże zróżnicowanie zawartości cukrów u poszczególnych gatunków traw (mniejsze u odmian) oraz ich reakcję na stopień uwilgotnienia gleby. Duże znaczenie miał też wiek roślin i odrost traw. Najbogatsze w cukry były festulolium i życica wielokwiatowa, a najuboższa – kupkówka pospolita. Kostrzewa łąkowa była gatunkiem o pośredniej zawartości tego składnika. Reakcją młodych roślin na niższą wilgotność gleby w pierwszym roku wegetacji, w pierwszym i drugim odroście, niemal u wszystkich traw było zmniejszanie zawartości węglowodanów, natomiast w trzecim odroście – niewielki wzrost, w porównaniu z zawartością w roślinach z obiektów optymalnie uwilgotnionych. W drugim roku rośliny starsze nieco inaczej gromadziły cukry niż rośliny młode w pierwszym roku. W warunkach stresu u kupkówki pospolitej i kostrzewy łąkowej zanotowano wyraźny wzrost poziomu węglowodanów w odrostach od pierwszego do czwartego i niewielkie obniżenie w piątym odroście, natomiast u festulolium i życicy wielokwiatowej we wszystkich odrostach zanotowano wyraźne zmniejszenie ilości tego składnika (najwięcej u życicy wielokwiatowej). W latach wegetacji stwierdzono także stopniowe obniżanie poziomu cukrów w okresie wegetacyjnym od wiosny do jesieni, natomiast w drugim i trzecim roku, w piątym odroście, zanotowano znaczący wzrost ilości tego składnika. Zdaniem Falkowskiego i in. (1989), rośliny o większej zawartości węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie lepiej znoszą wyższą temperaturę powietrza, podczas której proces oddychania jest intensywniejszy. Dlatego trawy pochodzące z rejonów ciepłego klimatu zawierają większe ilości tego składnika i są mniej wrażliwe na wysoką temperaturę. Można tym tłumaczyć dużą zawartość cukrów u życicy wielokwiatowej, która pochodzi z basenu Morza Śródziemnego oraz u mieszańca festulolium, którego życica jest gatunkiem rodzicielskim. Poza tym zawartość cukrów jest cechą charakterystyczną danego gatunku. Falkowski (1982) podaje, że kupkówka pospolita należy do traw o małej zawartości węglowodanów rozpuszczalnych, a procesy fizjologiczne najintensywniej przebiegają u niej przy niższej temperaturze powietrza i optymalnej wilgotności gleby. Kochanowska-Bukowska (2001) podaje, że w pierwszym roku badań u kupkówki pospolitej następowało zmniejszanie zawartości węglowodanów wraz z obniżaniem poziomu wilgotności gleby z 80 do 35% ppw. Z kolei Falkowski i in. (1989) wykazali wzrost zawartości cukrów u kupkówki pospolitej w kolejnych latach użytkowania charakteryzujących się dużymi niedoborami opadów, co tłumaczyli zmniejszającą się żywotnością tego gatunku. O gromadzeniu węglowodanów rozpuszczalnych przez kupkówkę pospolitą w warunkach suszy donoszą także Volaire i Lelièvre (2005). Z kolei Volaire i Thomas (1995) wykazali, że u kupkówki pospolitej, w warunkach wstrzymania podlewania na okres 80 dni, na

początku stresu (do 43 dnia suszy) następował wzrost zawartości węglowodanów rozpuszczalnych z około 10 do 30%, a następnie gwałtowny ich spadek. Cytowani autorzy wykazali również zróżnicowanie odmianowe u kupkówki w gromadzeniu tego składnika; odmiana odporniejsza na suszę (KM2) charakteryzowała się wyższą koncentracją cukrów niż odmiana wrażliwsza (*Lutetia*). Kozłowski i Kukułka (1996a) stwierdzili natomiast znaczny wzrost zawartości węglowodanów u życicy trwałej w drugim roku charakteryzującym się bardzo małymi opadami deszczu (163 mm) w porównaniu z koncentracją u młodszych roślin w pierwszym roku o większych opadach (355 mm). O większym gromadzeniu węglowodanów rozpuszczalnych w warunkach suszy przez życicę trwałą donoszą też Thomas i James (1999), którzy wykazali systematyczny wzrost zawartości cukrów u tego gatunku do 50 dnia wstrzymania podlewania, a następnie gwałtowny ich spadek przez kolejne 7 dni. Według cytowanych autorów, rezerwy węglowodanów przyczyniają się do zwiększenia odporności traw na suszę w ekstremalnych warunkach i mogą wpływać na polepszenie ich odrostu po nawodnieniu. Zwiększenie zawartości węglowodanów rozpuszczalnych u kostrzewy łąkowej rosnącej w gorszych warunkach wilgotnościowych wykazali również Kozłowski i Goliński (1996). Można zatem wnioskować, że wzrost zawartości cukrów w czasie suszy nie świadczy o zmniejszającej się żywotności traw, a może być cechą wskazującą na odporność niektórych gatunków na niekorzystne warunki wilgotnościowe. Na taką zależność wskazują również wyniki badań własnych, w których w drugim roku wegetacji gatunki odporniejsze (kupkówka pospolita i kostrzewa łąkowa) w warunkach stresu gromadziły dużo węglowodanów, a gatunki wrażliwsze (życica wielokwiatowa i *festulolium*) zmniejszały ilość tego składnika w porównaniu z zawartością w roślinach uprawianych w optymalnych warunkach wilgotnościowych. Zdaniem Falkowskiego i in. (2000), zawartość węglowodanów jest cechą wykazującą dużą zmienność, gdyż synteza w dużym stopniu zależy od różnych czynników siedliskowych. Według Kozłowskiego (1978), w ciągu sezonu wegetacyjnego występują duże zmiany w zawartości węglowodanów w roślinach. Najwyższą koncentrację cukrów w trawach stwierdzono wiosną, a z upływem czasu zanotowano stopniowe obniżanie ich stężenia do jesieni włącznie. Autor na podstawie analiz wykonanych po 15 października wykazał systematyczny wzrost zawartości tego składnika u kupkówki pospolitej w porównaniu ze stężeniem występującym wiosną, zaś 13 listopada gatunek ten zawierał już tak duże ilości węglowodanów rozpuszczalnych, jakich nie notowano w całym okresie wegetacji. Autor tłumaczy to zjawisko wchodzeniem trawy w okres spoczynku zimowego, a duża zawartość cukrów jest jednym z czynników decydujących o dobrej zimotrwałości roślin. Wyniki badań własnych potwierdzają tę opinię. Zanotowano znaczne gromadzenie węglowodanów w ostatnim odroście jesiennym u wszystkich badanych gatunków i odmian traw w drugim i trzecim roku wegetacji, gdy zbiór wykonywany był 10 i 11 października. Nie wykazano natomiast takiej zależności w pierwszym roku, prawdopodobnie ze względu na stosunkowo wczesny zbiór ostatniego odrostu (21 września).

Wilgotność gleby wpływała również na wzrost ilościowy węglowodanów strukturalnych i lignin. W warunkach stresu stwierdzono obniżoną zawartość kwaśnej frakcji detergentowej włókna (ADF), celulozy i lignin, natomiast nieco większą zawartość hemiceluloz. Udział neutralnej frakcji detergentowej (NDF) nie zmieniał się istotnie pod wpływem stresu. O zawartości frakcji włókna w trawach (NDF, ADF, ligniny, celuloza i hemicelulozy) decyduje budowa anatomiczna, struktura masy nadziemnej i faza rozwojowa roślin. Szybkość zmian w koncentracji węglowodanów strukturalnych jest też wskaźnikiem starzenia się traw. Falkowski i in. (2000) podają, że wysoka temperatura powietrza i niedobór opadów sprzyjają kumulacji celulozy i hemiceluloz oraz lignin. Dodaje jednak, że przy odpowiednim zaopatrzeniu roślin w azot wartość pokarmowa paszy zwiększa się, gdyż obniżeniu ulega poziom węglowodanów strukturalnych i lignin w roślinach. Rutkowski i in. (1993) wykazali, że pomiędzy strawnością a zawartością kwaśnego (ADF) i obojętnego (NDF) włókna detergentowego istnieje ujemna korelacja liniowa – istotniejsza w przypadku ADF niż NDF. Według Kozłowskiego i Kukułki (1992) oraz Kozłowskiego i in. (1996), zawartość celulozy i hemiceluloz w trawach jest mało zróżnicowana między odmianami, w przeciwieństwie do lignin, gdzie różnice międzyodmianowe uzależnione są od aktualnej struktury masy nadziemnej. Według tych autorów, węglowodany strukturalne (z wyjątkiem lignin), jako związki o mniejszej zmienności u odmian, nie powinny być traktowane jako cecha wyróżniająca. Zatem zawartość celulozy, hemiceluloz i lignin w paszy jest rezultatem zarówno morfologiczno-anatomicznej budowy gatunków i odmian traw, jak i ich stadium rozwojowego, a także oddziaływania siedliska. Doprowadza to do zmian w ilościowym występowaniu tych związków w roślinach w całym okresie wegetacji.

6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. Długotrwały stres wywołany niedoborem wody w glebie istotnie ograniczył plonowanie kupkówki pospolitej, kostrzewy łąkowej, festulolium (kostrzycy Brauna) i życicy wielokwiatowej. Łączny plon suchej masy traw, za trzyletni okres użytkowania, w wyniku stresu zastosowanego w pierwszym i drugim roku wegetacji zmniejszył się średnio o 24%, w pierwszym i trzecim – o 29%, w drugim i trzecim – o 34%, natomiast tylko w drugim roku – o 13%, w porównaniu z plonem uzyskanym z obiektów optymalnie uwilgotnionych.
2. Najmniejszą redukcję plonu suchej masy w warunkach niedoboru wody w glebie, a tym samym największą odporność na stres wykazano u kupkówki pospolitej i kostrzewy łąkowej, natomiast odporność życicy wielokwiatowej i festulolium była podobna i istotnie mniejsza od pozostałych gatunków traw.
3. Wykazano zróżnicowanie odmianowe traw w reakcji na niedobory wody w glebie. Na podstawie wartości wskaźnika DSI uszeregowano badane odmiany pod względem wrażliwości na suszę. Najbardziej odporna na deficyt wody była

- Amera, a wrażliwość pozostałych odmian traw zwiększała się w następującej kolejności: Minora, Fantazja, Skra, Sulino, Gisel, Felopa, Agula, Lotos.
4. Zdolność plonowania traw w warunkach ograniczonej wilgotności gleby uzależniona była od wieku roślin. Rośliny młode w pierwszym roku reagowały na suszę słabiej niż rośliny starsze w drugim roku wegetacji (plony mniejsze odpowiednio o 35 i 49% w porównaniu z uzyskanymi z obiektów optymalnie uwilgotnionych). Zależność taką stwierdzono u wszystkich badanych gatunków i odmian traw.
 5. Lepszą wydajność traw w porównaniu ze stwierdzoną na obiektach kontrolnych osiągnięto w optymalnych warunkach wilgotnościowych (70% ppw) w roku następnym po zakończeniu stresu (40% ppw). Po suszy zastosowanej w pierwszym roku wegetacji plonowanie traw w drugim roku było wyższe średnio o 7%, a po stresie zastosowanym w pierwszym i drugim roku – plon traw w trzecim roku był wyższy średnio o 14%. Największe zdolności regeneracyjne w drugim roku użytkowania stwierdzono u życicy wielokwiatowej odmiany Gisel i Lotos oraz u kostrzewy łąkowej odmiany Skra, zaś w trzecim roku – u życicy wielokwiatowej odmiany Gisel i kostrzewy łąkowej odmiany Fantazja.
 6. Wskaźniki wymiany gazowej liści traw w warunkach długotrwałego stresu charakteryzowały się istotnie mniejszymi wartościami w porównaniu ze stwierdzonymi u roślin na obiektach optymalnie uwilgotnionych; intensywność fotosyntezy netto została ograniczona średnio o 41%, intensywność transpiracji – o 58%, a przewodnictwo szparkowe – o 60%. Niedobór wody w glebie przyczynił się do zahamowania procesu fotosyntezy najbardziej u festulolium, a najmniej u kupkówki pospolitej.
 7. Efektywność wykorzystania wody (WUE) przez trawy była istotnie większa w warunkach suszy niż przy optymalnej wilgotności gleby. Młode rośliny (w pierwszym roku) znacznie lepiej gospodarowały wodą niż rośliny starsze (w drugim roku). Największą wartość WUE wykazywała kupkówka pospolita odmiany Amera i kostrzewa łąkowa odmiany Fantazja, natomiast najmniejszą – festulolium odmiany Agula i życica wielokwiatowa odmiany Lotos.
 8. Badane gatunki i odmiany traw były najbardziej wrażliwe na niedobór wody w glebie pod koniec fazy krzewienia/początku strzelania w źdźbło. Stwierdzono wówczas największe ograniczenie plonowania, intensywności fotosyntezy i transpiracji oraz przewodnictwa szparkowego. Natomiast efektywność wykorzystania wody (WUE) była w tym okresie rozwoju traw największa.
 9. Poziom wilgotności gleby modyfikował zawartość chlorofilu w liściach traw. W pierwszym roku wegetacji, w warunkach niedoboru wody w glebie względna zawartość chlorofilu oceniana indeksem zieloności liścia SPAD u wszystkich badanych gatunków i odmian traw była istotnie większa (o 15%) niż u roślin rosnących na obiektach optymalnie uwilgotnionych. Największe wartości indeksu SPAD stwierdzono u kostrzewy łąkowej odmiany Skra i Fantazja, a najmniejsze u życicy wielokwiatowej odmiany Lotos. W drugim roku wege-

tacji wzrost wartości wskaźnika SPAD w warunkach stresu wykazano u kupkówki pospolitej i kostrzewy łąkowej, a jego spadek u życicy wielokwiatowej i festulolium, co świadczy o mniejszej żywotności tych gatunków w warunkach niedoboru wody w glebie.

10. Długotrwały stres spowodowany ograniczeniem wilgotności gleby hamował wzrost roślin, o czym świadczą niższe wartości cech morfologicznych w porównaniu z roślinami na obiektach optymalnie uwilgotnionych. Zmniejszeniu uległy: długość pędu, wysokość roślin oraz długość i szerokość blaszki liściowej. Spośród badanych gatunków traw zarówno przy optymalnej wilgotności gleby, jak i w warunkach stresu największe wartości cech morfologicznych charakteryzowały kupkówkę pospolitą, a najmniejsze – mieszańca festulolium.
11. Trawy rosnące w warunkach suszy glebowej charakteryzowały się większą zawartością białka ogólnego, tłuszczu i popiołu surowego oraz fosforu, wapnia i potasu, natomiast mniejszą – włókna surowego, zwłaszcza kwaśnej frakcji detergentowej (ADF), celulozy i magnezu. Badane gatunki traw różniły się głównie pod względem zawartości włókna surowego. Najwięcej tego składnika zgromadziła kupkówka pospolita, a najmniej – życica wielokwiatowa i festulolium. Odmiana nie była na ogół czynnikiem różnicującym zawartość składników organicznych i mineralnych w suchej masie traw.
12. Zawartość węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie zmieniała się pod wpływem zróżnicowanej wilgotności gleby i wieku roślin. Reakcją na stres niedoboru wody w pierwszym roku wegetacji u wszystkich gatunków traw było na ogół zmniejszenie zawartości tego składnika. Natomiast w drugim roku u kupkówki pospolitej i kostrzewy łąkowej stwierdzono zwiększenie, a u festulolium i życicy wielokwiatowej zmniejszenie zawartości węglowodanów.

7. ANEKS

Tabela I

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w pierwszym odroście (2009)
 Morphological characters of grass species and cultivars in the first regrowth (2009)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	14,61	71,48	57,05	0,74
		S1	10,57	55,38	43,52	0,77
		S2	10,82	55,22	43,48	0,74
		S3	12,28	63,52	50,68	0,76
	Minora	K	16,04	76,15	58,79	0,73
		S1	12,60	56,12	41,95	0,73
		S2	12,52	57,13	43,55	0,65
		S3	12,49	58,15	44,98	0,65
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	10,37	52,04	41,25	0,70
		S1	7,86	36,92	27,95	0,68
		S2	9,45	42,79	32,30	0,69
		S3	10,25	45,68	35,29	0,68
	Skra	K	10,41	53,98	43,09	0,69
		S1	7,50	35,40	27,60	0,61
		S2	9,42	41,32	31,35	0,66
		S3	10,76	46,45	36,22	0,75
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	8,68	42,82	32,95	0,83
		S1	7,02	33,82	26,55	0,70
		S2	8,52	38,63	29,27	0,75
		S3	8,37	42,15	33,15	0,78
	Agula	K	9,02	43,20	34,18	0,77
		S1	8,32	37,78	29,40	0,71
		S2	8,58	39,75	28,30	0,68
		S3	8,78	42,30	32,18	0,70
	Sulino	K	8,75	47,60	35,85	0,78
		S1	7,62	37,48	28,45	0,77
		S2	7,58	36,80	26,58	0,74
		S3	8,02	42,82	32,90	0,74

cd. tab. I

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	8,87	47,68	38,25	0,87
		S1	7,22	37,85	29,48	0,80
		S2	8,30	45,95	33,42	0,78
		S3	7,92	42,77	31,42	0,82
	Lotos	K	8,69	47,28	37,15	0,86
		S1	7,10	37,15	29,40	0,71
		S2	7,05	39,60	29,55	0,68
		S3	7,80	39,60	29,80	0,68
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			12,08	61,40	48,68	0,75
Minora			13,42	61,89	47,32	0,69
Fantazja			9,51	44,36	34,20	0,69
Skra			9,52	44,29	34,57	0,68
Felopa			8,15	39,35	30,48	0,77
Agula			8,68	40,76	31,02	0,71
Sulino			7,99	41,18	30,94	0,76
Gisel			8,08	43,56	33,14	0,82
Lotos			7,66	40,91	31,48	0,73
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			10,61	53,58	42,06	0,77
S1			8,42	40,88	31,59	0,72
S2			9,14	44,13	33,09	0,71
S3			9,64	47,05	36,29	0,73
NIR I; LSD I			1,100	3,834	3,408	0,047
NIR II; LSD II			0,605	2,107	1,873	0,026
NIR I/II; LSD I/II			0,975	3,395	3,018	0,042

* K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object), S1 – stres w fazie krzewienia traw; stress in the tillering stage of grass, S2 – stres w fazie strzelania w źdźbło; stress in the shooting stage, S3 – stres w fazie początku kłoszenia; stress in the early heading stage

Tabela II

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w drugim odroście (2009)
Morphological characters of grass species and cultivars in the second regrowth (2009)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	10,90	54,30	42,38	0,75
		S1	8,05	40,12	32,45	0,62
		S2	8,00	42,72	34,38	0,68
		S3	7,55	43,71	35,82	0,64
	Minora	K	13,18	58,45	44,12	0,66
		S1	8,25	43,35	34,35	0,66
		S2	9,35	45,00	35,78	0,62
		S3	10,18	47,24	36,08	0,64
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	9,52	46,25	34,80	0,66
		S1	8,30	37,42	29,58	0,64
		S2	8,18	36,02	28,38	0,64
		S3	8,45	38,02	29,98	0,63
	Skra	K	9,35	44,45	33,88	0,64
		S1	7,48	33,28	26,12	0,62
		S2	8,25	35,98	28,28	0,61
		S3	8,55	36,38	28,08	0,60
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	7,18	35,50	29,31	0,63
		S1	7,22	32,31	24,95	0,60
		S2	6,52	31,15	25,22	0,62
		S3	6,08	29,25	23,48	0,62
	Agula	K	8,81	41,51	32,93	0,63
		S1	7,65	33,48	26,35	0,64
		S2	6,88	32,40	25,68	0,56
		S3	7,11	28,95	22,32	0,60
	Sulino	K	8,02	42,52	31,59	0,64
		S1	6,85	35,05	28,82	0,68
		S2	6,68	31,35	25,10	0,65
		S3	6,38	32,35	25,98	0,60

cd. tab. II

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	7,95	43,52	32,78	0,68
		S1	7,00	36,82	30,12	0,60
		S2	6,30	32,55	26,31	0,56
		S3	6,75	32,20	26,08	0,52
	Lotos	K	8,05	42,42	33,35	0,65
		S1	7,10	36,83	30,12	0,63
		S2	6,65	32,38	26,22	0,62
		S3	6,75	33,98	26,55	0,58
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera		8,62	45,21	36,26	0,68	
Minora		10,24	48,51	37,58	0,65	
Fantazja		8,61	39,43	31,18	0,64	
Skra		8,41	37,52	29,09	0,62	
Felopa		6,75	32,06	25,74	0,61	
Agula		7,61	34,08	26,82	0,60	
Sulino		6,98	35,32	27,88	0,64	
Gisel		7,00	36,28	28,82	0,59	
Lotos		7,14	36,40	29,06	0,62	
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K		9,22	45,44	35,04	0,66	
S1		7,54	36,52	29,21	0,63	
S2		7,42	35,51	28,37	0,62	
S3		7,53	35,79	28,26	0,60	
NIR I; LSD I		0,839	3,209	2,874	0,055	
NIR II; LSD II		0,461	1,764	1,579	0,030	
NIR I/II; LSD I/II		0,743	2,842	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	

* objaśnienia jak dla tab. I; explanations as to the table I

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

Tabela III

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w trzecim odroście (2009)
 Morphological characters of grass species and cultivars in the third regrowth (2009)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	9,15	47,41	37,78	0,67
		S1	5,70	30,79	24,75	0,70
		S2	5,88	33,85	27,57	0,66
		S3	7,30	36,82	28,92	0,67
	Minora	K	9,92	47,38	35,84	0,65
		S1	6,15	33,26	27,52	0,66
		S2	6,40	32,78	25,72	0,64
		S3	7,80	38,72	31,31	0,68
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	8,02	39,85	31,90	0,58
		S1	7,10	29,13	22,78	0,55
		S2	7,02	31,55	27,08	0,58
		S3	6,45	28,08	21,22	0,52
	Skra	K	8,50	39,60	31,05	0,60
		S1	6,75	29,18	22,67	0,53
		S2	6,58	27,12	20,23	0,55
		S3	6,82	29,48	22,42	0,53
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	6,78	31,31	23,80	0,56
		S1	6,05	25,90	20,66	0,52
		S2	5,53	22,98	17,38	0,48
		S3	5,43	22,10	15,81	0,46
	Agula	K	6,60	34,38	27,60	0,61
		S1	6,20	26,95	20,93	0,51
		S2	5,75	26,55	20,60	0,53
		S3	7,12	26,22	19,73	0,49
	Sulino	K	6,71	36,32	29,96	0,60
		S1	5,88	27,45	21,75	0,53
		S2	5,18	26,84	20,82	0,52
		S3	6,40	27,95	21,78	0,51

cd. tab. III

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	7,52	39,00	31,94	0,65
		S1	6,12	28,29	22,67	0,53
		S2	5,80	28,12	21,75	0,49
		S3	6,32	28,72	21,97	0,51
	Lotos	K	8,18	38,92	30,82	0,58
		S1	6,12	29,11	23,18	0,53
		S2	5,80	27,42	21,20	0,50
		S3	6,92	32,45	24,83	0,54
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera		7,01	37,22	29,76	0,67	
Minora		7,57	38,03	30,11	0,66	
Fantazja		7,15	32,15	25,11	0,56	
Skra		7,16	31,34	24,10	0,55	
Felopa		5,94	25,57	19,41	0,51	
Agula		6,42	28,52	22,20	0,53	
Sulino		6,04	29,64	23,58	0,54	
Gisel		6,44	31,04	24,58	0,54	
Lotos		6,76	31,98	25,01	0,54	
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K		7,93	39,35	31,19	0,61	
S1		6,23	28,89	23,00	0,56	
S2		6,00	28,58	22,20	0,55	
S3		6,73	30,06	23,11	0,55	
NIR I; LSD I		0,920	2,986	2,764	0,050	
NIR II; LSD II		0,506	1,641	1,519	0,027	
NIR I/II; LSD I/II		0,815	2,644	2,448	0,044	

