UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNO-PRZYRODNICZY
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY

**ROZPRAWY NR 172**

Małgorzata Szczepanek

# AGROTECHNICZNE UWARUNKOWANIA ROZWOJU I PLONOWANIA ZRÓŻNICOWANYCH ODMIAN KOSTRZEWY TRZCINOWEJ (*Festuca arundinacea* SCHREB.) UPRAWIANEJ NA NASIONA

BYDGOSZCZ – 2013

REDAKTOR NACZELNY
prof. dr hab. inż. Józef Flizikowski

REDAKTOR DZIAŁOWY
prof. dr hab. inż. Małgorzata Zalewska

OPINIODAWCY
prof. dr hab. Piotr Domański
dr hab. Grzegorz Żurek, prof. nadzw. IHAR-PIB

OPRACOWANIE REDAKCYJNE I TECHNICZNE
mgr Michał Górecki, mgr inż. Daniel Morzyński

© Copyright
Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
Bydgoszcz 2013

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być powielany
ani rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych,
kopiujących, nagrywających i innych bez pisemnej zgody
posiadacza praw autorskich.

Praca powstała przy wsparciu projektu
„Realizacja II etapu Regionalnego Centrum Innowacyjności"
współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego
Województwa Kujawsko-Pomorskiego na lata 2007-2013

Praca naukowa sfinansowana ze środków na naukę w latach 2008-2010
jako projekt badawczy nr NN310 3061 34

ISBN 978-83-64235-03-0
ISSN 0209-0597

Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
ul. Ks. A. Kordeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz, tel. 52 3749482, 3749426
e-mail: wydawucz@utp.edu.pl http://www.wu.utp.edu.pl

---

Wyd. I. Nakład 88 egz. Ark. aut. 6.0. Ark. druk. 6.0.
Oddano do druku i druk ukończono w sierpniu 2013
Uczelniany Zakład Małej Poligrafii UTP Bydgoszcz, ul. Ks. A. Kordeckiego 20

**Spis treści**


1. WSTĘP I PRZEGLĄD LITERATURY ..... 5
2. HIPOTEZA I CEL BADAŃ ..... 10
3. MATERIAŁ I METODY ..... 11
   3.1. Lokalizacja i zakres badań ..... 11
   3.2. Opracowanie statystyczne wyników ..... 14
4. WARUNKI ..... 16
   4.1. Warunki glebowe ..... 16
   4.2. Warunki pogodowe ..... 16
5. WYNIKI ..... 21
   5.1. Ocena produkcyjności odmiany pastewnej Odys i trawnikowej Tarmena w zależności od rozstawy rzędów ..... 21
      5.1.1. Wschody w warunkach polowych ..... 21
      5.1.2. Cechy biometryczne i plonowanie ..... 21
   5.2. Analiza efektywności nawożenia azotowego odmiany Asterix ..... 31
      5.2.1. Zawartość azotu w glebie ..... 31
      5.2.2. Cechy biometryczne i plonowanie ..... 33
      5.2.3. Wskaźniki odżywienia azotem i szacowanie plonu ..... 41
      5.2.4. Efektywność agronomiczna i opłacalność przeciętna ..... 48
   5.3. Ocena efektów produkcyjnych uprawy odmiany trawnikowej Romina w zależności od terminu, sposobu i ilości wysiewu ..... 50
      5.3.1. Kiełkowanie i rozwój w roku siewu ..... 50
      5.3.2. Cechy biometryczne i plonowanie ..... 52
      5.3.3. Nadwyżka bezpośrednia ..... 66
4. DYSKUSJA ..... 67
5. WNIOSKI ..... 78

LITERATURA ..... 80

STRESZCZENIA ..... 88

ANEKS ..... 93

# 1. WSTĘP I PRZEGLĄD LITERATURY

W latach 1970-1990 Polska była jednym z głównych producentów nasion traw w Europie i na świecie. Od końca lat 80. powierzchnia kwalifikowanych plantacji nasiennych traw systematycznie spadała z poziomu 53 tys. ha w 1989 r. do 8,5 tys. ha w 1994 r. [69,108]. W latach 1995-2000 nastąpiło niewielkie zwiększenie powierzchni do 11-12,5 tys. ha, po którym nastąpił ponowny regres do poziomu 6,7 tys. ha w 2003 r. Od 2004 r. powierzchnia plantacji zwiększała się i w ostatnich pięciu latach (2008-2012) utrzymuje się na względnie stałym poziomie ok. 11,5 tys. ha [108]. Od połowy lat 90. w rejestracji, a następnie w reprodukcji popularne stały się odmiany trawnikowe. W 1995 r. stanowiły one 22% odmian wpisanych do Krajowego Rejestru, w 2012 r. udział ich wynosił 46% [63]. W 2012 r. w reprodukcji odmiany trawnikowe zajmowały 1/3 powierzchni [108]. W tym samym roku odmiany trawnikowe zarejestrowane były w dziesięciu gatunkach traw, wśród których ważniejsze miejsce w reprodukcji zajmowały życica trwała, kostrzewa czerwona, wiechlina łąkowa i kostrzewa trzcinowa. Pierwszą odmianę trawnikową kostrzewy trzcinowej wpisano do Krajowego Rejestru w 2000 r. [63]. Już wcześniej takie odmiany zyskały dużą popularność na świecie, szczególnie w USA [112]. W światowej produkcji nasion kostrzewa trzcinowa zajmuje trzecie miejsce po życicy trwałej i wielokwiatowej [3]. Duże znaczenie gospodarcze kostrzewy trzcinowej wynika z jej odporności na niesprzyjające warunki siedliskowe [32, 106]. Gibson i Newman [32] podają, że w kompleksie *Lolium-Festuca* jest to gatunek najbardziej odporny na suszę, a ponadto wyróżnia się dużą zimotrwałością. Cechy te decydują o licznych możliwościach jej gospodarczego wykorzystania. Jest cennym komponentem w mieszankach trawnikowych [66], szczególnie przydatnym w zakładaniu niskonakładowych nawierzchni trawiastych [18, 20, 58, 60]. Według Prończuka i wsp. [77] wartość trawnikowa kostrzewy trzcinowej jest podobna do form rozłogowych kostrzewy czerwonej (*Festuca rubra* ssp. *rubra*). Martiniello i D'Andrea [66] podają, że w warunkach klimatu śródziemnomorskiego gatunek ten miał nawet większą wartość trawnikową niż wiechlina łąkowa. Kostrzewa trzcinowa może być także przydatna do celów konserwacyjnych np. zadarniania terenów trudnych i zdegradowanych (skarp, nasypów, wałów, hałd, składowisk popiołów), gruntów wyłączanych z produkcji czy poboczy dróg [4, 5, 7, 17, 32]. Pozapaszowe możliwości wykorzystania tego gatunku obejmują także produkcję energii odnawialnej [36, 47, 70], a także fitoremediację [10]. Kostrzewa trzcinowa jako trawa pastewna przydatna jest głównie w siedliskach okresowo suchych, niezbyt żyznych, w których jest bardziej wydajna niż inne gatunki traw [85, 101, 105]. Cechy wysokiej odporności wykorzystywane są także w hodowli mieszańców z *Festuca pratensis*, *Lolium perenne* i *Lolium multiflorum*. W hodowli odmian pastewnych dąży się do zwiększenia wydajności i wartości pokarmowej roślin [84], a u odmian trawnikowych do poprawy odporności na warunki stresowe (niską wilgotność, zasolenie, wysokie temperatury, niedobór składników pokarmowych, niskie pH) [22]. Jednak celem ho-

dowli powinna być nie tylko wartość pastewna czy trawnikowa, ale również zdolność do wydawania zadowalających plonów nasion. Niewielka jest bowiem szansa na sukces rynkowy odmiany bez odpowiedniej zdolności do reprodukcji [27, 39].

O biologicznym plonie nasion traw decyduje liczba pędów generatywnych (powstałych w wyniku krzewienia) oraz liczba kłosków w kwiatostanie i kwiatów w kłosku (tworzone w trakcie różnicowania stożków wzrostu). Oprócz tego na rzeczywistą wielkość plonu wpływa efektywność osadzenia nasion w kłoskach (związana z zapyleniem i zapłodnieniem) oraz waga nasiona (determinowana przez jego wzrost i wypełnienie). Związek plonu nasion i strukturalnych elementów plonowania, takich jak: liczba pędów generatywnych, kłosków w kwiatostanie, nasion w kłosku i masa tysiąca nasion wykazano w wielu badaniach [1, 26, 34, 41, 57, 65, 99, 111]. W praktyce wykorzystanie biologicznego potencjału plonowania jest jednak bardzo małe [27]. Jako główne przyczyny utraty plonu wymieniane są: redukcja płodnych pędów przed i po kłoszeniu/wiechowaniu (w wyniku konkurencji o światło, wodę czy składniki pokarmowe), ograniczone zapylenie (głównie z powodu wylegania) oraz straty plonu przed i w trakcie zbioru spowodowane osypywaniem się nasion (wynikającym z dużej łamliwości osadki kłoskowej) [72].

Na procesy fizjologiczne kształtujące plon nasion wpływają warunki siedliskowe, właściwości genetyczne gatunku i odmian, czynniki agrotechniczne oraz ich wzajemne współdziałania [34, 88, 112, 113]. Jednym z najważniejszych czynników siedliskowych obniżających plon nasion traw jest niedobór wody. Ogranicza on intensywność fotosyntezy i produkcję asymilatów [54]. W porównaniu z innymi trawami kostrzewa trzcinowa jest uznawana za gatunek bardziej odporny na suszę. Wprawdzie główna masa systemu korzeniowego kostrzewy trzcinowej znajduje się w warstwie 0-30 cm [58], to w przypadku przesuszenia tej warstwy gleby zwiększa się udział korzeni leżących poniżej [55]. W badaniach kostrzewy trzcinowej rozwijającej się w warunkach deficytu wody wykazano zmniejszenie masy tysiąca nasion [31]. Podobny wpływ ma wzrost temperatury, który oprócz tego powoduje zmniejszenie liczby kwiatów w kłosku [6]. O reakcji kostrzewy trzcinowej na deficyt wody decydują także właściwości odmianowe [8].

Odmiany kostrzewy trzcinowej różnią się między sobą cechami morfologicznymi i fizjologicznymi [1, 2, 5, 43, 57, 58, 64, 100, 112, 113], stąd odmienna jest ich reakcja na czynniki agrotechniczne. W badaniach Younga i wsp. [112, 113] wykazano zróżnicowaną reakcję odmian pastewnych i trawnikowych (wczesnych i późnych) na poziom nawożenia azotem oraz rozstawę rzędów. Odmiany trawnikowe produkowały więcej pędów generatywnych niż pastewne. Ponadto przy dawce azotu powyżej 100 $kg \cdot ha^{-1}$ niższa odmiana trawnikowa słabiej wylegała, co powodowało wzrost efektywności osadzania nasion. U późnych odmian trawnikowych więcej nasion z jednostki powierzchni stwierdzono w szerokiej rozstawie rzędów 60 cm. Dla odmian wczesnych lepsze efekty uzyskano w rozstawie mniejszej 30 cm. Niektórzy badacze wskazują,

że przy szerszej rozstawie rzędów często obserwuje się zmniejszenie liczby pędów generatywnych w pierwszym roku użytkowania [51, 114]. Young i wsp. [113] wykazali mniejszą liczbę pędów w szerokiej rozstawie tylko w przypadku wczesnej odmiany trawnikowej kostrzewy trzcinowej. Z kolei węższa rozstawa sprzyjała tworzeniu licznych kłosków w kwiatostanach [114].

Nawożenie azotem i właściwe odżywienie tym składnikiem jest jednym z najważniejszych elementów poprawnej agrotechniki [24]. Przedmiotem badań prowadzonych nad omawianym gatunkiem jest nie tylko wielkość, ale także proporcje podziału dawki nawozowej na jesienną i wiosenną [34, 44, 81]. Jesienne nawożenie azotem korzystnie wpływa na liczbę pędów generatywnych [33]. Z kolei nawożenie wiosenne zwiększa liczbę kłosków w kwiatostanie [59] i masę tysiąca nasion [24]. Niedostateczne zaopatrzenie w składniki pokarmowe może przyczynić się do niskiej efektywności osadzenia nasion [9], chociaż podobnie wpływają zbyt duże dawki nawożenia azotowego [113]. W uprawie kostrzewy trzcinowej w USA stosuje się roczną dawkę azotu do 180 $kg \cdot ha^{-1}$, z czego około 1/3 podawana jest w jesieni [115]. W Danii, ze względu na ochronę wód gruntowych i powierzchniowych, dopuszczalne dawki wynoszą 140 $kg \cdot ha^{-1}$ rocznie, z czego 50-70 w jesieni i 70-90 na wiosnę [33]. W badaniach Gisluma i Boelt [33] liczba pędów generatywnych kostrzewy trzcinowej była najmniejsza, jeśli wiosną nie stosowano azotu, natomiast nie było różnicy po zastosowaniu azotu w dawkach od 60 do 120 $kg \cdot ha^{-1}$. W badaniach Faireya i Lefkovitcha [24] masa nasion z kwiatostanu była większa po zastosowaniu 100 kg $N \cdot ha^{-1}$ w porównaniu z uzyskaną po aplikacji 50 kg $N \cdot ha^{-1}$. Z kolei Young i wsp. [112] nie stwierdzili wpływu wiosennego nawożenia azotem w dawkach 100, 145 i 190 kg $N \cdot ha^{-1}$ na plon nasion wczesnych i średniowczesnych odmian trawnikowych. Nie wykazali oni również wpływu dzielenia dawki wiosennej na liczbę pędów generatywnych, kwiatów i nasion z kwiatostanu oraz efektywność osadzenia nasion odmian trawnikowych [113]. W badaniach Faireya i Lefkovitcha [24] nie było różnicy w plonie nasion oraz zdolności kiełkowania w przypadku stosowania azotu w terminie letnim, jesiennym i wiosennym. Z kolei w innych badaniach stwierdzono, że zbyt duże dawki azotu bardzo często powodują pogorszenie jakości nasion [101]. Często ma to związek z wyleganiem, które ponadto zwiększa straty spowodowane osypywaniem się nasion [49, 109]. Właściwe nawożenie azotem sprzyja regeneracji roślin i poprawie plonowania na plantacjach starszych [61].

Plantacje nasienne kostrzewy trzcinowej mogą być zakładane wiosną jako wsiewki w roślinę ochronną, albo latem w siewie czystym na jeden rok przed zbiorem, a także jesienią (wsiewka w rzepak czy pszenicę ozimą) na dwa lata przed zbiorem [34]. Zakładanie plantacji wiosną zmniejsza ryzyko niedostatecznego rozwoju roślin w roku siewu [89]. Jednocześnie siew wiosenny z rośliną ochronną umożliwia uzyskanie dochodu przed okresem użytkowania traw [41], jednak ogranicza rozwój wsiewki w roku siewu i plon nasion w pierwszym roku zbioru [13]. Wielkość redukcji plonu zależy od gatunku rośliny ochronnej [13, 16] a także jej zagęszczenia [19, 41, 45, 46]. Deleuran i Boelt

[16] uzyskali większe plony nasion kostrzewy trzcinowej, gdy wsiewano ją w groch w porównaniu z siewem w rzepak jary czy len. Zasiewy letnie dają możliwość uprawy przedplonu, ale muszą być wykonane na tyle wcześnie, aby kostrzewa zdążyła rozkrzewić się przed zimą [41, 43, 102], ponieważ od tego zależy liczba pędów generatywnych i plon nasion w kolejnym roku po zasiewie [13]. Opóźnienie siewu na okres późnego lata jest ryzykowne, gdyż kostrzewa trzcinowa charakteryzuje się wolnym początkowym wzrostem [23, 52, 53]. Hare [43] twierdzi, że odmiany trawnikowe kostrzewy trzcinowej mogą być bardziej przydatne do opóźnionych zasiewów niż odmiany pastewne, ze względu na produkcję dużej liczby pędów. Ponadto wykazał on, że wpływ terminu siewu jest istotny tylko w pierwszym roku użytkowania. Rośliny siane wcześnie produkowały większy plon nasion głównie dzięki większej liczbie pędów generatywnych, przy czym nie było różnicy w liczbie kłosków i kwiatów. Według tego autora możliwe jest uzyskanie wysokich plonów nasion z zasiewów opóźnionych pod warunkiem dostatecznej wilgotności gleby i możliwie wczesnego wysiewu. Younberg [115] podaje, że plantacje zakładane jesienią od połowy września nie plonują aż do drugiego roku po zasiewie.

Według Martyniaka [70] współczesne technologie uprawy traw na nasiona powinny zaczynać się od ilości wysiewu wynikającej z obsady, określonej przynajmniej dla zróżnicowanych grup odmian. W literaturze badania z tego zakresu są nieliczne. W doświadczeniach nasiennych kostrzewę trzcinową wysiewa się w ilości od 4 $kg \cdot ha^{-1}$, a na plantacjach produkcyjnych do 12 $kg \cdot ha^{-1}$ [112]. Zbyt mała ilość wysiewu może powodować zmniejszenie liczby pędów generatywnych. Z kolei zbyt duże ilości wysiewu są nieuzasadnione, gdyż nie powodują zwyżki plonu, a nawet mogą go redukować [46, 51]. W badaniach Hare i Ruiter [46] zróżnicowanie ilości wysiewu (7,5 i 15 $kg \cdot ha^{-1}$) nie miało wpływu na plon nasion w pierwszym roku użytkowania. Dla drugiego roku korzystne okazało się wysiewanie 7,5 $kg \cdot ha^{-1}$. Podobnie w badaniach Hickeya i Hume [52] w pierwszym roku ilość wysiewu nie miała wpływu na plon nasion kostrzewy trzcinowej, ale w drugim roku plon nasion był większy po wysiewie 2,5 lub 5 $kg \cdot ha^{-1}$ w porównaniu z ilością wysiewu 10 $kg \cdot ha^{-1}$. Z kolei Vuckovic i wsp. [98] podają, że plon nasion w kolejnych dwóch latach był większy, jeśli wysiewano 4 $kg \cdot ha^{-1}$ w porównaniu z uzyskanym po wysiewie 8 $kg \cdot ha^{-1}$. Farey i Lefkovitch [25] wskazują na interakcję zagęszczenia roślin i rozstawy rzędów. W pierwszym roku wykazali obniżkę plonu przy zagęszczeniu roślin 100 $szt. \cdot m^{-2}$ w rozstawie rzędów 20 cm, natomiast w drugim przy zagęszczeniu 6 $szt. \cdot m^{-2}$ i rozstawie 80 cm.

Obecnie prowadzone w naszym kraju nieliczne doświadczenia z zakresu nasiennictwa traw dotyczą głównie życicy trwałej i kostrzewy czerwonej. Kostrzewa trzcinowa jest przedmiotem badań w Danii, USA czy Nowej Zelandii. W Polsce takie badania mogą dać podstawę do opracowania kompleksowych technologii uprawy gatunków, a nawet odmian o zróżnicowanych cechach morfologiczno-użytkowych [70, 78]. Specjalizacja w reprodukcji traw może stać się specjalnością mniejszych gospodarstw i być jedną z dróg rozwoju krajowego

nasiennictwa. O opłacalności uprawy decydował będzie poziom plonowania, który jest ściśle zależny od technologii uprawy. Stąd konieczne jest prowadzenie prac badawczych nad optymalizacją czynników agrotechnicznych, będących podstawą zwiększenia opłacalności i przywrócenia znaczenia gospodarczego nasiennictwa traw w Polsce.

# 2. HIPOTEZA I CEL BADAŃ

W badaniach nad optymalizacją czynników agrotechnicznych w uprawie kostrzewy trzcinowej na nasiona, będących podstawą rozprawy założono, że:

- odmiany pastewne i trawnikowe, ze względu na zróżnicowane cechy morfologiczne związane z plennością będą odmiennie reagowały na dobór rozstawy rzędów,
- termin stosowania i wielkość dawki mineralnego nawożenia azotem decydują o kształtowaniu elementów struktury oraz wielkości i jakości plonu, a w optymalizacji nawożenia przydatne są wskaźniki odżywienia roślin azotem,
- o instalacji w roku siewu, strukturze łanu i plonowaniu kostrzewy trzcinowej w latach użytkowania decyduje współdziałanie terminu, sposobu oraz ilości wysiewu
- zróżnicowanie elementów agrotechniki powoduje skutki ekonomiczne, których ocena powinna być podstawą wyboru danej technologii.

Głównym celem badań było rozpoznanie zdolności reprodukcyjnych odmian kostrzewy trzcinowej przy zróżnicowanych poziomach czynników agrotechnicznych i ich współdziałaniu w kształtowaniu wybranych cech morfologicznych i fizjologicznych, wielkości i jakości plonu nasion w roku siewu i dwóch kolejnych latach pełnego użytkowania. Celami szczegółowymi były:

- porównanie reakcji odmiany pastewnej i trawnikowej na zróżnicowaną rozstawę rzędów w zakresie polowej zdolności wschodów, kształtowania komponentów plonu i wydajności,
- określenie wpływu dawek i terminów aplikacji azotu mineralnego na stan odżywienia roślin azotem, kształtowanie cech biometrycznych i wydajność oraz ocena efektywności nawożenia,
- analiza wypływu terminu, sposobu i ilości wysiewu na wzrost, rozwój i plonowanie roślin oraz opłacalność produkcji.

# 3. MATERIAŁ I METODY

## 3.1. LOKALIZACJA I ZAKRES BADAŃ

Podstawą realizacji celów badawczych były trzy ścisłe doświadczenia polowe, przeprowadzone w latach 2007-2010, każde w dwóch seriach, obejmujących po trzy lata doświadczeń polowych (rok siewu i dwa lata pełnego użytkowania).

**Doświadczenie A** – Ocena produkcyjności odmiany pastewnej Odys i trawnikowej Tarmena w zależności od rozstawy rzędów.

Doświadczenie A założono w 2008 r. w dwóch miejscowościach: Chrząstowo (woj. kujawsko-pomorskie) (53° 11′ N, 17° 35′ E) oraz Szelejewo (woj. wielkopolskie) (51° 86′ N, 17° 16′ E). Pierwszym rokiem pełnego użytkowania (zbioru nasion) był 2009, drugim 2010. Zastosowano układ split-plot w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 16 $m^2$ w Chrząstowie i 10 $m^2$ w Szelejewie.
Czynnikami doświadczalnymi w kolejności rozlosowania były:
– rozstawa rzędów: 24 i 48 cm,
– typ użytkowy odmiany: pastewny (Odys) i trawnikowy (Tarmena)

Przy ustalaniu ilości wysiewu uwzględniono różną masę tysiąca nasion i zdolność kiełkowania. Dla przyjętej obsady nasion żywych 480 szt.·$m^{-2}$ ilość wysiewu trawnikowej odmiany Tarmena wynosiła 10 kg·$ha^{-1}$, a pastewnej Odys 13,3 kg·$ha^{-1}$. Kostrzewę wysiano jako wsiewkę w jęczmień jary w obsadzie 300 szt.·$m^{-2}$. Siew kostrzewy wykonano bezpośrednio po zasiewie jęczmienia, w poprzek rzędów, na głębokość 2 cm. Nawożenie przedsiewne w roku siewu ustalono na podstawie zaleceń IUNG-PIB Puławy dla jęczmienia, opierając się na ocenie zasobności gleby. Po zbiorze jęczmienia oraz nasion kostrzewy w latach użytkowania stosowano nawożenie w dawkach: N – 30, $P_2O_5$ – 80 i $K_2O$ – 120 kg·$ha^{-1}$. W latach zbioru nasion, na początku wegetacji aplikowano azot w dawce 70 kg N·$ha^{-1}$. W fazie krzewienia jęczmienia i przynajmniej trzech liści kostrzewy trzcinowej w roku siewu zwalczano chwasty dwuliścienne przy użyciu MCPA, w dawce 600 g s. a. $ha^{-1}$ W roku siewu po zbiorze jęczmienia, a także na wiosnę i/lub jesienią w latach pełnego użytkowania stosowano łącznie następujące substancje aktywne: mekoprop 300 g·$ha^{-1}$, MCPA 400 g·$ha^{-1}$, dikamba 80 g·$ha^{-1}$. W latach pełnego użytkowania kostrzewy nie stosowano fungicydów ani insektycydów. Zbiór nasion przeprowadzano na początku osypywania się ziarniaków metodą dwuetapową (skoszenie na pokosy kosiarką listwową i po 2-3 dniach omłot kombajnem poletkowym). Ocenę wydajności wykonano na podstawie masy nasion zebranej z poletka, po doczyszczeniu i dosuszeniu do wilgotności 14%.

Obsadę kostrzewy trzcinowej po wschodach (w roku siewu) oraz liczbę pędów generatywnych w fazie dojrzewania (w latach pełnego użytkowania)

liczono na długości rzędu odpowiadającej powierzchni 0,5 $m^2$. Polowy wskaźnik wschodów obliczono jako stosunek liczby roślin po wschodach do liczby nasion żywych na jednostce powierzchni [68, 69]. Pomiar liczby kłosków w wiesze, a także wysokości pędów generatywnych wykonano na 30 losowo wybranych pędach z każdego poletka w fazie kwitnienia. Liczbę kwiatów (w fazie kwitnienia) oraz nasion w kłosku (w fazie dojrzewania) oznaczano na 30 wiechach, w trzech kłoskach zlokalizowanych w górnej, środkowej i dolnej części wiechy. Efektywność osadzenia nasion obliczono jako procentowy stosunek liczby nasion do liczby kwiatów. Przed zbiorem nasion, na każdym poletku przeprowadzono ocenę wylegania, w skali od 1 do 9 (9 – brak wylegania, 1 – wyleganie bardzo silne, 5 – wyleganie średnie, pochylenie łanu 45$^o$). Dla każdego poletka obliczono stopień wylegania jako średnią ważoną.

Po kilku miesiącach od zbioru wykonano laboratoryjną ocenę wartości siewnej zebranych nasion: masę tysiąca nasion i zdolność kiełkowania według metod ISTA [56].

**Doświadczenie B** – Analiza efektywności nawożenia azotowego odmiany Asterix.

Doświadczenie B zlokalizowano w Chrząstowie. Pierwszą serię zakładano w 2007, a drugą w 2008 r. Pierwszym i drugim rokiem pełnego użytkowania były: dla serii pierwszej 2008 i 2009, a dla serii drugiej 2009 i 2010. Zastosowano układ split-block w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 14 $m^2$.
Czynnikami w tym doświadczeniu były dawki mineralnego nawożenia azotem:
– jesienne: 0, 20, 40 kg $N \cdot ha^{-1}$,
– wiosenne: 0, 20, 40, 60 i 80 kg $N \cdot ha^{-1}$.

Jesiennym nawożeniem azotem nazywano dawki aplikowane po zbiorze rośliny ochronnej w roku siewu lub nasion kostrzewy w pierwszym roku użytkowania. Był to okres drugiej połowy sierpnia i obejmował kalendarzowe lato. Nawożeniem wiosennym określano azot stosowany wczesną wiosną, w czasie ruszenia wegetacji (ostatnia dekada marca). Kostrzewę trzcinową wysiewano w ilości 10 $kg \cdot ha^{-1}$ jako wsiewkę w jęczmień jary w obsadzie 300 $szt. \cdot m^{-2}$. Rozstawa rzędów kostrzewy wynosiła 24 cm, a głębokość siewu 2 cm. Nawożenie fosforowo-potasowe, chemiczną ochronę przed zachwaszczeniem i zbiór wykonano wg zasad podanych w doświadczeniu A.

W trakcie badań oznaczano zawartość azotu w glebie i roślinach metodą Kjeldahla. Zawartość azotu mineralnego w glebie ($N\text{-}NH_4$ i $N\text{-}NO_3$) oznaczano w warstwie 0-30 cm, w terminach: w roku siewu na końcu wegetacji (S1), a w pierwszym roku użytkowania przed nawożeniem wiosennym (P1), po zbiorze nasion (P4) i na końcu wegetacji (P5). W drugim roku użytkowania, podobnie jak w pierwszym, próby glebowe pobierano przed wiosenną aplikacją azotu (D1). Oznaczenie koncentracji N-ogólnego w liściach wykonywano w tych samych terminach, co zawartości azotu przyswajalnego w glebie, a także na początku fazy strzelania w źdźbło w latach pełnego użytkowania (terminy P3

i D3). Do oceny stanu odżywienia roślin azotem, oprócz koncentracji azotu w liściach, wykorzystano przenośny chlorofilometr (N-Tester) firmy Yara. Aparat mierzy różnicę absorpcji światła o długości fali 650 nm (maksymalna absorpcja światła przez chlorofil a i b) i 940 nm (światło zatrzymywane przez tkanki liścia). Iloraz tych różnic jest wyświetlany w postaci tzw. jednostek SPAD (Soil-Plant Analyses Development) i nazywany jest indeksem zieloności liścia [28]. Jest on dodatnio skorelowany z zawartością azotu w liściach [29, 30, 35]. Pomiary chlorofilometrem wykonywano w tych samych terminach, co oznaczenia koncentracji azotu w liściach oraz dodatkowo w latach pełnego użytkowania po trzech tygodniach od nawożenia wiosennego (terminy P2 i D2), na 30 najmłodszych, w pełni wykształconych liściach na każdym poletku. Ocenę strukturalnych elementów plonowania, liczby pędów generatywnych, długości pędów, wylegania, efektywności osadzania nasion, wydajności oraz wartości siewnej zebranych nasion wykonano wg metod podanych w doświadczeniu A.

Na podstawie wielkości otrzymanego plonu nasion oraz cen azotu i nasion kostrzewy, uzyskanych od podmiotów zajmujących się skupem płodów oraz obrotem środkami do produkcji rolnej z rejonu badań, obliczono efektywność agronomiczną przeciętną oraz opłacalność przeciętną nawożenia azotem.

Efektywność agronomiczną (Ea) obliczono oddzielnie dla każdego przedziału dawek wg wzoru:

$$\mathrm{Ea} = \frac{\mathrm{Y2} - \mathrm{Y1}}{\mathrm{X2} - \mathrm{X1}}$$

gdzie:

Y2 – plon uzyskany przy stosowaniu nawożenia azotem w dawce X2,

Y1 – plon uzyskany przy stosowaniu dawki X1.

Opłacalność przeciętną (Op) obliczono wg wzoru:

$$\mathrm{Op} = \frac{\mathrm{Ea}}{\mathrm{r}}$$

gdzie:

$$\mathrm{r} = \frac{\mathrm{Pnaw}}{\mathrm{Pprod}}$$

gdzie:

Pnaw – cena 1 kg azotu,

Pprod – cena 1 kg nasion.

**Doświadczenie C** – Ocena efektów produkcyjnych uprawy odmiany trawnikowej Romina w zależności od terminu, sposobu i ilości wysiewu.

Doświadczenie C było zlokalizowane w dwóch miejscowościach: Chrząstowie oraz Szelejewie. Rokiem siewu był 2008, a latami pełnego użytkowania 2009 i 2010. Zastosowano układ split-plot w czterech powtórzeniach, a powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 15 $m^2$ w Chrząstowie i 10 $m^2$ w Szelejewie.

Czynnikami doświadczalnymi w kolejności rozlosowania były:
- termin/sposób siewu kostrzewy: wiosenny bez rośliny ochronnej, wsiewka w jęczmień jary wysiewany w obsadzie 250 szt.·m$^{-2}$ i 300 szt.·m$^{-2}$ oraz termin letni,
- ilość wysiewu kostrzewy: 5, 10 i 15 kg·ha$^{-1}$ (obsada nasion żywych odpowiednio 242, 484 lub 726 szt.·m$^{-2}$)

Zasiew wiosenny wykonywano w połowie kwietnia, natomiast letni w pierwszej dekadzie sierpnia, po zbiorze przedplonu (jęczmienia jarego). Jęczmień jary, użyty jako roślina ochronna, wysiewano przed siewem kostrzewy, w rozstawie rzędów 12 cm i nawożono zgodnie z zaleceniami IUNG, opierając się na wynikach analizy zasobności gleby. Kostrzewę w zasiewie współrzędnym wysiewano prostopadle do kierunku siewu jęczmienia. We wszystkich terminach oraz sposobach siewu przyjęto dla kostrzewy rozstawę rzędów 24 cm. Przed siewem kostrzewy w zasiewach czystych (wiosennym i letnim) oraz po zbiorze jęczmienia użytego jako roślina ochronna dawki nawożenia mineralnego wynosiły: 80 kg $P_2O_5$·ha$^{-1}$, 120 kg $K_2O$ kg·ha$^{-1}$ oraz 30 kg N·ha$^{-1}$. Identyczne dawki aplikowano w pierwszym roku pełnego użytkowania po zbiorze nasion kostrzewy. W czasie ruszenia wegetacji w latach użytkowania, kostrzewę trzcinową nawożono azotem w dawce 70 kg N·ha$^{-1}$. Ochronę przed zachwaszczeniem i zbiór wykonywano wg zasad podanych w doświadczeniu A.

Na każdym poletku liczono obsadę roślin kostrzewy trzcinowej po wschodach, na długości rzędu odpowiadającej powierzchni 0,5 m$^2$. Na podstawie oceny kiełkowania określono polowy wskaźnik wschodów (identycznie jak w doświadczeniu A). Ocenę strukturalnych elementów plonowania, liczby pędów generatywnych, długości pędów, wylegania, efektywności osadzenia nasion, plonu nasion oraz ich wartości siewnej wykonano wg metod podanych w doświadczeniu A. Określono ponadto plon ziarna jęczmienia użytego jako roślina ochronna w wariancie siewu współrzędnego oraz jako przedplonu w zasiewie letnim. Umożliwiło to wykonanie porównawczej analizy opłacalności w różnych wariantach siewu na podstawie nadwyżki bezpośredniej. W kalkulacji uwzględniono również dopłaty bezpośrednie. Przyjęto średnie ceny uzyskane od podmiotów zajmujących się skupem płodów oraz obrotem środkami do produkcji rolnej.

## 3.2. OPRACOWANIE STATYSTYCZNE WYNIKÓW

Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji w modelu właściwym dla układu w poszczególnych doświadczeniach. Analizę udziału poszczególnych kategorii nasion przeprowadzono na danych transformowanych wg formuły Blissa. Istotność różnic weryfikowano testem porównań wielokrotnych Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Przeprowadzono analizę wariancji dla doświadczeń pojedynczych oraz syntezy w modelu mieszanym, przyjmując lata/miejscowości oraz ich interakcje z czynnikami stałymi za losowe. W doświadczeniu A i C wykonano syntezę z dwóch miejscowości, a w B z dwóch

serii, oddzielnie dla roku siewu, pierwszego i drugiego roku pełnego użytkowania. Dla wybranych cech biometrycznych i plonu nasion obliczono współczynniki korelacji liniowej Pearsona. Ponadto w doświadczeniu B do analizy zależności pomiędzy plonem nasion a czynnikami stałymi, tj. dawkami nawożenia wiosennego i jesiennego oraz losowym rozkładem odczytów SPAD, wykorzystano regresję wielokrotną według modelu krokowego. Estymacji plonów dla poszczególnych dawek azotu i wartości SPAD dokonano na podstawie modelowego równania z prawdopodobieństwem 95%.

W opracowaniu statystycznym korzystano z pakietu statystycznego STATISTICA oraz programów ANALWAR-5.FR i Analiza Wariancji Doświadczeń Zrównoważonych. W przypadku istotnej interakcji badanych czynników doświadczalnych wartości cech biometrycznych i plonu nasion prezentowane są jako średnie dla każdego obiektu. Przy braku interakcji zamieszczono wartości dla każdego czynnika i jego poziomów oddzielnie.

Dla łącznej oceny warunków termicznych i pluwiometrycznych w okresie wegetacyjnym zastosowano współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa (k) obliczony według wzoru [86] :

$$k = \frac{P}{0{,}1 \sum t}$$

gdzie:

P – suma miesięcznych opadów atmosferycznych (mm),

Σt – suma średnich dobowych temperatur powietrza z danego miesiąca.

Sumę temperatur (ST) od siewu do końca wegetacji w roku siewu obliczano według wzoru:

$$ST = \Sigma(T_i - T_p);\ t_i - t_p < 0 \Rightarrow t_i - t_p = 0$$

gdzie:

$T_i$ – średnia dobowa temperatura powietrza,

$T_p$ – temperatura progowa.

Przyjęto temperatury progowe ($T_p$) $5^oC$ i $0^oC$ [37, 87].

# 4. WARUNKI

## 4.1. WARUNKI GLEBOWE

Klasyfikacja gleb, na których zlokalizowano doświadczenia polowe A i C w Chrząstowie i Szelejewie jest podobna. Są to gleby płowe typowe, zaliczane do gleb średnich, kompleksu pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej III b, gatunku piaski gliniaste mocne zalegające na glinie lekkiej. Odczyn gleby był lekko kwaśny, zawartość fosforu wysoka, potasu średnia, a magnezu niska lub średnia (tab. 1). Doświadczenie B założono w Chrząstowie na glebie płowej typowej, kategorii agronomicznej gleb lekkich, kompleksu przydatności rolniczej żytniego dobrego, klasy IV b, gatunku piaski gliniaste mocne pylaste na piaskach luźnych. Odczyn tej gleby był lekko kwaśny, zasobność w fosfor wysoka, w potas średnia, a w magnez bardzo niska. Łączna zawartość $N\text{-}NH_4$ i $N\text{-}NO_3$ odpowiadała w przybliżeniu 15 $kg \cdot ha^{-1}$ azotu przyswajalnego dla roślin.

Oznaczanie zasobności i odczynu gleb przeprowadzono zgodnie z przyjętymi metodami analiz chemiczno-rolniczych (Tiurina węgiel organiczny, Kieldahla azot ogółem, spektrofotometrycznie $N\text{-}NH_4$ i $N\text{-}NO_3$, Egnera-Riehma przyswajalne formy fosforu i potasu, Schachtschabela magnez, potencjometrycznie kwasowość wymienną pH w 1 mol $dm^{-3}$ KCl).