* objaśnienia jak dla tab. I; explanations as to the table I

Tabela IV

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w pierwszym odroście (2010)
Morphological characters of grass species and cultivars in the first regrowth (2010)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	48,80	68,28	35,68	0,95
		S1	45,30	64,88	35,40	0,92
		S2	31,62	45,55	27,42	0,86
	Minora	K	33,78	62,22	34,52	0,82
		S1	51,25	62,25	41,08	0,94
		S2	20,72	40,08	25,08	0,72
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	33,20	51,42	27,92	0,70
		S1	37,08	50,35	28,22	0,55
		S2	22,38	35,32	21,42	0,54
	Skra	K	33,88	48,85	28,85	0,58
		S1	34,38	44,90	23,38	0,62
		S2	18,00	33,85	21,12	0,57
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	21,92	44,42	25,20	0,82
		S1	26,52	44,72	29,68	0,75
		S2	10,48	35,40	19,48	0,64
	Agula	K	22,68	44,42	25,18	0,68
		S1	32,28	50,80	30,28	0,86
		S2	16,05	38,05	23,82	0,64
	Sulino	K	18,20	47,05	31,85	0,75
		S1	22,62	45,75	29,95	0,68
		S2	12,52	38,45	25,02	0,71

cd. tab. IV

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	31,42	52,38	28,72	0,78
		S1	33,82	55,78	32,98	0,78
		S2	22,25	40,10	19,65	0,72
	Lotos	K	28,95	52,15	29,75	0,78
		S1	43,95	57,85	30,38	0,96
		S2	23,55	40,48	24,80	0,70
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			41,91	59,57	32,83	0,91
Minora			35,25	54,85	33,56	0,83
Fantazja			30,88	45,70	25,86	0,60
Skra			28,75	42,53	24,45	0,59
Felopa			19,64	41,52	24,78	0,74
Agula			23,67	44,42	26,42	0,73
Sulino			17,78	43,75	28,94	0,71
Gisel			29,17	49,42	27,12	0,76
Lotos			32,15	50,16	28,31	0,81
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			30,31	52,36	29,74	0,76
S1			36,36	53,03	31,26	0,78
S2			19,73	38,59	23,09	0,68
NIR I; LSD I			5,005	3,678	2,974	0,090
NIR II; LSD II			2,165	1,591	1,286	0,039
NIR I/II; LSD I/II			3,827	2,812	2,274	0,069

* K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object), S1 – stres w pierwszym roku wegetacji, optymalna wilgotność gleby w drugim roku; stress in the first year of vegetation, optimal soil moisture in the second year, S2 – stres w pierwszym i drugim roku wegetacji; stress in the first and second year of vegetation

Tabela V

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w drugim odroście (2010)
 Morphological characters of grass species and cultivars in the second regrowth (2010)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	6,90	50,68	41,38	0,55
		S1	10,28	46,30	32,75	0,68
		S2	8,20	36,28	25,08	0,60
	Minora	K	9,08	46,70	34,72	0,56
		S1	5,58	35,08	27,62	0,52
		S2	11,52	39,02	18,35	0,54
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	7,95	40,55	24,40	0,45
		S1	7,00	36,55	23,22	0,38
		S2	10,08	30,05	15,12	0,55
	Skra	K	7,72	37,60	25,10	0,46
		S1	13,68	28,68	20,20	0,50
		S2	7,48	39,55	15,65	0,46
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	9,45	35,90	24,25	0,45
		S1	9,32	36,42	20,80	0,50
		S2	11,62	25,60	13,05	0,49
	Agula	K	8,58	30,18	20,30	0,41
		S1	8,10	33,28	18,98	0,53
		S2	12,88	28,80	11,32	0,46
	Sulino	K	9,20	32,65	23,98	0,52
		S1	15,90	33,75	15,40	0,68
		S2	11,28	22,98	11,62	0,48

cd. tab. V

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	21,38	41,48	21,60	0,62
		S1	27,50	49,30	26,05	0,62
		S2	13,00	30,25	17,00	0,52
	Lotos	K	21,95	42,12	22,15	0,60
		S1	18,48	39,35	18,80	0,56
		S2	21,52	36,75	18,62	0,42
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			8,46	44,42	33,07	0,60
Minora			8,72	40,27	26,90	0,54
Fantazja			8,34	35,72	20,92	0,46
Skra			9,62	35,28	20,76	0,48
Felopa			10,13	32,64	19,37	0,48
Agula			10,85	30,75	16,87	0,47
Sulino			12,12	29,79	17,00	0,56
Gisel			20,62	40,34	21,55	0,58
Lotos			20,65	39,41	19,86	0,53
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			11,36	39,76	26,43	0,52
S1			12,87	37,14	22,65	0,55
S2			11,96	32,14	16,42	0,50
NIR I; LSD I			2,646	3,129	3,831	0,085
NIR II; LSD II			1,145	1,353	1,657	0,037
NIR I/II; LSD I/II			2,023	2,392	2,930	0,065

* objaśnienia jak dla tab. IV; explanations as to the table IV

Tabela VI

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w trzecim odroście (2010)
Morphological characters of grass species and cultivars in the third regrowth (2010)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	7,52	33,92	24,98	0,62
		S1	7,98	46,10	36,90	0,78
		S2	6,08	30,30	24,08	0,66
	Minora	K	7,95	34,00	25,85	0,62
		S1	7,52	42,42	34,38	0,71
		S2	5,75	27,70	21,90	0,58
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	6,12	29,65	22,15	0,48
		S1	6,92	35,00	24,68	0,55
		S2	4,65	21,48	16,58	0,44
	Skra	K	6,65	30,32	23,38	0,56
		S1	5,90	30,02	21,60	0,48
		S2	4,82	20,12	14,90	0,46
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	5,62	27,22	16,72	0,55
		S1	7,12	34,62	15,08	0,42
		S2	5,38	20,92	15,18	0,46
	Agula	K	5,58	26,72	18,62	0,52
		S1	7,05	31,20	22,55	0,55
		S2	6,18	21,35	15,45	0,37
	Sulino	K	5,20	28,82	21,40	0,52
		S1	11,85	29,48	19,32	0,50
		S2	8,95	23,88	15,25	0,50

cd. tab. VI

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	11,48	39,32	15,45	0,53
		S1	16,48	33,45	18,35	0,48
		S2	12,82	26,25	14,40	0,39
	Lotos	K	9,82	33,60	16,35	0,56
		S1	18,02	35,40	19,90	0,48
		S2	11,12	24,30	12,68	0,32
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			7,19	36,78	28,65	0,69
Minora			7,08	34,71	27,38	0,64
Fantazja			5,90	28,71	21,13	0,49
Skra			5,79	26,82	19,96	0,50
Felopa			6,04	27,59	15,66	0,48
Agula			6,27	26,42	18,88	0,48
Sulino			8,67	27,39	18,66	0,51
Gisel			13,59	33,01	16,07	0,46
Lotos			12,99	31,10	16,31	0,46
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			7,33	31,51	20,54	0,55
S1			9,87	35,30	23,64	0,55
S2			7,31	24,03	16,71	0,46
NIR I; LSD I			1,067	2,450	2,030	0,077
NIR II; LSD II			0,461	1,060	0,878	0,033
NIR I/II; LSD I/II			0,816	1,873	1,552	0,059

* objaśnienia jak dla tab. IV; explanations as to the table IV

Tabela VII

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w czwartym odroście (2010)
 Morphological characters of grass species and cultivars in the fourth regrowth (2010)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Length of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	4,90	30,12	24,78	0,62
		S1	5,70	33,15	27,72	0,58
		S2	4,78	26,12	18,30	0,60
	Minora	K	7,15	32,42	24,95	0,64
		S1	6,82	33,92	26,78	0,62
		S2	4,75	21,18	15,50	0,54
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	5,40	25,75	19,28	0,41
		S1	5,58	26,05	19,45	0,42
		S2	4,35	19,20	14,32	0,38
	Skra	K	5,90	25,58	19,42	0,44
		S1	7,05	29,40	23,05	0,49
		S2	4,38	18,95	12,90	0,36
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	5,48	25,42	19,12	0,42
		S1	5,55	24,48	16,55	0,48
		S2	3,65	18,45	11,82	0,37
	Agula	K	6,65	27,70	19,72	0,42
		S1	5,98	27,88	22,88	0,44
		S2	4,15	19,08	12,92	0,33
	Sulino	K	4,75	26,75	20,92	0,40
		S1	5,48	26,92	21,80	0,50
		S2	4,12	20,32	14,28	0,36

cd. tab. VII

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	15,48	36,98	16,58	0,48
		S1	8,15	31,62	21,42	0,52
		S2	3,58	20,38	13,12	0,43
	Lotos	K	15,95	31,20	17,02	0,46
		S1	10,62	32,10	22,62	0,51
		S2	6,48	22,70	14,80	0,42
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			5,12	29,80	23,60	0,60
Minora			6,24	29,18	22,41	0,60
Fantazja			5,11	23,67	17,68	0,40
Skra			5,78	24,64	18,46	0,43
Felopa			4,89	22,78	15,83	0,42
Agula			5,59	24,88	18,51	0,40
Sulino			4,78	24,67	19,00	0,42
Gisel			9,07	29,66	17,04	0,48
Lotos			11,02	28,67	18,15	0,46
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			7,96	29,10	20,20	0,48
S1			6,77	29,50	22,48	0,50
S2			4,47	20,71	14,22	0,42
NIR I; LSD I			1,667	2,360	1,913	0,083
NIR II; LSD II			0,721	1,021	0,827	0,036
NIR I/II; LSD I/II			1,275	1,804	1,463	r.n.; n.s.

* objaśnienia jak dla tab. IV; explanations as to the table IV

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

Tabela VIII

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w piątym odroście (2010)
 Morphological characters of grass species and cultivars in the fifth regrowth (2010)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Length of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	5,38	30,98	22,88	0,52
		S1	5,75	31,15	23,68	0,55
		S2	5,68	29,52	22,78	0,60
	Minora	K	6,55	28,28	19,15	0,48
		S1	5,95	32,58	26,80	0,64
		S2	5,55	28,75	21,72	0,60
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	5,52	26,12	19,95	0,38
		S1	5,12	28,85	23,82	0,37
		S2	4,85	22,38	15,98	0,40
	Skra	K	6,02	25,75	19,68	0,40
		S1	6,50	31,58	23,22	0,35
		S2	4,75	22,88	17,10	0,42
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	5,38	24,75	15,90	0,30
		S1	5,68	31,98	23,28	0,38
		S2	4,68	22,22	16,22	0,45
	Agula	K	5,02	24,55	18,80	0,35
		S1	5,82	30,68	19,72	0,37
		S2	4,40	20,82	13,22	0,40
	Sulino	K	5,02	24,65	18,40	0,37
		S1	3,72	26,15	22,58	0,40
		S2	4,40	21,30	13,72	0,40

cd. tab. VIII

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	4,72	26,48	20,32	0,42
		S1	4,95	31,20	26,32	0,54
		S2	4,18	20,92	13,48	0,38
	Lotos	K	4,88	27,75	21,88	0,48
		S1	4,45	31,32	26,90	0,46
		S2	4,38	22,22	15,60	0,38
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			5,60	30,55	23,11	0,56
Minora			6,02	29,87	22,56	0,57
Fantazja			5,17	25,78	19,92	0,38
Skra			5,76	26,73	20,00	0,39
Felopa			5,24	26,32	18,47	0,38
Agula			5,08	25,35	17,25	0,37
Sulino			4,38	24,03	18,23	0,39
Gisel			4,62	26,20	20,04	0,44
Lotos			4,57	27,10	21,46	0,44
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			5,39	26,59	19,66	0,41
S1			5,33	30,61	24,04	0,45
S2			4,76	23,45	16,65	0,45
NIR I; LSD I			0,702	2,195	2,449	0,056
NIR II; LSD II			0,304	0,949	1,059	0,024
NIR I/II; LSD I/II			0,537	1,678	1,873	0,042

* objaśnienia jak dla tab. IV; explanations as to the table IV

Tabela IX

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w pierwszym odroście (2011)
 Morphological characters of grass species and cultivars in the first regrowth (2011)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Length of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	6,65	41,18	20,30	0,45
		S1	4,18	23,12	13,77	0,48
		S2	6,12	46,48	18,71	0,60
	Minora	K	6,78	29,18	23,68	0,50
		S1	5,55	21,58	17,00	0,42
		S2	4,92	38,38	17,85	0,58
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	26,52	45,18	26,61	0,65
		S1	11,58	27,08	19,01	0,52
		S2	28,78	40,70	25,95	0,72
	Skra	K	22,45	41,30	26,82	0,58
		S1	9,22	27,40	20,17	0,45
		S2	33,60	42,30	26,98	0,85
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	13,75	36,75	25,22	0,58
		S1	6,48	29,72	21,85	0,52
		S2	20,45	41,42	25,65	0,78
	Agula	K	17,02	38,82	26,65	0,65
		S1	6,72	29,35	21,98	0,52
		S2	27,98	40,28	25,70	0,82
	Sulino	K	12,75	42,40	29,25	0,58
		S1	6,65	31,00	23,82	0,55
		S2	18,55	43,35	28,70	0,82

cd. tab. IX

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	26,65	46,58	28,18	0,80
		S1	12,30	35,90	23,50	0,58
		S2	25,60	42,92	27,65	0,90
	Lotos	K	25,38	43,78	24,68	0,62
		S1	12,48	32,80	21,25	0,68
		S2	20,52	39,65	27,28	0,80
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			5,65	36,92	17,59	0,51
Minora			5,75	29,71	19,51	0,50
Fantazja			22,29	37,65	23,85	0,63
Skra			21,76	37,00	24,66	0,62
Felopa			13,56	35,97	24,24	0,62
Agula			17,24	36,15	24,78	0,67
Sulino			12,65	38,92	27,26	0,65
Gisel			21,52	41,80	26,44	0,76
Lotos			19,46	38,74	24,40	0,70
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			17,55	40,57	25,71	0,60
S1			8,35	28,66	20,26	0,52
S2			20,72	41,72	24,94	0,76
NIR I; LSD I			3,045	4,364	2,692	0,098
NIR II; LSD II			1,317	1,888	1,164	0,042
NIR I/II; LSD I/II			2,328	3,337	r.n.; n.s.	0,075

* K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object), S1 – stres w pierwszym i trzecim roku wegetacji, optymalna wilgotność gleby w drugim roku; stress in the first and third year of vegetation, optimal soil moisture in the second year, S2 – stres w pierwszym i drugim roku wegetacji, optymalna wilgotność gleby w trzecim roku; stress in the first and second year of vegetation, optimal soil moisture in the third year

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

Tabela X

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w drugim odroście (2011)
 Morphological characters of grass species and cultivars in the second regrowth (2011)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	7,78	39,82	28,38	0,52
		S1	9,95	26,45	18,02	0,52
		S2	8,00	29,75	21,38	0,62
	Minora	K	8,02	41,02	28,05	0,55
		S1	10,00	21,20	14,22	0,48
		S2	6,12	30,12	21,72	0,55
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	3,95	25,82	19,65	0,48
		S1	12,32	20,62	10,32	0,55
		S2	8,25	24,65	17,05	0,50
	Skra	K	4,05	28,72	18,25	0,35
		S1	4,32	20,62	12,05	0,42
		S2	7,98	26,58	20,71	0,55
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	13,12	32,70	19,50	0,48
		S1	6,48	19,85	10,82	0,48
		S2	14,45	33,92	18,27	0,58
	Agula	K	8,10	31,50	25,08	0,55
		S1	5,78	17,55	11,01	0,50
		S2	24,15	26,78	17,92	0,55
	Sulino	K	6,50	29,95	18,88	0,35
		S1	12,62	18,08	10,71	0,55
		S2	16,38	33,48	16,12	0,52

cd. tab. X

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	19,70	33,48	16,90	0,48
		S1	9,48	20,00	12,70	0,50
		S2	23,62	33,50	18,98	0,68
	Lotos	K	9,62	39,38	17,92	0,48
		S1	12,52	19,68	13,87	0,50
		S2	17,52	34,90	16,25	0,52
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			8,58	32,01	22,59	0,56
Minora			8,05	30,78	21,33	0,52
Fantazja			8,18	23,70	15,68	0,51
Skra			5,45	25,31	17,00	0,44
Felopa			11,35	28,82	16,20	0,51
Agula			12,68	25,28	18,00	0,53
Sulino			11,83	27,17	15,23	0,48
Gisel			20,60	28,99	16,19	0,55
Lotos			13,22	31,32	16,02	0,50
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			8,98	33,60	21,40	0,47
S1			9,28	20,45	12,64	0,50
S2			14,05	30,41	18,71	0,56
NIR I; LSD I			2,935	3,482	3,251	0,076
NIR II; LSD II			1,269	1,506	1,406	0,033
NIR I/II; LSD I/II			2,244	2,663	2,486	0,058

* objaśnienia jak dla tab. IX; explanations as to the table IX

Tabela XI

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w trzecim odroście (2011)
 Morphological characters of grass species and cultivars in the third regrowth (2011)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	7,50	49,90	37,02	0,55
		S1	5,62	33,30	25,60	0,60
		S2	6,82	44,45	29,88	0,60
	Minora	K	8,20	45,42	27,45	0,60
		S1	5,18	26,38	18,38	0,50
		S2	7,00	26,28	30,98	0,58
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	5,00	30,22	20,28	0,50
		S1	4,88	19,65	14,15	0,48
		S2	5,48	34,38	21,67	0,48
	Skra	K	6,08	25,70	24,22	0,42
		S1	4,08	23,08	9,85	0,45
		S2	5,90	29,32	22,07	0,45
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	10,82	34,85	26,55	0,55
		S1	6,82	22,42	16,28	0,52
		S2	13,92	30,75	19,10	0,50
	Agula	K	4,98	31,45	25,08	0,42
		S1	4,25	26,12	15,32	0,48
		S2	6,20	34,10	20,02	0,48
	Sulino	K	11,58	31,92	25,77	0,55
		S1	4,40	28,18	22,42	0,48
		S2	17,68	32,95	22,22	0,58

cd. tab. XI

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	30,75	37,30	18,50	0,60
		S1	14,88	23,45	20,47	0,52
		S2	28,12	40,22	19,72	0,58
	Lotos	K	29,88	35,50	16,92	0,52
		S1	18,95	29,05	17,62	0,52
		S2	34,00	40,50	20,72	0,58
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			6,65	42,55	30,83	0,58
Minora			6,79	32,69	25,60	0,56
Fantazja			5,12	28,08	18,70	0,48
Skra			5,35	26,03	18,72	0,44
Felopa			10,52	29,34	20,64	0,52
Agula			5,14	30,56	20,14	0,46
Sulino			11,22	31,01	23,48	0,53
Gisel			24,58	33,66	19,56	0,57
Lotos			27,61	35,02	18,42	0,54
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			12,75	35,81	24,64	0,52
S1			7,67	25,74	17,79	0,51
S2			13,90	34,77	22,93	0,53
NIR I; LSD I			1,613	3,403	2,988	0,065
NIR II; LSD II			0,698	1,472	1,292	r.n.; n.s.
NIR I/II; LSD I/II			1,234	2,602	2,284	r.n.; n.s.

* objaśnienia jak dla tab. IX; explanations as to the table IX

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

Tabela XII

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w czwartym odroście (2011)
 Morphological characters of grass species and cultivars in the fourth regrowth (2011)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	6,62	37,10	30,61	0,60
		S1	3,95	23,80	18,97	0,58
		S2	6,08	36,48	28,42	0,60
	Minora	K	7,20	37,65	29,18	0,60
		S1	3,72	33,32	16,52	0,50
		S2	6,00	35,78	28,88	0,60
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	4,85	25,60	18,47	0,42
		S1	3,80	18,80	13,92	0,42
		S2	4,32	27,79	19,48	0,40
	Skra	K	4,30	25,45	16,67	0,42
		S1	3,15	18,65	14,95	0,50
		S2	3,92	27,41	17,38	0,48
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	4,98	29,57	23,17	0,50
		S1	3,75	19,95	15,22	0,45
		S2	4,62	29,02	21,50	0,52
	Agula	K	4,38	28,45	23,50	0,42
		S1	3,72	21,20	16,72	0,48
		S2	4,98	28,75	22,42	0,50
	Sulino	K	4,32	27,68	22,45	0,50
		S1	3,05	19,85	15,42	0,48
		S2	4,40	29,68	22,15	0,50

cd. tab. XII

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	5,78	28,52	21,72	0,52
		S1	4,22	24,88	17,78	0,48
		S2	6,68	30,92	21,95	0,55
	Lotos	K	6,92	31,22	23,58	0,58
		S1	4,12	26,10	17,45	0,50
		S2	5,70	32,15	25,38	0,58
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			5,55	32,46	26,00	0,59
Minora			5,64	31,92	24,86	0,57
Fantazja			4,32	24,07	17,29	0,42
Skra			3,79	23,83	16,33	0,47
Felopa			4,45	26,18	19,97	0,49
Agula			4,36	26,13	20,88	0,47
Sulino			3,92	25,73	20,01	0,49
Gisel			5,56	28,11	20,48	0,52
Lotos			5,58	29,82	22,13	0,55
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			5,48	30,14	23,26	0,51
S1			3,72	21,73	16,33	0,49
S2			5,19	30,89	23,06	0,53
NIR I; LSD I			1,044	2,913	2,748	0,057
NIR II; LSD II			0,451	1,260	1,189	0,025
NIR I/II; LSD I/II			0,798	2,228	2,101	0,044

* objaśnienia jak dla tab. IX; explanations as to the table IX

Tabela XIII

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w piątym odroście (2011)
 Morphological characters of grass species and cultivars in the fifth regrowth (2011)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	5,65	35,70	26,65	0,58
		S1	4,52	24,28	18,68	0,55
		S2	6,25	33,20	24,10	0,58
	Minora	K	6,38	31,42	24,35	0,62
		S1	4,75	25,15	17,35	0,55
		S2	6,05	33,30	24,51	0,55
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	5,10	26,35	20,08	0,45
		S1	3,72	20,62	15,32	0,45
		S2	4,88	27,22	19,41	0,32
	Skra	K	4,85	25,58	19,30	0,40
		S1	4,32	21,60	13,07	0,45
		S2	4,95	27,12	17,25	0,35
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	4,78	26,88	21,00	0,48
		S1	3,80	19,65	14,47	0,42
		S2	4,48	24,88	16,92	0,35
	Agula	K	4,40	27,48	20,82	0,48
		S1	3,55	20,32	15,05	0,32
		S2	4,68	25,70	18,25	0,38
	Sulino	K	5,75	30,05	24,45	0,45
		S1	3,48	20,32	15,58	0,38
		S2	4,05	24,92	18,00	0,40

cd. tab. XIII

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	4,88	29,95	22,70	0,50
		S1	3,88	23,35	17,81	0,40
		S2	5,35	29,82	22,69	0,48
	Lotos	K	5,02	30,42	23,48	0,55
		S1	4,00	23,20	17,57	0,40
		S2	5,15	30,28	22,10	0,42
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			5,48	31,06	23,14	0,57
Minora			5,72	29,96	22,06	0,58
Fantazja			4,57	24,73	18,27	0,41
Skra			4,71	24,77	16,54	0,40
Felopa			4,35	23,80	17,46	0,42
Agula			4,21	24,50	18,04	0,39
Sulino			4,42	25,10	19,34	0,41
Gisel			4,70	27,71	21,07	0,46
Lotos			4,72	27,97	21,05	0,46
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			5,20	29,31	22,54	0,50
S1			4,00	22,06	16,10	0,44
S2			5,09	28,49	20,36	0,42
NIR I; LSD I			0,744	3,236	2,647	0,075
NIR II; LSD II			0,322	1,400	1,145	0,032
NIR I/II; LSD I/II			0,569	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	0,057