Tabela 1. Zawartość węgla organicznego, składników mineralnych oraz wartość pH w glebach przed założeniem doświadczeń

Table 1. Content of organic carbon, mineral elements and pH value in soils before establishing experiments

| Doświadczenie Experiment | Lokalizacja Location | C-organiczny Organic C ($g \cdot kg^{-1}$) | N-ogółem Total N ($g \cdot kg^{-1}$) | $N\text{-}NH_4$ | $N\text{-}NO_3$ | P | K | Mg | $pH_{KCL}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ($mg \cdot kg^{-1}$ gleby – soil) | | | | | |
| A, C | Chrząstowo | 9,17 | 0,91 | 2,11 | 3,90 | 67,3 | 131,0 | 34,5 | 6,5 |
| | Szelejewo | 9,87 | 1,04 | 2,01 | 4,23 | 73,9 | 113,0 | 70,0 | 6,1 |
| B | Chrząstowo | 9,35 | 0,78 | 2,34 | 2,67 | 68,6 | 104,0 | 13,2 | 5,6 |

## 4.2. WARUNKI POGODOWE

Doświadczenia polowe zlokalizowane były w dwóch sąsiadujących dzielnicach rolniczo-klimatycznych: Chrząstowo w nadnoteckiej (VI), a Szelejewo w środkowej (VII). Długość okresu wegetacji w dzielnicy nadnoteckiej wynosi 200-215 dni, suma opadów rocznych ok. 550 mm, a długość zalegania okrywy śnieżnej 40-60 dni. Dzielnica środkowa charakteryzuje się dłuższym okresem wegetacji (210-220 dni), najmniejszymi opadami w Polsce (< 500 mm), a okrywa śnieżna zalega tu przez 50-80 dni [40].

Warunki pogodowe były zróżnicowane w latach badań (tab. 2, 3, 4). Pierwsze dwa lata prowadzenia doświadczeń polowych (2007 i 2008) były cieplejsze w porównaniu z pozostałymi latami badań, jak również wieloleciem. W 2007 r., w okresie wegetacji warunki opadowo-termiczne były przeważnie korzystne dla wegetacji kostrzewy (z wyjątkiem bardzo suchego sierpnia). Rok 2008 w obu miejscowościach charakteryzował się niższą sumą opadów w porównaniu z pozostałymi latami badań, jak również w odniesieniu do wielolecia. W Chrząstowie największy deficyt wody odnotowano w maju i czerwcu (skrajna susza). Znaczną poprawę warunków wilgotnościowych stwierdzono w sierpniu, jednak we wrześniu ponownie wystąpiła susza. W Szelejewie deficyt wody wystąpił w okresie od maja do września (ze skrajną suszą w czerwcu). W 2009 r., w obu miejscowościach, obfite opady deszczu w maju i czerwcu sprzyjały rozwojowi generatywnemu kostrzewy trzcinowej. Okresowy deficyt wody w sierpniu i we wrześniu ograniczył tempo odrastania kostrzewy po zbiorze nasion. W 2010 r. warunki wilgotnościowo-termiczne w kwietniu i maju były korzystne dla wzrostu pędów generatywnych, ale deficyt opadów w czerwcu ograniczył możliwość pełnego wykorzystania potencjału plonowania kostrzewy trzcinowej.

Tabela 2. Średnie miesięczne temperatury powietrza w Chrząstowie i Szelejewie w latach badań i wieloleciu [°C]
Table 2. Mean monthly air temperatures in Chrząstowo and Szelejewo in the years of study and the long-term period [°C]

| Miesiąc – Month | Chrząstowo | | | | | Szelejewo | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 1980-2010 | 2008 | 2009 | 2010 | 1979-2010 |
| Styczeń – January | 3,4 | 0,7 | -3,4 | -7,9 | -1,7 | 2,3 | -2,9 | -6,2 | -1,6 |
| Luty – February | -0,78 | 3,2 | -1,2 | -2,7 | -0,7 | 3,8 | -0,3 | -0,7 | -0,5 |
| Marzec – March | 5,46 | 3,1 | 2,7 | 2,4 | 2,7 | 4,0 | 3,8 | 4,4 | 3,2 |
| Kwiecień – April | 9,0 | 8,0 | 8,0 | 7,8 | 8,3 | 8,2 | 11,5 | 9,5 | 8,6 |
| Maj – May | 14,3 | 13,7 | 12,5 | 11,3 | 13,8 | 13,7 | 11,1 | 12,3 | 13,6 |
| Czerwiec – June | 18,2 | 17,3 | 14,9 | 16,6 | 16,7 | 18,3 | 10,4 | 17,7 | 16,6 |
| Lipiec – July | 18,0 | 18,9 | 18,8 | 21,7 | 19,2 | 19,7 | 19,0 | 21,8 | 19,2 |
| Sierpień – August | 18,1 | 17,7 | 18,7 | 18,5 | 18,6 | 18,6 | 16,2 | 19,2 | 18,4 |
| Wrzesień – September | 12,7 | 12,7 | 14,3 | 12,3 | 13,3 | 13,4 | 15,1 | 12,8 | 13,8 |
| Październik – October | 7,2 | 8,5 | 6,4 | 5,9 | 8,6 | 10,8 | 7,7 | 6,8 | 8,9 |
| Listopad – November | 1,7 | 4,3 | 5,2 | 4,3 | 2,7 | 5,6 | 6,8 | 5,7 | 3,5 |
| Grudzień – December | 0,83 | 0,4 | -1,3 | -6,4 | -0,3 | 0,4 | -0,5 | -5,2 | 0,0 |
| Średnia – Mean | 9,01 | 9,04 | 7,97 | 6,98 | 8,42 | 9,90 | 8,16 | 8,18 | 8,6 |

Tabela 3. Miesięczna suma opadów w Chrząstowie i Szelejewie w latach badań i wieloleciu [mm]
Table 3. Monthly total precipitation in Chrząstowo and Szelejewo in the years of study and the long-term period [mm]

| Miesiąc – Month | Chrząstowo | | | | | Szelejewo | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 1980-2010 | 2008 | 2009 | 2010 | 1979-2010 |
| Styczeń – January | 73 | 57,7 | 14,5 | 14,3 | 73 | 72,6 | 14,6 | 0,4 | 27,6 |
| Luty – February | 32,8 | 12,1 | 27,4 | 19,3 | 32,8 | 14,0 | 35,6 | 10,4 | 28,7 |
| Marzec – March | 55,2 | 53,5 | 43,0 | 37,6 | 55,2 | 50,2 | 54,5 | 44,6 | 39,5 |
| Kwiecień – April | 16,6 | 40,0 | 0,9 | 36,1 | 16,6 | 38,2 | 16,3 | 30,6 | 26,6 |
| Maj – May | 83,5 | 13,8 | 77,7 | 88,8 | 83,5 | 16,8 | 77,5 | 153,3 | 53,5 |
| Czerwiec – June | 111,7 | 19,6 | 106,8 | 9,9 | 111,7 | 15,2 | 155,5 | 31,8 | 54,9 |
| Lipiec – July | 88,9 | 65,0 | 96,8 | 85,8 | 88,9 | 43,0 | 66,3 | 51,0 | 70,7 |
| Sierpień – August | 29,4 | 101,3 | 17,0 | 149,7 | 29,4 | 56,6 | 55,0 | 80,2 | 63,4 |
| Wrzesień – September | 39,5 | 27,3 | 29,7 | 61,2 | 39,5 | 18,0 | 28,9 | 139,6 | 49,3 |
| Październik – October | 22,6 | 57,9 | 70,2 | 3,2 | 22,6 | 53,6 | 53,0 | 12,8 | 36,2 |
| Listopad – November | 27,3 | 22,1 | 44,0 | 97,6 | 27,3 | 29,2 | 33,6 | 89,4 | 33,8 |
| Grudzień – December | 35,9 | 33,5 | 35,5 | 35,4 | 35,9 | 2,2 | 30,4 | 32 | 28,9 |
| Suma –Total | 616,4 | 503,8 | 563,5 | 638,9 | 616,4 | 409,6 | 621,2 | 676,1 | 513,1 |

Tabela 4. Współczynnik hydrotermiczny w okresie wegetacji w Chrząstowie i Szelejewie w latach badań i wieloleciu
Table 4. Hydrothermal coefficient during growth period in Chrząstowo and Szelejewo in the years of study and the long-term period

| Miesiąc Month | Chrząstowo | | | | | Szelejewo | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 1980-2010 | 2008 | 2009 | 2010 | 1979-2010 |
| Kwiecień April | 0,61 | 1,67 | 0,04 | 1,53 | 1,16 | 1,55 | 0,47 | 1,07 | 1,00 |
| Maj May | 1,88 | 0,32 | 2,01 | 2,53 | 1,13 | 0,40 | 2,25 | 4,02 | 1,27 |
| Czerwiec June | 2,05 | 0,38 | 2,39 | 0,20 | 1,37 | 0,28 | 4,98 | 0,60 | 1,07 |
| Lipiec July | 1,59 | 1,11 | 1,66 | 1,28 | 1,20 | 0,70 | 1,13 | 0,75 | 1,19 |
| Sierpień August | 0,52 | 1,85 | 0,29 | 2,61 | 1,01 | 0,98 | 1,10 | 1,35 | 1,11 |
| Wrzesień September | 1,04 | 0,72 | 0,69 | 1,67 | 1,12 | 0,45 | 0,64 | 3,64 | 1,15 |
| Październik October | 1,01 | 2,20 | 3,52 | 0,18 | 1,30 | 1,60 | 2,22 | 0,61 | 1,32 |

# 5. WYNIKI

## 5.1. OCENA PRODUKCYJNOŚCI ODMIANY PASTEWNEJ ODYS I TRAWNIKOWEJ TARMENA W ZALEŻNOŚCI OD ROZSTAWY RZĘDÓW

### 5.1.1. Wschody w warunkach polowych

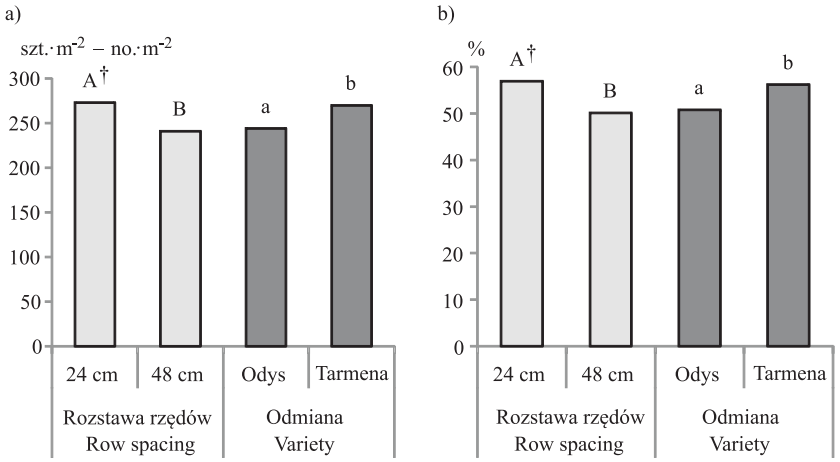
W przeprowadzonym doświadczeniu polowym A wykazano istotny wpływ rozstawy rzędów na wschody pastewnej odmiany Odys i trawnikowej odmiany Tarmena kostrzewy trzcinowej (rys. 1). W węższej rozstawie rzędów 24 cm wschody były lepsze w porównaniu z rozstawą szerszą 48 cm. Obsada roślin po wschodach była o 13% większa w rozstawie 24 cm w porównaniu z rozstawą 48 cm. Zagęszczenie roślin w rzędzie w rozstawie 24 cm wynosiło 66 szt.·mb$^{-1}$, natomiast w rozstawie 48 cm uzyskano zagęszczenie 116 szt.·mb$^{-1}$. Obsada roślin i polowy wskaźnik wschodów były istotnie większe u trawnikowej odmiany Tarmena w porównaniu z pastewną Odys.

### 5.1.2. Cechy biometryczne i plonowanie

Kształtowanie cech biometrycznych i plonowanie kostrzewy trzcinowej było zależne od rozstawy rzędów, odmiany i roku użytkowania. Tylko w drugim roku ruń w czasie ruszenia wegetacji była wyższa w rozstawie 48 cm w porównaniu z wysokością runi w rozstawie 24 cm (rys. 2). W pierwszym roku rozstawa rzędów miała wpływ na długość i liczbę pędów generatywnych, liczbę nasion w kłoskach i osadzenie nasion. Pędy generatywne były krótsze i mniej liczne, jeśli kostrzewę uprawiano w rozstawie rzędów 48 cm w porównaniu z rozstawą 24 cm (rys. 3 i 4). W szerszej rozstawie rzędów (48 cm), przy tej samej liczbie kwiatów kostrzewa wykształcała więcej nasion w kłoskach i większa była efektywność ich osadzenia (rys. 5-7).

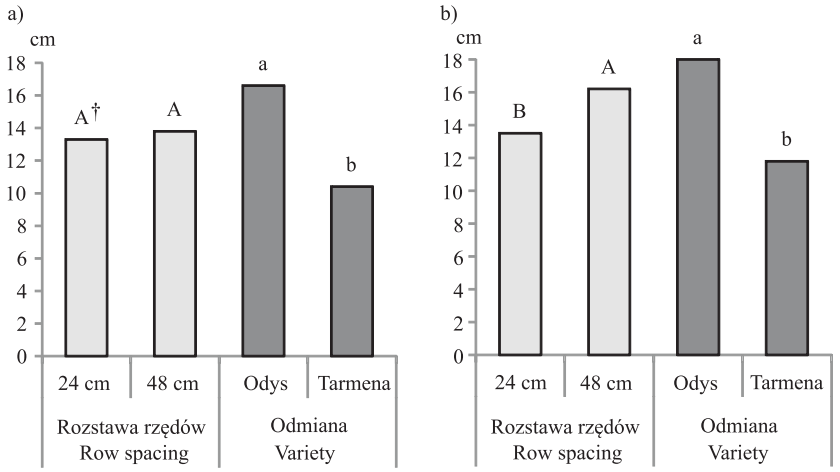
Pastewna odmiana Odys była wyższa niż trawnikowa Tarmena (rys. 2 i 3). W czasie ruszenia wegetacji w pierwszym i drugim roku użytkowania różnica wysokości była identyczna i wynosiła 6 cm. W fazie kwitnienia odmiana Odys była wyższa o 21 cm w pierwszym roku użytkowania, i o 17 cm w drugim. Badane odmiany wykazywały różną zdolność do tworzenia pędów generatywnych (rys. 4). U odmiany trawnikowej Tarmena pędów takich było istotnie więcej niż u pastewnej Odys (o 56 i 53%, odpowiednio w pierwszym i drugim roku użytkowania). Porównywane odmiany różniły się pod względem liczby kwiatów w kłoskach, przy czym ich reakcja była odmienna w latach pełnego użytkowania (rys. 5). W pierwszym roku więcej kwiatów wykształcała odmiana trawnikowa Tarmena, w drugim pastewna Odys. Tylko w pierwszym roku użytkowania odmiana Tarmena miała więcej nasion w kłoskach niż Odys (rys. 6). W obu latach pełnego użytkowania lepszą efektywność osadzenia nasion stwierdzono u odmiany trawnikowej w porównaniu z odmianą pastewną (rys. 7). Z kolei odmiana

Odys charakteryzowała się większą masą tysiąca nasion niż Tarmena (o 45% w pierwszym i 50% w drugim roku pełnego użytkowania) (rys. 8).



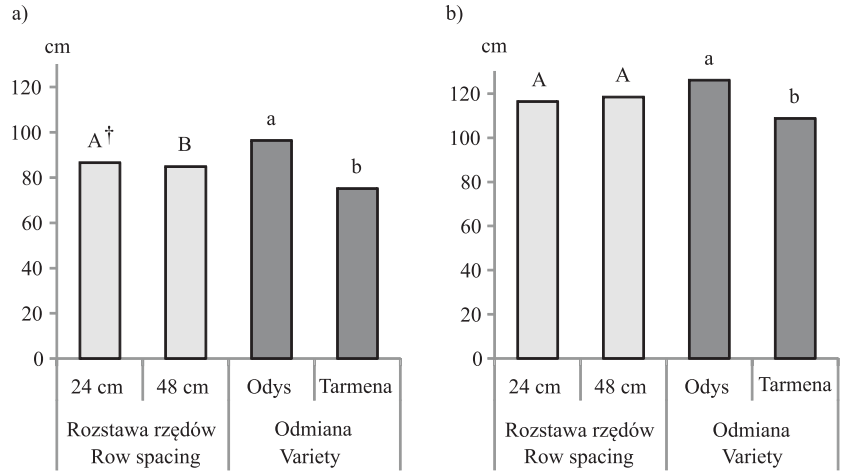

Rys. 1. Kiełkowanie kostrzewy trzcinowej w zależności od rozstawy rzędów i odmiany: a) obsada roślin po wschodach, b) polowy wskaźnik wschodów, (doświadczenie A)
†A, B, a, b…. – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Fig. 1. Emergence of tall fescue depending on row spacing and variety: a) plant density after emergencies b) field emergence index, (experiment A)
†A, B, a, b…. – means marked with different letters differ significantly



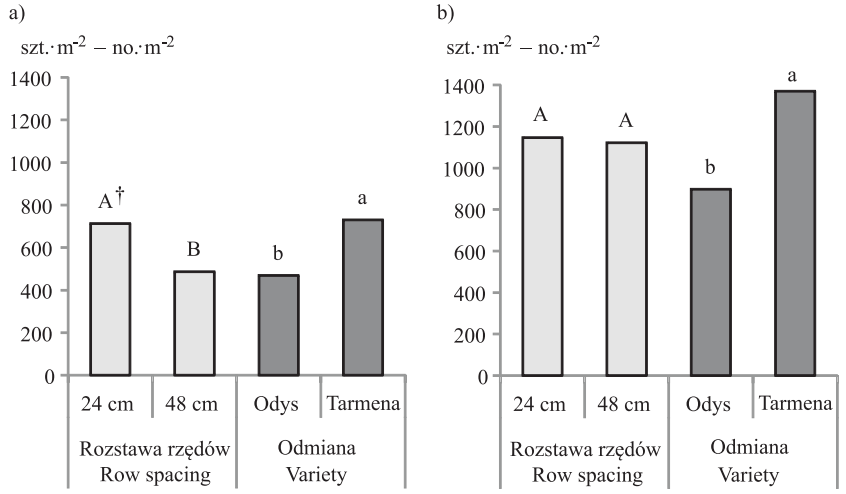

Rys. 2. Wysokość runi kostrzewy trzcinowej na wiosnę w zależności od rozstawy rzędów i odmiany w roku użytkowania: a) pierwszym b) drugim, (doświadczenie A)
†A, B, a, b…. – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Fig. 2. Sward height of tall fescue in spring depending on row spacing and variety in production year: a) first b) second, (experiment A)
†A, B, a, b…. – means marked with different letters differ significantly



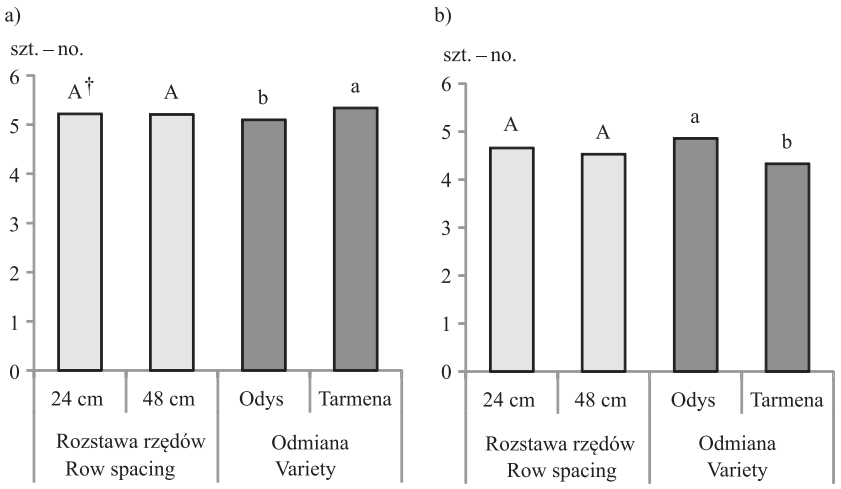

Rys. 3. Długość pędów generatywnych kostrzewy trzcinowej w zależności od rozstawy rzędów i odmiany w roku użytkowania: a) pierwszym, b) drugim, (doświadczenie A)
†A, B, a, b…. – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Fig. 3. Generative tiller length of tall fescue depending on row spacing and variety in production year: a) first b) second, (experiment A)
†A, B, a, b…. – means marked with different letters differ significantly



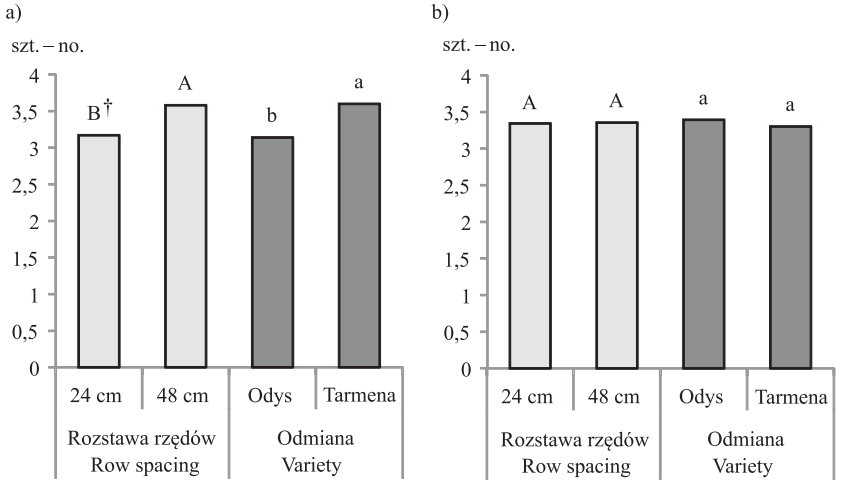

Rys. 4. Liczba pędów generatywnych kostrzewy trzcinowej w zależności od rozstawy rzędów i odmiany w roku użytkowania: a) pierwszym, b) drugim, (doświadczenie A)
†A, B, a, b…. – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Fig. 4. Generative tiller number of tall fescue depending on row spacing and variety in production year: a) first b) second, (experiment A)
†A, B, a, b…. – means marked with different letters differ significantly



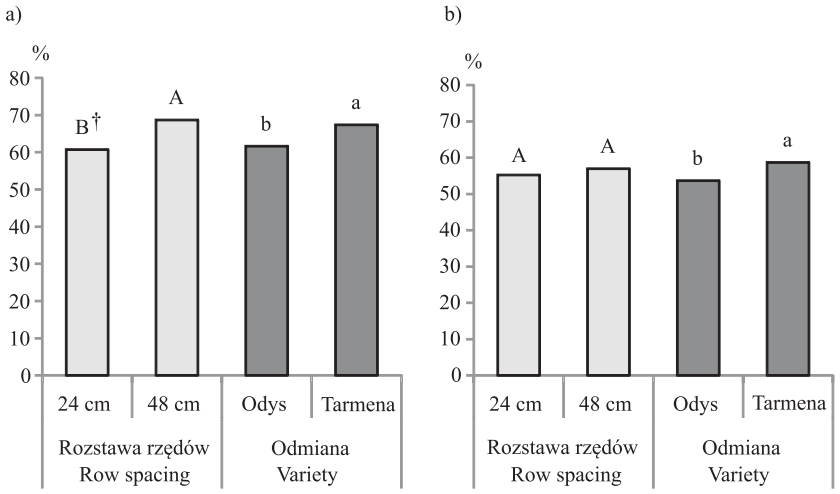

Rys. 5. Liczba kwiatów w kłosku kostrzewy trzcinowej w zależności od rozstawy rzędów i odmiany w roku użytkowania: a) pierwszym b) drugim, (doświadczenie A)
†A, B, a, b…. – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Fig. 5. Number of florets per spikelet of tall fescue depending on row spacing and variety in production year: a) first b) second, (experiment A)
†A, B, a, b…. – means marked with different letters differ significantly



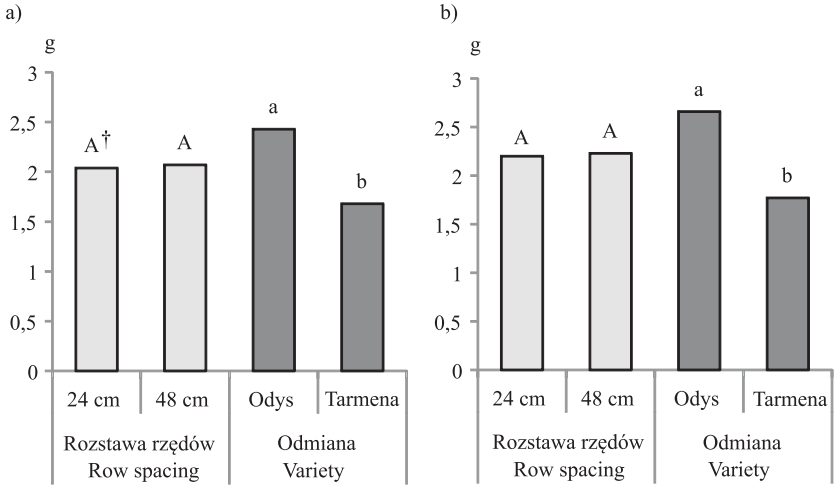

Rys. 6. Liczba nasion w kłosku kostrzewy trzcinowej w zależności od rozstawy rzędów i odmiany w roku użytkowania: a) pierwszym b) drugim, (doświadczenie A)
†A, B, a, b…. – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Fig. 6. Number of seeds per spikelet of tall fescue depending on row spacing and variety in production year: a) first b) second, (experiment A)
†A, B, a, b…. – means marked with different letters differ significantly




Rys. 7. Efektywność osadzenia nasion kostrzewy trzcinowej w zależności od rozstawy rzędów i odmiany w roku użytkowania: a) pierwszym b) drugim, (doświadczenie A)
†A, B, a, b…. – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Fig. 7. Seed site utilization of tall fescue depending on row spacing and variety in production year: a) first b) second, (experiment A)
†A, B, a, b…. – means marked with different letters differ significantly




Rys. 8. Masa tysiąca nasion kostrzewy trzcinowej w zależności od rozstawy rzędów i odmiany w roku użytkowania: a) pierwszym b) drugim, (doświadczenie A)
†A, B, a, b…. – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Fig. 8. Thousand seed weight of tall fescue depending on row spacing and variety in production year: a) first b) second, (experiment A)
†A, B, a, b…. – means marked with different letters differ significantly

Nie wykazano istotnego wpływu rozstawy rzędów na liczbę kłosków w kwiatostanach ani w pierwszym ani w drugim roku pełnego użytkowania (tab. 5). Tylko w pierwszym roku istotnie więcej kłosków, średnio dla rozstawy 24 i 48 cm, wykształciła odmiana Tarmena. Analiza interakcji w pierwszym roku użytkowania wykazała, że w rozstawie rzędów 48 cm liczba kłosków w kwiatostanie była podobna u porównywanych odmian, ale w rozstawie 24 cm więcej kłosków było u odmiany Tarmena.

Rozstawa rzędów nie miała istotnego wpływu na wyleganie przed zbiorem w pierwszym roku użytkowania kostrzewy trzcinowej, natomiast wpływ odmiany był różny w latach (tab. 6). W pierwszym roku wyleganie było bardziej nasilone u odmiany pastewnej, w drugim u trawnikowej. W drugim roku użytkowania odmiany Odys nie wykazano różnicy wylegania w porównywanych rozstawach rzędów, natomiast odmiana Tarmena wylegała silniej, jeśli była uprawiana w rozstawie szerszej.

W pierwszym i drugim roku, niezależnie od odmiany masa słomy była większa jeśli kostrzewę uprawiano w rozstawie rzędów 24 cm w porównaniu z uprawianą w rozstawie 48 cm (tab. 7). Analiza interakcji wykazała jednak, że w drugim roku zwiększenie masy słomy w rozstawie 24 cm było istotne tylko u odmiany Tarmena. Niezależnie od rozstawy rzędów odmiana Odys w obu latach pełnego użytkowania wykształcała większą masę słomy w porównaniu z odmianą Tarmena.

Wykazano istotny wpływ badanych czynników na plon nasion w pierwszym roku pełnego użytkowania (tab. 8). Dla odmiany trawnikowej bardziej korzystna okazała się rozstawa rzędów 24 cm, natomiast u odmiany pastewnej plon nasion uzyskany w rozstawie 24 i 48 cm nie różnił się istotnie. Ponadto plon nasion trawnikowej odmiany Tarmena, średnio dla badanych rozstaw rzędów, był istotnie większy niż odmiany Odys. Nie wykazano istotnego wpływu rozstawy rzędów ani odmiany na plon nasion w drugim roku pełnego użytkowania.

W pierwszym roku pełnego użytkowania nie stwierdzono wpływu rozstawy rzędów, odmiany ani ich interakcji w kształtowaniu udziału poszczególnych kategorii nasion w plonie (tab. 9). W drugim roku, u odmiany Tarmena udział nasion normalnie kiełkujących był istotnie większy, a nasion zdrowych niekiełujących mniejszy w rozstawie 24 cm, w porównaniu z udziałem takich nasion stwierdzonym w rozstawie 48 cm. Odmiana Odys charakteryzowała się większym udziałem nasion normalnie kiełkujących, a mniejszym nasion zdrowych niekiełkujących, nienormalnie kiełkujących i martwych w porównaniu z odmianą Tarmena.

Plon nasion w pierwszym roku użytkowania był dodatnio skorelowany z liczbą pędów generatywnych, liczbą nasion w kłosku i masą słomy, a ujemnie z wyleganiem i liczbą kwiatów w kłoskach (tab. 10). W drugim roku wykazano niewielką, ujemną korelację plonu nasion i liczby nasion w kłoskach, oraz podobnie jak w pierwszym dodatnią korelację z masą słomy.

Tabela 5. Liczba kłosków w kwiatostanie w pierwszym i drugim roku pełnego użytkowania kostrzewy trzcinowej w zależności od rozstawy rzędów i odmiany [szt.], (doświadczenie A)

Table 5. Number of spikelets per inflorescence in the first and second production years of tall fescue depending on row spacing and variety [no.], (experiment A)

| Rozstawa rzędów Row spacing [cm] (R) | Odmiana – Variety (O) | | Średnia Mean |
|---|---|---|---|
| | Odys | Tarmena | |
| Pierwszy rok użytkowania – First production year | | | |
| 24 | 30,7 | 39,0 | 34,8 |
| 48 | 32,9 | 34,2 | 33,5 |
| Średnia – Mean | 31,8 | 36,6 | 34,2 |
| NIR dla – LSD for O – 1,39; R – rn†.; O/R – 1,97; R/O – rn | | | |
| Drugi rok użytkowania – Second production year | | | |
| 24 | 28,5 | 29,6 | 29,1 |
| 48 | 29,5 | 30,8 | 30,2 |
| Średnia – Mean | 29,0 | 30,2 | 29,6 |
| NIR dla – LSD for O – rn; R – rn; O/R – rn; R/O – rn | | | |

†rn – różnice nieistotne – non-significant differences

Tabela 6. Wyleganie roślin przed zbiorem w pierwszym i drugim roku pełnego użytkowania kostrzewy trzcinowej w zależności od rozstawy rzędów i odmiany [9°], (doświadczenie A)

Table 6. Lodging of plants before harvest in the first and second production years of tall fescue depending on row spacing and variety [9°], (experiment A)

| Rozstawa rzędów Row spacing [cm] (R) | Odmiana – Variety (O) | | Średnia Mean |
|---|---|---|---|
| | Odys | Tarmena | |
| Pierwszy rok użytkowania – First production year | | | |
| 24 | 5,96 | 6,63 | 6,29 |
| 48 | 5,74 | 6,26 | 6,00 |
| Średnia – Mean | 5,85 | 6,44 | 6,15 |
| NIR dla – LSD for O – 0,252; R – rn†; O/R – rn; R/O – rn | | | |
| Drugi rok użytkowania – Second production year | | | |
| 24 | 5,39 | 5,10 | 5,24 |
| 48 | 5,50 | 4,54 | 5,02 |
| Średnia – Mean | 5,44 | 4,82 | 5,13 |
| NIR dla – LSD for O – 0,180; R – rn; O/R – rn; R/O – 0,526 | | | |

†rn – różnice nieistotne – non-significant differences

Tabela 7. Masa słomy w pierwszym i drugim roku pełnego użytkowania kostrzewy trzcinowej w zależności od rozstawy rzędów i odmiany [t ha$^{-1}$], (doświadczenie A)

Table 7. Straw weight in the first and second production years of tall fescue depending on row spacing and variety [t ha$^{-1}$], (experiment A)

| Rozstawa rzędów Row spacing [cm] (R) | Odmiana – Variety (O) | | Średnia Mean |
|---|---|---|---|
| | Odys | Tarmena | |
| Pierwszy rok użytkowania – First production year | | | |
| 24 | 10,74 | 7,68 | 9,21 |
| 48 | 9,14 | 6,91 | 8,02 |
| Średnia – Mean | 9,94 | 7,29 | 8,62 |
| NIR dla – LSD for O – 0,515; R – 1,402; O/R – rn†; R/O – rn | | | |
| Drugi rok użytkowania – Second production year | | | |
| 24 | 9,81 | 8,39 | 9,10 |
| 48 | 9,88 | 6,90 | 8,39 |
| Średnia – Mean | 9,84 | 7,64 | 8,74 |
| NIR dla – LSD for O– 0,272; R – 0,641; O/R – rn; R/O – 0,619 | | | |

†rn – różnice nieistotne – non-significant differences

Tabela 8. Plon nasion w pierwszym i drugim roku pełnego użytkowania kostrzewy trzcinowej w zależności od rozstawy rzędów i odmiany [t ha$^{-1}$], (doświadczenie A)

Table 8. Seed yield in the first and second production years of tall fescue depending on row spacing and variety [t ha$^{-1}$], (experiment A)

| Rozstawa rzędów Row spacing [cm] (R) | Odmiana – Variety (O) | | Średnia Mean |
|---|---|---|---|
| | Odys | Tarmena | |
| Pierwszy rok użytkowania – First production year | | | |
| 24 | 0,759 | 1,091 | 0,925 |
| 48 | 0,769 | 0,995 | 0,881 |
| Średnia – Mean | 0,763 | 1,043 | 0,903 |
| NIR dla – LSD for O – 0,037; R – rn†; O/R – rn; R/O – 0,110 | | | |
| Drugi rok użytkowania – Second production year | | | |
| 24 | 1,495 | 1,462 | 1,478 |
| 48 | 1,437 | 1,445 | 1,441 |
| Średnia – Mean | 1,466 | 1,453 | 1,460 |
| NIR dla – LSD for O – rn; R – rn; O/R – rn; R/O – rn | | | |

†rn – różnice nieistotne – non-significant differences

Tabela 9. Udział kategorii nasion w ocenie zdolności kiełkowania w pierwszym i drugim roku pełnego użytkowania kostrzewy trzcinowej w zależności od rozstawy rzędów i odmiany [%], (doświadczenie A)

Table 9. Percentage of seed categories in germination capacity assessment in the first and second production years depending on row spacing and variety [%], (experiment A)

| Rozstawa rzędów Row spacing [cm] (R) | Odmiana – Variety (O) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Odys | Tarmena | Średnia Mean | Odys | Tarmena | Średnia Mean |
| | Rok pełnego użytkowania – Production year | | | | | |
| | Pierwszy – First | | | Drugi – Second | | |
| | Normalnie kiełkujące – Normally germinating | | | | | |
| 24 | 90,5 | 85,6 | 88,1 | 91,8 A† | 86,1 A | 89,0 |
| 48 | 89,5 | 89,1 | 89,3 | 91,8 A | 82,7 B | 87,2 |
| Średnia – Mean | 90,0 | 87,4 | 88,7 | 91,8 a | 84,4 b | 88,1 |
| | Zdrowe, niekiełkujące – Fresh, ungerminated | | | | | |
| 24 | 4,23 | 8,27 | 6,25 | 4,42 A | 6,38 B | 5,40 B |
| 48 | 5,61 | 5,32 | 4,47 | 3,93 A | 9,57 A | 6,75 A |
| Średnia – Mean | 4,92 | 6,79 | 5,86 | 4,18 b | 7,97 a | 6,07 |
| | Twarde – Hard | | | | | |
| 24 | 0,466 | 0,412 | 0,439 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 48 | 0,431 | 0,136 | 0,284 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Średnia – Mean | 0,449 | 0,274 | 0,361 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Nienormalnie kiełkujące – Abnormally germinating | | | | | |
| 24 | 1,17 | 0,93 | 1,05 | 2,22 a | 2,21 a | 2,21 |
| 48 | 1,68 | 1,44 | 1,56 | 1,63 b | 3,06 a | 2,35 |
| Średnia – Mean | 1,43 | 1,18 | 1,30 | 1,93 b | 2,63 a | 2,28 |
| | Martwe – Dead | | | | | |
| 24 | 3,6 | 4,81 | 4,20 | 1,56 | 5,28 | 3,42 |
| 48 | 2,82 | 4,00 | 3,41 | 2,66 | 4,72 | 3,69 |
| Średnia – Mean | 3,21 | 4,40 | 3,81 | 2,11 b | 5,00 a | 3,55 |

†A, B, a, b…– średnie oznaczane różnymi literami (małymi w wierszach, dużymi w kolumnach) różnią się istotnie; brak oznaczeń – różnice nieistotne

†A, B, a, b…– means marked with different letters (small in lines, capital in columns) differ significantly; no markings – non-significant differences

Tabela 10. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona cech biometrycznych w pierwszym i drugim roku pełnego użytkowania kostrzewy trzcinowej, istotne przy $p < 0,05$, (doświadczenie A)