* objaśnienia jak dla tab. IX; explanations as to the table IX

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

Tabela XIV

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w pierwszym odroście (2010)
 Morphological characters of grass species and cultivars in the first regrowth (2010)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Length of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	48,80	68,28	35,68	0,95
		S4	23,15	47,60	26,48	0,92
		S5	36,82	58,82	33,08	0,83
	Minora	K	33,78	62,22	34,52	0,83
		S4	18,18	42,98	26,58	0,82
		S5	19,72	49,25	33,68	0,80
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	33,20	51,42	27,92	0,70
		S4	19,42	39,68	25,82	0,50
		S5	17,75	42,18	25,34	0,48
	Skra	K	33,88	48,85	28,85	0,58
		S4	14,55	36,75	24,68	0,52
		S5	22,55	43,58	28,25	0,60
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	21,92	44,42	25,20	0,82
		S4	7,92	31,12	24,30	0,60
		S5	10,55	41,48	32,88	0,64
	Agula	K	22,68	44,42	25,18	0,68
		S4	14,25	33,85	21,40	0,61
		S5	19,35	47,45	28,88	0,68
	Sulino	K	18,21	47,05	31,85	0,75
		S4	12,25	39,32	25,70	0,76
		S5	9,65	41,65	31,68	0,64

cd. tab. XIV

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	31,42	52,38	28,72	0,78
		S4	19,33	38,35	19,80	0,70
		S5	20,85	49,88	26,75	0,78
	Lotos	K	28,95	52,14	29,75	0,78
		S4	20,21	37,98	17,18	0,74
		S5	19,38	47,85	29,91	0,76
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			36,26	58,23	31,74	0,90
Minora			23,89	51,48	31,59	0,81
Fantazja			23,46	44,42	26,37	0,56
Skra			23,68	43,06	27,26	0,56
Felopa			13,47	39,01	27,46	0,69
Agula			18,76	41,91	25,15	0,66
Sulino			13,37	42,67	29,74	0,72
Gisel			23,87	46,88	25,05	0,75
Lotos			22,84	45,99	25,61	0,76
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			30,31	52,26	29,74	0,76
S4			16,58	38,63	23,55	0,68
S5			19,83	46,90	30,04	0,69
NIR I; LSD I			6,175	4,461	3,380	0,097
NIR II; LSD II			2,671	1,933	1,462	0,042
NIR I/II; LSD I/II			4,721	3,414	2,584	0,074

* K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object), S4 – optymalna wilgotność gleby w pierwszym roku, stres w drugim roku wegetacji; optimal soil moisture in the first year, stress in the second year of vegetation, S5 – optymalna wilgotność gleby w pierwszym roku, stres w drugim roku; optimal soil moisture in the first year, stress in the second year

Tabela XV

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w drugim odroście (2010)
 Morphological characters of grass species and cultivars in the second regrowth (2010)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Length of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	6,89	50,68	41,37	0,55
		S4	8,75	38,35	24,20	0,59
		S5	8,98	37,45	22,67	0,57
	Minora	K	9,08	46,69	34,72	0,56
		S4	5,88	37,32	22,07	0,52
		S5	9,12	31,67	17,50	0,53
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	7,95	40,54	24,38	0,45
		S4	7,05	43,70	30,75	0,46
		S5	10,28	28,57	13,32	0,44
	Skra	K	7,72	37,60	25,10	0,46
		S4	3,95	33,58	17,22	0,49
		S5	7,52	30,80	17,75	0,44
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	9,45	35,90	24,25	0,45
		S4	12,58	28,33	15,82	0,56
		S5	12,07	26,40	12,12	0,58
	Agula	K	8,57	30,17	20,30	0,41
		S4	13,97	24,90	13,64	0,53
		S5	10,70	25,52	13,32	0,45
	Sulino	K	9,20	32,65	23,97	0,52
		S4	13,42	30,95	18,22	0,58
		S5	12,47	26,52	12,47	0,46

cd. tab. XV

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	21,38	41,48	21,60	0,62
		S4	14,45	28,65	13,20	0,53
		S5	20,20	34,10	15,87	0,48
	Lotos	K	21,95	42,12	22,15	0,60
		S4	16,92	32,57	16,92	0,58
		S5	12,77	28,45	17,58	0,42
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			8,21	42,16	29,42	0,57
Minora			8,02	38,56	24,76	0,54
Fantazja			8,42	37,61	22,82	0,45
Skra			6,40	33,99	20,02	0,46
Felopa			11,58	30,21	17,40	0,53
Agula			10,08	26,86	15,75	0,46
Sulino			11,70	30,04	18,23	0,52
Gisel			18,68	34,74	16,89	0,54
Lotos			17,21	34,38	18,88	0,53
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			11,36	39,76	26,43	0,51 a
S4			10,78	33,15	19,12	0,53 a
S5			11,64	29,94	15,85	0,48 b
NIR I; LSD I			3,542	4,021	4,673	0,082
NIR II; LSD II			r.n.; n.s.	1,739	2,021	r.n.; n.s.
NIR I/II; LSD I/II			2,708	3,074	3,573	0,063

* objaśnienia jak dla tab. XIV; explanations as to the table XIV

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

Tabela XVI

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w trzecim odroście (2010)
 Morphological characters of grass species and cultivars in the third regrowth (2010)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Length of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	7,52	33,92	24,97	0,62
		S4	5,57	29,72	23,05	0,63
		S5	5,90	31,80	24,72	0,57
	Minora	K	7,95	34,00	25,85	0,62
		S4	5,85	26,82	20,65	0,55
		S5	6,55	29,32	22,48	0,57
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	6,13	29,65	22,15	0,48
		S4	5,72	24,77	18,55	0,50
		S5	4,72	17,97	12,22	0,36
	Skra	K	6,65	30,32	23,37	0,56
		S4	5,00	23,25	17,92	0,48
		S5	5,25	22,15	15,60	0,39
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	5,62	27,22	16,72	0,55
		S4	5,77	24,00	13,82	0,48
		S5	4,97	20,02	14,55	0,41
	Agula	K	5,57	26,72	18,62	0,52
		S4	5,97	20,10	13,57	0,50
		S5	4,62	20,45	15,48	0,44
	Sulino	K	5,20	28,82	21,40	0,52
		S4	6,45	23,27	14,27	0,47
		S5	9,82	23,57	14,70	0,46

cd. tab. XVI

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	11,48	39,32	15,45	0,53
		S4	12,67	38,95	11,35	0,48
		S5	19,68	35,65	15,50	0,48
	Lotos	K	9,82	33,60	16,35	0,56
		S4	10,77	34,65	11,02	0,50
		S5	14,65	29,20	14,22	0,40
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			6,33	31,82	24,25	0,61
Minora			6,78	30,05	22,99	0,58
Fantazja			5,52	24,13	17,64	0,45
Skra			5,63	25,24	18,96	0,48
Felopa			5,46	23,75	15,03	0,48
Agula			5,39	22,42	15,89	0,49
Sulino			7,16	25,22	16,79	0,48
Gisel			14,61	37,98	14,10	0,50
Lotos			11,75	32,48	13,87	0,49
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			7,33	31,51	20,54	0,55
S4			7,09	27,28	16,02	0,51
S5			8,46	25,57	16,61	0,45
NIR I; LSD I			1,040	1,015	2,221	0,066
NIR II; LSD II			0,450	2,347	0,961	0,029
NIR I/II; LSD I/II			0,796	1,794	1,698	r.n.; n.s.

* objaśnienia jak dla tab. XIV; explanations as to the table XIV

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

Tabela XVII

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w czwartym odroście (2010)
 Morphological characters of grass species and cultivars in the fourth regrowth (2010)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Length of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	4,90	30,12	24,78	0,62
		S4	4,28	20,80	15,18	0,54
		S5	4,28	26,78	16,08	0,50
	Minora	K	7,15	32,42	24,95	0,64
		S4	5,58	29,08	22,35	0,58
		S5	5,12	21,68	16,82	0,50
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	5,40	25,75	19,28	0,41
		S4	3,18	14,77	9,45	0,38
		S5	2,90	16,70	12,85	0,40
	Skra	K	5,90	25,58	19,42	0,44
		S4	4,95	18,88	13,05	0,45
		S5	3,18	16,30	10,85	0,40
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	5,48	25,42	19,12	0,42
		S4	3,25	19,12	13,98	0,39
		S5	3,10	19,08	13,35	0,36
	Agula	K	6,65	27,70	19,72	0,42
		S4	4,72	20,50	14,80	0,44
		S5	3,68	16,30	12,55	0,35
	Sulino	K	4,75	26,75	20,92	0,40
		S4	2,55	15,75	12,10	0,36
		S5	3,12	17,98	15,35	0,41

cd. tab. XVII

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	15,48	36,98	16,58	0,48
		S4	4,98	23,88	15,38	0,40
		S5	2,90	18,80	13,65	0,39
	Lotos	K	15,95	31,20	17,02	0,46
		S4	3,02	17,92	14,35	0,34
		S5	2,42	17,65	13,90	0,35
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			4,48	25,90	18,68	0,55
Minora			6,08	27,72	21,38	0,57
Fantazja			3,82	19,08	13,86	0,40
Skra			4,68	20,25	14,44	0,43
Felopa			3,94	21,21	15,48	0,39
Agula			5,02	21,50	15,69	0,40
Sulino			3,48	20,16	16,12	0,39
Gisel			7,78	26,55	15,20	0,42
Lotos			7,13	22,26	15,09	038
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			7,96	29,10	20,20	0,48
S4			4,10	20,08	14,52	0,43
S5			3,41	19,03	13,93	0,40
NIR I; LSD I			1,603	2,260	1,550	0,069
NIR II; LSD II			0,693	0,978	0,877	0,030
NIR I/II; LSD I/II			1,226	1,728	2,027	r.n.; n.s.

* objaśnienia jak dla tab. XIV; explanations as to the table XIV

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

Tabela XVIII

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w piątym odroście (2010)
 Morphological characters of grass species and cultivars in the fifth regrowth (2010)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	5,38	30,98	22,88	0,52
		S4	5,62	24,25	14,00	0,45
		S5	5,92	27,68	21,48	0,52
	Minora	K	6,55	28,28	19,15	0,48
		S4	6,75	24,38	14,40	0,48
		S5	5,78	28,35	22,02	0,50
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	5,52	26,12	19,92	0,38
		S4	5,58	23,25	15,28	0,33
		S5	4,72	23,25	17,30	0,42
	Skra	K	6,02	25,75	19,68	0,40
		S4	5,48	23,60	15,32	0,40
		S5	4,90	22,00	16,65	0,32
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	5,38	24,75	15,90	0,30
		S4	5,10	25,60	20,65	0,45
		S5	4,72	22,50	16,90	0,40
	Agula	K	5,02	24,55	18,80	0,35
		S4	5,48	25,18	19,05	0,45
		S5	3,62	21,32	17,75	0,40
	Sulino	K	5,02	24,65	18,40	0,38
		S4	4,72	24,55	19,20	0,45
		S5	4,52	23,72	14,38	0,40

cd. tab. XVIII

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	4,72	26,48	20,32	0,42
		S4	4,35	26,72	21,82	0,48
		S5	3,92	26,05	20,90	0,42
	Lotos	K	4,88	27,75	21,88	0,48
		S4	4,75	24,78	19,22	0,42
		S5	5,25	27,32	22,32	0,48
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			5,64	27,63	19,45	0,50
Minora			6,02	27,00	18,52	0,48
Fantazja			5,27	24,21	17,50	0,38
Skra			5,47	23,78	17,55	0,38
Felopa			5,07	24,28	17,82	0,38
Agula			4,71	23,68	18,53	0,40
Sulino			4,76	24,31	17,32	0,41
Gisel			4,33	26,42	21,02	0,44
Lotos			4,96	26,62	21,14	0,46
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			5,39	26,59	19,66	0,41
S4			5,20	24,70	17,77	0,43
S5			4,82	24,69	18,86	0,43
NIR I; LSD I			0,621	2,556	2,688	0,077
NIR II; LSD II			0,269	1,106	1,162	0,033
NIR I/II; LSD I/II			0,475	1,955	2,055	0,060

* objaśnienia jak dla tab. XIV; explanations as to the table XIV

Tabela XIX

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w pierwszym odroście (2011)
 Morphological characters of grass species and cultivars in the first regrowth (2011)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Length of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	6,65	50,18	20,30	0,45
		S4	7,78	48,05	19,67	0,48
		S5	3,52	27,18	14,32	0,52
	Minora	K	6,78	29,18	23,68	0,50
		S4	7,20	43,02	18,10	0,42
		S5	4,28	21,25	15,10	0,50
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	26,52	45,17	26,60	0,65
		S4	25,48	44,85	27,55	0,75
		S5	10,35	26,52	18,82	0,50
	Skra	K	22,45	41,30	26,82	0,58
		S4	27,42	41,01	25,28	0,65
		S5	7,45	26,90	20,02	0,50
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	13,75	36,75	25,22	0,58
		S4	12,58	39,62	30,15	0,80
		S5	8,22	30,67	21,62	0,70
	Agula	K	17,02	38,82	26,65	0,65
		S4	22,22	42,15	29,15	0,82
		S5	13,40	29,25	19,90	0,70
	Sulino	K	12,75	42,40	29,25	0,58
		S4	16,80	42,80	31,70	0,82
		S5	7,92	31,01	22,21	0,55

cd. tab. XIX

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	26,65	46,58	28,17	0,80
		S4	29,58	44,40	26,98	0,85
		S5	10,22	33,97	24,18	0,75
	Lotos	K	25,38	43,77	24,68	0,62
		S4	22,02	43,25	23,00	0,75
		S5	8,98	30,82	22,20	0,72
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			5,98	41,80	18,10	0,48
Minora			6,08	31,15	18,96	0,48
Fantazja			20,78	38,85	24,32	0,63
Skra			19,11	36,40	24,04	0,58
Felopa			11,52	35,68	25,67	0,69
Agula			17,55	36,74	25,23	0,72
Sulino			12,49	38,73	27,72	0,65
Gisel			22,15	41,65	26,44	0,80
Lotos			18,79	39,28	23,29	0,70
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			17,55	41,57	25,71	0,60
S4			19,01	43,24	25,73	0,71
S5			8,26	28,62	19,82	0,61
NIR I; LSD I			2,584	3,453	2,421	0,090
NIR II; LSD II			1,118	1,493	1,047	0,039
NIR I/II; LSD I/II			1,976	2,640	1,851	0,069

* K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object), S4 – optymalna wilgotność gleby w pierwszym i trzecim roku, stres w drugim roku; optimal soil moisture in the first and third year, stress in the second year, S5 – optymalna wilgotność gleby w pierwszym roku, stres w drugim i trzecim roku; optimal soil moisture in the first year, stress in the second and third year

Tabela XX

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w drugim odroście (2011)
 Morphological characters of grass species and cultivars in the second regrowth (2011)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	7,78	39,82	28,38	0,52
		S4	8,88	39,65	28,08	0,60
		S5	6,35	25,22	18,80	0,57
	Minora	K	8,02	41,02	28,05	0,55
		S4	7,88	38,00	26,42	0,58
		S5	11,85	23,75	15,52	0,50
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	3,95	25,82	19,65	0,48
		S4	5,00	31,82	22,60	0,42
		S5	4,30	20,98	12,55	0,52
	Skra	K	4,05	28,72	18,25	0,35
		S4	3,92	29,38	22,00	0,42
		S5	6,82	22,20	12,65	0,45
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	13,12	32,70	19,50	0,48
		S4	12,88	31,17	19,62	0,52
		S5	5,4	18,98	12,15	0,50
	Agula	K	8,10	31,50	25,07	0,55
		S4	19,62	27,55	18,42	0,62
		S5	11,80	18,97	12,90	0,50
	Sulino	K	6,50	29,95	18,87	0,35
		S4	10,48	28,85	16,75	0,48
		S5	11,58	19,15	11,60	0,55

cd. tab. XX

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	19,70	33,48	16,90	0,48
		S4	34,62	29,68	16,95	0,58
		S5	20,60	23,15	14,55	0,62
	Lotos	K	9,62	39,38	17,92	0,48
		S4	31,02	31,48	19,38	0,62
		S5	21,90	22,65	12,90	0,60
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			7,67	34,90	25,08	0,57
Minora			9,25	34,26	23,33	0,54
Fantazja			4,42	26,21	18,27	0,48
Skra			4,93	26,77	17,63	0,41
Felopa			10,47	27,62	17,09	0,50
Agula			13,18	26,01	18,79	0,56
Sulino			9,52	25,98	15,74	0,46
Gisel			24,98	28,77	16,13	0,56
Lotos			20,85	31,17	16,73	0,57
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			8,98	33,60	21,40	0,47
S4			14,92	31,95	21,13	0,54
S5			11,18	21,67	13,74	0,54
NIR I; LSD I			2,770	3,065	3,318	0,079
NIR II; LSD II			1,198	1,326	0,144	0,034
NIR I/II; LSD I/II			2,118	2,343	2,537	0,061

* objaśnienia jak dla tab. XIX; explanations as to the table XIX

Tabela XXI

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w trzecim odroście (2011)
 Morphological characters of grass species and cultivars in the third regrowth (2011)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Length of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	7,50	49,90	37,02	0,55
		S4	7,70	45,95	32,08	0,58
		S5	3,75	27,60	23,30	0,55
	Minora	K	8,20	45,42	27,45	0,60
		S4	8,85	51,38	31,82	0,60
		S5	3,92	16,70	17,55	0,52
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	5,00	30,22	20,28	0,50
		S4	6,12	37,22	25,20	0,52
		S5	3,80	16,58	17,22	0,40
	Skra	K	6,08	25,70	24,22	0,42
		S4	6,10	29,20	25,58	0,48
		S5	3,82	25,05	11,72	0,40
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	10,82	34,85	26,55	0,55
		S4	14,25	32,17	22,48	0,60
		S5	11,30	22,92	26,55	0,55
	Agula	K	4,98	31,45	25,08	0,42
		S4	6,25	37,48	21,18	0,50
		S5	4,22	24,52	14,80	0,50
	Sulino	K	11,58	31,92	25,78	0,55
		S4	19,85	33,22	22,30	0,55
		S5	8,92	26,25	18,08	0,50

cd. tab. XXI

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	30,75	37,30	18,50	0,60
		S4	26,52	32,52	17,52	0,55
		S5	26,18	22,58	10,00	0,48
	Lotos	K	29,88	35,50	16,92	0,52
		S4	19,90	33,05	20,88	0,58
		S5	11,30	23,95	16,52	0,45
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			6,32	41,15	30,80	0,56
Minora			6,99	37,83	25,61	0,58
Fantazja			4,98	28,01	20,90	0,48
Skra			5,33	26,65	20,51	0,43
Felopa			12,12	29,98	21,86	0,57
Agula			5,15	31,15	20,35	0,48
Sulino			13,45	30,47	22,05	0,53
Gisel			27,82	30,80	15,34	0,54
Lotos			20,36	30,83	18,11	0,52
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			12,75	35,81	24,64	0,52
S4			12,84	36,91	24,34	0,55
S5			8,58	22,91	16,19	0,48
NIR I; LSD I			1,755	3,389	3,102	0,063
NIR II; LSD II			0,759	1,466	1,342	0,027
NIR I/II; LSD I/II			1,342	2,591	2,372	0,048

* objaśnienia jak dla tab. XIX; explanations as to the table XIX

Tabela XXII

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w czwartym odroście (2011)
 Morphological characters of grass species and cultivars in the fourth regrowth (2011)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	6,62	37,10	30,60	0,60
		S4	6,10	39,30	31,35	0,60
		S5	4,55	27,31	22,37	0,50
	Minora	K	7,20	37,65	29,18	0,60
		S4	6,45	35,68	27,45	0,55
		S5	3,67	21,97	17,82	0,48
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	4,85	25,60	18,48	0,42
		S4	4,62	27,28	17,60	0,45
		S5	3,37	20,75	16,48	0,50
	Skra	K	4,31	25,45	16,67	0,42
		S4	5,32	27,62	21,77	0,50
		S5	3,20	19,25	14,00	0,40
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	4,98	29,57	23,18	0,50
		S4	4,61	32,55	19,37	0,48
		S5	3,40	21,62	14,22	0,48
	Agula	K	4,38	28,45	23,50	0,42
		S4	4,45	28,35	21,72	0,52
		S5	2,95	19,92	14,30	0,45
	Sulino	K	4,32	27,68	22,45	0,50
		S4	4,12	28,40	21,30	0,50
		S5	3,18	20,08	15,77	0,45

cd. tab. XXII

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	5,77	28,52	21,72	0,52
		S4	6,05	32,52	24,98	0,60
		S5	4,62	26,05	17,85	0,48
	Lotos	K	6,92	31,22	23,58	0,58
		S4	6,32	32,80	26,25	0,60
		S5	5,17	20,25	19,82	0,45
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			5,76	34,57	28,11	0,57
Minora			5,77	31,77	24,82	0,54
Fantazja			4,28	24,54	17,52	0,46
Skra			4,27	24,11	17,48	0,44
Felopa			4,32	27,92	18,92	0,48
Agula			3,92	25,57	19,83	0,47
Sulino			3,88	25,38	19,84	0,48
Gisel			5,48	29,03	21,52	0,53
Lotos			6,14	28,09	23,22	0,54
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			5,48	30,14	23,26	0,51
S4			5,33	31,61	23,53	0,53
S5			3,79	21,91	16,96	0,46
NIR I; LSD I			1,120	4,352	2,958	0,065
NIR II; LSD II			0,484	1,882	1,279	0,028
NIR I/II; LSD I/II			r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	2,262	0,500

* objaśnienia jak dla tab. XIX; explanations as to the table XIX

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

Tabela XXIII

Cechy morfologiczne gatunków i odmian traw w piątym odroście (2011)
 Morphological characters of grass species and cultivars in the fifth regrowth (2011)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	5,65	35,70	26,65	0,58
		S4	6,30	34,70	28,88	0,62
		S5	5,01	26,60	20,12	0,60
	Minora	K	6,38	31,42	24,35	0,62
		S4	6,12	32,85	25,20	0,60
		S5	5,70	26,71	18,68	0,58
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	5,10	26,35	20,07	0,45
		S4	5,52	27,45	21,52	0,48
		S5	4,65	23,42	15,75	0,48
	Skra	K	4,85	25,58	19,30	0,40
		S4	4,95	27,85	22,25	0,40
		S5	4,62	24,55	15,42	0,40
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	4,78	26,88	21,00	0,48
		S4	4,55	24,75	20,02	0,45
		S5	3,98	20,58	15,55	0,45
	Agula	K	4,41	27,48	20,82	0,48
		S4	5,12	27,32	21,12	0,45
		S5	3,47	20,80	14,15	0,40
	Sulino	K	5,75	30,05	24,45	0,45
		S4	5,08	28,10	21,80	0,45
		S5	3,62	22,80	16,80	0,38

cd. tab. XXIII

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar (I)	Wilgotność gleby; Soil moisture (II)	Długość pędu; Shoot length (cm)	Wysokość roślin; Plant height (cm)	Długość blaszki liściowej; Lenght of leaf blade (cm)	Szerokość blaszki liściowej; Width of leaf blade (cm)
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	4,88	29,95	22,70	0,50
		S4	4,85	32,05	24,75	0,52
		S5	5,12	29,77	20,08	0,40
	Lotos	K	5,02	30,42	23,47	0,55
		S4	5,35	33,10	24,62	0,55
		S5	3,80	28,00	21,12	0,52
średnia dla odmiany; mean for cultivar						
Amera			5,68	32,33	25,22	0,60
Minora			6,07	30,32	22,74	0,60
Fantazja			5,09	25,74	19,12	0,47
Skra			4,81	25,99	18,99	0,40
Felopa			4,43	24,07	18,86	0,46
Agula			4,33	25,20	18,70	0,44
Sulino			4,82	26,98	21,02	0,42
Gisel			4,95	30,59	22,51	0,48
Lotos			4,72	30,51	23,08	0,54
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture						
K			5,20	29,31	22,54	0,50
S4			5,32	29,80	23,35	0,50
S5			4,45	24,80	17,52	0,47
NIR I; LSD I			1,051	3,295	2,757	0,068
NIR II; LSD II			0,455	1,425	1,192	0,029
NIR I/II; LSD I/II			r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.