Table 10. Pearson's line correlation coefficients of biometric characteristics in the first and second production years of tall fescue significant at $p < 0.05$, (experiment A)

| Cechy biometryczne – Biometric characteristics | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Długość pędów generatywnych<br>Length of generative tillers | – | ni† | -0,55 | ni | -0,52 | ni | ni | 0,67 | 0,73 | ni |
| 2. Liczba pędów generatywnych<br>Number of generative tillers | -0,57 | – | -0,63 | ni | -0,70 | 0,56 | 0,82 | -0,37 | 0,69 | ni |
| 3. Wyleganie przed zbiorem<br>Lodging before harvest | 0,56 | ni | – | ni | 0,68 | -0,68 | -0,65 | ni | -0,78 | ni |
| 4. Liczba kłosków w kwiatostanie<br>Number of spikelets per inflorescence | ni | ni | ni | – | ni | ni | ni | ni | ni | ni |
| 5. Liczba kwiatów w kłosku<br>Number of florets per spikelets | 0,40 | ni | ni | -0,56 | – | -0,46 | -0,68 | ni | -0,68 | ni |
| 6. Liczba nasion w kłosku<br>Number of seeds per spikelet | ni | ni | ni | -0,54 | 0,54 | – | 0,73 | ni | 0,52 | ni |
| 7. Plon nasion<br>Seed yield | ni | ni | ni | ni | ni | -0,39 | – | ni | 0,73 | ni |
| 8. MTN masa tysiąca nasion<br>Thousand seed weight | 0,75 | -0,54 | 0,55 | ni | 0,37 | ni | ni | – | ni | ni |
| 9. Masa słomy – Straw weight | 0,47 | ni | ni | 0,70 | ni | -0,45 | 0,51 | 0,36 | – | ni |
| 10. Udział nasion normalnie kiełkujących<br>Percentage of normally germinating seeds | 0,46 | ni | 0,51 | 0,36 | ni | ni | ni | 0,61 | 0,62 | – |

Pierwszy rok użytkowania – First production year

Drugi rok pełnego użytkowania – Second production year

†ni – współczynnik nieistotny – non-significant coefficient

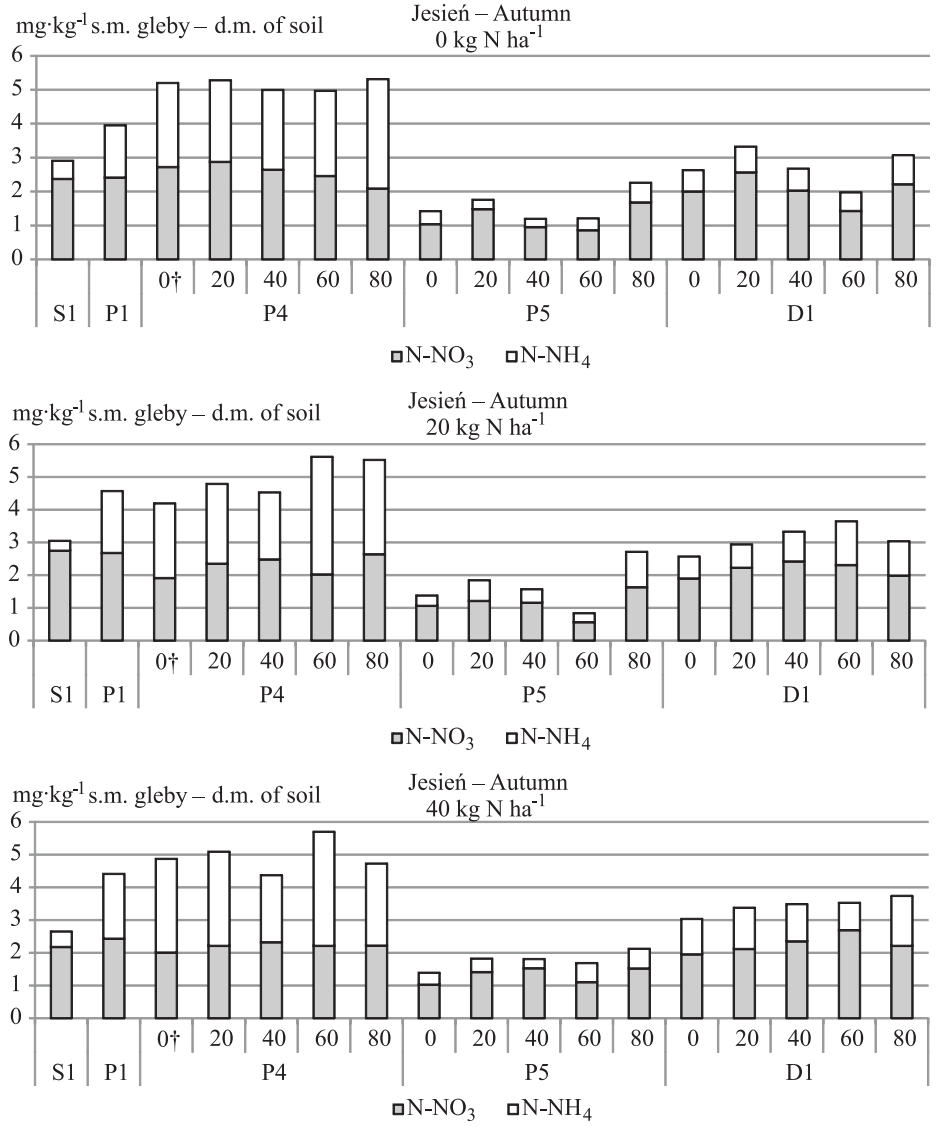
## 5.2. ANALIZA EFEKTYWNOŚCI NAWOŻENIA AZOTOWEGO ODMIANY ASTERIX

### 5.2.1. Zawartość azotu w glebie

Zawartość azotu mineralnego ($N_{min}$) w warstwie ornej gleby (0-30 cm) przed zakończeniem wegetacji w roku siewu (S1) była niezależna od dawek azotu (0, 20 i 40 kg·ha$^{-1}$) zastosowanych jako nawożenie jesienne po zbiorze rośliny ochronnej (jęczmienia jarego) (rys. 9). Przed ruszeniem wegetacji na wiosnę w pierwszym roku użytkowania (P1) ilość $N_{min}$ (głównie N-$NH_4$) zwiększyła się w porównaniu z wartością stwierdzoną jesienią, a ponadto w obiektach z jesienną dawką azotu 20 lub 40 kg·ha$^{-1}$ była nieco większa niż bez nawożenia tym składnikiem. Po zbiorze nasion w pierwszym roku (P4) zawartość $N_{min}$ w glebie była podobna po aplikacji różnych dawek nawożenia jesiennego. Podobnie zróżnicowane dawki azotu aplikowane wiosną nie powodowały kierunkowych zmian koncentracji $N_{min}$. Zawartość $N_{min}$ na końcu wegetacji (P5) uległa silnej redukcji, zwłaszcza N-$NH_4$ w porównaniu z okresem letnim (P4) a także N-$NO_3$ w odniesieniu do analogicznego okresu w roku siewu (S1). Poziom jesiennego nawożenia azotem nie różnicował koncentracji $N_{min}$, ale po aplikacji wiosną 80 kg N·ha$^{-1}$ była ona nieco większa niż w przypadku dawek mniejszych. W drugim roku użytkowania, w czasie ruszenia wegetacji (D1) zawartość $N_{min,}$ była znacząco mniejsza w porównaniu z analogicznym okresem w pierwszym roku, ale dotyczyło to prawie wyłącznie formy N-$NH_4$. Wzrastający poziom nawożenia azotem wiosną powodował niewielkie kierunkowe zwiększenie ilości $N_{min}$ tylko w przypadku największej dawki jesiennej 40 kg·ha$^{-1}$.

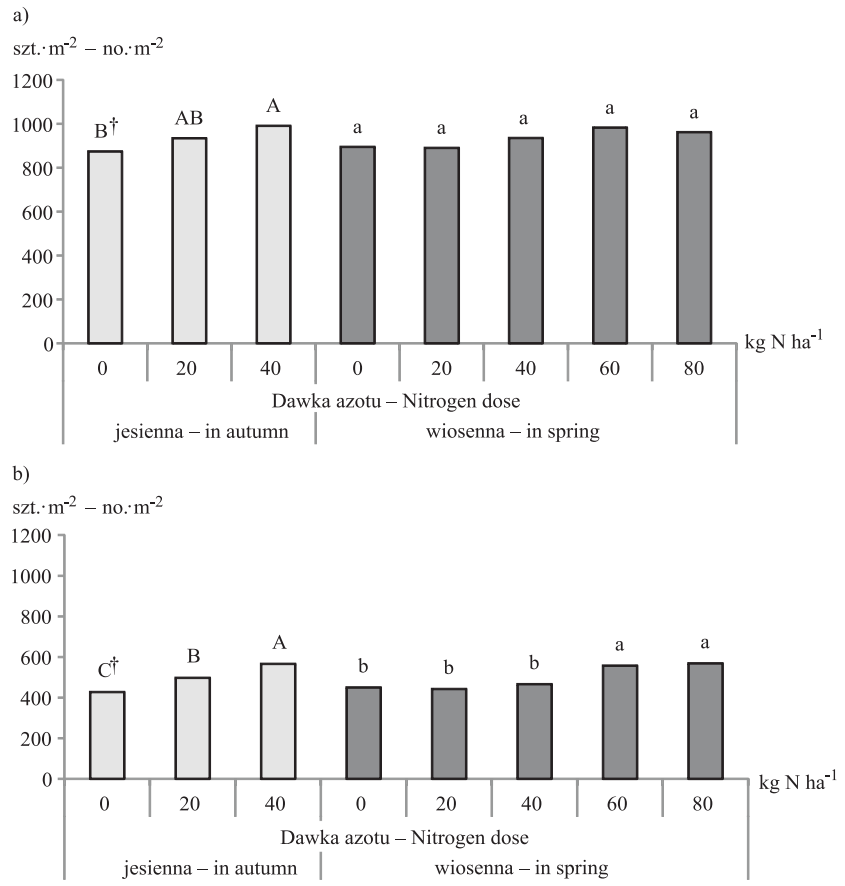
### 5.2.2. Cechy biometryczne i plonowanie

Dawka azotu aplikowana jesienią miała istotny wpływ na liczbę pędów generatywnych odmiany Asterix w pierwszym i drugim roku pełnego użytkowania (rys. 10). W pierwszym roku rośliny wykształciły istotnie więcej pędów generatywnych po aplikacji największej dawki 40 kg N·ha$^{-1}$ w porównaniu z wariantem bez nawożenia. W drugim roku zwiększenie dawki nawożenia jesiennego z 0 do 20 kg N·ha$^{-1}$ a także z 20 do 40 kg·ha$^{-1}$ spowodowało istotny wzrost liczby pędów generatywnych. Ponadto w drugim roku liczba pędów generatywnych była większa po zastosowaniu wiosną 60 i 80 kg N·ha$^{-1}$ w porównaniu z liczbą takich pędów uzyskaną po aplikacji 0, 20 i 40 kg N·ha$^{-1}$.




Rys. 9. Zawartość azotu mineralnego w warstwie gleby 0-30 cm, (doświadczenie B); rok siewu: S1 – przed zakończeniem wegetacji; pierwszy rok użytkowania: P1 – przed ruszeniem wegetacji, P4 – po zbiorze nasion, P5 – przed zakończeniem wegetacji; drugi rok użytkowania: D1 – przed ruszeniem wegetacji; † – wiosenna dawka azotu [kg N·ha$^{-1}$]

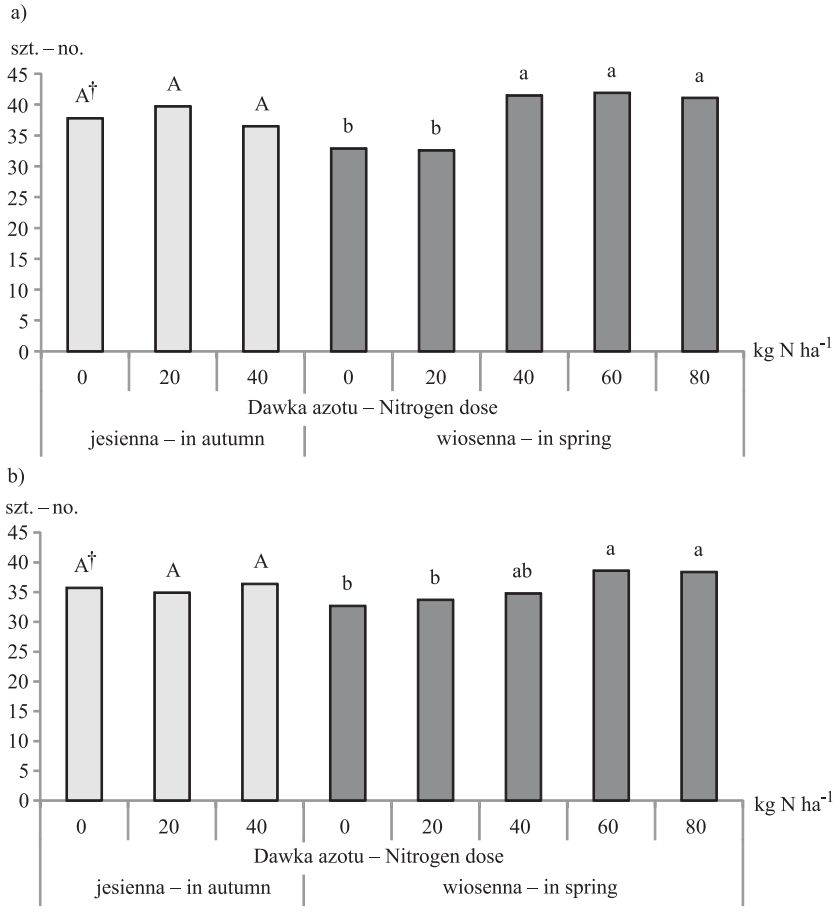
Fig. 9. Nitrogen content in the top soil 0-30 cm (experiment B); establishment year: S1 – before end of growing period; first production year: P1 – before the start of growing period, P4 – after seed harvest, P5 – before the end of growing period; second production year: D1 – before the start of growing period; † – nitrogen dose in spring [kg N·ha$^{-1}$]




Rys. 10. Liczba pędów generatywnych kostrzewy trzcinowej w zależności od jesiennej i wiosennej dawki nawożenia azotem w roku użytkowania: a) pierwszym, b) drugim, (doświadczenie B)
† A, B, a, b …– średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Fig. 10. Generative tiller number of tall fescue depending on autumn and spring nitrogen dose in production year: a) first, b) second, (experiment B)
† A, B, a, b …– means marked with different letters differ significantly

W pierwszym i drugim roku pełnego użytkowania na liczbę kłosków w wiechach istotny wpływ miała wyłącznie wiosenna dawka azotu (rys. 11). W pierwszym roku kostrzewa wykształciła więcej kłosków w wiechach, jeśli wiosną zastosowano 40, 60 lub 80 kg N·ha$^{-1}$ w porównaniu z uzyskaną w pozostałych wariantach nawożenia. W drugim roku było podobnie, z wyjątkiem podobnej liczby kłosków po aplikacji 40 kg N·ha$^{-1}$ zarówno w porównaniu z ilością stwierdzoną przy zastosowaniu dawek większych, jak i mniejszych.




Rys. 11. Liczba kłosków w wiesze kostrzewy trzcinowej w zależności od jesiennej i wiosennej dawki nawożenia azotem w roku użytkowania: a) pierwszym, b) drugim, (doświadczenie B)
† A, B, a, b …– średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Fig. 11. Number of spikelets per panicle of tall fescue depending on autumn and spring nitrogen dose in production year: a) first, b) second, (experiment B)
† A, B, a, b …– means marked with different letters differ significantly

Poziom jesiennego i wiosennego nawożenia azotem nie miał istotnego wpływu na liczbę kwiatów i nasion w kłoskach ani efektywność osadzenia nasion w pierwszym ani w drugim roku pełnego użytkowania (tab. 11). Tylko w pierwszym roku masa tysiąca nasion była istotnie mniejsza po jesiennej aplikacji 40 kg N·ha$^{-1}$ w porównaniu z wariantem bez azotu.

Tabela 11. Cechy biometryczne kostrzewy trzcinowej w drugim roku pełnego użytkowania w zależności od jesiennej i wiosennej dawki nawożenia azotem, (doświadczenie B)

Table 11. Biometric characteristics in the second production year of tall fescue depending on autumn and spring nitrogen dose, (experiment B)

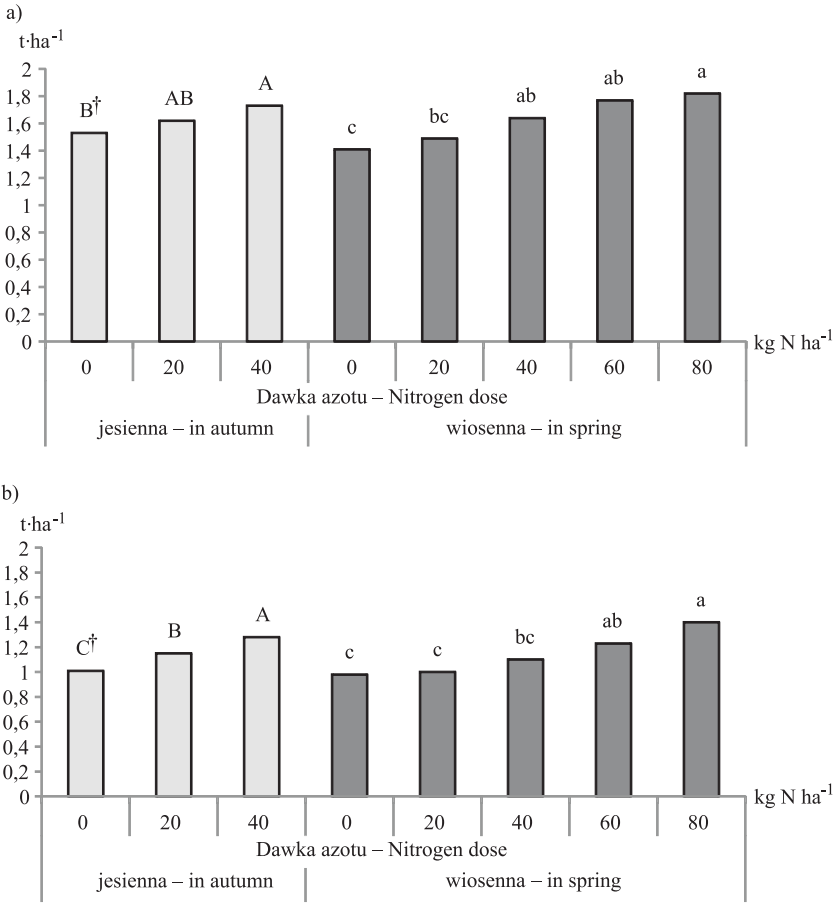
| Dawka azotu Nitrogen dose [kg N·ha$^{-1}$] | Cechy biometryczne – Biometric characteristics | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | LK† | | LN | | EO | | MTN | |
| | Rok użytkowania – Production year | | | | | | | |
| Jesienna In autumn (J) | I | II | I | II | I | II | I | II |
| 0 | 4,61 | 4,62 | 2,48 | 3,51 | 53,8 | 76,0 | 1,82 | 1,83 |
| 20 | 4,50 | 4,60 | 2,43 | 3,38 | 54,0 | 73,5 | 1,79 | 1,77 |
| 40 | 4,60 | 4,69 | 2,44 | 3,45 | 53,0 | 73,6 | 1,76 | 1,75 |
| Wiosenna In spring (W) | | | | | | | | |
| 0 | 4,49 | 4,46 | 2,32 | 3,61 | 51,7 | 80,9 | 1,81 | 1,81 |
| 20 | 4,45 | 4,40 | 2,60 | 3,46 | 58,4 | 78,6 | 1,82 | 1,84 |
| 40 | 4,57 | 4,75 | 2,50 | 3,41 | 54,7 | 71,8 | 1,78 | 1,77 |
| 60 | 4,78 | 4,75 | 2,46 | 3,28 | 51,5 | 69,1 | 1,77 | 1,73 |
| 80 | 4,57 | 4,83 | 2,38 | 3,48 | 52,1 | 72,0 | 1,77 | 1,75 |
| NIR – LSD | J – rn‡ ; W – rn; W x J – rn | J – rn; W – rn; W x J – rn | J – rn; W – rn; W x J – rn | J – rn; W – rn; W x J – rn | J – rn; W – rn; W x J – rn | J – rn; W – rn; W x J – rn | J – 0,055 ; W – rn; W x J – rn | J – rn; W – rn; W x J – rn |

†LK – liczba kwiatów w kłosku [szt.] – number of florets per spikelet [no.]; LN – liczba nasion w kłosku [szt.] – number of seeds per spikelet [no.]; EO – efektywność osadzenia nasion [%] – seed site utilization; MTN – masa tysiąca nasion [g] – thousand seed wheight

‡rn – różnice nieistotne – non-significant differences

Wykazano wpływ dawki azotu stosowanego jesienią i wiosną na plon nasion odmiany Asterix kostrzewy trzcinowej w kolejnych dwóch latach pełnego użytkowania (rys. 12). W pierwszym roku podanie jesienią azotu w dawce 40 kg N·ha$^{-1}$ spowodowało istotne zwiększenie plonu w porównaniu z wariantem bez nawożenia. Po zastosowaniu wiosną 40, 60 lub 80 kg N·ha$^{-1}$ plon nasion był istotnie większy niż uzyskany bez nawożenia azotem. Aplikacja wiosną 20, 40 i 60 kg N·ha$^{-1}$ dawała podobne rezultaty. Plon nasion kostrzewy nienawożonej azotem na wiosnę był podobny do uzyskanego po aplikacji najmniejszej dawki 20 kg N·ha$^{-1}$. W drugim roku każde zwiększenie dawki jesiennego nawożenia azotem o 20 kg·ha$^{-1}$ w zakresie od 0 do 40 kg·ha$^{-1}$ powodowało istotną zwyżkę plonu nasion. Niezależnie od dawki azotu w jesieni plon nasion

był większy, jeśli wiosną aplikowano 80 kg N·ha$^{-1}$ w porównaniu z plonem uzyskanym po zastosowaniu dawek od 0 do 40 kg N·ha$^{-1}$. Nie było istotnych różnic w plonie nasion po zastosowaniu 40 i 60 kg N· ha$^{-1}$, a także pomiędzy efektem aplikacji 60 i 80 kg N·ha$^{-1}$.




Rys. 12. Plon nasion kostrzewy trzcinowej w zależności od jesiennej i wiosennej dawki nawożenia azotem w roku użytkowania: a) pierwszym, b) drugim, (doświadczenie B)
† A, B, a, b …– średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Fig. 12. Seed yield of tall fescue depending on autumn and spring nitrogen dose in production year: a) first, b) second, (experiment B)
† A, B, a, b …– means marked with different letters differ significantly

Dawka wiosennego i jesiennego nawożenia azotem zastosowana w uprawie odmiany Asterix nie miała istotnego wpływu na długość pędów generatywnych w pierwszym roku pełnego użytkowania (tab. 12). W drugim roku, średnio dla dawek nawożenia jesiennego, pędy generatywne były istotnie dłuższe, jeśli

wiosną podano azot w ilości 80 kg·ha$^{-1}$ w porównaniu wariantem bez nawożenia oraz aplikacją dawki najmniejszej 20 kg N·ha$^{-1}$. W drugim roku wykazano również istotną interakcję wiosennego i jesiennego nawożenia azotem w kształtowaniu omawianej cechy. Badana odmiana kostrzewy trzcinowej po zastosowaniu wiosną 80 kg N·ha$^{-1}$ miała pędy generatywne istotnie dłuższe w porównaniu ze stwierdzoną w obiekcie nienawożonymi tylko w wariancie jesiennej aplikacji 0 i 20 kg N·ha$^{-1}$.

Tabela 12. Długość pędów generatywnych kostrzewy trzcinowej w pierwszym i drugim roku pełnego użytkowania w zależności od jesiennej i wiosennej dawki nawożenia azotem [cm], (doświadczenie B)

Table 12. Generative tiller length in the first and second production years of tall fescue depending on autumn and spring nitrogen dose [cm], (experiment B)

| Dawka azotu Nitrogen dose [kg N·ha$^{-1}$] | Wiosenna – In spring (W) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Jesienna In autumn (J) | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | Średnia Mean |
| | Pierwszy rok użytkowania – First production year | | | | | |
| 0 | 67,3 | 68,8 | 70,0 | 68,4 | 71,7 | 69,2 |
| 20 | 66,4 | 69,3 | 70,9 | 70,4 | 71,6 | 69,7 |
| 40 | 68,7 | 71,9 | 68,8 | 71,2 | 73,8 | 70,9 |
| Średnia – Mean | 67,5 | 70,0 | 69,9 | 70,0 | 72,3 | 69,9 |
| NIR dla – LSD for W – rn†; J – rn; W/J – rn; J/W – rn | | | | | | |
| | Drugi rok użytkowania – Second production year | | | | | |
| 0 | 93,9 | 97,5 | 102,5 | 102,4 | 105,3 | 100,3 |
| 20 | 95,5 | 97,8 | 99,4 | 102,6 | 106,0 | 100,3 |
| 40 | 101,4 | 97,8 | 103,0 | 106,3 | 104,3 | 102,6 |
| Średnia – Mean | 97,0 | 97,7 | 101,6 | 103,8 | 105,2 | 101,0 |
| NIR dla – LSD for W – 7,50; J – rn; W/J – 8,71; J/W – rn | | | | | | |

†rn – różnice nieistotne – non-significant differences

Wyleganie roślin było umiarkowane, jednak wykazano wpływ dawek nawożenia azotowego na tę cechę zarówno w pierwszym, jak i drugim roku pełnego użytkowania (tab. 13). W pierwszym roku istotny był wpływ dawek nawożenia jesiennego. W fazie kwitnienia, a także przed zbiorem w wariancie największej dawki (40 kg·ha$^{-1}$) obserwowano najsilniejsze wyleganie. Pędy były bardziej wzniesione, jeśli dawka była o 20 kg N·ha$^{-1}$ mniejsza, natomiast najmniejsze wyleganie stwierdzono w obiektach bez nawożenia. Analiza interakcji wykazała, że tylko po wiosennej aplikacji 20, 40 lub 60 kg N·ha$^{-1}$ różnice wylegania w fazie kwitnienia i przed zbiorem po zastosowaniu zróżnicowanych dawek azotu jesienią były istotne statystycznie. W drugim roku na wyleganie

wpływał zarówno poziom jesiennego jak i wiosennego nawożenia azotem. Zwiększenie dawki azotu aplikowanego jesienią z 0 lub 20 kg $N \cdot ha^{-1}$ do 40 kg $N \cdot ha^{-1}$ spowodowało nasilenie wylegania w fazie kwitnienia. W ocenie wylegania przed zbiorem różnica wylegania była istotna tylko po aplikacji jesiennej 40 kg $N \cdot ha^{-1}$ w porównaniu z wariantem bez azotu. W analizie współdziałania jesiennego i wiosennego nawożenia azotem wykazano, że tylko przy największych wiosennych dawkach azotu (w ocenie wylegania w fazie kwitnienia 60 i 80 $kg \cdot ha^{-1}$, a przed zbiorem 80 $kg \cdot ha^{-1}$) wpływ dawek nawożenia jesiennego na tę cechę był istotny. Ponadto w drugim roku, średnio dla jesiennych dawek azotu, wyleganie w fazie kwitnienia było bardziej nasilone, jeśli wiosną zastosowano dawki od 40 do 80 kg $N \cdot ha^{-1}$ w porównaniu ze stwierdzonym po aplikacji 20 kg $N \cdot ha^{-1}$ i w wariancie bez nawożenia. W ocenie wylegania przed zbiorem różnica była istotna wyłącznie po zastosowaniu dawki największej 80 $kg \cdot ha^{-1}$.

Dawki jesiennego i wiosennego nawożenia azotem nie miały istotnego wpływu na udział nasion normalnie kiełkujących, zdrowych niekiełkujących, twardych i nienormalnie kiełkujących w plonie z pierwszego roku pełnego użytkowania (tab. 14). Uwidocznił się natomiast wpływ dawki azotu stosowanego jesienią na udział nasion martwych w obu latach pełnego użytkowania. Po jesiennej aplikacji 40 kg $N \cdot ha^{-1}$ udział tej kategorii nasion był większy w porównaniu ze stwierdzonym w wariancie bez nawożenia. Ponadto w drugim roku udział nasion normalnie kiełkujących był istotnie większy, jeśli wiosenna dawka azotu wynosiła 20 kg $N \cdot ha^{-1}$ w porównaniu z odnotowanym po aplikacji 80 kg $N \cdot ha^{-1}$. Z kolei po zastosowaniu największej dawki wiosennej 80 kg $N \cdot ha^{-1}$ stwierdzono zwiększony udział nasion zdrowych niekiełkujących w porównaniu z obiektem bez azotu i po aplikacji 20 kg $N \cdot ha^{-1}$.

Najsilniejszą korelację plonu i komponentów plonowania wykazano w odniesieniu do liczby pędów generatywnych (tab. 15). Słabszy, ale istotny był związek plonu i liczby nasion w kłoskach. Najsłabiej skorelowana z plonem była liczba kłosków w wiechach, natomiast w przypadku masy tysiąca nasion współczynnik korelacji był nieistotny. Wysokim plonom nasion towarzyszyło silne wyleganie w fazie kwitnienia i przed zbiorem, a także zmniejszenie udziału nasion normalnie kiełkujących w plonie.

Tabela 13. Wyleganie roślin w fazie kwitnienia i przed zbiorem kostrzewy trzcinowej w pierwszym i drugim roku pełnego użytkowania w zależności od jesiennej i wiosennej dawki nawożenia azotem [9°], (doświadczenie B)

Table 13. Lodging of plants during flowering and before harvest in the first and second production years of tall fescue depending on autumn and spring nitrogen dose [9°], (experiment B)

| Dawka azotu Nitrogen dose [kg N·ha$^{-1}$] | Wiosenna – In spring (W) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Jesienna In autumn (J) | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | Średnia Mean |
| | Pierwszy rok użytkowania – First production year | | | | | |
| | W fazie kwitnienia – During flowering | | | | | |
| 0 | 8,24 | 8,51 | 8,05 | 7,75 | 6,96 | 7,90 |
| 20 | 8,19 | 8,40 | 7,55 | 6,99 | 7,04 | 7,63 |
| 40 | 8,09 | 7,56 | 7,21 | 6,45 | 6,81 | 7,23 |
| Średnia – Mean | 8,17 | 8,16 | 7,60 | 7,06 | 6,94 | 7,59 |
| NIR dla – LSD for W – rn†; J – 0,237; W/J – rn; J/W – 0,498 | | | | | | |
| | Przed zbiorem – Before harvest | | | | | |
| 0 | 8,24 | 8,40 | 8,08 | 7,53 | 6,69 | 7,79 |
| 20 | 8,19 | 8,40 | 7,53 | 7,10 | 6,44 | 7,53 |
| 40 | 8,09 | 7,44 | 7,11 | 6,18 | 6,31 | 7,03 |
| Średnia – Mean | 8,17 | 8,08 | 7,57 | 6,93 | 6,48 | 7,45 |
| NIR dla – LSD for W – rn; J – 0,211; W/J – rn; J/W – 0,501 | | | | | | |
| | Drugi rok użytkowania – Second production year | | | | | |
| | W fazie kwitnienia – During flowering | | | | | |
| 0 | 8,48 | 8,44 | 7,91 | 7,98 | 7,58 | 8,08 |
| 20 | 8,46 | 8,58 | 7,84 | 7,91 | 7,28 | 8,01 |
| 40 | 8,38 | 8,30 | 7,86 | 7,65 | 6,88 | 7,81 |
| Średnia – Mean | 8,44 | 8,44 | 7,87 | 7,85 | 7,24 | 7,97 |
| NIR dla – LSD for W – 0,565; J – 0,133; W/J – rn; J/W – 0,320 | | | | | | |
| | Przed zbiorem – Before harvest | | | | | |
| 0 | 7,88 | 7,85 | 7,19 | 7,32 | 6,84 | 7,42 |
| 20 | 7,89 | 7,85 | 7,09 | 7,32 | 6,47 | 7,32 |
| 40 | 7,74 | 7,60 | 7,06 | 7,04 | 6,14 | 7,12 |
| Średnia – Mean | 7,84 | 7,77 | 7,11 | 7,23 | 6,48 | 7,31 |
| NIR dla – LSD for W – 0,794; J – 0,220; W/J – 0,829; J/W – 0,313 | | | | | | |

†rn – różnice nieistotne – non-significant differences

Tabela 14. Udział kategorii nasion w ocenie zdolności kiełkowania w pierwszym i drugim roku pełnego użytkowania kostrzewy trzcinowej w zależności od jesiennej i wiosennej dawki nawożenia azotem [%], (doświadczenie B)

Table 14. Percentage of seed categories in germination capacity assessment in the first and second production years of tall fescue depending on autumn and spring nitrogen dose [%], (experiment B)

| Dawka azotu Nitrogen dose [kg N·ha$^{-1}$] | Kategorie nasion – Seed categories | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Normalnie kiełkujące Normally germinating | Zdrowe, niekiełkujące Fresh, un-germinated | Twarde Hard | Nienormalnie kiełkujące Abnormally germinating | Martwe Dead |
| Jesienna In autumn (J) | Pierwszy rok pełnego użytkowania – First production year | | | | |
| 0 | 84,8 | 5,47 | 2,58 | 2,90 | 4,21 b‡ |
| 20 | 83,1 | 6,09 | 2,54 | 3,22 | 5,08 ab |
| 40 | 83,2 | 6,05 | 1,66 | 3,19 | 5,88 a |
| Wiosenna In spring (W) | | | | | |
| 0 | 86,8 | 4,46 | 1,76 | 2,72 | 4,23 |
| 20 | 86,5 | 5,41 | 2,14 | 2,81 | 3,12 |
| 40 | 83,5 | 5,74 | 2,48 | 2,92 | 5,37 |
| 60 | 80,0 | 7,84 | 2,20 | 3,49 | 6,44 |
| 80 | 81,7 | 5,90 | 2,73 | 3,57 | 6,12 |
| Średnia – Mean | 83,7 | 5,87 | 2,26 | 3,10 | 5,06 |
| Jesienna In autumn (J) | Drugi rok pełnego użytkowania – Second production year | | | | |
| 0 | 86,0 | 5,81 | 0,557 | 2,73 | 4,86 b |
| 20 | 85,1 | 6,14 | 0,486 | 2,43 | 5,81 ab |
| 40 | 83,9 | 6,69 | 0,271 | 3,03 | 6,13 a |
| Wiosenna In spring (W) | | | | | |
| 0 | 86,7 AB | 4,60 B | 0,417 | 2,78 | 5,47 |
| 20 | 87,7 A | 4,76 B | 0,422 | 2,59 | 4,54 |
| 40 | 87,0 AB | 5,78 AB | 0,274 | 2,19 | 4,76 |
| 60 | 82,5 AB | 7,69 AB | 0,603 | 2,52 | 6,69 |
| 80 | 81,2 B | 8,23 A | 0,472 | 3,58 | 6,54 |
| Średnia – Mean | 85,0 | 6,21 | 0,438 | 2,73 | 5,60 |

‡A, B, a, b…– średnie oznaczane różnymi literami różnią się istotnie, brak oznaczeń – różnice nieistotne

‡A, B, a, b… – means marked with different letters differ significantly, no markings – non-significant differences

Tabela 15. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona plonu nasion i cech biometrycznych kostrzewy trzcinowej w dwuletnim okresie użytkowania, istotne przy p > 0,05, (doświadczenie B)

Table 15. Pearson's line correlation coefficients of seed yield and biometric characteristics of tall fescue for two production years, significant at p > 0.05, (experiment B)

| Wyszczególnienie – Specification | Współczynnik korelacji Corelation coefitient |
|---|---|
| Liczba pędów generatywnych – Number of generative tilliers | 0,79 |
| Liczba kłosków w wiesze – Number of spikelets per panicle | 0,16 |
| Liczba nasion w kłosku – Number of seeds per spikelet | 0,39 |
| MTN masa tysiąca nasion – TSW thousand seed weight | ni |
| Wyleganie roślin w fazie kwitnienia – Lodging of plants during flowering | -0,57 |
| Wyleganie roślin przed zbiorem – Lodging of plants before harvest | -0,42 |
| Udział nasion normalnie kiełkujących – Percentage of normally germinating seeds | -0,41 |

†ni – współczynniki nieistotne – non-significant coefficients

### 5.2.3. Wskaźniki odżywienia azotem i szacowanie plonu

Zawartość azotu w liściach odmiany Asterix kostrzewy trzcinowej przed zakończeniem wegetacji w roku siewu była większa, jeśli po zbiorze rośliny ochronnej zastosowano 40 kg $N \cdot ha^{-1}$ w porównaniu z zawartością stwierdzoną w wariancie bez azotu i po aplikacji 20 kg $N \cdot ha^{-1}$. Różnicy tej nie potwierdzono jednak przed ruszeniem wegetacji w pierwszym roku pełnego użytkowania (tab. 16). Na początku fazy strzelania w źdźbło zawartość azotu w liściach, średnio dla dawek nawożenia wiosennego była większa, jeśli dawka azotu w jesieni wynosiła 40 kg $\cdot ha^{-1}$ w porównaniu ze stwierdzoną w wariancie bez nawożenia (tab. 17). Analiza interakcji wykazała, że tylko w obiektach bez wiosennego nawożenia azotem koncentracja tego pierwiastka w liściach była istotnie większa po jesiennej aplikacji 40 kg $\cdot ha^{-1}$, w porównaniu ze stwierdzoną w wariancie bez nawożenia lub po zastosowaniu 20 kg $N \cdot ha^{-1}$. Niezależnie od poziomu nawożenia jesiennego zawartość azotu w liściach była większa, jeśli na wiosnę zastosowano 40, 60 i 80 kg $N \cdot ha^{-1}$ w porównaniu z wariantem bez nawożenia, a w przypadku dawek 60 i 80 kg $N \cdot ha^{-1}$ również w porównaniu z zawartością stwierdzoną po aplikacji 20 kg $N \cdot ha^{-1}$. Po zbiorze nasion kostrzewy koncentracja azotu w liściach była większa, jeśli wiosną zastosowano największą dawkę 80 kg $N \cdot ha^{-1}$, w porównaniu z zawartością w obiekcie bez nawożenia lub po aplikacji 20 kg $N \cdot ha^{-1}$.