* objaśnienia jak dla tab. XIX; explanations as to the table XIX

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

Tabela XXIV

Zawartość białka ogólnego w suchej masie traw w zależności od poziomu wilgotności gleby ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
 Content of total protein in dry matter of grass depending on the level of soil moisture ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	2009					2010					2011															
								odrost; regrowth																				
			I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V													
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	98,8	140,6	202,5	140,0	208,8	192,5	241,3	263,1	166,2	205,1	213,1	214,1	232,9	133,8	203,8	251,9	175,6	242,5	216,3	261,3	291,9	209,8	282,4	271,4	307,5	303,6
	Minora	S	86,9	135,0	208,1	161,9	216,3	191,9	246,3	263,1	148,5	201,8	203,7	214,6	238,5	148,1	242,5	234,4	192,5	246,9	222,5	265,6	295,6	225,0	265,1	266,8	327,4	317,2
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	114,4	115,0	154,4	169,4	196,3	137,5	238,1	239,4	172,3	211,5	218,7	232,1	230,2	162,5	163,8	225,0	187,5	244,4	249,4	293,8	299,9	245,5	269,6	270,1	305,2	285,2
	Skra	S	113,8	111,9	155,6	146,3	216,3	170,0	220,0	238,1	199,2	225,7	208,5	217,6	224,9	166,3	163,1	222,5	188,1	233,1	241,3	278,8	282,5	218,9	257,6	272,8	306,4	271,7
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	100,0	119,4	146,3	145,0	211,9	167,5	251,9	250,0	195,4	199,4	207,8	200,6	257,8	143,8	175,0	223,1	213,1	285,6	274,4	310,6	276,3	251,2	272,7	283,4	326,0	306,3
	Agula	S	101,3	117,5	153,8	145,6	210,0	177,5	236,9	240,6	195,9	196,3	194,2	199,6	204,4	153,8	179,4	220,6	208,8	299,9	280,0	324,4	283,1	225,9	283,0	297,2	312,2	296,6
		Sulino	K	103,1	92,5	145,6	151,9	206,9	172,5	242,5	228,1	217,5	195,2	225,1	236,4	212,8	148,8	179,4	223,1	207,5	283,1	268,1	300,0	278,8	238,3	256,0	298,6	323,2
			S																									

cd. tab. XXIV

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	2009					2010					2011				
								odrost; regrowth									
			I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V		
Żylica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	77,5	107,5	130,0	141,9	181,3	132,5	240,0	234,4	147,2	169,3	184,7	207,4	242,7		
		S	129,4	164,4	216,9	217,5	239,4	234,4	28,00	260,6	252,5	257,2	245,1	298,7	285,5		
	Lotos	K	80,0	106,0	138,1	151,9	181,3	137,5	231,9	228,8	147,2	180,4	190,8	218,8	219,8		
		S	134,4	175,6	211,9	211,3	284,4	239,4	293,1	271,3	210,7	264,5	242,4	284,3	266,6		
średnia dla odmiany; mean for cultivar																	
Amera			116,3	172,2	227,2	157,8	225,6	204,4	251,3	277,5	188,0	243,8	242,2	260,8	268,2		
Minora			117,5	188,8	221,2	177,2	231,6	207,2	256,0	279,4	186,8	233,4	235,2	271,0	277,8		
Fantazja			138,4	139,4	189,7	178,4	220,4	193,4	266,0	269,7	208,9	240,6	244,4	268,6	257,7		
Skra			140,0	137,5	189,0	167,2	224,7	205,6	249,4	260,3	209,0	241,6	240,6	262,0	248,3		
Felopa			121,9	147,2	184,7	179,0	248,8	221,0	281,2	263,2	223,3	236,0	245,6	263,3	282,0		
Agula			127,6	148,4	187,2	177,2	255,0	228,8	280,6	261,8	210,9	239,6	245,7	255,9	250,5		
Sulino			126,0	136,0	184,4	179,7	245,0	220,3	271,2	253,4	227,9	225,6	261,8	279,8	250,9		
Gisel			103,4	136,0	173,4	179,7	210,4	183,4	260,0	247,5	199,8	213,2	214,9	253,0	264,1		
Lotos			107,2	138,1	175,0	181,6	232,8	188,4	262,5	250,0	179,0	222,4	216,6	251,6	243,2		
NIR; LSD			21,49	55,42	52,22	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	34,24	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	46,00	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.		
	średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture																
K			97,3	115,6	159,4	150,4	203,2	164,4	238,8	242,8	176,6	198,3	205,2	215,7	229,3		
S			146,8	183,0	225,5	200,2	262,2	247,3	289,7	282,2	230,9	267,6	272,0	310,1	291,3		
NIR; LSD			5,72	14,76	13,91	14,74	22,34	25,84	16,54	9,12	22,01	13,80	12,25	14,93	13,67		

* K – optymalna wilgotność gleby (obiekt kontrolny); optimal soil moisture (control object), S – ograniczona wilgotność gleby (stres); limited soil moisture (stress)

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

Tabela XXV

Zawartość włókna surowego w suchej masie traw w zależności od poziomu wilgotności gleby (g·kg⁻¹)
Content of crude fibre in dry matter of grass depending on the level of soil moisture (g·kg⁻¹)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	2009			2010					2011				
						odrost; regrowth									
			I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	300,8	316,9	269,6	284,8	264,7	278,1	252,5	194,7	273,0	292,2	283,5	284,1	254,4
		S	281,6	262,7	223,5	250,8	211,2	261,0	224,9	179,5	217,3	252,4	200,9	225,0	175,4
	Minora	K	344,5	302,1	275,8	293,4	275,8	292,6	274,5	183,5	301,7	318,5	275,1	265,6	244,4
		S	300,5	250,3	240,0	257,8	216,9	246,9	231,5	162,6	226,7	225,4	196,2	225,0	188,1
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	295,8	249,6	260,1	289,8	241,3	255,5	235,8	191,7	274,6	265,0	251,7	233,4	244,9
		S	262,9	209,9	212,5	213,5	194,0	208,8	194,8	153,2	184,1	206,7	200,6	176,7	171,3
	Skra	K	285,8	252,4	245,5	276,7	260,3	234,8	255,1	198,8	262,3	287,9	240,4	251,3	246,7
		S	259,1	193,8	192,8	217,3	192,7	222,6	204,1	166,3	198,5	197,6	203,2	186,4	171,8
	Felopa	K	231,7	234,3	241,6	249,1	220,7	216,2	237,1	194,0	219,5	282,0	233,1	220,8	230,7
		S	212,2	206,1	191,2	196,8	184,2	203,1	180,4	158,6	176,8	195,9	181,6	168,6	159,2
Festulolium; Festulolium	Agula	K	230,0	231,3	244,2	223,7	217,4	237,9	222,4	191,0	252,0	261,3	231,7	221,8	236,5
		S	208,6	203,2	178,1	199,2	181,9	193,6	160,7	136,4	194,5	195,3	188,3	172,5	155,7
	Sulino	K	237,1	220,0	236,3	243,9	215,2	227,4	218,2	177,6	253,4	251,2	250,7	211,3	235,5
		S	209,1	181,3	183,8	190,1	170,3	196,5	154,2	128,2	178,3	202,0	177,6	170,8	145,1

cd. tab. XXV

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	2009			2010					2011						
			odrost; regrowth														
			I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V		
Żyćica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	220,3	221,5	232,3	262,7	255,5	294,0	226,6	169,9	250,6	333,5	269,8	226,1	217,9		
		S	207,8	183,6	191,5	214,8	198,1	211,4	173,9	137,9	181,0	210,5	214,0	181,8	167,7		
	Lotos	K	220,3	214,7	224,7	237,5	266,7	282,9	223,2	166,7	241,2	278,5	272,0	242,9	227,8		
		S	210,2	201,8	199,2	220,6	222,0	205,4	173,9	150,0	187,0	203,7	207,2	177,5	166,4		
średnia dla odmiany; mean for cultivar																	
Amera			291,2	289,8	246,6	267,8	238,0	269,6	238,7	187,1	245,2	272,3	242,2	254,6	214,9		
Minora			322,5	276,2	257,9	275,6	246,4	269,8	253,0	173,0	264,2	272,0	235,6	245,3	216,2		
Fantazja			279,4	229,8	236,3	251,6	217,6	232,2	215,3	172,4	229,4	235,8	226,2	205,0	208,1		
Skra			272,4	223,1	219,2	247,0	226,5	228,7	229,6	182,6	230,4	242,8	221,8	218,8	209,2		
Felopa			222,0	220,2	216,4	223,0	202,4	209,6	208,8	176,3	198,2	239,0	207,4	194,7	195,0		
Agula			219,3	217,2	211,2	211,4	199,6	215,8	191,6	163,7	223,2	228,3	210,0	197,2	196,1		
Sulino			223,1	200,6	210,0	217,0	192,8	212,0	186,2	152,9	215,8	226,6	214,2	191,0	190,3		
Gisel			214,0	202,6	211,9	238,8	226,8	252,7	200,2	153,9	215,8	272,0	241,9	204,0	192,8		
Lotos			215,2	208,2	212,0	229,0	244,4	244,2	198,6	158,4	214,1	241,1	239,6	210,2	197,1		
NIR; LSD			30,22	42,02	33,26	53,42	30,74	r.n.; n.s.	32,53	r.n.; n.s.	41,20	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	27,83	r.n.; n.s.		
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture																	
K			262,9	249,2	247,8	262,4	246,4	257,7	238,4	185,3	258,7	285,6	256,4	239,7	237,6		
S			239,1	210,3	201,4	217,9	196,8	216,6	188,7	152,5	193,8	209,9	196,6	187,1	166,7		
NIR; LSD			8,05	11,19	8,86	14,23	8,19	19,98	8,66	10,53	10,97	19,68	12,23	7,41	9,79		

* objaśnienia jak dla tab. XXIV; explanations as to the table XXIV

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

Tabela XXVI

Zawartość węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie w suchej masie traw w zależności od poziomu wilgotności gleby ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
 Content of water soluble carbohydrates in dry matter of grass depending on the level of soil moisture ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	2009					2010					2011				
								odrost; regrowth									
			I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V		
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	88,8	85,2	45,1	52,0	50,0	18,0	19,5	105,0	112,0	33,3	26,9	29,5	69,0		
		S	90,5	70,0	43,0	85,1	80,0	25,0	35,0	94,7	114,0	16,2	38,8	39,1	68,9		
	Minora	K	73,8	81,2	40,0	45,8	45,1	11,8	13,3	87,6	122,9	32,3	29,0	34,5	59,0		
		S	26,0	54,9	45,1	72,5	67,5	21,1	35,0	78,2	114,4	29,6	36,7	20,6	66,4		
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	64,2	140,1	90,1	72,4	70,1	70,1	45,5	113,6	78,8	67,4	43,9	51,9	77,4		
		S	68,8	135,0	120,0	107,5	112,6	37,9	47,5	111,1	86,5	54,3	49,2	48,9	93,7		
	Skra	K	88,8	155,1	100,1	66,9	70,1	60,0	37,5	128,8	86,6	62,1	63,5	61,5	74,3		
		S	31,3	150,1	116,4	105,0	112,6	40,0	42,6	116,2	111,5	66,5	53,2	56,3	110,5		
	Felopa	K	180,2	150,1	126,3	142,7	123,8	80,0	58,1	144,0	136,9	64,3	75,7	110,1	89,0		
		S	160,2	161,3	150,1	120,0	82,6	35,0	40,0	144,0	153,9	56,4	57,0	70,9	116,2		
Festulolium; Festulolium	Agula	K	209,0	166,7	111,1	152,7	135,2	82,6	83,8	186,9	109,4	64,2	88,6	110,3	99,3		
		S	143,9	146,4	140,1	111,1	81,8	27,5	39,5	159,1	126,4	58,9	64,2	71,0	115,8		
	Sulino	K	181,5	247,6	131,2	127,6	130,1	96,0	73,2	192,0	104,8	86,3	66,7	100,6	96,5		
		S	147,8	181,9	155,4	116,2	96,0	30,3	40,5	181,9	163,1	71,5	61,8	88,3	121,1		

cd. tab. XXVI

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	2009			2010					2011					
						odrost; regrowth										
			I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	
Żyzica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	270,0	186,8	151,5	97,6	117,6	65,6	58,1	200,0	187,0	69,1	71,7	76,0	78,8	
		S	188,1	168,0	141,5	35,0	86,7	22,7	32,0	166,7	149,0	57,0	54,3	58,9	125,4	
	Lotos	K	240,2	242,5	161,6	125,1	112,6	50,5	65,0	186,9	168,1	61,9	37,0	61,5	103,7	
		S	145,1	156,5	136,3	30,0	96,3	18,8	33,0	181,9	162,8	52,0	49,3	61,4	148,5	
średnia dla odmiany; mean for cultivar																
Amara Minora Fantazja Skra Felopa Agula Sulino Gisel Lotos			89,6	77,6	44,0	68,6	65,0	21,5	27,2	99,8	113,0	24,8	32,8	34,3	69,0	
			49,9	68,0	42,6	59,2	56,3	16,4	24,2	82,9	118,6	31,0	32,8	27,6	62,7	
			66,5	137,6	105,0	90,0	91,4	54,0	46,5	112,4	82,6	60,8	46,6	50,4	85,6	
			60,0	152,6	108,2	86,0	91,4	50,0	40,0	122,5	99,0	64,3	58,4	58,9	92,4	
			170,2	155,7	138,2	131,4	103,2	57,5	49,0	144,0	145,4	60,4	66,4	90,5	102,6	
			176,4	156,6	125,6	131,9	108,5	55,0	61,6	173,0	117,9	61,6	76,4	90,6	107,6	
			164,6	214,8	143,3	121,9	113,0	63,2	56,8	187,0	134,0	78,9	64,2	94,4	108,8	
			229,0	177,4	146,5	66,3	102,2	44,2	45,0	183,4	168,0	63,0	63,0	67,4	102,1	
			192,6	199,5	149,0	77,6	99,4	34,6	49,0	184,4	165,4	57,0	43,2	61,4	126,1	
			101,1	89,14	55,92	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	32,24	76,18	19,4	40,7	48,20	46,45	
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture																
K S			155,2	161,7	106,3	98,1	95,0	59,4	50,4	149,4	122,9	60,1	55,9	70,66	83,0	
			111,3	136,0	116,4	86,9	89,6	28,7	38,3	137,1	131,3	51,4	51,6	57,3	107,4	
NIR; LSD			26,92	23,74	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	19,8	r.n.; n.s.	8,59	r.n.; n.s.	5,15	r.n.; n.s.	12,84	12,37	

* objaśnienia jak w tab. XXIV; explanations as in fig. XXIV

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

Tabela XXVII

Zawartość tłuszczu surowego w suchej masie traw w zależności od poziomu wilgotności gleby (g·kg⁻¹)
Content of crude fat in dry matter of grass depending on the level of soil moisture (g·kg⁻¹)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	2009					2010					2011				
			odrost; regrowth														
			I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V		
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	40,8	42,4	41,2	34,9	49,5	51,6	61,6	37,8	37,8	46,4	23,6	38,8	32,8		
		S	44,8	35,4	38,1	37,2	66,6	52,0	47,2	34,4	46,9	49,5	34,1	25,4	40,0		
	Minora	K	37,9	40,5	40,8	35,4	55,7	48,8	57,0	38,9	38,2	41,4	28,8	35,5	34,6		
		S	41,4	32,4	43,7	52,4	66,6	57,8	44,0	31,7	48,3	56,6	35,2	24,7	35,5		
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	36,5	43,8	37,4	31,8	51,4	43,9	52,5	33,4	37,6	35,2	29,8	33,6	31,2		
		S	51,8	35,3	40,5	48,2	60,7	44,9	37,2	32,8	48,4	50,5	30,0	27,2	32,4		
	Skra	K	39,5	33,3	37,0	47,2	48,9	47,3	47,6	35,8	36,0	41,3	29,3	29,7	34,3		
		S	39,8	43,0	45,7	48,7	58,8	49,1	37,4	29,9	51,8	50,1	35,1	25,7	37,8		
	Felopa	K	41,8	40,8	37,8	50,8	56,4	49,2	38,2	32,6	47,6	41,1	35,1	29,5	39,6		
		S	53,4	54,6	51,1	54,4	70,4	62,9	51,8	41,5	66,2	54,0	37,8	28,4	40,8		
Festulolium; Festulolium	Agula	K	41,5	34,9	40,9	56,8	57,1	53,9	39,8	35,4	41,3	43,7	38,6	34,2	41,8		
		S	53,6	48,1	52,0	55,1	52,6	55,0	45,0	44,6	54,4	28,2	40,8	25,7	43,5		
	Sulino	K	44,3	32,7	34,8	58,6	59,0	54,0	42,6	39,4	45,0	46,0	29,9	38,5	33,6		
		S	51,8	45,6	52,0	53,2	56,5	55,0	48,5	43,2	64,0	32,2	34,0	34,4	43,1		

cd. tab. XXVII

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	2009			2010					2011				
						odrost; regrowth									
			I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Żyćica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	33,7	34,3	34,4	42,8	51,0	38,0	42,7	39,0	36,3	35,4	30,6	34,6	33,1
		S	50,4	48,8	47,4	36,8	47,4	49,0	51,4	45,8	55,2	20,2	30,6	34,2	43,0
	Lotos	K	33,4	34,8	36,2	47,4	50,5	41,2	43,2	46,4	31,7	30,6	29,0	35,1	38,1
		S	48,4	48,0	43,4	35,1	28,0	51,8	51,2	39,8	41,8	20,6	25,1	35,0	46,4
średnia dla odmiany; mean for cultivar															
Amera			42,8	38,9	39,6	36,0	58,0	51,8	54,4	36,1	42,4	48,0	28,8	32,1	36,4
Minora			39,6	36,4	42,2	43,9	61,2	53,3	50,5	35,3	43,2	49,0	32,0	30,1	35,0
Fantazia			44,2	39,6	39,0	40,0	56,0	44,4	44,8	33,1	43,0	42,8	29,9	30,4	31,8
Skra			39,6	38,2	41,4	48,0	53,8	48,2	42,5	32,8	43,9	45,7	32,2	27,7	36,0
Felopa			47,6	47,7	44,4	52,6	63,4	56,0	45,0	37,0	56,9	47,6	36,4	29,0	40,2
Agula			47,6	41,5	46,4	56,0	54,8	54,4	42,4	40,0	47,8	36,0	39,7	30,0	42,6
Sulino			48,0	39,2	43,4	55,9	57,8	54,5	45,6	41,3	54,5	39,1	32,0	36,4	38,4
Gisel			42,0	41,6	40,9	39,8	49,2	43,5	47,0	42,4	45,8	27,8	30,6	34,4	38,0
Lotos			40,9	41,4	39,8	41,2	39,2	46,5	47,2	43,1	36,8	25,6	27,0	35,0	42,2
NIR; LSD			r.n.;	r.n.;	r.n.;	r.n.;	r.n.;	r.n.;	r.n.;	r.n.;	12,02	r.n.;	r.n.;	r.n.;	r.n.;
			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture															
K			38,8	37,5	37,8	45,1	53,3	47,5	47,2	37,6	39,1	40,1	30,5	34,4	35,5
S			48,4	43,5	46,0	46,8	56,4	53,1	46,0	38,2	53,0	40,2	33,6	29,0	40,3
NIR; LSD			4,56	r.n.;	4,87	r.n.;	r.n.;	4,17	r.n.;	r.n.;	3,20	r.n.;	r.n.;	3,63	2,96
			n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	

* objaśnienia jak dla tab. XXIV; explanations as to the table XXIV

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

Tabela XXVIII

Zawartość popiołu surowego w suchej masie traw w zależności od poziomu wilgotności gleby (g·kg⁻¹)
 Content of crude ash in dry matter of grass depending on the level of soil moisture (g·kg⁻¹)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	2009					2010					2011				
			odrost; regrowth														
			I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V		
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	87,0	68,0	68,6	71,7	67,3	99,5	95,1	77,5	66,2	76,2	95,0	79,6	77,8		
		S	80,2	80,3	91,2	83,0	72,1	106,9	105,4	102,0	84,0	94,4	117,2	115,2	93,6		
	Minora	K	86,1	62,3	68,9	80,5	66,6	94,3	97,0	82,2	63,3	73,0	94,2	79,8	84,8		
		S	95,3	86,0	89,8	88,3	69,9	104,4	101,1	100,5	85,1	92,0	116,3	114,3	99,4		
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	93,3	75,2	65,0	90,7	68,4	77,8	79,6	73,8	77,2	68,3	83,1	72,5	78,8		
		S	92,0	74,4	71,4	91,8	76,4	106,2	104,6	101,7	99,2	96,5	116,2	115,4	89,7		
	Skra	K	92,5	71,4	62,1	79,7	68,9	77,5	74,3	72,1	75,5	79,3	83,7	70,8	75,1		
		S	100,3	71,8	73,2	90,5	73,7	106,4	104,9	98,2	96,2	97,5	116,4	105,6	83,9		
	Felopa	K	88,2	85,0	76,1	81,5	75,2	93,6	86,6	74,6	80,0	80,0	93,3	79,8	80,4		
		S	95,6	79,7	74,2	103,4	94,9	126,1	121,6	101,0	95,2	104,9	126,0	120,1	98,2		
Festulolium; Festulolium	Agula	K	84,4	81,7	75,1	88,8	76,9	95,7	85,6	71,1	83,0	83,0	95,0	77,8	83,3		
		S	103,2	87,4	78,3	108,0	97,7	131,9	125,3	106,3	105,6	105,9	129,6	123,3	99,8		
	Sulino	K	87,9	66,6	71,7	90,8	79,4	95,4	86,9	70,1	92,1	80,2	99,2	83,9	86,7		
		S	100,8	81,7	77,2	109,9	95,0	127,6	121,4	101,2	101,9	95,5	122,9	115,5	98,8		

cd. tab. XXVIII

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	2009			2010					2011				
						odrost; regrowth									
			I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Żylica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	74,5	77,8	63,2	88,1	66,7	80,8	87,4	68,4	81,3	71,4	95,3	79,1	90,2
		S	90,3	82,9	69,2	111,8	86,6	121,5	123,5	100,1	95,9	106,9	121,9	119,9	95,8
	Lotos	K	75,8	75,9	65,6	91,3	70,4	86,3	87,0	72,0	78,6	81,5	100,9	83,9	83,1
		S	94,8	80,3	74,2	116,7	99,5	123,9	121,8	103,9	95,2	102,0	124,4	119,0	92,9
średnia dla odmiany; mean for cultivar															
Amera			83,6	74,2	79,9	77,4	69,7	103,2	100,2	89,8	75,1	85,3	106,1	97,4	85,7
Minora			90,7	74,2	79,4	84,4	68,2	99,4	99,0	91,4	74,2	82,5	105,2	97,0	92,1
Fantazia			92,6	74,8	68,2	91,2	72,4	92,0	92,1	87,8	88,2	82,4	99,6	94,0	84,2
Skra			96,4	71,6	67,6	85,1	71,3	92,0	89,6	85,2	85,8	88,4	100,0	88,2	79,5
Felopa			91,9	82,4	75,2	92,4	85,0	109,8	104,1	87,8	87,6	92,4	109,6	100,0	89,3
Agula			93,8	84,6	76,7	98,4	87,3	113,8	105,4	88,7	94,3	94,4	112,3	100,6	91,6
Sulino			94,4	74,2	74,4	100,4	87,2	111,5	104,2	85,6	97,0	87,8	111,0	99,6	92,8
Gisel			82,4	80,4	66,2	100,0	76,6	101,2	105,4	84,2	88,6	89,2	108,6	99,5	93,0
Lotos			85,3	78,1	69,9	104,0	85,0	105,1	104,4	88,0	86,9	91,8	112,6	101,4	88,0
NIR; LSD			r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	23,68	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	12,39	r.n.; n.s.	15,23	r.n.; n.s.	11,7
	średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture														
K			85,5	73,8	68,5	84,8	71,1	89,0	86,6	73,5	77,5	77,0	93,3	78,6	82,2
S			94,7	80,5	77,6	100,4	85,1	117,2	114,4	101,7	95,4	99,5	121,2	116,5	94,7
NIR; LSD			6,75	r.n.; n.s.	6,14	6,31	7,00	9,03	9,57	3,87	3,30	4,80	4,06	3,56	3,11