Tabela 16. Zawartość azotu w liściach kostrzewy trzcinowej przed zakończeniem wegetacji w roku siewu i przed ruszeniem wegetacji pierwszym pełnego użytkowania w zależności od jesiennej dawki nawożenia azotem [%], (doświadczenie B)

Table 16. Nitrogen content in leaves of tall fescue before the end of growing period in establishment year and before the start of growing period in the first production year depending on autumn nitrogen dose [%], (experiment B)

| Jesienna dawka azotu<br>Nitrogen dose in autumn [kg N·ha$^{-1}$] | Termin pomiaru – Date of measurement[†] | |
|---|---|---|
| | S1 | P1 |
| 0 | 2,22 | 2,70 |
| 20 | 2,28 | 2,73 |
| 40 | 2,56 | 2,70 |
| NIR – LSD | J – 0,278 | J – rn[‡] |

[†] rok siewu S1: przed zakończeniem wegetacji; pierwszy rok użytkowania: P1 – przed ruszeniem wegetacji – establishment year: S1 – before the end of growing period; first production year: P1 – before the start of growing period

[‡]rn – różnice nieistotne – non-significant differences

Tabela 17. Zawartość azotu w liściach kostrzewy trzcinowej na początku strzelania w źdźbło i po zbiorze nasion w pierwszym roku pełnego użytkowania w zależności od jesiennej i wiosennej dawki nawożenia azotem [%], (doświadczenie B)

Table 17. Nitrogen content in leaves of tall fescue at the start of shooting and after seed harvest in the first production year depending on autumn and spring nitrogen doses [%], (experiment B)

| Dawka azotu<br>Nitrogen dose<br>[kg N·ha$^{-1}$] | Wiosenna – In spring (W) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Jesienna<br>In autumn (J) | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | Średnia<br>Mean |
| | Termin pomiaru – Date of measurement P3[†] | | | | | |
| 0 | 1,60 | 1,77 | 2,11 | 2,24 | 2,09 | 1,96 |
| 20 | 1,75 | 1,94 | 2,03 | 2,31 | 2,13 | 2,03 |
| 40 | 1,99 | 1,93 | 2,07 | 2,09 | 2,11 | 2,04 |
| Średnia – Mean | 1,78 | 1,88 | 2,07 | 2,21 | 2,11 | 2,01 |
| NIR dla – LSD for J – 0,073; W – 0,212; W/J – 0,250; J/W – 0,214 | | | | | | |
| | Termin pomiaru – Date of measurement P4[‡] | | | | | |
| 0 | 1,36 | 1,45 | 1,67 | 1,77 | 1,69 | 1,59 |
| 20 | 1,59 | 1,52 | 1,59 | 1,63 | 1,94 | 1,65 |
| 40 | 1,62 | 1,63 | 1,62 | 1,63 | 1,94 | 1,69 |
| Średnia – Mean | 1,52 | 1,53 | 1,62 | 1,68 | 1,86 | 1,64 |
| NIR dla – LSD for J – rn[§]; W – 0,280; W/J – 0,340; J/W – 0,239 | | | | | | |

[†]P3 – na początku strzelania w źdźbło – at the beginning of shooting

[‡]P4 – po zbiorze nasion – after seed harvest

[§]rn – różnice nieistotne – non-significant differences

Dawki azotu stosowane wiosną w czasie ruszenia wegetacji i jesienią po zbiorze nasion nie miały istotnego wpływu na koncentrację azotu w liściach odmiany Asterix kostrzewy trzcinowej przed zimą w pierwszym roku użytkowania, jak również w czasie ruszenia wegetacji w roku drugim (tab. 18). Pomiar wykonany na początku fazy strzelania w źdźbło w drugim roku użytkowania, podobnie jak w pierwszym, wykazał największą zawartość azotu w liściach po zastosowaniu jesienią 40 kg N·ha$^{-1}$. Ponadto zawartość azotu w liściach kostrzewy nawożonej wiosną w ilości 40, 60 i 80 kg N·ha$^{-1}$ była większa w porównaniu ze stwierdzoną po aplikacji dawki 20 kg N·ha$^{-1}$ i w wariancie bez nawożenia.

Tabela 18. Zawartość N w liściach kostrzewy trzcinowej przed zakończeniem wegetacji w pierwszym roku użytkowania oraz przed ruszeniem wegetacji i na początku strzelania w źdźbło w drugim roku pełnego użytkowania w zależności od jesiennej i wiosennej dawki nawożenia azotem [%] (doświadczenie B)

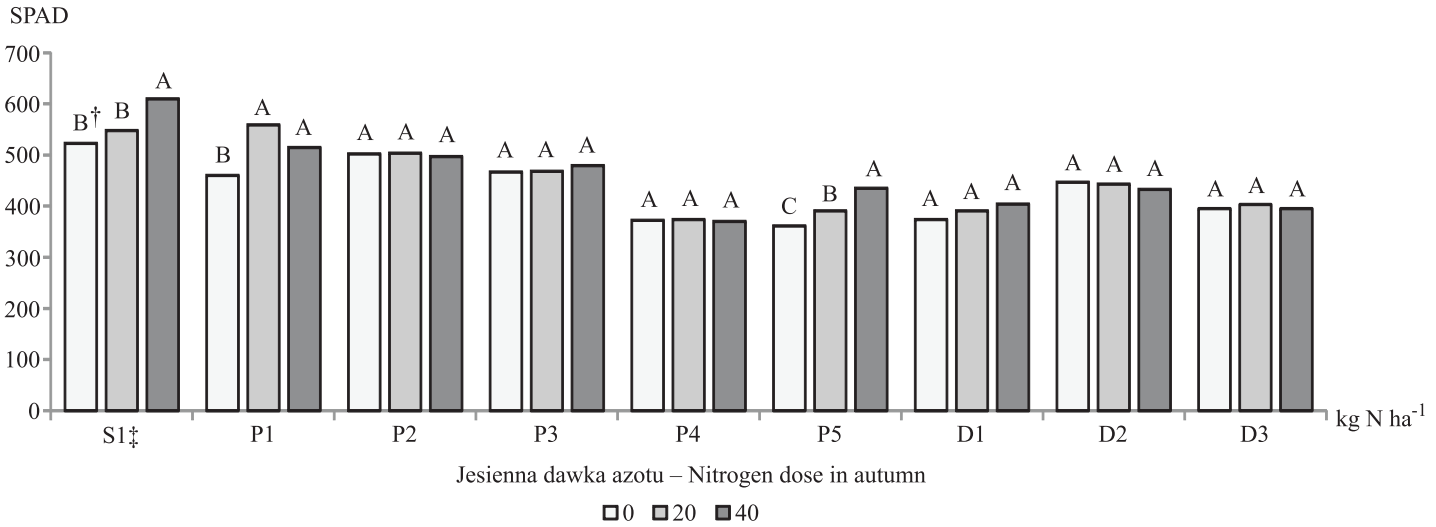
Table 18. Nitrogen content in leaves of tall fescue before the end of growing period in the first production year and before the start of growing period and at the start of shooting in the first production year depending on autumn and spring nitrogen doses [%], (experiment B)

| Dawka azotu Nitrogen dose [kg N·ha$^{-1}$] | Termin pomiaru – Date of measurement† | | |
|---|---|---|---|
| | P5 | D1 | D3 |
| Jesienna In autumn (J) | | | |
| 0 | 1,34 | 2,17 | 2,40 |
| 20 | 1,41 | 2,16 | 2,46 |
| 40 | 1,47 | 2,16 | 2,60 |
| Wiosenna In spring (W) | | | |
| 0 | 1,44 | 2,19 | 2,23 |
| 20 | 1,42 | 2,16 | 2,30 |
| 40 | 1,31 | 2,17 | 2,58 |
| 60 | 1,46 | 2,15 | 2,67 |
| 80 | 1,40 | 2,14 | 2,67 |
| NIR – LSD | J – rn‡; W – rn; W x J – rn | J – rn; W – rn; W x J – rn | J – 0,071; W – 0,264; W x J – rn |

†pierwszy rok użytkowania: P5 – przed zakończeniem wegetacji; drugi rok użytkowania: D1 – przed ruszeniem wegetacji, D3 – na początku strzelania w źdźbło; first production year: P5 – before the end of growing period; second production year: D1 – before the start of growing period, D3 – at the start of shooting

‡ rn – różnice nieistotne – non-significant differences

Dawka azotu aplikowana po zbiorze rośliny ochronnej miała istotny wpływ na wartość indeksu zieloności liścia (SPAD) przed zakończeniem wegetacji kostrzewy w roku siewu (rys. 13).



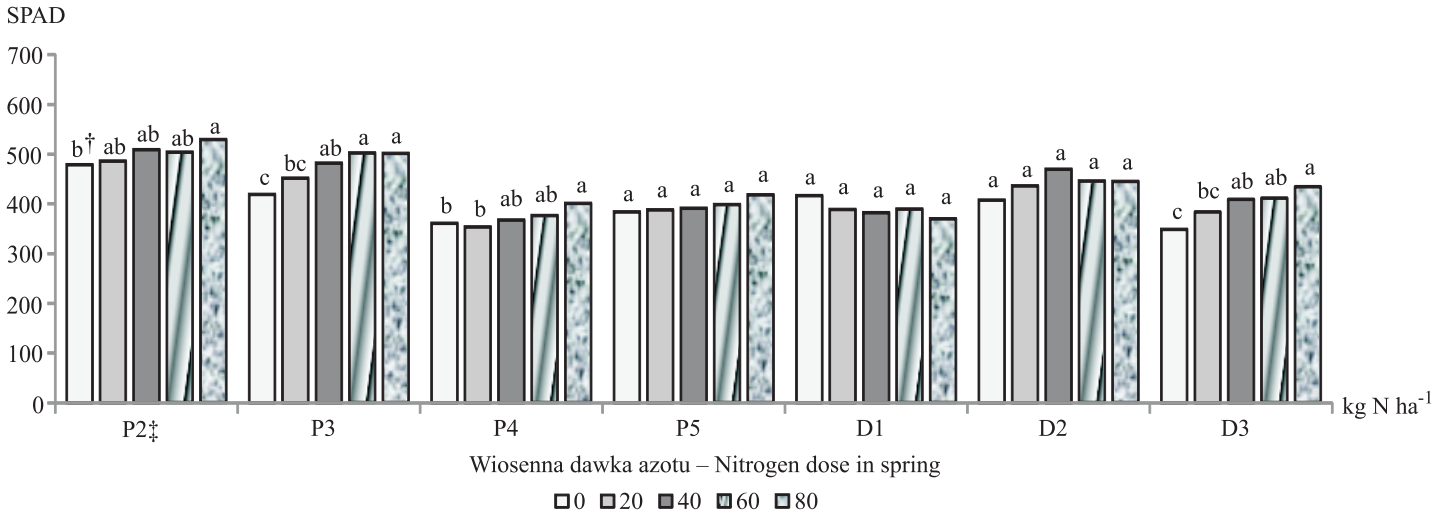

Rys. 13. Indeks zieloności liścia w zależności od jesiennej dawki nawożenia azotem, (doświadczenie B)
‡ termin pomiaru: rok siewu: S1 – przed zakończeniem wegetacji; pierwszy rok użytkowania: P1 – przed ruszeniem wegetacji, P2 – po trzech tygodniach od ruszenia wegetacji, P3 – na początku strzelania w źdźbło, P4 – po zbiorze nasion, P5 – przed zakończeniem wegetacji; drugi rok użytkowania: D1 – przed ruszeniem wegetacji; D2 – po trzech tygodniach od ruszenia wegetacji, D3 – na początku strzelania w źdźbło
† a, b…– średnie oznaczane różnymi literami różnią się istotnie;

Fig. 13. Leaf greenness index depending on autumn nitrogen doses, (experiment B)
‡ date of measurement: establishment year: S1 – before the end of growing period; first production year: P1 – before the start of growing period, P2 – three weeks after the start of growing period, P3 – at the start of shooting, P4 – after seed harvest, P5 – before the end of growing period; second production year: D1 – before the start of growing period; D2 – three weeks after the start of growing period, D3 – at the start of shooting
† a, b…– means marked with different letters differ significantly

Po zastosowaniu 40 kg N·ha$^{-1}$ wartość tego wskaźnika była największa. Przed ruszeniem wegetacji w pierwszym roku pełnego użytkowania wartości SPAD po zastosowaniu 20 i 40 kg N·ha$^{-1}$ były podobne i jednocześnie istotnie większe niż w wariancie bez azotu. Przed zakończeniem wegetacji w pierwszym roku użytkowania zwiększenie dawki azotu stosowanej po zbiorze nasion kostrzewy z 0 do 20 kg N·ha$^{-1}$ i z 20 do 40 kg N·ha$^{-1}$ spowodowało istotny wzrost wartości tego wskaźnika.

Azot aplikowany wiosną miał istotny wpływ na wartość indeksu zieloności liścia w pierwszym roku pełnego użytkowania w terminach: po trzech tygodniach od ruszenia wegetacji, na początku strzelania w źdźbło i po zbiorze nasion (rys. 14). W pierwszym terminie wskaźnik ten był istotnie większy w obiektach nawożonych dawką 80 kg N·ha$^{-1}$ niż obiektach nienawożonych. W kolejnym terminie zastosowanie dawek azotu większych lub równych 40 kg N·ha$^{-1}$ spowodowało wzrost wartości SPAD w porównaniu z wariantem bez azotu, a aplikacja dawek 60 i 80 kg N·ha$^{-1}$ dała ten sam efekt również w porównaniu z nawożeniem w dawce 20 kg N·ha$^{-1}$. Po zbiorze nasion utrzymywała się większa wartość indeksu zieloności liści po wiosennej aplikacji 80 kg N·ha$^{-1}$ w porównaniu ze stwierdzoną w obiekcie bez azotu i po zastosowaniu 20 N·ha$^{-1}$. W drugim roku pełnego użytkowania nie wykazano istotnego wpływu dawek nawożenia azotem na indeks zieloności liścia w czasie ruszenia wegetacji, a także po upływie trzech tygodni od tego pomiaru. Na początku fazy strzelania w źdźbło w drugim roku, podobnie jak w pierwszym, indeks zieloności liści był większy po aplikacji dawek większych lub równych 40 kg N·ha$^{-1}$ w porównaniu z wariantem bez azotu, a w przypadku dawki 80 kg również w porównaniu z wartością tego wskaźnika stwierdzoną po zastosowaniu dawki 20 kg N·ha$^{-1}$.

W celu określenia zależności pomiędzy plonem nasion a wskaźnikami odżywienia roślin azotem (indeksem zieloności i zawartością azotu w liściach) obliczono współczynniki korelacji tych cech po aplikacji całej dawki azotu w każdym obiekcie (tab. 19). Wyniki analizy wskazują na brak zależności plonu nasion i odczytów SPAD mierzonych trzy tygodnie od wiosennego nawożenia azotem (z wyjątkiem niewielkiej korelacji w pierwszym roku użytkowania w drugiej serii badań). Plon nasion był istotnie, dodatnio skorelowany z wartością indeksu zieloności liści mierzoną na początku fazy strzelania w źdźbło w każdej serii i roku badań. Podobnie dodatnią korelację stwierdzono w odniesieniu do zawartości azotu w liściach oznaczanej w tej fazie rozwojowej (z wyjątkiem 2008 r.). W fazie strzelania w źdźbło wartości współczynników korelacji pomiędzy odczytem SPAD i zawartością azotu w liściach były istotne w każdym roku i serii badań.




Rys. 14. Indeks zieloności liścia w zależności od wiosennej dawki nawożenia azotem, (doświadczenie B)
† termin pomiaru: pierwszy rok użytkowania: P2 – po trzech tygodniach od ruszenia wegetacji, P3 – na początku strzelania w źdźbło, P4 – po zbiorze nasion, P5 – przed zakończeniem wegetacji; drugi rok użytkowania: D1 – przed ruszeniem wegetacji; D2 – po trzech tygodniach od ruszenia wegetacji, D3 – na początku strzelania w źdźbło
‡a, b…– średnie oznaczane różnymi literami różnią się istotnie

Fig. 14. Leaf greenness index depending on spring nitrogen doses, (experiment B)
† date of measurement: first production year: P2 – three weeks after the start of growing period, P3 – at the start of shooting, P4 – after seed harvest, P5 – before the end of growing period; second production year: D1 – before the start of growing period; D2 – three weeks after the start of growing period, D3 – at the start of shooting
‡a, b…– means marked with different letters differ significantly; no markings – non-significant differences

Tabela 19 . Współczynniki korelacji liniowej Pearsona plonu nasion, indeksu chlorofilu i zawartości azotu w liściach kostrzewy trzcinowej, istotne przy $p < 0,05$, (doświadczenie B)

Table 19. Pearson's line correlation coefficients of seed yield, chlorophyll index and nitrogen content in leaves of tall fescue, significant at $p < 0.05$, (experiment B)

| Wyszczególnienie† – Specification | Pierwszy rok użytkowania – First production year | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2008 | | | 2009 | | |
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 2 | ni‡ | – | – | 0,34 | – | – |
| 3 | 0,46 | 0,50 | – | 0,57 | ni | – |
| 4 | ni | ni | 0,69 | 0,35 | ni | 0,39 |
| | Drugi rok użytkowania – Second production year | | | | | |
| | 2009 | | | 2010 | | |
| 2 | ni | – | – | ni | – | – |
| 3 | 0,50 | 0,31 | – | 0,46 | ni | – |
| 4 | 0,50 | ni | 0,44 | 0,67 | ni | 0,60 |

†1 – plon nasion – seed yield; 2 – indeks chlorofilu po trzech tygodniach od ruszenia wegetacji – chlorophyll index three weeks after the start of growing period; 3 – indeks chlorofilu na początku strzelania w źdźbło – chlorophyll index at the start of shooting; 4 – zawartość azotu w liściach na początku strzelania w źdźbło – nitrogen content in leaves at the start of shooting

‡ni – współczynniki nieistotne – non-significant coefficients

Stwierdzono istotną współzależność dawki jesiennego i wiosennego nawożenia azotem oraz odczytu SPAD w kształtowaniu plonu nasion. Na podstawie analizy regresji wielokrotnej oszacowano, że plon nasion waha się od 0,84 t $ha^{-1}$ dla wariantu bez nawożenia azotem i odczytu SPAD 350 do 1,87 t $ha^{-1}$ przy maksymalnej dawce jesiennej i wiosennej oraz indeksie chlorofilu 500 (tab. 20). W obrębie każdej kombinacji nawożenia jesiennego i wiosennego prognozowany przyrost plonu nasion dla odczytu SPAD 500 w stosunku do 350 wynosi 0,36 t $ha^{-1}$ (0,11-0,13 t $ha^{-1}$ na każde 50 jednostek SPAD). Jeśli jesienią i wiosną azot nie jest stosowany ten sam odczyt SPAD prognozuje plon o 0,46 t $ha^{-1}$ (0,30-0,61 t $ha^{-1}$) mniejszy niż po aplikacji maksymalnych dawek 40 kg $N \cdot ha^{-1}$ w jesieni i 80 kg $N \cdot ha^{-1}$ na wiosnę. Przy danym poziomie wiosennego nawożenia azotem i odczycie SPAD prognozowany plon nasion jest mniejszy o 0,23 t $ha^{-1}$, jeśli jesienią nie zastosowano nawożenia azotem w porównaniu z plonem po aplikacji dawki największej 40 kg $N \cdot ha^{-1}$.