* objaśnienia jak dla tab. XXIV; explanations as to the table XXIV

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

Tabela XXIX

Zawartość frakcji włókna: NDF, ADF i lignin w suchej masie traw w zależności od poziomu wilgotności gleby ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
 Content of fibre fractions of NDF, ADF and lignins in dry matter of grass depending on the level of soil moisture ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	NDF neutralna frakcja detergentowa; Neutral detergent fibre			ADF kwaśna frakcja detergentowa; Acid detergent fibre			Ligniny; Lignins											
			2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011						
			odrost; regrowth																	
			I	III	I	III	I	III	I	III	I	III	I	III	I	III				
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	673	718	716	709	656	671	350	374	366	326	308	302	30,0	47,7	36,5	39,9	37,7	35,5
		S	642	652	630	669	585	608	279	265	311	303	229	239	26,1	26,4	34,4	44,5	24,0	25,5
	Minora	K	712	799	725	686	691	680	376	391	357	389	330	314	34,1	46,4	37,9	53,4	35,3	33,7
		S	712	623	616	676	593	611	398	280	284	295	249	225	58,7	24,4	28,1	41,1	31,3	20,9
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	623	632	734	654	625	653	304	302	335	289	303	326	13,9	21,1	22,2	20,6	21,3	35,0
		S	633	613	566	635	565	590	342	235	252	261	213	237	41,6	14,7	16,4	27,5	19,3	21,7
	Skra	K	626	628	634	691	648	649	290	228	310	246	281	276	17,8	11,4	19,9	17,0	21,2	18,9
		S	704	598	570	662	519	587	359	225	259	245	194	228	48,8	15,4	18,7	24,1	14,0	15,7
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	589	587	541	610	527	596	267	291	271	275	245	270	17,0	17,3	14,9	19,7	14,7	21,4
		S	529	554	519	630	468	606	247	219	241	232	183	214	17,2	12,4	16,6	26,3	17,3	19,9
	Agula	K	566	583	553	588	577	569	256	275	282	276	303	271	12,5	15,0	20,5	21,4	25,4	20,3
		S	655	540	535	646	453	603	243	226	231	228	200	207	13,8	15,3	15,4	24,2	15,3	19,1
	Sulino	K	579	572	562	561	534	607	264	274	299	270	277	259	10,6	13,5	23,1	24,0	19,7	19,4
		S	531	499	525	631	464	616	227	218	226	235	190	220	11,4	15,7	15,5	25,7	18,5	25,4

cd. tab. XXIX

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność; gleby; Soil moisture	NDF neutralna frakcja detergentowa; Neutral detergent fibre		ADF kwaśna frakcja detergentowa; Acid detergent fibre						Ligniny; Lignins									
			2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011						
			odrost; regrowth																	
			I	III	I	III	I	III	I	III	I	III	I	III	I	III				
Żyćica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	524	575	622	660	556	612	246	281	339	368	274	342	13,0	17,9	33,4	49,6	21,2	45,0
		S	560	536	618	588	479	600	233	216	285	245	182	255	13,6	14,8	25,5	29,1	14,6	32,0
	Lotos	K	509	514	568	642	550	606	247	261	308	383	270	320	14,3	14,8	30,0	56,6	26,7	37,0
		S	520	544	639	639	492	578	217	230	278	252	188	245	11,7	15,4	24,8	29,9	14,3	26,1
średnia dla odmiany; mean for cultivar																				
Amera			657	684	673	689	620	639	315	320	338	315	269	270	28,0	37,0	35,4	42,2	30,8	30,5
Minora			712	711	671	681	642	645	387	335	320	342	289	269	46,4	35,4	33,0	47,2	33,3	27,3
Fantazia			628	622	650	644	595	622	323	269	294	275	258	282	27,8	17,9	19,3	24,0	20,3	28,4
Skra			665	613	602	677	584	618	325	226	284	245	237	252	33,3	13,4	19,3	20,6	17,6	17,3
Felopa			559	571	530	620	498	601	257	255	256	254	214	242	17,1	14,8	15,8	23,0	16,0	20,6
Agula			611	561	544	617	515	586	250	250	257	252	252	239	13,2	15,2	18,0	22,8	20,4	19,7
Sulino			555	536	544	596	499	612	245	246	262	252	234	240	11,0	14,6	19,3	24,8	19,1	22,4
Gisel			542	555	620	624	518	606	240	249	312	306	228	298	13,3	16,4	29,4	39,4	17,9	38,5
Lotos			515	529	604	640	521	592	232	246	293	318	229	282	13,0	15,1	27,4	43,2	20,5	31,6
NIR; LSD			150,0	161,0	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	79,2	r.n.; n.s.	122,0	98,7	52,4	r.n.; n.s.	32,5	54,0	22,80	17,92	10,5	r.n.; n.s.	15,66	r.n.; n.s.
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture																				
K			600	623	628	645	596	627	289	298	319	314	288	298	18,1	22,8	26,5	33,6	24,8	29,6
S			609	573	580	642	513	600	283	235	263	255	203	230	27,0	17,2	21,7	30,3	18,7	22,9
NIR; LSD			r.n.; n.s.	42,9	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	21,1	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	26,3	14,0	35,6	8,6	14,4	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	0,28	r.n.; n.s.	4,17	5,30

* objaśnienia jak dla tab. XXIV; explanations as to the table XXIV

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

Tabela XXX

Zawartość frakcji włókna: celulozy i hemiceluloz w suchej masie traw w zależności od poziomu wilgotności gleby (g·kg⁻¹)
 Content of fibre fractions of cellulose and hemicelluloses in dry matter of grass depending on the level of soil moisture (g·kg⁻¹)

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	Celuloza; Cellulose						Hemicelulozy; Hemicelluloses					
			2009		2010		2011		2009		2010		2011	
			odrost; regrowth											
			I	III	I	III	I	III	I	III	I	III	I	III
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	320	326	330	286	271	266	313	343	349	384	348	369
		S	253	240	276	258	205	213	362	385	319	366	356	369
	Minora	K	342	344	320	335	295	280	336	408	367	297	362	366
		S	339	256	256	253	217	204	315	343	333	382	344	386
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	290	281	313	268	282	292	319	330	399	366	321	326
		S	300	220	236	233	194	215	290	377	314	374	352	353
	Skra	K	272	216	289	229	260	256	336	400	324	445	367	373
		S	311	210	241	220	180	212	344	373	312	418	325	359
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	250	273	256	255	230	248	323	296	269	335	282	326
		S	230	208	224	207	165	194	282	335	279	398	285	392
	Agula	K	244	260	262	255	278	250	310	308	271	314	274	298
		S	229	211	215	204	184	188	412	314	304	418	252	396
	Sulino	K	253	261	276	246	258	240	315	298	263	291	258	348
		S	216	202	211	210	172	195	304	281	300	395	274	394

cd. tab. XXX

Gatunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	Celuloza; Cellulose						Hemicelulozy; Hemicelluloses					
			2009		2010		2011		2009		2010		2011	
			odrost; regrowth											
			I	III	I	III	I	III	I	III	I	III	I	III
Żyćica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	232	263	305	319	253	298	279	293	283	292	283	270
		S	219	201	260	215	167	223	327	319	333	344	298	347
	Lotos	K	233	246	279	326	244	284	262	252	259	259	280	285
		S	206	214	253	223	174	216	303	314	360	386	304	360
średnia dla odmiany; mean for cultivar														
Amera Minora Fantazja Skra Felopa Agula Sulino Gisel Lotos			287	283	303	272	238	240	338	364	334	375	352	369
			341	300	288	294	256	242	326	376	350	339	353	376
			295	251	275	251	238	253	305	354	356	370	336	340
			292	213	265	225	220	234	340	386	318	431	346	366
			240	240	240	231	198	221	303	316	274	366	284	359
			236	235	238	229	231	219	361	311	288	366	263	347
			235	232	243	228	215	217	309	289	281	343	266	371
			226	232	283	267	210	260	303	306	308	318	290	308
			219	230	266	274	209	250	282	283	310	323	292	322
			NIR, LSD	85,1	74,0	46,1	r.n.; n.s.	29,3	37,3	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	68,5 n.s.
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture														
K S			271	275	292	280	263	268	310	325	309	331	308	329
			256	218	241	225	184	206	327	338	317	387	311	373
NIR, LSD			r.n.; n.s.	19,7	12,3	26,0	7,8	9,9	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	43,2	r.n.; n.s.	29,2 n.s.

* objaśnienia jak dla tab. XXIV; explanations as to the table XXIV

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

Tabela XXXI

Zawartość fosforu w suchej masie traw w zależności od poziomu wilgotności gleby ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
 Content of phosphorus in dry matter of grass depending on the level of soil moisture ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	2009					2010					2011				
								odrost, regrowth									
			I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V		
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	3,3	3,6	3,7	3,3	3,4	2,9	3,6	3,0	3,1	3,1	3,0	2,6	2,6		
		S	3,4	3,4	3,9	3,6	3,4	3,2	3,3	3,1	3,7	4,0	3,1	3,1	2,9		
	Minora	K	3,3	3,4	3,5	3,9	3,2	3,0	3,7	3,0	2,9	3,1	3,1	2,7	2,7		
		S	3,5	3,3	3,4	3,7	3,3	3,2	3,1	2,9	3,7	3,6	2,9	3,2	3,1		
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	4,1	3,8	3,3	3,2	3,4	2,0	2,8	2,5	3,5	2,9	2,5	2,5	2,8		
		S	4,1	3,2	3,3	4,1	3,4	3,5	3,8	3,1	4,3	4,5	3,7	3,4	3,1		
	Skra	K	4,0	3,5	3,2	4,0	3,2	2,5	2,8	2,4	3,6	3,1	2,7	2,3	2,6		
		S	3,8	3,1	3,3	4,0	3,5	3,6	3,9	3,2	4,1	4,7	4,2	3,5	2,9		
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	3,9	3,4	3,3	3,8	3,1	2,3	2,8	2,2	3,3	3,0	2,4	2,1	2,4		
		S	3,5	2,8	2,9	3,8	3,7	3,6	4,6	2,8	4,0	4,3	4,0	3,8	3,0		
	Agula	K	3,9	3,2	3,3	3,8	3,3	2,3	2,4	2,0	3,3	3,4	2,3	2,2	2,4		
		S	3,9	3,2	2,9	4,1	4,0	4,0	4,8	2,7	3,9	4,7	4,0	3,5	2,8		
	Sulino	K	4,0	2,4	3,3	4,0	3,3	2,5	2,8	2,1	3,9	2,6	2,4	2,2	2,6		
		S	3,6	2,9	2,8	4,2	3,9	4,1	4,7	2,7	3,9	3,8	3,8	3,3	2,8		

cd. tab. XXXI

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	2009			2010					2011						
			odrost; regrowth														
			I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V		
Życica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	2,8	3,2	2,2	3,3	2,7	1,9	2,6	1,9	3,1	2,6	2,4	2,1	2,4		
		S	2,8	2,5	2,6	3,9	3,6	3,9	4,4	2,6	3,6	4,1	3,8	3,4	2,4		
	Lotos	K	2,9	2,7	2,5	3,7	2,9	1,8	2,7	2,1	3,0	2,7	2,5	2,1	2,2		
		S	3,0	2,5	2,4	3,8	3,8	3,8	4,8	2,8	3,3	4,0	3,6	3,9	2,5		
średnia dla odmiany; mean for cultivar																	
Amera			3,4	3,5	3,8	3,4	3,4	3,0	3,4	3,0	3,4	3,6	3,0	2,8	2,8		
Minora			3,4	3,4	3,4	3,8	3,2	3,1	3,4	3,0	3,4	3,4	3,0	3,0	2,9		
Fantazja			4,1	3,5	3,3	3,6	3,4	2,8	3,3	2,8	3,3	3,7	3,1	3,0	3,0		
Skra			3,9	3,3	3,2	4,0	3,4	3,0	3,4	2,8	3,4	3,9	3,4	2,9	2,8		
Felopa			3,7	3,1	3,1	3,8	3,4	3,0	3,7	2,5	3,6	3,6	3,2	3,0	2,7		
Agula			3,9	3,2	3,1	4,0	3,6	3,2	3,6	2,4	3,6	4,0	3,2	2,8	2,6		
Sulino			3,8	2,6	3,0	4,1	3,6	3,3	3,8	2,4	3,9	3,2	3,1	2,8	2,7		
Gisel			2,8	2,8	2,4	3,6	3,2	2,9	3,5	2,2	3,4	3,4	3,1	2,8	2,4		
Lotos			3,0	2,6	2,4	3,8	3,4	2,8	3,8	2,4	3,2	3,4	3,0	3,0	2,4		
NIR, LSD			0,63	r.n.;	0,87	r.n.;	r.n.;	r.n.;	r.n.;	r.n.;	r.n.;	r.n.;	r.n.;	r.n.;	0,47		
			n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.			
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture																	
K			3,6	3,2	3,1	3,7	2,7	2,4	2,9	2,4	3,3	2,9	2,6	2,3	2,5		
S			3,5	3,0	3,1	3,9	3,6	3,7	4,2	2,9	3,8	4,2	3,7	3,5	2,8		
NIR, LSD			r.n.;	r.n.;	r.n.;	r.n.;	0,28	0,51	0,81	0,24	0,20	0,27	0,52	0,35	0,12		
			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.										

* objaśnienia jak dla tab. XXIV; explanations as to the table XXIV

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

Tabela XXXII

Zawartość potasu w suchej masie traw w zależności od poziomu wilgotności gleby (g·kg⁻¹)
 Content of potassium in dry matter of grass depending on the level of soil moisture (g·kg⁻¹)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	2009					2010					2011				
			odrost, regrowth														
			I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V		
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	26,1	12,2	8,2	20,3	9,4	26,8	16,7	8,0	22,8	11,6	24,6	9,7	6,1		
		S	33,4	18,0	15,1	28,3	13,4	26,6	22,2	12,3	28,4	20,9	33,9	24,3	17,5		
	Minora	K	27,0	11,3	8,2	24,9	9,1	27,8	21,4	9,0	19,5	11,0	26,0	10,0	7,0		
		S	34,9	20,1	13,9	28,7	14,0	28,1	21,9	12,4	27,9	21,8	35,0	24,6	18,0		
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	29,7	13,4	8,8	25,6	11,9	17,9	15,1	8,7	23,8	11,3	24,4	10,7	7,5		
		S	35,1	16,6	12,5	28,8	16,4	28,0	27,1	18,4	33,7	24,7	35,3	30,2	21,9		
	Skra	K	28,9	13,7	8,6	22,2	10,3	22,7	15,4	7,8	22,6	11,4	24,9	8,8	7,1		
		S	37,5	17,9	13,4	29,0	17,8	29,0	24,8	20,0	31,3	24,8	38,6	26,3	19,5		
	Felopa	K	26,9	15,2	8,8	22,4	10,5	21,4	13,3	7,1	24,4	12,5	24,9	11,7	5,9		
		S	32,5	17,0	11,4	30,9	24,2	34,1	34,9	23,0	31,9	24,5	38,3	28,5	19,6		
Festulolium; Festulolium	Agula	K	25,7	12,7	7,7	22,4	10,5	22,4	12,0	6,1	24,2	11,7	22,4	7,5	5,4		
		S	37,8	19,9	12,4	30,4	22,9	33,9	35,9	26,8	31,9	24,7	38,5	27,6	16,8		
	Sulino	K	27,7	11,1	7,4	23,1	10,6	22,9	12,5	5,4	28,0	11,2	24,3	8,7	6,0		
		S	37,7	19,2	12,9	30,2	21,5	33,3	31,5	26,8	31,0	20,2	39,1	25,1	15,8		

cd. tab. XXXII

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	2009			2010					2011						
			odrost; regrowth														
			I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V		
Żyćica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	22,9	13,4	5,0	23,9	8,0	22,3	11,3	4,1	22,7	10,5	26,4	8,0	6,3		
		S	33,1	19,4	11,6	31,8	19,9	36,1	32,4	25,4	29,9	24,2	35,5	30,4	15,1		
	Lotos	K	23,2	14,1	6,7	25,3	9,2	22,4	11,3	4,5	22,0	10,0	27,4	7,9	4,8		
		S	33,8	15,2	9,3	31,9	20,8	37,0	38,1	27,4	30,5	25,0	35,9	27,2	15,9		
średnia dla odmiany; mean for cultivar																	
Amera Minora Fantazja Skra Felopa Agula Sulino Gisel Lotos			29,8	15,1	11,6	24,3	11,4	26,7	19,4	1,02	25,6	16,2	29,2	17,0	11,8		
			31,0	15,7	11,0	26,8	11,6	28,0	21,6	10,7	23,7	16,4	30,5	17,3	12,5		
			32,4	15,0	10,6	27,2	14,2	23,0	21,1	13,6	28,8	18,0	29,8	20,4	14,7		
			33,2	15,8	11,0	25,6	14,0	25,8	20,1	13,9	27,0	18,1	31,8	17,6	13,3		
			29,7	16,1	10,1	26,6	17,4	27,8	24,1	15,0	28,2	18,5	31,6	20,1	12,8		
			31,8	16,3	10,0	26,4	16,7	28,2	24,0	16,4	28,0	18,2	30,4	17,6	11,1		
			32,7	15,2	10,2	26,6	16,0	28,1	22,0	16,1	29,5	15,7	31,7	16,9	10,9		
			28,0	16,4	8,3	27,8	14,0	29,2	21,8	14,8	26,3	17,4	31,0	19,2	10,7		
			28,5	14,6	8,0	28,6	15,0	29,7	24,7	16,0	26,2	17,5	31,6	17,6	10,4		
			r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.		
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture																	
K S			26,5	13,0	7,7	23,3	9,9	23,0	14,3	6,74	23,3	11,2	25,0	9,22	6,2		
			35,1	18,1	12,5	30,0	19,0	31,8	29,9	21,4	30,7	23,4	36,7	27,1	17,8		
NIR; LSD			1,76	2,10	1,21	1,46	2,94	4,25	6,94	5,83	1,56	1,59	2,22	2,01	1,35		

* objaśnienia jak dla tab. XXIV; explanations as to the table XXIV

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

Tabela XXXIII

Zawartość wapnia w suchej masie traw w zależności od poziomu wilgotności gleby ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
 Content of calcium in dry matter of grass depending on the level of soil moisture ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	2009					2010					2011				
			odrost; regrowth														
			I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V		
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	5,7	10,5	12,1	5,9	11,2	13,9	13,8	16,0	5,8	14,5	13,9	15,9	16,2		
		S	4,3	11,3	17,5	7,0	11,6	16,1	19,1	23,1	9,0	16,1	16,1	19,9	17,9		
	Minora	K	4,9	10,2	12,5	6,7	12,2	12,7	13,8	18,2	6,5	13,5	12,3	16,3	17,7		
		S	5,5	14,5	16,9	7,5	11,3	15,3	18,6	22,3	10,0	13,5	15,4	19,9	18,0		
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	5,7	10,1	10,0	9,9	11,0	7,5	12,3	15,1	7,4	11,0	10,1	12,6	15,2		
		S	6,7	8,9	10,5	9,4	12,0	14,7	16,3	21,3	10,9	13,8	14,4	18,1	14,6		
	Skra	K	7,6	8,8	9,3	8,2	11,1	9,2	10,6	13,5	8,0	11,2	9,5	12,3	14,9		
		S	7,5	8,8	10,3	9,3	10,6	14,0	15,2	17,9	10,5	13,3	14,4	15,8	14,4		
Festulolium; Festulolium	Felopa	K	7,6	11,7	12,6	9,5	12,6	13,0	13,4	13,5	7,9	13,0	11,4	11,7	14,9		
		S	7,6	11,1	12,7	10,0	12,7	17,2	16,5	17,2	11,2	16,6	17,2	19,3	17,8		
	Agula	K	7,8	13,2	13,5	10,4	12,6	14,3	11,8	13,5	9,2	13,5	11,2	13,8	16,3		
		S	7,5	11,4	13,3	12,1	14,4	17,8	18,0	17,9	12,9	15,8	16,5	19,0	18,7		
	Sulino	K	7,7	10,1	12,5	11,0	12,0	14,3	13,4	12,4	10,1	12,5	12,6	14,3	14,6		
		S	7,0	11,7	12,7	12,9	15,5	17,4	15,6	17,9	11,5	14,7	12,6	19,9	18,8		

cd. tab. XXXIII

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	2009		2010					2011					
			odrost; regrowth												
			I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Żyćca wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	7,0	11,0	11,2	9,8	10,5	10,7	13,7	12,8	9,5	11,0	12,1	13,5	19,2
		S	7,2	11,9	12,8	12,5	12,6	14,7	14,1	15,7	11,5	15,7	16,1	18,4	17,4
	Lotos	K	7,3	10,8	11,1	9,6	10,6	12,1	13,3	14,0	10,8	14,3	11,7	14,6	17,1
		S	7,5	12,7	15,0	13,8	16,1	15,3	15,3	17,5	10,7	16,5	17,5	18,7	18,1
średnia dla odmiany; mean for cultivar															
Amer Minora Fantazja Skra Felopa Agula Sulino Gisel Lotos			5,0	10,9	14,8	6,4	11,4	15,0	16,4	19,6	7,4	15,3	15,0	17,9	17,0
			5,2	12,4	14,7	7,1	11,8	14,0	16,2	20,2	8,2	13,5	13,8	18,1	17,8
			6,2	9,4	10,2	9,6	11,5	11,1	14,3	18,2	9,2	12,4	12,2	15,4	14,9
			7,6	8,8	9,8	8,8	10,8	11,6	12,9	15,7	9,2	12,2	12,0	14,0	14,6
			7,6	11,4	12,6	10,2	12,6	15,1	15,0	15,4	9,6	14,8	14,3	15,5	16,4
			7,6	12,3	13,4	11,2	13,5	16,0	14,9	15,7	11,0	14,6	13,8	16,4	17,5
			7,4	10,9	12,6	12,0	13,8	15,8	14,5	15,2	10,8	13,6	12,6	17,1	16,7
			7,1	11,4	12,0	11,2	11,6	12,7	13,9	14,2	10,5	13,4	14,1	16,0	18,3
			7,4	11,8	13,0	11,7	13,4	13,7	14,3	15,8	10,8	15,4	14,6	16,6	17,6
	NIR; LSD		2,03	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	3,77	r.n.; n.s.	4,29	r.n.; n.s.	3,93	3,64	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	3,72	r.n.; n.s.
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture															
K S			6,8	10,7	11,6	9,0	11,5	12,0	12,9	14,3	8,4	12,7	11,6	13,9	16,2
			6,8	11,4	13,5	10,6	13,0	15,8	16,5	19,0	10,9	15,1	15,6	18,8	17,3
NIR; LSD		r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	1,63	1,00	r.n.; n.s.	1,14	1,42	1,05	0,97	1,00	1,46	0,99	r.n.; n.s.	

* objaśnienia jak dla tab. XXIV; explanations as to the table XXIV
r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

Tabela XXXIV

Zawartość magnezu w suchej masie traw w zależności od poziomu wilgotności gleby ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
 Content of magnesium in dry matter of grass depending on the level of soil moisture ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	2009					2010					2011				
			odrost; regrowth														
			I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V		
Kupkówka pospolita; Cocksfoot	Amera	K*	2,0	3,3	4,0	2,4	4,3	4,0	4,2	4,0	1,9	5,1	3,5	4,7	5,8		
		S	1,8	3,4	4,1	2,8	4,2	4,3	4,7	4,3	2,8	4,5	4,1	4,3	4,3		
	Minora	K	1,5	3,0	3,8	2,3	4,0	3,4	3,8	3,7	2,3	4,0	3,3	4,5	5,7		
		S	1,9	4,0	4,0	2,5	3,8	3,9	3,9	4,1	2,9	3,9	3,3	3,7	4,1		
Kostrzewa łąkowa; Meadow fescue	Fantazja	K	1,7	6,0	6,1	3,7	6,3	3,0	5,6	5,6	3,8	6,9	4,5	6,3	7,5		
		S	2,0	4,8	6,1	3,8	5,8	4,9	4,2	4,1	3,1	4,9	3,4	3,9	3,9		
	Skra	K	1,8	5,4	5,9	3,0	5,9	4,3	4,8	5,2	4,3	6,8	4,5	6,2	7,4		
		S	2,3	4,8	6,0	3,4	5,3	4,7	3,9	3,9	3,6	5,1	3,4	3,7	4,2		
	Felopa	K	1,9	5,4	5,9	3,3	5,5	5,3	6,3	4,7	2,9	5,8	4,7	5,5	5,4		
		S	2,1	4,9	5,1	3,7	4,9	4,9	4,2	3,7	2,9	5,1	4,2	4,4	4,7		
Festulolium; Festulolium	Agula	K	1,7	5,6	5,7	3,1	4,6	5,9	5,7	4,8	3,2	5,5	5,5	5,7	6,3		
		S	2,1	4,8	4,9	4,3	4,9	5,1	4,2	3,5	4,0	5,2	4,0	4,6	4,8		
	Sulino	K	2,0	3,7	5,7	3,4	6,0	6,5	6,7	4,2	3,3	5,8	5,5	6,4	6,5		
		S	2,2	4,9	5,1	4,4	5,4	4,8	3,8	3,3	3,0	5,4	4,1	4,8	4,7		

cd. tab. XXXIV

Gtunek; Species	Odmiana; Cultivar	Wilgotność gleby; Soil moisture	2009		2010					2011					
			odrost; regrowth												
			I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Żyćica wielokwiatowa; Italian ryegrass	Gisel	K	1,5	4,9	4,2	3,0	4,5	4,0	5,6	4,3	3,5	4,3	4,4	4,9	6,2
		S	1,9	4,1	4,0	4,0	3,8	4,0	3,4	3,2	2,9	4,5	3,5	3,9	4,3
	Lotos	K	1,5	3,7	4,2	2,8	4,6	4,4	5,5	4,3	3,9	4,8	4,9	6,0	6,5
		S	1,9	4,2	4,1	3,9	4,9	4,0	3,8	3,2	3,7	4,8	3,7	4,7	4,3
średnia dla odmiany; mean for cultivar															
Amer Minora Fantazja Skra Felopa Agula Sulino Gisel Lotos			1,9	3,4	4,0	2,6	4,2	4,2	4,4	4,2	2,4	4,8	3,8	4,5	5,5
		1,7	3,5	3,9	2,4	3,9	3,6	3,8	3,9	2,6	4,0	3,3	4,1	4,9	
		1,8	5,4	6,1	3,8	6,0	4,0	4,9	4,8	3,4	5,9	4,0	5,1	5,7	
		2,0	5,1	6,0	3,2	5,6	4,5	4,4	4,6	4,0	5,9	4,0	5,0	5,8	
		2,0	5,2	5,5	3,5	5,2	5,1	5,2	4,2	2,9	5,4	4,4	5,0	5,0	
		1,9	5,2	5,3	3,7	5,2	5,5	5,0	4,2	3,6	5,4	4,8	5,2	5,6	
		2,1	4,3	5,4	3,9	5,7	5,6	5,2	3,8	3,2	5,6	4,8	5,6	5,6	
		1,7	4,5	4,1	3,5	4,2	4,0	4,5	3,8	3,2	4,4	4,0	4,4	5,2	
		1,7	4,0	4,2	3,4	4,8	4,2	4,6	3,8	3,8	4,8	4,3	5,4	5,4	
		r.n.;	r.n.;	1,14	1,22	0,98	r.n.;	r.n.;	r.n.;	r.n.;	r.n.;	r.n.;	r.n.;	r.n.;	r.n.;
NIR, LSD		n.s.	n.s.				n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
średnia dla poziomu wilgotności gleby; mean for level of soil moisture															
K			1,7	4,5	5,1	3,0	5,2	4,5	5,4	4,5	3,2	5,4	4,5	5,6	6,4
		S	2,0	4,4	4,8	3,6	4,8	4,5	4,0	3,7	3,2	4,8	3,7	4,2	4,4
NIR, LSD			0,16	r.n.;	r.n.;	0,33	0,26	r.n.;	0,84	0,53	r.n.;	0,58	0,54	0,54	0,69
		n.s.	n.s.	n.s.			n.s.			n.s.					

* objaśnienia jak dla tab. XXIV; explanations as to the table XXIV

r.n. – różnice nieistotne; n.s. – non-significant differences

8. LITERATURA

1. Adjei G.B., Kirkham M.B.: Evaluation of winter cultivars for drought resistance. *Euphytica*, 1980, **29**: 155-160.
2. Araus J.L., Slafer G.A., Reynolds M.P., Royo C.: Plant breeding and drought in C_3 cereals: what should we breed for? *Ann. Bot.*, 2002, **89**: 925-940.
3. Bahar B., Yildirim M.: Head and drought resistances criteria in spring bread wheat: Drought resistance parameters. *Sci. Res. Essays*, 2010, **5(13)**: 1742-1745. Protokół dostępu: <http://www.academicjournals.org/SRE> [16.11.2012]
4. Bandurska H.: Akumulacja wolnej proliny jako przejaw metabolicznej reakcji roślin na działanie stresu wodnego. *Wiad. Bot.*, 1991, **35(1)**: 35-46.
5. Bandurska H.: Rola proliny w reagowaniu roślin na stres deficytu wody w świetle dotychczasowych wyników badań. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1999, **469**: 31-42.
6. Bandurska H., Górny A.G., Zielezińska M.: Effects of water deficit on the relative water content, proline accumulation and injury of cell membranes in leaves of old and modern cultivars of winter wheat. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2008, **524**: 115-126.
7. Bano A., Dörfling K., Bettin D., Hahn H.: Abscissic acid and cytokinins as possible root to shoot signals in xylem sap of rice plants in drying soil. *Aust. J. Plant Physiol.*, 1993, **20**: 109-115.
8. Bartoli C., Simontacchi M., Tambussi E., Beltrano J., Montaldi E., Puntarulo S.: Drought and watering-dependent oxidative stress: effect on antioxidant content in *Triticum aestivum* L. leaves. *J. Exp. Bot.*, 1999, **332**: 375-383.
9. Bąk B.: Warunki klimatyczne Wielkopolski i Kujaw. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 2004, **3(9)**: 14-38.
10. Bąk B., Łabędzki L.: Modification of standardized precipitation index *SPI* for drought monitoring in Poland. In: Meteorological services' tasks in NATO operations, missions and exercises. 5th Inter. Symp. Military Meteorology. Poznań 29.09–2.10.2003, WAT Warszawa, p. 15-22.
11. Bernacchia G., Furini A.: Biochemical and molecular responses to water stress in resurrection plants. *Physiol. Plant.*, 2004, **121**: 175-181.
12. Blackmer T.M., Schepers J.S.: Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 1994, **24**: 2507-2516.
13. Blum A.: Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential – are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Aust. J. Agr. Res.*, 2005, **56**: 1159-1168.
14. Bohnert H.J., Nelson D.E., Jensen R.G.: Adaptations to environmental stresses. *Plant Cell*, 1994, **7**: 1099-1111.
15. Bokhari U.G., Trent J.D.: Proline concentrations in water stressed grasses. *J. Range Manage.*, 1985, **38**: 37-38.
16. Borowiecki J.: Przydatność festulolium do uprawy w mieszankach z lucerną. *Pam. Puł.*, 1997a, **109**: 35-44.
17. Borowiecki J.: Przydatność festulolium do uprawy w mieszankach z koniczyną czerwoną. *Pam. Puł.*, 1997b, **111**: 21-33.
18. Borowiecki J.: Wpływ nawożenia azotem na plon i wartość pokarmową *Festulolium braunii* odm. Felopa. *Pam. Puł.*, 2002a, **131**: 39-48.
19. Borowiecki J.: Plonowanie *Festulolium* odm. Felopa w siewie jednogatunkowym i w mieszankach z kupkówką. *Pam. Puł.*, 2002b, **131**: 49-58.

20. B o r o w i e c k i J.: Przegląd prac nad *Festulolium braunii* (K. Richt.) A Camus. Pam. Puł., 2005, **140**: 15-23.
21. B o r o w i e c k i J., S t a n i a k M.: Wpływ terminu koszenia pierwszego pokosu na poziom plonowania i zawartość białka *Festulolium* odmiany Felopa. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2001, **474**: 235-239.
22. B r a y E.A.: Plant responses to water deficit. Trends Plant Sci., 1997, **2**: 48-54.
23. B r i s s o n N., C a s a l s M.L.: Leaf dynamics and crop water status through the growing cycle of durum wheat crops grown in two contrasted water budget conditions. Agron. Sustain. Dev., 2005, **25**: 151-158.
24. B r o d a Z.: Odporność na stresy biotyczne i abiotyczne w hodowli roślin pastewnych w świetle XXIII Konferencji Sekcji Upraw Pastewnych i Traw Gazonowych EUCARPIA. Łąkarstwo w Polsce (Grassland Sci. Pol.), 2001, **4**: 235-239.
25. C a r r o w R.N.: Drought avoidance characteristic of diverse tall fescue cultivars. Crop Sci., 1996a, **36**: 371-377.
26. C a r r o w R.N.: Drought resistance aspects of turfgrasses in the Southeast: root-shoot responses. Crop Sci., 1996b, **36**: 687-694.
27. C h a v e s M.M., O l i v e i r a M.M.: Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. J. Exp. Bot., 2004, **407**: 2365-2379.
28. C h m u r a K., C h y l i Ń s k a E., D m o w s k i Z., N o w a k L.: Rola czynnika wodnego w kształtowaniu plonu wybranych roślin polowych. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, PAN o. w Krakowie, 2009, **9**: 33-44.
29. C u e l l a r - O r t i z S.M., D e L a P a z A r i e t t a - M o n t i e l M., A c o s t a - G a l l e g o s J., C o v a r r u b i a s A.A.: Relationship between carbohydrate partitioning and drought resistance in common bean. Plant Cell Environ., 2008, **31**: 1399-1409.
30. D a v i e s W.J., Z h a n g J.: Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 1991, **42**: 55-76.
31. D o m a Ń s k i P.J.: Wartość użytkowa odmian uprawnych traw pastewnych i motylkowatych drobnonasiennych. PRODRUK, Poznań 2005, ss. 34.
32. D o m a Ń s k i P., J o k ś W.: Odmiany festulolium – efekty postępu biologicznego. ATR Bydgoszcz, Zesz. Nauk., Rol., 1999, **220(44)**: 87-94.
33. D z i a d c z y k P.: Genetyczne uwarunkowanie tolerancji na stresy abiotyczne u roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2002, **481**: 49-60.
34. E a g l e s C., P o l l o c k C., T h o m a s H., W i l s o n D.: Breeding for better winter hardiness and drought resistance. Grassl. Res. Today, ARFC, 1984, p. 6-8.
35. E a g l e s C.F., T h o m a s H., V o l a i r e F., H o r w a t h C.J.: Stress physiology and crop improvement. Proc. of the XVIII Inter. Grassland Congress, Winnipeg, Saskatoon, Canada 1999, **3**: 141-150.
36. EEA – European Environment Agency, 2004: Impacts of Europe's changing climate. A indicator based assessment, Luxemburg, Office for Official Publications of the European Communities, pp. 107.
37. F a l k o w s k i M. (red.): Trawy polskie. PWRiL Warszawa, 1982, ss. 564.
38. F a l k o w s k i M., K o z ł o w s k i S., K u k u ł k a I.: Czynniki ograniczające wykorzystanie gatunków i odmian traw w procesie produkcji pasz. Biul. Oc. Odm., 1997, **29**: 27-37.
39. F a l k o w s k i M., K u k u ł k a I.: Zawartość chlorofilu jako wskaźnik biologicznych właściwości roślin łąkowych. Roczn. Nauk Rol., seria F, 1979, **79(3)**: 105-112.
40. F a l k o w s k i M., K u k u ł k a I., K o z ł o w s k i S.: Zawartość azotanów i cukrów jako nowe kryterium oceny odmian traw. Biul. Oc. Odm., 1975, **1(6)**: 19-29.

41. Falkowski M., Kukułka I., Kozłowski S.: Wpływ warunków stresowych na właściwości chemiczne odmian kupkówki pospolitej. Biul. Oc. Odm., 1989, **23**: 171-182.
42. Falkowski M., Kukułka I., Kozłowski S.: Właściwości chemiczne roślin łąkowych. AR Poznań, 1990, ss. 132.
43. Falkowski M., Kukułka I., Kozłowski S.: Właściwości biologiczne roślin łąkowych. AR Poznań, 1994, ss. 82.
44. Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., Basra S.M.A.: Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agron. Sustain. Dev., 2009, **29**: 185-212.
45. Filipiak K., Wilkos S.: Wybrane metody analizy wielozmiennej i ich zastosowanie w badaniach przestrzennych. IUNG Puławy, 1998, ss. 59.
46. Fischer R.A., Maurer R.: Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. Aust. J. Agr. Res., 1978, **29**: 897-907.
47. Flexas J., Medrano H.: Energy dissipation in C3 plants under drought. Funct. Plant Biol., 2002, **29**: 1209-1215.
48. Floryszak-Wieczorek J., Murkowski A., Kubiś J., Krzywański Z.: The effect of spermidine on chlorophyll luminescence in wheat leaves under water stress. Acta Physiol. Plant., 1992, **14(3)**: 119-126.
49. Frey L. (red.): Księga polskich traw. Instytut Botaniki im. W. Szafera, PAN Kraków, 2007, ss. 426.
50. Fojtik A., Vacek V.: Evaluation of intergeneric hybrids *Lolium multiflorum* Lam. + *Festuca* sp. div. and their parental generations 1. Yield characteristics. Sbornik Vedeckých Prací, 1983, **8**: 107-117.
51. Fotyma E., Bezdusznik D.: Ocena stanu odżywienia zbóż azotem na podstawie pomiaru indeksu zieloności liścia. Fragm. Agron., 2000, **4**: 29-45.
52. Gáborčík N.: Chlorophyll and grassland – some recent aspects. Wyd. IMUZ, Mat. Sem., 1997, **38**: 87-93.
53. Gaff D.F., Sutaryono Y.A., Miszalski Z.: Trawy odporne na wysychanie. Wiad. Bot., 1990, **34(2)**: 17-22.
54. Galston A., Sawhney R.K.: Polyamines in plant physiology. Plant Physiol., 1990, **94**: 406-410.
55. Gej B.: O odporności roślin na deficyt wodny. Wiad. Bot., 1961, **5(2)**: 135-144.
56. Ghanoum O.: C₄ photosynthesis and water stress. Ann. Bot., 2009, **103**: 635-644.
57. Ghesquière M., Emile J., Jadas-Hécart J., Mousset C., Traineau R., Poisson C.: First *in vivo* assessment of feeding value of Festulolium hybrids derived from *Festuca arundinacea* var. *glaucescens* and selection for palatability. Plant Breeding, 1996, **115**: 238-244.
58. Goliński P.: Aktualne trendy w technologiach produkcji roślinnych surowców paszowych. Pam. Puł., 2008, **147**: 67-82.
59. Goliński P., Kozłowski S.: Biological and chemical properties of creeping red fescue from the point of view of its utilization in difficult site conditions. Grassland Sci. Eur., 1998, **2**: 699-702.
60. Goliński P., Xi Q.: Evaluation of turf quality of some selected cultivars of *Festuca rubra* in sowing year set against varying soil humidity. Grassland Sci. Pol., 2000, **3**: 43-50.
61. Gong J.R., Zhao A.F., Huang Y.M., Zhang X.S., Zhang C.L.: Water relations, gas exchange, photochemical efficiency and peroxidative stress of four plant species in the Heihe drainage basin of northern China. Photosynthetica, 2006, **44**: 355-364.

62. G o o d N.E., B e l l D.H.: Fotosynteza, produktywność i plon roślin uprawnych. W: Biologia plonowania, P.S. Carlson (red.), PWRiL Warszawa, 1985, s. 14-57.
63. G ó r a l S., G ó r a l M.: Trawy w uprawie polowej. PWRiL Warszawa, 1987, ss. 128.
64. G r e g o r c z y k A., R a c z y ń s k a A.: Badania korelacji między metodą Arnona a pomiarami zawartości chlorofilu za pomocą chlorofilometru. Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rolnictwo, 1997, **68**: 119-123.
65. G r u d k o w s k a M., Z a g d a ń s k a B., R y b k a Z.: Odporność pszenicy jarej na suszę glebową w fazie kłoszenia. Biul. IHAR, 2003, **228**: 51-59.
66. G r z e s i u k S., G ó r e c k i R.: Metody badania odporności na suszę. Biul. IHAR, 1978, **1/2**: 40-46.
67. G u t m a n e I., A d a m o v i c h A.: Productivity and yield quality of *Festulolium* and *Lolium x boucheanum* varieties. Grassland Sci. Eur., 2004, **9**: 428-430.
68. H a l l A.E.: Plant adaptation to hot and dry stresses in relation to horticultural plant breeding. XXII Inter. Hort. Congr. Plenary lectures. S., 1990, p. 44-48.
69. H a l l D.O., R a o K.K.: Fotosynteza. WNT, Warszawa 1999, ss. 260.
70. H a n s o n A.D., H i t z W.D.: Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. Annu. Rev. Plant Physiol., 1982, **33**: 163-203.
71. H a n s o n A.D., N e l s e n C.E.: Woda: Adaptacja roślin uprawnych do warunków suszy. W: Biologia plonowania, P.S. Carlson (red.). PWRiL Warszawa, 1985, s. 79-152.
72. H e j n á k V., K r i ž k o v á J.: The effect of water stress on photosynthesis of spring barley. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2004, **496**: 241-249.
73. H u l l R.J.: Managing turf for minimum water use. Turf News, 1997, **21(2)**: 24-28.
74. H u m m e l M., R a h m a n i F., S m e c k e n s S., H a n s o n J.: Sucrose-mediated translational control. Ann. Bot., 2009, **1104**: 1-7.
75. H u r a T., H u r a K., G r z e s i a k M., R z e p k a A.: Effect of long-term drought stress on leaf gas exchange and fluorescence parameters in C_3 and C_4 plants. Acta Physiol. Plant., 2007, **29**: 103-113.
76. IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001: Climate change 2001: the scientific basis. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 785.
77. J a d a s - H e c a r t J., P o i s s o n C., S c e h o v i c J., Z w i e r z y k o w s k i Z.: Potential of tetraploid hybrids between *Lolium multiflorum* and *Festuca arundinacea* var. *glauescens*. Proc. 17th Meeting Fodder Crops Sect. of EUCARPIA, Alghero, Italy, 14–18 October 1991, p. 145-147.
78. J e l i n o w s k a A., M a c z u g a A., M a g n u s z e w s k a K., M a g n u s z e w s k i T.: Porównanie wielkości i jakości plonu wybranych gatunków i odmian traw w różnych terminach zbioru. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1988, **366**: 225-233.
79. J e ż o w s k i S., G ł o w a c k a K., K a c z m a r e k Z.: Wstępna ocena głównych parametrów wymiany gazowej związanych z fotosyntezą w odniesieniu do plonowania traw energetycznych z rodzaju *Miscanthus* w pierwszym roku uprawy. Acta Agrophys., 2009, **14(1)**: 73-81.
80. J o k ś W., N o w a k T., J o k ś E., Z w i e r z y k o w s k i Z.: Charakterystyka botaniczna i rolnicza polskich odmian *Festulolium*. Mat. Konf. Nauk. *Festulolium* – osiągnięcia i perspektywy. Poznań, 26 listopada 1998, s. 6-11.
81. J o n e s M.B., L e a f e E.L., S t i l l e s W.: Water stress in field-grown perennial ryegrass. I. Its effects on growth, canopy photosynthesis and transpiration. Ann. Appl. Biol., 1980a, **96**: 87-101.
82. J o n e s M.B., L e a f e E.L., S t i l l e s W.: Water stress in field-grown perennial ryegrass. II. Its effects on leaf water status, stomatal resistance and leafy morphology. Ann. Appl. Biol., 1980b, **96**: 103-110.

83. Jones H.G.: Stomatal control of photosynthesis and transpiration. J. Exp. Bot., 1998, **49**: 387-398.
84. Jurek M.: Naturalne czynniki siedliska ograniczające trwałość *Lolium perenne* L. Biul. IHAR, 1985, **162**: 113-122.
85. Jurek M.: Zmienność reakcji życicy trwałej (*Lolium perenne* L.) na suszę. Genet. Pol., 1994, **35 A**: 127-134.
86. Jurkowska H., Rogóż A., Wojciechowicz T.: The content of mineral components in plants as depending on soil moisture content. I. Macroelements. Acta Agr. Silv., Agraria, 1993, **30(1)**: 29-35.
87. Kacperska A.: Odporność roślin na stresowe abiotyczne czynniki środowiska i metody jej oceny. Post. Nauk Rol., 1991, **1-2**: 21-33.
88. Kacperska A.: Czy można mówić o wspólnym podłożu odpowiedzi roślin na działanie stresowych czynników środowiska? W: Ekofizjologiczne aspekty reakcji roślin na działanie abiotycznych czynników stresowych, S. Grzesiak i Z. Miszalski (red.). PAN Kraków, 1996, s. 49-58.
89. Kacperska A.: Reakcje roślin na abiotyczne czynniki stresowe. W: Fizjologia roślin, J. Kopcewicz i S. Lewak (red.), PWN Warszawa, 2002, s. 612-678.
90. Kacperska A.: Sensor types in signal transduction pathways in plant cells responding to abiotic stressors: do they depend on stress intensity. Acta Physiol. Plan., 2004, **122**: 159-168.
91. Kałaji M. H., Łoboda T.: Fluorescencja chlorofilu w badaniach stanu fizjologicznego roślin. SGGW Warszawa, 2010, ss. 116.
92. Karolewski P.: Rola proliny u roślin wyższych w warunkach stresu abiotycznego. Wiad. Bot., 1996, **40(3/4)**: 67-81.
93. Kemp D.R., Culvenor R.A.: Improving the grazing and drought tolerance of temperate perennial grasses. New Zeal. J. Agr. Res., 1994, **37**: 365-378.
94. Kędziora A.: Przyrodnicze podstawy gospodarowania wodą w Polsce. W: Ochrona środowiska w gospodarce przestrzennej, L. Ryszkowski i A. Kędziora (red.). PAN Poznań, 2005, s. 75-113.
95. Kitzak T., Czyż H.: Plonowanie mieszanek *Festulolium braunii* (K. Richter) A. Camus z *Trifolium repens* L. w zależności od udziału komponentów i poziomu nawożenia azotem. Ann. UMCS, sect. E, Agricultura, 2006, **61**: 333-339.
96. Kochanowska-Bukowska Z.: Reaction of selected orchard grass (*Dactylis glomerata* L.) cultivars to soil moisture. Electron. J. Pol. Agric. Univ., Agronomy, 2001, **4(2)**. Protokół dostępu: <http://www.ejpau.media.pl> [07.11.2012]
97. Kocón A.: Wpływ stresu wodnego na fotosyntezę wybranych odmian pszenicy jarej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2006a, **509**: 133-139.
98. Kocón A.: Reakcja wybranych odmian pszenicy jarej na niedobór wody w podłożu. Rocz. AR Poznań, Rolnictwo, 2006b, **66**: 139-144.
99. Kocón A., Podleśna A.: Wstępna ocena efektywności fotosyntetycznej wybranych odmian pszenicy ozimej w warunkach stresu wodnego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2004, **496**: 259-266.
100. Kocón A., Podleśna A.: Wpływ stresu wodnego na wymianę gazową liści zróżnicowanych morfologicznie odmian grochu. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2010, **545**: 161-167.
101. Koda Y.: The role of jasmonic acid and related compounds in the regulation of plant development. Int. Rev. Cytol., 1992, **135**: 155-199.
102. Korman K.: 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 Konf. Nauk., Balice, 1999, s. 305-311.

103. Kozłowski S.: Sezonowe zmiany zawartości cukrów w trawach pastwiskowych. *Rocz. Nauk Rol.*, seria F, 1978, **79(4)**: 163-173.
104. Kozłowski S., Golińska B., Swędrzyński A., Goliński P.: Szybkość lignifikacji traw. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1996, **442**: 257-268.
105. Kozłowski S., Goliński P.: Wpływ warunków siedliskowych na występowanie cukrów w odmianach uprawowych *Festuca pratensis* L. *Prace Kom. Nauk Rol. Kom. Nauk Leśn. PTPN*, 1996, **81**: 95-102.
106. Kozłowski S., Goliński P., Golińska B.: Barwniki chlorofilowe jako wskaźniki wartości użytkowej gatunków i odmian traw. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2001, **474**: 215-223.
107. Kozłowski S., Goliński P., Swędrzyński A.: Trawy w barwnej fotografii i zwięzłym opisie ich specyficznych cech. *Wyd. Lit. "Parnas", Inowrocław*, 1998, ss. 344.
108. Kozłowski S., Kukułka I.: Charakterystyka jakości odmian traw na podstawie niektórych cech fitochemicznych. *Rocz. AR Poznań, Rolnictwo*, 1992, **40**: 19-29.
109. Kozłowski S., Kukułka I.: Żywotność odmian uprawowych *Festuca pratensis*. *Biul. IHAR*, 1993, **188**: 13-23.
110. Kozłowski S., Kukułka I.: Żywotność polskich odmian hodowlanych *Lolium perenne* L. *Prace Kom. Nauk Rol. Kom. Nauk Leśn. PTPN*, 1996a, **81**: 114-120.
111. Kozłowski S., Kukułka I.: Zróżnicowanie polskich odmian hodowlanych *Lolium perenne* L. pod względem zawartości barwników. *Prace Kom. Nauk Rol. Kom. Nauk Leśn. PTPN*, 1996b, **81**: 103-111.
112. Kozłowski S., Kukułka I.: Próba określenia żywotności odmian hodowlanych *Festuca rubra* L. w warunkach zróżnicowanej częstotliwości defoliacji. *Łąkarstwo w Polsce (Grassland Sci. Pol.)*, 1999, **2**: 67-74.
113. Krupa Z., Baszyński T.: Environmental stresses as factors modifying the structure of the light-harvesting chlorophyll a/b protein complex II. *Phytosynthetica*, 1989, **23**: 695-698.
114. Kryszak J.: Plonowanie i jakość mieszanki *Festulolium braunii* (K. Richter) A. Camus z koniczyną łąkową i lucerną siewną na gruntach ornych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2001, **479**: 173-178.
115. Kukułka I., Kozłowski S.: Nowe kryteria oceny odmian traw uprawnych na przykładzie *Lolium multiflorum*. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1977, **194**: 29-43.
116. Lawlor D.: W. Photosynthesis, productivity and environment. *J. Exp. Bot.*, 1995, **46**: 1449-1461.
117. Legocki A.: Nowe zdobycze genetyki i biologii molekularnej podstawą rozwoju biotechnologii roślin. *Post. Biol. Komórki*, 1990, **21**: 99-103.
118. Levis E.J., Tyler B.F., Chorlton K.H.: Development of *Lolium – Festuca* hybrids. *Rep. Welsh Plant Breed. Station for 1972, 1973*, p. 34-37.
119. Levitt J.: Responses of Plants to Environmental Stress. *Academic Press. New York*, 1972, pp. 697.
120. Levitt J.: Stress interactions – back to the future. *Hortic. Sci.*, 1990, **25**: 1363-1365.
121. Lista odmian roślin rolniczych. COBORU, Słupia Wielka, 1998, s. 138-139.
122. Lista odmian roślin rolniczych. COBORU, Słupia Wielka, 2012, s. 12-24.
123. Lu C., Zhang J.: The effect of water stress on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photo inhibition in wheat plants. *Aust. J. Plant. Physiol.*, 1998, **25**: 883-892.
124. Lutyńska R.: Kierunki hodowli traw wobec zachodzących zmian środowiskowych. *Genet. Pol.*, 1994, **35A**: 141-147.
125. Łabędzki L.: Problematyka susz w Polsce. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 2004, **4(1)**: 47-66.

126. Ł a b ę d z k i L.: Susze rolnicze. Zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, Rozprawy Naukowe i Monografie, IMUZ Falenty, 2006a, **17**: 1-107.
127. Ł a b ę d z k i L.: Susze i powódzie – zagrożenia dla rolnictwa. W: Woda w krajobrazie rolniczym, Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, Rozprawy Naukowe i Monografie, IMUZ Falenty, 2006b, **18**: 29-43.
128. Ł u k a s z e w s k a A., K u t n i k K., C h y l i Ń s k i W.: Reakcja niecierpka walleriana (*Impatiens walleriana* Hook) na suszę i zabiegi ograniczające jej skutki. Roczn. AR Poznań, Ogrodnictwo, 2007, **383(41)**: 115-121.
129. Ł y s z c z a r z R., Z i m m e r - G r a j e w s k a M., S i k o r r a J.: Wpływ terminu zbioru pierwszego odrostu na plonowanie i wartość pokarmową wybranych odmian kostrzewy łąkowej, życicy trwałej i Festulolium. Zesz. Nauk. Rol., ATR Bydgoszcz, 1999, **220(44)**: 185-193.
130. M a c h u l M.: Wyznaczenie optymalnego zaopatrzenia kukurydzy w azot za pomocą testu SPAD. Pam. Puł., 2003, **133**: 97-113.
131. M a d z i a r Z., Ł a t a n o w i c z M.: Produktowność i zawartość składników pokarmowych w wybranych odmianach traw pastewnych uprawianych w warunkach wazonowych przy zróżnicowanej wilgotności gleby. Prace Kom. Nauk Rol. Kom. Nauk Leśn. PTPN, 1996, **81**: 129-135.
132. M a r k w e l l J., O s t e r m a n J.C., M i t c h e l l J.L.: Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. Photosynthetic Research, 1995, **46**: 467-472.
133. M i o d u s z e w s k i W.: Woda na obszarach wiejskich. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 2006, **1(16)**: 277-295.
134. M i z i a n t y M.: Trawy – grupa roślin, która odniosła ewolucyjny sukces. Wiad. Bot., 1995, **39(1/2)**: 59-70.
135. M o n j e O.S., B u g b e e B.: Inherent limitations of nondestructive chlorophyll meters: a comparison of two types of meters. Hortic. Sci., 1992, **27(1)**: 69-71.
136. M o r i I.C., S c h r o e d e r J.I.: Reactive oxygen species activation of plant Ca²⁺ channels. A signaling mechanism in polar growth, hormone, transduction, stress signaling and hypothetically mechanotransduction. Plant Physiol., 2004, **135**: 702-708.
137. M u n n e - B o s c h S., A l e g r e L.: Die and let live: leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. Funct. Plant Biol., 2004, **31**: 203-216.
138. M u n n s R., S c h a r p R.E.: Involvement of abscisic acid in controlling plant growth in soils of low water potential. Aust. J. Plant Physiol., 1993, **20**: 425-437.
139. M u r k o w s k i A.: Oddziaływanie czynników stresowych na luminescencję chlorofilu w aparacie fotosyntetycznym roślin uprawnych. Acta Agrophysica, Instytut Agrofizyki PAN, Lublin, 2002, ss. 158.
140. N a l b o r c z y k E.: Dobór i wykorzystanie nowoczesnej aparatury kontrolno-pomiarowej w doświadczałnictwie polowym. I. Oznaczanie wymiany gazowej, struktury przestrzennej i bilansu energii fotosyntetycznej czynnej radiacji roślin w łanie. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1996, **447**: 81-90.
141. N e t z b a n d K.: Breeding of tetraploid Festulolium fodder grasses with different maturity. Proc. of the 16th Meeting of the Fodder Crops Section of Eucarpia, Wageningen, Netherlands, 18–22 November 1990, p. 47-48.
142. N o r r i s B., T h o m a s H.: Recovery of ryegrass species from drought. J. Agr. Sci. Camb., 1982, **98**: 623-628.
143. N o w a k W.: Plonowanie i skład chemiczny niektórych gatunków i odmian traw w zależności od typu gleby i sposobu użytkowania. Rozprawa habilitacyjna nr 110, Wrocław 1992, ss. 78.

144. Olszewska M.: Wpływ stresu wodnego na parametry wymiany gazowej, indeks zieloności liści (SPAD) oraz plonowanie wybranych odmian życicy trwałej i kupkówki pospolitej uprawianych na glebie mineralnej. Łąkarstwo w Polsce (Grassland Sci. Pol.), 2004, **7**: 169-178.
145. Olszewska M.: Effect of water stress on physiological processes, leaf greenness (SPAD index) and dry matter yield of *Lolium perenne* and *Dactylis glomerata*. Pol. J. Natural Sci., 2006a, **21(2)**: 533-562.
146. Olszewska M.: Wpływ nawożenia azotem na przebieg procesów fizjologicznych, indeks zieloności liści oraz plonowanie kupkówki pospolitej i życicy trwałej. Łąkarstwo w Polsce (Grassland Sci. Pol.), 2006b, **9**: 151-160.
147. Olszewska M.: Produkcyjność *Festulolium braunii* (K. Richt.) A. Camus i *Festuca pratensis* L. uprawianych w mieszkankach z *Lotus corniculatus* L. na tle zróżnicowanego nawożenia azotem. Acta Sci. Pol., Agricultura, 2008, **7(2)**: 101-114.
148. Olszewska M.: Reakcja odmian kostrzewy łąkowej (*Festuca pratensis* HUDS.) i tymotki łąkowej (*Phleum pratense* L.) uprawianych na glebie organicznej na niedobór wody. Acta Sci. Pol., Agricultura, 2009, **8(1)**: 37-46.
149. Olszewska M., Grzegorzczak S., Olszewski J., Bałuch-Malecka A.: Porównanie reakcji wybranych gatunków traw na stres wodny. Łąkarstwo w Polsce (Grassland Sci. Pol.), 2010, **13**: 127-136.
150. Olszewski J.: Wpływ wybranych stresów abiotycznych i biotycznych na intensywność fotosyntezy i transpiracji, plonowanie oraz zdrowotność bobiku i grochu siewnego. Rozprawy i Monografie, UWM Olsztyn, 2004, **85**: 1-108.
151. Olszewski J., Pszczółkowska A., Kulik T., Fordoński G., Płodzień K., Okorski A., Wasielewska J.: Wpływ deficytu wodnego na wskaźniki wymiany gazowej, produkcyjność i zdrowotność ziarna odmian pszenicy ozimej. Acta Sci. Pol., Agricultura, 2007, **6(4)**: 33-42.
152. Olszewski J., Pszczółkowska A., Makowska M., Kulik T., Okorski A.: Effect of water deficit on gas exchange parameters, productivity and grain wholesomeness of spring wheat. Pol. J. Natural Sci., 2009, **24(2)**: 85-92.
153. Osório M.L., Osório J., Vieira A.C., Gonçalves S., Romano A.: Influence of enhanced temperature on photosynthesis, photooxidative damage and antioxidant strategies in *Ceratonia siliqua* L. seedlings subjected to water deficit and rewating. Photosynthetica, 2011, **49(1)**: 2-12.
154. Ostrowski R.: *Festulolium* – międzyrodzajowy mieszaniec traw pastewnych. Biul. Inf. IZ, 2000, **38(1)**: 55-62.
155. Ozturk A., Ayolin F.: Effect of water stress at various growth stages on some quality characteristics of winter wheat. J. Agron. Crop Sci., 2004, **190**: 93-99.
156. Paul M., Pellny T., Goddijn O.: Enhancing photosynthesis with sugar signals. Trends Plant Sci., 2001, **6**: 197-200.
157. Paulo A.A., Pereira L.S.: Drought concepts and characterization. Comparing drought indices applied at local and regional scales. Water Int., 2006, **31(1)**: 37-49.
158. Pietkiewicz S., Wyszynski Z., Łoboda T.: Współczynnik wykorzystania wody buraka cukrowego na tle wybranych czynników agrotechnicznych. Fragm. Agron., 2005, **1(85)**: 521-529.
159. Płazek A.: Reakcje roślin na czynniki stresowe. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2004, **496**: 73-83.

160. Podleśny J., Podleśna A.: Effect drought stress on yield of a determinate cultivar of blue lupine grown in pure sowing and in mixture with barley. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 2010, **9(3)**: 61-74.
161. Podolska G., Hołubowicz-Kliza G.: Reakcja pszenicy ozimej odmiany Tonacja na stres suszy. *Rocz. AR Poznań, Rolnictwo*, 2006a, **66**: 261-269.
162. Podolska G., Hołubowicz-Kliza G.: Reakcja żyta odmiany Nawid na stres suszy. *Rocz. AR Poznań, Rolnictwo*, 2006b, **66**: 271-277.
163. Pszczółkowska A., Olszewski J., Płodzień K., Kulik T., Fordoński G., Żuk-Golaszewska K.: Effect of the water stress on the productivity of selected genotypes of pea (*Pisum sativum* L.) and yellow lupin (*Lupinus luteus* L.). *Electron. J. Pol. Agric. Univ., Agronomy*, 2003, **6(1)**. Protokół dostępu: <http://www.ejpau.media.pl> [07.12.2012]
164. Ramirez D.A., Valladares F., Domingo F., Bellot J.: Seasonal water-use efficiency and chlorophyll fluorescence response in alpha grass (*Stipa tenacissima* L.) is affected by tussock size. *Photosynthetica*, 2008, **46**: 222-231.
165. Raybould A.F.: The evolution of *Spartina anglica* C.E. Hubbard (Gramineae): genetic variation and status of the parental species in Great Britain. *Biol. J. Linn. Soc.*, 1991, **44**: 369-380.
166. Revenga C., Brunner J., Henninger N., Payne R., Kassem K.: Pilot analysis of global ecosystems: freshwater systems, World Resources Institute, Washington D.C., 2000, pp. 100.
167. Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2012, GUS, Wyd. ZWS Warszawa, 2013, ss. 435.
168. Rumas-Rudnicka E.: Wpływ nawadniania i nawożenia azotem na asymilację i transpirację życicy westerwoldzkiej. *Acta Agroph.*, 2010, **15(2)**: 395-408.
169. Rutkowski R., Jakubowski S., Stuczyńska J.: Określenie strawności traw i roślin motylkowatych drobnonasiennych na podstawie oznaczeń włókna kwasowo-detergentowego. *Biul. I HAR*, 1993, **186**: 119-125.
170. Rykaczewska K., Pietkiewicz S., Kalaji M.H., Kotlarska-Jaros E., Piotrowska W.: Porównawcza analiza rozwoju, plonowania i wydajności fotosyntetycznej roślin dwóch bardzo wczesnych odmian ziemniaka: Ruta i Karatop. II. Analiza przy użyciu aparatury kontrolno-pomiarowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2004, **500**: 181-191.
171. Showalter A.M.: Structure and function of plant cell proteins. *Plant Cell*, 1993, **5**: 9-23.
172. Šimkūnas A., Valšinaite S., Mažeika V.: Peculiarities of various *Festulolium braunii* cultivars development and overwintering. *ISSN 1648-116X Lžūu Mokslo Darbai*, 2009, **85(38)**: 35-38.
173. Slocum R.D., Kaur-Sawhney R., Galston A.W.: The physiology and biochemistry of polyamines in higher plants. *Arch. Biochem. Biophys.*, 1984, **235**: 283-303.
174. Staniak M.: Plonowanie i wartość pokarmowa *Festulolium braunii* odmiany Felopa w zależności od terminu zbioru pierwszego pokosu. I. Plon i wybrane elementy jego struktury. *Pam. Puł.*, 2004a, **137**: 117-131.
175. Staniak M.: Wpływ częstotliwości koszenia i rodzaju gleby na plonowanie i jakość suchej masy festulolium odmiany Felopa. *Ann. UMCS, Sect. E, Agricultura*, 2004b, **59(4)**: 2001-2008.
176. Staniak M.: Festulolium – nowy gatunek trawy pastewnej w polowej produkcji pasz. *Post. Nauk Rol.*, 2006, **1**: 89-100.
177. Staniak M.: Plonowanie mieszanek *Festulolium braunii* z *Trifolium pratense* w zależności od udziału komponentów i nawożenia azotem. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 2008, **7(1)**: 83-92.
178. Staniak M.: Yielding of *Festulolium braunii*/*Trifolium pratense* mixtures depending on their percentage. *Pol. J. Agron.*, 2010, **2**: 57-63.

179. Staniak M.: Feed value of mixtures of *Festulolium braunii* (K. Richt.) A. Camus with *Trifolium pratense* L. depending on nitrogen fertilization. Acta Sci. Pol., Agricultura, 2011, **10(1)**: 65-77.
180. Starck Z.: Współzależność pomiędzy fotosyntezą i dystrybucją asymilatów a tolerancją roślin na niekorzystne warunki środowiska. Post. Nauk Rol., 1995, **3**: 19-35.
181. Starck A.: Mechanizmy integracji procesów fotosyntezy i dystrybucji biomasy w niekorzystnych warunkach środowiska. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2002, **481**: 113-123.
182. Starck Z.: Reakcje roślin na abiotyczne stresy środowiskowe – aklimatyzacja i adaptacja. Łąkarstwo w Polsce (Grassland Sci. Pol.), 2005, **8**: 173-184.
183. Starck Z.: Wpływ warunków stresowych na koordynację wytwarzania i dystrybucji fotoasymilatów. Post. Nauk Rol., 2010, **1**: 9-26.
184. Starck Z., Chołuj D., Niemyska B.: Fizjologiczne reakcje roślin na niekorzystne czynniki środowiska. SGGW Warszawa, 1995, s. 7-47.
185. Stuczynska J., Stuczynski M.: Porównanie systemów korzeniowych oraz masy nadziemnej kostrzewy trzcinowej, kupkówki pospolitej i stokłosy uniolowatej przy różnej częstotliwości koszenia. Biul. IHAR, 1993, **188**: 139-141.
186. Sulinowski S.: Preliminary studies on interspecific and intergeneric hybrids in grasses of the *Festuca* and *Lolium* genera. Genet. Pol., 1966, **1(7)**: 13-25.
187. Sulinowski S.: Interspecific and intergeneric hybrids in grasses of *Festuca* and *Lolium* genera. Genet. Pol., 1968, **4(112)**: 25-45.
188. Susza w Polsce – 2006 rok (przyczyny, natężenie, zasięg, wnioski na przyszłość). Raport IMiGW Warszawa, 2006, ss. 33.
189. Swędryński A., Kozłowski S.: Chlorofil i cukry jako wskaźniki żywotności odmian hodowlanych *Phleum pratense*. Biul. IHAR, 1994, **198**: 69-80.
190. Szoszkiewicz J., Madziar Z., Zbierska J.: Wpływ wilgotności gleby na produktywność i skład chemiczny wybranych odmian traw pastewnych. Roczn. AR Poznań, 1991, **224**: 123-134.
191. Thomas H.: Diversity between and within temperate forage grass species in drought resistance, water use and related physiological responses. Aspects App. Biol., 1994, **38**: 47-55.
192. Thomas H., Humphreys M.: Progress and potential of interspecific hybrids of *Lolium* and *Festuca*. J. Agr. Sci. Cambridge, 1991, **117**: 1-8.
193. Thomas H., James A.R.: Partitioning of sugars in *Lolium perenne* (perennial ryegrass) during drought and on rewatering. New Phytol., 1999, **142**: 295-305.
194. Trzaskoś M., Czyż H., Kitzak T., Michałkiewicz J.: Zawartość białka i makroelementów we frakcjach runi łąk przymorskich na tle zróżnicowania siedlisk. Pam. Puł., 2001, **125**: 147-157.
195. Vander Tol C., Verhoef W., Rosema A.: A model for chlorophyll fluorescence and photosynthesis at leaf scale. Agr. Forest. Meteorol., 2009, **149**: 96-105.
196. Van Soest P.J., Robertson J.B.: System of analysis for evaluating fibrous feeds. In: Standardization of analytical methodology for feeds, W.J. Prigden, C.C. Balch and M. Graham (eds). Ottawa, Canada; International Development Centre, 1980, p. 128.
197. Vierling E., Kimpel J.A.: Plant responses to environmental stress. Curr. Opin. Biotech., 1992, **3**: 164-170.
198. Vitale L., Tommasi P.D., Arena C., Riondino M., Forte A., Verlotta A., Fierro A., De Santo A.V., Fuggi A., Magliulo V.: Growth and gas exchange response to water shortage of maize crop on different soil types. Acta Physiol. Plant., 2009, **31**: 331-341.
199. Voeselek L.A.C.J., Van Der Veen R.: The role of phytohormones in plant stress: too much or too little water. Acta Bot. Neerl., 1994, **43**: 91-127.

200. Volaire F.: Seedling survival under drought differs between an annual (*Hordeum vulgare*) and perennial grass (*Dactylis glomerata*). New Phytol., 2003, **160**: 501-510.
201. Volaire F., Lelièvre F.: How can resistant genotypes of *Dactylis glomerata* L. survive severe Mediterranean summer drought?, CIHEAM Options Méditerranéennes, 2005, p. 145-148. Protokół dostępu: <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/c62/04600148.pdf> [12.12.2012]
202. Volaire F., Thomas H.: Effects of drought on water relations, mineral uptake, water-soluble carbohydrate accumulation and survival of two contrasting populations of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). Ann. Bot., 1995, **75**: 513-524.
203. Volkman K.M.: Water stress in roots of wheat: effects on leaf growth. Aust. J. Plant Physiol., 1997, **24**: 49-56.
204. Walczak R., Mazurek W., Baranowski P.: Termografia w agrofizyce. Acta Agroph., 2003, **2(3)**: 663-675.
205. Wallace D.H., Baudoin J.P., Beaver J., Coyne D.P., Halseth D.E., Masaya P.N., Munger H.M., Myers J.R., Silbernagel M., Yourstone K.S., Zobel R.W.: Improving efficiency of breeding for higher crop yield. Theor. Appl. Genet., 1993, **86**: 27-40.
206. Water in a Changing World. The United Nations World Water Development Report 3 (WWDR3), UNESCO, 2009, pp. 313.
207. Wigley T.M., Raper S.C.: Interpretation of high projections for global-mean warming. Science, 2001, **293**: 451-454.
208. Wilhite D.A.: Understanding the phenomenon of drought. Hydro Review, 1993, **12(5)**: 136-148.
209. Wilhite D.A., Glantz M.H.: Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. Water International, 1985, **10**: 111-120.
210. Wilman D., Gao Y., Leitch M.H.: Some differences between eight grasses within the *Lolium-Festuca* complex when grown in conditions of severe water shortage. Grass Forage Sci., 1998, **53**: 57-65.
211. World Meteorological Organization (WMO), 2004: Weather, Climate, Water and Sustainable Development, **974**: 1-34.
212. Wojcieśka U.: Effect of nitrogen on yield and some physiological parameters in rye plants. Acta Physiol. Plant, 1996, **18(1)**: 19-24.
213. Wojtasik D.: Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na plonowanie jęczmienia browarnego i pastewnego uprawianego na glebie lekkiej. I. Wzrost i rozwój roślin. Acta Sci. Pol., Agricultura, 2004, **3(2)**: 119-129.
214. Wołski K., Bartmański A., Gawęcki J.: Wpływ różnych metod renowacji łąk z wykorzystaniem *Festulolium* na skład botaniczny i plon runi. Łąkarstwo w Polsce (Grassland Sci. Pol.), 2006, **9**: 245-251.
215. Woźny A., Przybył K.: Komórki roślinne w warunkach stresu. PWN Warszawa, 2005, ss. 31.
216. Xu H.L., Kumura A., Yamagishi T., Ishii R.: 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., 1990, **59**: 830-837.
217. Xu Z.Z., Zhou G.S.: Effects of water stress and high nocturnal temperature on photosynthesis and nitrogen level of a perennial grass *Leymus chinensis*. Plant Soil, 2005, **269**: 131-139.

218. Xu Z.Z., Zhou G.S.: Combined effects of water stress and high temperature on photosynthesis, nitrogen metabolism and lipid peroxidation of a perennial grass *Leymus chinensis*. *Planta*, 2006, **224**: 1080-1090.
219. Zagdańska B.: Fizjologiczne kryteria odporności roślin na suszę. *Biul. IHAR*, 1992, **183**: 11-19.
220. Zagdańska B.: Metabolizm energetyczny pszenicy w warunkach suszy glebowej. W: Odporność roślin na choroby, szkodniki i niesprzyjające czynniki środowiska. *Mat. II Sympozjum, IHAR Radzików*, 12–14 września 1995, s. 83-84.
221. Zagdańska B., Pacanowska A.: Dehydration tolerance of spring wheat and its relation to plant growth and productivity under soil drought conditions. *Biol. Plant.*, 1979, **21**: 452-461.
222. Zawadzki W., Mierowska A.: Susze glebowe a produkcja roślinna w Polsce. W: Problemy gospodarowania wodą w rolnictwie w świetle suszy 1992 roku. *Mat. Semin. 33, IMUZ Falenty*, s. 143-159.
223. Zhu J.K.: Salt and drought stress signal transduction in plants. *Ann. Rev. Plant Biol.*, 2002, **53**: 247-273.
224. Zimont H., Pawlak T.: Próba ustalenia wilgotności krytycznej dla traw na ciężkiej madzie żuławskiej. *Rocz. Nauk Rol., seria F*, 1978, **79(4)**: 79-94.
225. Zwierzykowski Z., Jokś W., Naganowska B.: Mieszańce amfitetraploidalne *Festuca pratensis* Huds. + *Lolium multiflorum* Lam. [= *Festulolium braunii* (K. Richter) A. Camus]. *Biul. IHAR*, 1993, **188**: 61-69.
226. Zwierzykowski Z., Łukaszewski A.J., Naganowska B., Leśniewska A.: The pattern of homologous recombination in triploid hybrids of *Lolium multiflorum* with *Festuca pratensis*. *Genome*, 1999, **42**: 720-726.
227. Zwierzykowski Z., Tayyar R., Brunell M., Łukaszewski A.J.: Genome recombination in intergeneric hybrids between tetraploid *Festuca pratensis* and *Lolium multiflorum*. *J. Hered.*, 1998, **89(4)**: 324-328.
228. Żurek G.: Reakcja traw na niedobory wody – metody oceny i ich zastosowanie dla gatunków trawnikowych. *Monografie i Rozprawy Naukowe, IHAR Radzików*, 2006, **25**: 106.

REAKCJA WYBRANYCH GATUNKÓW I ODMIAN TRAW PASTEWNÝCH NA NIEDOBÓR WODY W GLEBIE

Streszczenie

Słowa kluczowe: trawa, gatunek, odmiana, stres suszy, plon, fotosynteza, transpiracja, współczynnik wykorzystania wody (WUE), indeks zieloności liścia (SPAD), cechy morfologiczne, wskaźnik wrażliwości na suszę (DSI), skład chemiczny

Celem podjętych badań było rozpoznanie wrażliwości na długotrwały stres wywołany niedoborem wody w glebie czterech gatunków traw pastewnych: *Dactylis glomerata* – odmiany Amera i Minora, *Festuca pratensis* – odmiany Skra i Fantazja, *Festulolium braunii* – odmiany Felopa, Agula i Sulino oraz *Lolium multiflorum* – odmiany Gisel i Lotos. Oceniano wpływ zróżnicowanej wilgotności gleby na poziom plonowania, parametry wymiany gazowej, indeks zieloności liścia (SPAD), cechy budowy morfologicznej oraz skład chemiczny suchej masy traw. Doświadczenia wazonowe, dwuczynnikowe przeprowadzono w latach

2009–2011, w układzie kompletnie zrandomizowanym, w czterech powtórzeniach. Trawy oceniano przy dwóch poziomach wilgotności gleby: 70% ppw (wilgotność optymalna) i 40% ppw (stres). Reakcję roślin na suszę badano w pierwszym, drugim i trzecim roku wegetacji.

Wyniki badań wykazały, że warunki stresowe wywołane niedoborem wody w glebie powodowały istotne ograniczenie plonowania kupkówki pospolitej, kostrzewy łąkowej, festulolium (kostrzyca Brauna) i życicy wielokwiatowej. Najmniejszą redukcją plonu suchej masy, czyli największą odpornością na stres wykazała się kupkówka pospolita, nieco mniejszą kostrzewa łąkowa. Odporność życicy wielokwiatowej i festulolium na niedobór wody w glebie była istotnie mniejsza i zarazem podobna. Potwierdzono dużą wrażliwość na suszę mieszańca festulolium. Wykazano zróżnicowaną reakcję odmian traw na ograniczoną wilgotność podłoża. Na podstawie wskaźnika DSI uszeregowano badane odmiany pod kątem wrażliwości na suszę. Najbardziej odporna na stres była Amera, a wrażliwość pozostałych odmian zwiększała się w następującej kolejności: Minora, Fantazja, Skra, Sulino, Gisel, Felopa, Agula, Lotos. Zdolność plonowania traw w warunkach suszy glebowej uzależniona była od roku wegetacji, a więc i wieku roślin. Wykazano, że rośliny młode w pierwszym roku wegetacji słabiej reagowały na stres niż rośliny starsze w drugim roku, co objawiało się mniejszą obniżką plonu suchej masy w tych warunkach. Wykazano natomiast całkowitą regenerację roślin, na wszystkich obiektach, po okresie obniżonej wilgotności gleby do 40% ppw w roku następnym.

W warunkach stresu suszy intensywność procesów fotosyntezy i transpiracji, u wszystkich badanych gatunków i odmian traw, była istotnie mniejsza, zaś efektywność wykorzystania wody WUE istotnie większa niż u roślin na obiektach optymalnie uwilgotnionych. Intensywność procesów wymiany gazowej została najbardziej ograniczona przez mieszańca festulolium, zaś najmniej – przez kupkówkę pospolitą. Najbardziej oszczędną gospodarkę wodą prowadziła kupkówka pospolita odmiany Amera i kostrzewa łąkowa odmiany Fantazja, natomiast najmniej – festulolium odmiany Agula oraz życica wielokwiatowa odmiany Lotos. Potwierdza to większą odporność na suszę kupkówki pospolitej i kostrzewy łąkowej, w porównaniu z mieszańcem festulolium i życicą wielokwiatową. Stwierdzono, że okresy krytyczne u traw występują pod koniec fazy krzewienia i na początku strzelania w źdźbło. W tym okresie badane gatunki były najbardziej wrażliwe na niedobór wody w glebie, co objawiało się największym obniżeniem poziomu plonowania i intensywności fotosyntezy oraz największym ograniczeniem transpiracji i przewodnictwa szparkowego. Również współczynnik wykorzystania wody (WUE) był w tej fazie rozwoju traw największy.

Zawartość wody w glebie modyfikowała wartość indeksu SPAD w liściach traw. W pierwszym roku wegetacji, w warunkach stresu względna zawartość chlorofilu wyrażona indeksem zieloności liścia SPAD u wszystkich badanych gatunków i odmian traw była istotnie większa w porównaniu z występującą u roślin rosnących na obiektach optymalnie uwilgotnionych. Największe wartości SPAD charakteryzowały kostrzewę łąkową odmiany Fantazja i Skra, a najmniejsze życicę wielokwiatową odmiany Lotos. W drugim roku wegetacji wzrost tego indeksu w warunkach stresu wykazano u kupkówki pospolitej i kostrzewy łąkowej, a jego redukcję u życicy wielokwiatowej i festulolium, co świadczy o mniejszej żywotności tych gatunków w niekorzystanych warunkach niedoboru wody w glebie. Długotrwały stres hamował wzrost roślin, o czym świadczą istotnie niższe wartości cech morfologicznych. W warunkach obniżonej wilgotności gleby trawy charakteryzowały się mniejszą: długością pędu, wysokością rośliny oraz długością i szerokością blaszki liściowej. Najbardziej ograniczyły wzrost odmiany festulolium, a najmniej – kupkówki pospolitej.

Stres wywołany niedoborem wody w glebie wpływał na skład chemiczny badanych gatunków traw; zawierały one więcej białka ogólnego, tłuszczu surowego, popiołu, fosforu, wapnia i potasu w porównaniu do zawartości tych składników u roślin z obiektów optymalnie uwilgotnionych. Zmniejszyła się natomiast zawartość włókna surowego, zwłaszcza kwaśnej frakcji detergentowej (ADF) i celulozy oraz węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie. Największe różnice w składzie chemicznym badanych traw wykazano w przypadku włókna i cukrów. Odmiany kupkówki pospolitej zawierały najwięcej włókna i jego frakcji, a najmniej węglowodanów rozpuszczalnych, natomiast odmiany życicy wielokwiatowej i festulolium charakteryzowały się największą zawartością węglowodanów rozpuszczalnych, a najmniejszą strukturalnych. Nie stwierdzono różnic pomiędzy odmianami w wartości poszczególnych składników pokarmowych i makroelementów.

RESPONSE OF SELECTED SPECIES AND CULTIVARS OF FORAGE GRASS TO WATER SHORTAGE IN THE SOIL

Summary

Key words: grass, species, cultivar, drought stress, yield, photosynthesis, transpiration, water use efficiency (WUE), leaf greenness index (SPAD), morphological characters, drought susceptibility index (DSI), chemical composition

The aim of this study was to assess the impact of long-term stress caused by shortage of water in the soil, on the sensitivity of four species of forage grasses: *Dactylis glomerata* – Amara and Minora cultivars, *Festuca pratensis* – Skra and Fantazja, *Festulolium brauni* – Felopa, Agula and Sulino, and *Lolium multiflorum* – Gisel and Lotos cultivars. The effect of different soil moisture on productivity, gas exchange parameters, leaf greenness (SPAD), morphological characteristics and quality of forage grasses was evaluated. Two-factor pot experiments were carried out in the years of 2009–2011, in the completely randomized system with four replications. Grasses were evaluated at two levels of soil moisture: 70% FWC (optimum moisture content) and 40% FWC (water stress). Response to drought stress was studied in the first, the second and third year of vegetation.

The results showed that long-term water stress caused a significant reduction of yield of cocksfoot, meadow fescue, festulolium, and Italian ryegrass. The smallest reduction in dry matter yield, and hence the largest resistance to stress was found with cocksfoot, and a little lower with meadow fescue. Resistance of Italian ryegrass and festulolium to the shortage of water in the soil was significantly lower and similar. High sensitivity of festulolium hybrid to drought was found. There was a varying response of grass cultivars to the limited soil moisture. Based on DSI index, cultivars were ranked according to sensitivity to drought. Amara was the most resistant to stress, and the sensitivity of other cultivars increased in the following order: Minora, Fantazja, Skra, Sulino, Gisel, Felopa, Agula, Lotos. The ability of yielding of grasses in soil drought conditions was dependent on the year of vegetation and therefore the age of the plant. It has been shown that the young plants in the first year of vegetation were less reactive to stress than older plants, which resulted in a smaller reduction in dry matter yield under these conditions. Total regeneration of the plants occurred for all the objects after the period of reduced soil moisture to 40% ppw.

Under conditions of drought stress, the intensity of photosynthesis and transpiration, in all the studied species and cultivars of grasses, was significantly lower, and the efficiency of water use was significantly greater than that achieved on the optimally moisturized objects. Gas exchange processes were the least limited at cocksfoot cultivars, and the most at festulolium. The most efficient water management was found at cocksfoot cv. Amera and Fantazja, while the most wasteful at festulolium cv. Agula and Italian ryegrass cv. Lotos. This confirms the greater resistance of cocksfoot and meadow fescue to drought, as compared to hybrid festulolium and Italian ryegrass. It was found that the critical periods for the grasses occur at the end of the vegetative stage and at the beginning of shooting stage. During this period, the grasses were the most vulnerable to water shortages in the soil, resulting in a lowering yield and rate of photosynthesis, and the largest reduction of transpiration and stomatal conductance. Also, water use efficiency (WUE) was the largest at that stage of development of grasses.

The water content in the soil modified SPAD index in grasses. In the first year of vegetation, in soil drought conditions, relative chlorophyll content estimated by leaf greenness index SPAD for all the tested species and cultivars of grasses was significantly higher as compared to the objects with optimal soil moisture. The greatest SPAD values characterized by the meadow fescue cv. Fantazja and Skra, and the least – by Italian ryegrass cv. Lotos. In the second year, the increase in SPAD index under stress was found in cocksfoot and meadow fescue cultivars, and the reduction in Italian ryegrass and festulolium, which indicates a lower vitality of these species in unfavourable water shortage conditions in the soil. Prolonged drought stress inhibits plant growth, which was shown by significantly lower values of morphological characters. In the conditions of reduced soil moisture, grasses were characterized by a smaller shoot length, plant height, leaf blade length and width. Festulolium cultivars limited growth the most, and cocksfoot cultivars, the least.

Soil drought affected the chemical composition of the studied species of grass; they contained more total protein, crude fat, ash, phosphorus, calcium and potassium in comparison to the control objects. The content of crude fiber content decreased, especially acid detergent fraction (ADF) and cellulose and water-soluble carbohydrates. The greatest differences in the chemical composition of the tested species was found for fiber and sugars. Cocksfoot cultivars contains the most crude fiber and its fractions and the least of soluble carbohydrates, and Italian ryegrass and festulolium cultivars showed the highest content of soluble carbohydrates and the lowest of structural ones. There were no differences between cultivars in the contents of basic nutrients and macroelements.

WSKAZÓWKI DLA AUTORÓW

W serii wydawniczej IUNG „**Monografie i Rozprawy Naukowe**” publikowane są recenzowane prace o charakterze monografii i oryginalne rozprawy naukowe (w tym prace habilitacyjne) z zakresu agronomii oraz ochrony i kształtowania środowiska rolniczego.

Wydruk tekstu do recenzji czcionką 11 p., z odstępem 1,5-wierszowym.

Przygotowanie do druku:

- tekst i tabele w programie Word, wersja 6.0 lub wyższa
- czcionka – Times New Roman
- układ pracy: spis treści, wstęp, metodyka, omówienie wyników i dyskusja, wnioski lub podsumowanie, literatura, streszczenie
- objaśnienia tabel, podpisy i opisy do rysunków oraz streszczenie pracy wraz ze słowami kluczowymi w językach polskim i angielskim

tekst

- czcionka – 11 p. (spis pozycji literatury – 9 p.)
- wcięcie akapitowe – 0,5 cm

tabele

- podział na wiersze i kolumny (z funkcji tworzenia tabel)
- szerokość dokładnie 13 cm (tabele w pionie) lub 19 cm (tabele w poziomie)
- czcionka 9 p., pojedyncze odstępy międzywierszowe
- umieszczone w oddzielnych plikach

rysunki

- czarno-białe
- wykresy w programie Word lub Excel
- wymiary w zakresie 13 cm × 19 cm
- dołączony wydruk w odpowiednich wymiarach, bardzo dobrej jakości, na białym papierze lub na folii
- w podpisach czcionka 9 p.
- na dyskietce w oddzielnych plikach

jednostki miary

- system SI
- jednostki zapisywać potęgowo (np. t·ha⁻¹)

literatura

- spis literatury w układzie alfabetycznym wg nazwisk autorów, w kolejności: nazwisko (pismo rozstrzelone), pierwsza litera imienia, tytuł pracy, miejsce publikacji: tytuł wydawnictwa (wg ogólnie przyjętych skrótów tytułów czasopism), rok, numer (pismo pogrubione), strony
- cytowanie w tekście – jako nazwisko autora (autorów) i rok wydania (w nawiasach okrągłych).

Pracę do recenzji należy składać w 2 egzemplarzach. Po recenzji oryginalny egzemplarz recenzowany i ostateczną wersję pracy, uwzględniając uwagi recenzenta i redaktora, należy dostarczyć do Redakcji w 1 egzemplarzu oraz na dyskietce (lub przesłać e-mailem) na adres:

Dział Upowszechniania i Wydawnictw
IUNG-PIB
ul. Czarторыskich 8
24-100 Puławy
e-mail: kmikulska@iung.pulawy.pl

W serii wydawniczej IUNG „**Monografie i Rozprawy Naukowe**” ukazały się następujące pozycje:

1. Adam Harasim – *Kompleksowa ocena płodozmianów z różnym udziałem roślin zbożowych i okopowych*. Puławy, 2002.
2. Stanisław Wróbel – *Określenie potrzeb nawożenia buraka cukrowego mikroelementami*. Puławy, 2002.
3. Janusz Podleśny – *Studia nad oddziaływaniem światła laserowego na nasiona, wzrost i rozwój roślin oraz plonowanie łubinu białego (*Lupinus albus* L.)*. Puławy, 2002.
4. Czesław Józefaciuk, Anna Józefaciuk, Eugeniusz Nowocień, Rafał Wawer – *Przeciwerozyjne zagospodarowanie zlewni wyżynnej potoku Grodarz z uwzględnieniem ograniczania występowania powodzi*. Puławy, 2002.
5. Jerzy Książek – *Dynamika gromadzenia składników pokarmowych w organach roślin tradycyjnych i samokończących odmian bobiku w okresie od kwitnienia do dojrzałości pełnej*. Puławy, 2002.
6. Franciszek Pistelok – *Analiza zależności pomiędzy zanieczyszczeniem ze źródeł komunalnych a jakością powierzchniowych wód płynących na obszarach silnie zurbanizowanych na przykładzie zlewni Górnej Wisły*. Puławy, 2002.
7. Ewa Stanisławska-Głubiak – *Analiza wybranych czynników determinujących efekty dolistnego nawożenia molibdenem w uprawie rzepaku ozimego*. Puławy, 2003.
8. Kazimierz Noworolnik – *Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie jęczmienia jarego w różnych warunkach siedliska*. Puławy, 2003.
9. Teresa Doroszevska – *Krzyżowanie oddalone i transformacja genetyczna w uzyskiwaniu odporności tytoniu (*Nicotiana tabacum* L.) na wirusa Y ziemniaka (PVY)*. Puławy, 2004.
10. Eugeniusz K. Chyłek – *Uwarunkowania procesu modernizacji rolnictwa i obszarów wiejskich w Polsce*. Puławy, 2004.
11. Zbigniew Samoń – *Studia nad metodami energooszczędnego suszenia chmielu*. Puławy, 2004.
12. Ryszard Weber – *Zmienność plonowania odmian pszenicy ozimej w zależności od przedplonu i sposobu uprawy roli*. Puławy, 2004.
13. Janusz Igras – *Zawartość składników mineralnych w wodach drenarskich z użytków rolnych w Polsce*. Puławy, 2004.
14. Mariusz Kucharski – *Odporność chwastów na herbicydy z grupy inhibitorów fotosyntezy PSII na polach uprawnych południowo-zachodniej Polski*. Puławy, 2005.
15. Maria J. Król – *Azospirillum – asocjacyjne bakterie wiążące wolny azot*. Puławy, 2006.
16. Jerzy Grabiński – *Studia nad potencjałem allelopatycznym żyta ozimego*. Puławy, 2006.
17. Krzysztof Domaradzki – *Efektywność regulacji zachwaszczenia zbóż w aspekcie ograniczenia dawek herbicydów oraz wybranych czynników agroekologicznych*. Puławy, 2006.
18. Anna Stochmal – *Flawonoidy lucerny siewnej (*Medicago sativa* L.) – budowa chemiczna, właściwości spektralne, zawartość w zależności od odmiany i terminu zbioru*. Puławy, 2007.

19. Tomasz Stuczyński – *Assessment and modelling of land use change in Europe in the context of soil protection*. Puławy, 2007.
20. Jolanta Korzeniowska – *Potrzeby nawożenia pszenicy cynkiem, miedzią i borem w warunkach glebowo-klimatycznych Polski*. Puławy, 2008.
21. Maria J. Król, Janusz Smagacz – *Rozkład resztek pozbiorowych w glebie*. Puławy, 2008.
22. Agnieszka Klimkowicz-Pawlas – *Oddziaływanie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych na siedliskową funkcję gleby*. Puławy, 2009.
23. Janusz Czaban – *Fitogeniczne dodatki do paszy świń ze szczególnym uwzględnieniem ich roli jako zamienników antybiotykowych stymulatorów wzrostu*. Puławy, 2009.
24. Maria J. Król – *Bakterie endofityczne*. Puławy, 2009.
25. Ryszard Weber – *Przydatność uprawy konserwującej w rolnictwie zrównoważonym*. Puławy, 2010.
26. Józefa Harasim, Adam Harasim – *Produkcyjność mieszanek pastwiskowych z udziałem koniczyny białej (*Trifolium repens* L.) w różnych warunkach siedliskowych*. Puławy, 2010.
27. Maria J. Król – *Bakterie utleniające siarkę elementarną i redukujące siarczany*. Puławy, 2010.
28. Andrzej Doroszewski – *Skład spektralny promieniowania jako czynnik kształtujący pokrój i plon pszenicy*. Puławy, 2011.
29. Jerzy Bieńkowski – *Wielokryterialna analiza możliwości zrównoważonego rozwoju gospodarstw rolniczych z uwzględnieniem czynników środowiskowych i ekonomicznych*. Puławy, 2011.
30. Hanna Gołębiowska – *Dynamika występowania flory segetalnej w uprawie kukurydzy na Dolnym Śląsku w latach 1972–2008 i obecne możliwości jej regulacji*. Puławy, 2011.
31. Maria J. Król – *Przemiany mikrobiologiczne żelaza w glebie*. Puławy, 2011.
32. Franciszek Woch, Krzysztof Wierzbicki, Andrzej Eymontt, Anna Dziadkowicz-Ilkowska, Alina Syp, Jerzy Kopiński, Czesław Pietruch, Mirosław Nierubca, Antoni Miklewski, Piotr Maśloch – *Efektywność gospodarcza i ekonomiczna scalania gruntów w Polsce*. Puławy, 2011.
33. Maria J. Król – *Przemiany mikrobiologiczne fosforu w glebie*. Puławy, 2012.
34. Adam Harasim – *Ocena produkcji roślinnej na gruntach ornych w gospodarstwie rolniczym w ujęciu długookresowym*. Puławy, 2012.
35. Mariusz Matyka – *Produkcyjne i ekonomiczne aspekty uprawy roślin wieloletnich na cele energetyczne*. Puławy, 2013.
36. Beata Feledyn-Szewczyk – *Wpływ użytkowania gruntów na różnorodność gatunkową flory segetalnej*. Puławy, 2013.
37. Anna Podleśna – *Studia nad rolą siarki w kształtowaniu gospodarki mineralnej oraz wielkości i jakości plonu wybranych roślin uprawnych*. Puławy, 2013.