Tabela 20. Prognozowany plon nasion kostrzewy trzcinowej w zależności od jesiennej i wiosennej dawki azotu oraz indeksu zieloności liścia [SPAD] mierzonego na początku strzelania w źdźbło jako funkcji $y = 0,12 + 0,002\ x_1 + 0,006\ x_2 + 0,003\ x_3$ $F(3;56) = 33,1$; $R^2 = 0,64$, (doświadczenie B)

Table 20. Predicted seed yield of tall fescue depending on autumn and spring doses and leaf greenness index measured at the start of shooting according to the function $y = 0,12 + 0,002\ x_1 + 0,006\ x_2 + 0,003\ x_3$ $F(3;56) = 33,1$; $R^2 = 0,64$, (experiment B)

| Wiosenna dawka azotu Nitrogen dose in spring [kg N·ha$^{-1}$] $x_3$ | Indeks zieloności Greenness index [SPAD] $x_1$ | Jesienna dawka azotu Nitrogen dose in autumn [kg N·ha$^{-1}$] $x_2$ | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 20 | 40 |
| | | Prognozowany plon nasion Predicted seed yield [t·ha$^{-1}$] y | | |
| 0 | 350 | 0,96 (0,84-1,07) † | 1,06 (0,96-1,18) | 1,18 (1,06-1,30) |
| | 400 | 1,07 (0,99-1,16) | 1,19 (1,12-1,25) | 1,29 (1,22-1,38) |
| | 450 | 1,19 (1,05-1,34) | 1,31 (1,17-1,44) | 1,42 (1,28-1,55) |
| | 500 | 1,31 (1,08-1,55) | 1,43 (1,20-1,66) | 1,54 (1,31-1,76) |
| 20 | 350 | 1,02 (0,88-1,15) | 1,13 (0,99-1,26) | 1,24 (1,09-1,39) |
| | 400 | 1,13 (1,06-1,20) | 1,25 (1,19-1,30) | 1,36 (1,29-1,43) |
| | 450 | 1,26 (1,15-1,36) | 1,37 (1,28-1,45) | 1,48 (1,38-1,57) |
| | 500 | 1,37 (1,18-1,57) | 1,49 (1,31-1,67) | 1,59 (1,42-1,78) |
| 40 | 350 | 1,08 (0,90-1,25) | 1,19 (1,01-1,36) | 1,29 (1,11-1,48) |
| | 400 | 1,19 (1,11-1,28) | 1,31 (1,23-1,38) | 1,42 (1,32-1,51) |
| | 450 | 1,31 (1,24-1,39) | 1,43 (1,38-1,48) | 1,54 (1,47-1,66) |
| | 500 | 1,43 (1,28-1,59) | 1,54 (1,41-1,68) | 1,66 (1,52-1,79) |
| 60 | 350 | 1,13 (0,92-1,35) | 1,25 (1,03-1,46) | 1,36 (1,13-1,58) |
| | 400 | 1,25 (1,13-1,37) | 1,37 (1,25-1,48) | 1,48 (1,34-1,61) |
| | 450 | 1,37 (1,31-1,44) | 1,48 (1,44-1,53) | 1,59 (1,53-1,66) |
| | 500 | 1,49 (1,38-1,61) | 1,60 (1,50-1,71) | 1,72 (1,61-1,82) |
| 80 | 350 | 1,19 (0,94-1,45) | 1,31 (1,04-1,56) | 1,42 (1,14-1,68) |
| | 400 | 1,31 (1,15-1,48) | 1,42 (1,26-1,58) | 1,54 (1,36-1,71) |
| | 450 | 1,43 (1,34-1,52) | 1,54 (1,46-1,63) | 1,66 (1,56-1,75) |
| | 500 | 1,55 (1,45-1,65) | 1,66 (1,58-1,75) | 1,77 (1,68-1,87) |

† wartości w nawiasie oznaczają zakres plonu – values in brackets indicate the range of yield

## 5.2.4. Efektywność agronomiczna i opłacalność przeciętna

Plonotwórcze działanie azotu, średnio dla dawek nawożenia jesiennego i wiosennego było niemal identyczne w pierwszym i drugim roku pełnego użytkowania (tab. 21).

Tabela 21. Efektywność agronomiczna i opłacalność przeciętna nawożenia kostrzewy trzcinowej azotem w zależności od dawki jesiennej i wiosennej, (doświadczenie B)

Table 21. Agronomic effectiveness and average profitability of fertilizing tall fescue with nitrogen depending on autumn and spring doses, (experiment B)

| Dawka azotu Nitrogen dose [kg N·ha$^{-1}$] | | Rok pełnego użytkowania Production year | Efektywność agronomiczna [kg nasion na kg N] Agronomic effectiveness [kg of seeds per kg N] | Opłacalność przeciętna [wartość nasion w zł na zł w nawozie] Average profitability [value of seed in PLN per 1 PLN in N fertilizer] |
|---|---|---|---|---|
| Jesienna In autumn | Wiosenna In spring | | | |
| 0 | 0-20 | I | 3,7 | 4,0 |
| | 20-40 | | 5,6 | 6,0 |
| | 40-60 | | 9,6 | 10,2 |
| | 60-80 | | 8,1 | 8,6 |
| | 0-20 | II | 5,8 | 6,2 |
| | 20-40 | | 1,6 | 1,7 |
| | 40-60 | | 11,5 | 12,2 |
| | 60-80 | | 3,3 | 3,5 |
| 20 | 0-20 | I | 4,1 | 4,3 |
| | 20-40 | | 8,8 | 9,4 |
| | 40-60 | | 6,6 | 7,0 |
| | 60-80 | | 1,3 | 1,4 |
| | 0-20 | II | 1,0 | 1,1 |
| | 20-40 | | 0,4 | 0,4 |
| | 40-60 | | 12,1 | 12,9 |
| | 60-80 | | 8,2 | 8,8 |
| 40 | 0-20 | I | 4,2 | 4,4 |
| | 20-40 | | 7,7 | 8,2 |
| | 40-60 | | 3,1 | 3,3 |
| | 60-80 | | -1,6 | -1,7 |
| | 0-20 | II | -3,7 | -3,9 |
| | 20-40 | | 13,1 | 13,9 |
| | 40-60 | | -4,3 | -4,5 |
| | 60-80 | | 13,8 | 14,7 |
| Średnia Mean | 0-20 | I | 4,0 | 4,2 |
| | 20-40 | | 7,4 | 7,9 |
| | 40-60 | | 6,4 | 6,8 |
| | 60-80 | | 2,6 | 2,8 |
| | 0-20 | II | 1,0 | 1,1 |
| | 20-40 | | 5,0 | 5,3 |
| | 40-60 | | 6,4 | 6,8 |
| | 60-80 | | 8,5 | 9,0 |
| | I | | 5,1 | 5,4 |
| | II | | 5,2 | 5,6 |

Każdy kilogram azotu w nawozach przynosił zwyżkę plonu ok. 5 kg nasion kostrzewy. Niezależnie od poziomu nawożenia jesiennego efektywność agronomiczna azotu stosowanego wiosną zwiększała się wraz ze wzrostem dawki do 40 kg·ha$^{-1}$ w pierwszym roku użytkowania i do dawki maksymalnej 80 kg·ha$^{-1}$ w drugim. W wariancie nawożenia jesiennego 0 i 20 kg N·ha$^{-1}$ każdy kilogram azotu aplikowany wiosną w zakresie od 0 do 80 kg N·ha$^{-1}$ powodował przyrost plonu w obu latach pełnego użytkowania. Przy jesiennej dawce azotu 40 kg N·ha$^{-1}$ przyrost plonu powodowało podanie tego składnika wiosną w pierwszym roku w dawce nieprzekraczającej 60 kg·ha$^{-1}$. W drugim roku nawożenie azotem było efektywne dla dawek wiosennych w przedziałach od 20 do 40 oraz od 60 do 80 kg N·ha$^{-1}$.

Każda złotówka w nawozach powodowała podobny przyrost wartości plonu w obu latach pełnego użytkowania. W wariancie bez nawożenia jesiennego najbardziej opłacalne było nawożenie wiosenne w przedziale od 40 do 60 kg N·ha$^{-1}$ zarówno w pierwszym, jak i drugim roku. W pierwszym roku użytkowania azot aplikowany wiosną w dawkach od 60 do 80 kg N·ha$^{-1}$ był mało opłacalny przy zastosowaniu dawki jesiennej 20 kg N·ha$^{-1}$, a nawet przynosił straty przy nawożeniu jesiennym w ilości 40 kg N·kg$^{-1}$. W drugim roku najbardziej opłacalne było nawożenie wiosenne w przedziale od 40 do 60 kg N·ha$^{-1}$ (w przypadku aplikacji jesienią 20 kg N·ha$^{-1}$) a także od 60 do 80 kg N·ha$^{-1}$ (w wariancie dawki jesiennej 40 kg·ha$^{-1}$).

## 5.3. OCENA EFEKTÓW PRODUKCYJNYCH UPRAWY ODMIANY TRAWNIKOWEJ ROMINA W ZALEŻNOŚCI OD TERMINU, SPOSOBU I ILOŚCI WYSIEWU

### 5.3.1. Kiełkowanie i rozwój w roku siewu

Kiełkowanie nasion i rozwój roślin odmiany Romina w roku siewu były zależne od terminu, sposobu i ilości wysiewu (tab. 22). Istotnie większą obsadę roślin po wschodach stwierdzono w siewie czystym wiosennym w porównaniu z wsiewkami w jęczmień w obsadzie 250 i 300 szt.·m$^{-2}$. Obsada roślin uzyskana w siewie letnim była podobna do stwierdzonej w siewie czystym wiosennym, jak również u wsiewek. Polowy wskaźnik wschodów był o 11-14% większy w zasiewach czystych (wiosennym i letnim) w porównaniu z siewami współrzędnymi z jęczmieniem, przy czym różnica był istotna tylko między siewem czystym wiosennym a wsiewką w jęczmień w obsadzie 300 szt.·m$^{-2}$. Stwierdzono istotny wpływ ilości wysiewu na obsadę roślin po wschodach, a także na polowy wskaźnik wschodów badanej odmiany. Każdorazowe zwiększenie ilości wysiewu o 5 kg·ha$^{-1}$ w zakresie od 5 do 15 kg·ha$^{-1}$ powodowało wzrost obsady, przy jednoczesnym zmniejszeniu polowego wskaźnika wschodów.

Tabela 22. Obsada roślin po wschodach i polowy wskaźnik wschodów kostrzewy trzcinowej w zależności od terminu, sposobu i ilości wysiewu, (doświadczenie C)

Table 22. Plant density after emergences and field emergence index of tall fescue depending on time, method and rate of sowing, (experiment C)

| Ilość wysiewu Rate of sowing [kg·ha$^{-1}$] (I) | Termin/sposób siewu Time/method of sowing (S) | | | | Średnia Mean |
|---|---|---|---|---|---|
| | Wiosenny czysty Pure in spring | Wsiewka w jęczmień w obsadzie [szt.·m$^{-2}$] Undersown in barley at density [no.·m$^{-2}$] | | Letni Summer | |
| | | 250 | 300 | | |
| Obsada roślin [szt. m$^{-2}$] – Plant density [no.·m$^{-2}$] | | | | | |
| 5 | 270 | 246 | 232 | 293 | 260 |
| 10 | 415 | 343 | 295 | 383 | 359 |
| 15 | 532 | 360 | 432 | 507 | 458 |
| Średnia – Mean | 406 | 316 | 320 | 394 | 359 |
| NIR dla – LSD for S – 79,3; I – 42,3; S/I – 104,1; I/S – 84,6 | | | | | |
| Polowy wskaźnik wschodów – Field emergence index [%] | | | | | |
| 5 | 82,8 | 75,4 | 71,3 | 86,5 | 79,0 |
| 10 | 65,9 | 52,5 | 45,1 | 58,7 | 55,6 |
| 15 | 54,3 | 36,8 | 44,1 | 51,8 | 46,7 |
| Średnia – Mean | 67,7 | 54,9 | 53,5 | 65,7 | 60,4 |
| NIR dla – LSD for S – 13,26; I – 6,98; S/I – rn†; I/S – rn | | | | | |

† – rn – różnice nieistotne – non-significant differences

Tempo kiełkowania odmiany Romina kostrzewy trzcinowej było podobne w zasiewie czystym wiosennym i z jęczmieniem. Zahamowanie rozwoju wsiewki zaobserwowano od fazy strzelania w źdźbło jęczmienia, gdy kostrzewa miała 2-3 liście lub rzadziej jeden pęd boczny. Po zbiorze rośliny ochronnej kostrzewa do końca wegetacji wykształciła 2-4 pędy z rośliny. W tym czasie w zasiewie czystym wiosennym kostrzewa była w pełni rozkrzewiona i miała wykształcone od kilku do kilkunastu pędów. Tempo rozwoju kostrzewy w zasiewie letnim było powolne w warunkach okresowych niedoborów opadów oraz coraz chłodniejszych i krótszych dni (tab. 2-4). Suma temperatur efektywnych od siewu do końca wegetacji kostrzewy w zasiewie letnim stanowiła 33% sumy temperatur w zasiewach wiosennych (tab. 23). Kostrzewa z tak opóźnionego siewu kończyła wegetację w fazie trzech liści lub początku krzewienia.

Tabela 23. Suma temperatur od siewu do końca wegetacji kostrzewy trzcinowej w zależności od terminu siewu, (doświadczenie C)
Table 23. Accumulated temperature from sowing to the end of growing period of tall fescue depending on time of sowing, (experiment C)

| Chrząstowo | | Szelejewo | |
|---|---|---|---|
| Termin siewu – Time of sowing | | | |
| Wiosenny<br>In spring | Letni<br>In summer | Wiosenny<br>In spring | Letni<br>In summer |
| ST† dla – for $t_p$ 5°C | | | |
| 1872 | 613 | 1958 | 648 |
| ST dla – for $t_p$ 0 °C | | | |
| 2755 | 955 | 2864 | 1008 |

†ST – suma temperatur – accumulated temperature

Plon jęczmienia użytego jako roślina ochronna wynosił 28,0 i 34,0 dt·ha$^{-1}$, odpowiednio dla obsady 250 i 300 szt.·m$^{-2}$, natomiast jęczmienia użytego jako przedplon 36,2 dt·ha$^{-1}$.

## 5.3.2. Cechy biometryczne i plonowanie

W pierwszym roku użytkowania ruń w okresie ruszenia wegetacji odmiany Romina kostrzewy trzcinowej była niższa, jeśli ilość siewu wynosiła 5 kg·ha$^{-1}$, istotnie wyższa przy 10 kg·ha$^{-1}$ i najwyższa przy 15 kg·ha$^{-1}$ wysianych nasion (tab. 24). Niezależnie od ilości wysiewu rośliny były najwyższe w zasiewie czystym wiosennym, istotnie niższe w przypadku wsiewki w jęczmień i najniższe w zasiewie letnim. W drugim roku pełnego użytkowania nie stwierdzono wpływu terminu i sposobu siewu na wysokość runi, ale istotny był wpływ ilości wysiewu. Po wysiewie 5 i 10 kg·ha$^{-1}$ wysokość runi była podobna, ale po wysiewie 15 kg·ha$^{-1}$ ruń była najwyższa. Podobnie kształtowały się wyniki w zasiewie czystym wiosennym, ale wsiewka w jęczmień w obsadzie 300 szt.·m$^{-2}$ przy największej ilości wysiewu była najniższa.

W pierwszym roku użytkowania zagęszczenie pędów generatywnych roślin odmiany Romina, średnio dla zróżnicowanych ilości wysiewu było największe w zasiewie czystym wiosennym, istotnie mniejsze w przypadku wsiewek i najmniejsze w zasiewie letnim (tab. 25). Liczba pędów generatywnych na m$^2$, średnio dla terminów i sposobów siewu była mniejsza, jeśli ilość wysiewu wynosiła 5 kg·ha$^{-1}$ w porównaniu z ilością wysiewu 10 kg·ha$^{-1}$. Analiza interakcji wykazała, że tylko w zasiewie z jęczmieniem w obsadzie 300 szt.·m$^{-2}$ ograniczenie ilości wysiewu kostrzewy do 5 kg·ha$^{-1}$ spowodowało redukcję liczby pędów generatywnych. W drugim roku użytkowania więcej pędów generatywnych stwierdzono przy najmniejszej ilości wysiewu 5 kg·ha$^{-1}$ w porównaniu z ilością największą 15 kg·ha$^{-1}$. Wzrost zagęszczenia pędów generatywnych przy wysiewie 5 kg·ha$^{-1}$ był istotny tylko w zasiewach czystych (wiosennym w porównaniu z ilością wysiewu 10 kg·ha$^{-1}$ a letnim 15 kg·ha$^{-1}$).

W pierwszym roku użytkowania pędy generatywne w okresie kwitnienia kostrzewy trzcinowej były najkrótsze w zasiewie letnim, w drugim roku w siewie czystym wiosennym (rys. 15). Ponadto w drugim roku pędy były dłuższe, jeśli kostrzewę wysiewano w ilości 10 i 15 kg·ha$^{-1}$ w porównaniu z wysiewem 5 kg·ha$^{-1}$.

W pierwszym roku wyleganie przed zbiorem było najsilniejsze w zasiewie czystym wiosennym (rys. 16). W drugim roku nie stwierdzono wpływu terminów i sposobów siewu na stopień wylegania, a niewielkie różnice tej cechy dla porównywanych ilości wysiewu, choć istotne statystycznie nie miały praktycznego znaczenia.

W pierwszym roku wsiewki w jęczmień jary wykształciły istotnie więcej kłosków w kwiatostanach niż rośliny w zasiewie letnim (rys. 17). Pośrednią liczbę kłosków uzyskano w zasiewie czystym wiosennym. Badane czynniki nie miały istotnego wpływu na liczbę kłosków w kwiatostanach w drugim roku pełnego użytkowania.

Tabela 24. Wysokość runi w czasie ruszenia wegetacji w pierwszym i drugim roku pełnego użytkowania kostrzewy trzcinowej w zależności od terminu, sposobu i ilości wysiewu [cm], (doświadczenie C)

Table 24. Sward height at the start of growing period in the first and second production year of tall fescue depending on time, method and rate of sowing [cm], (experiment C)

| Ilość wysiewu Rate of sowing [kg·ha$^{-1}$] (I) | Termin/sposób siewu Time/method of sowing (S) | | | | Średnia Mean |
|---|---|---|---|---|---|
| | Wiosenny czysty Pure in spring | Wsiewka w jęczmień w obsadzie [szt.·m$^{-2}$] Undersown in barley at density [no.·m$^{-2}$] | | Letni Summer | |
| | | 250 | 300 | | |
| Pierwszy rok użytkowania – First production year | | | | | |
| 5 | 13,58 | 8,29 | 8,79 | 4,92 | 8,90 |
| 10 | 13,96 | 9,21 | 8,96 | 5,29 | 9,35 |
| 15 | 14,83 | 9,63 | 9,29 | 5,79 | 9,89 |
| Średnia – Mean | 14,13 | 9,04 | 9,01 | 5,33 | 9,38 |
| NIR dla – LSD for S – 1,170; I – 0,400; S/I – r.n†; I/S – rn | | | | | |
| Drugi rok użytkowania – Second production year | | | | | |
| 5 | 13,3 | 13,9 | 14,3 | 14,1 | 13,9 |
| 10 | 13,2 | 14,3 | 14,1 | 14,0 | 13,9 |
| 15 | 14,7 | 14,6 | 13,5 | 14,4 | 14,3 |
| Średnia – Mean | 13,7 | 14,3 | 14,0 | 14,2 | 14,0 |
| NIR dla – LSD for S – rn; I – 0,268; S/I – rn; I/S – 0,535 | | | | | |

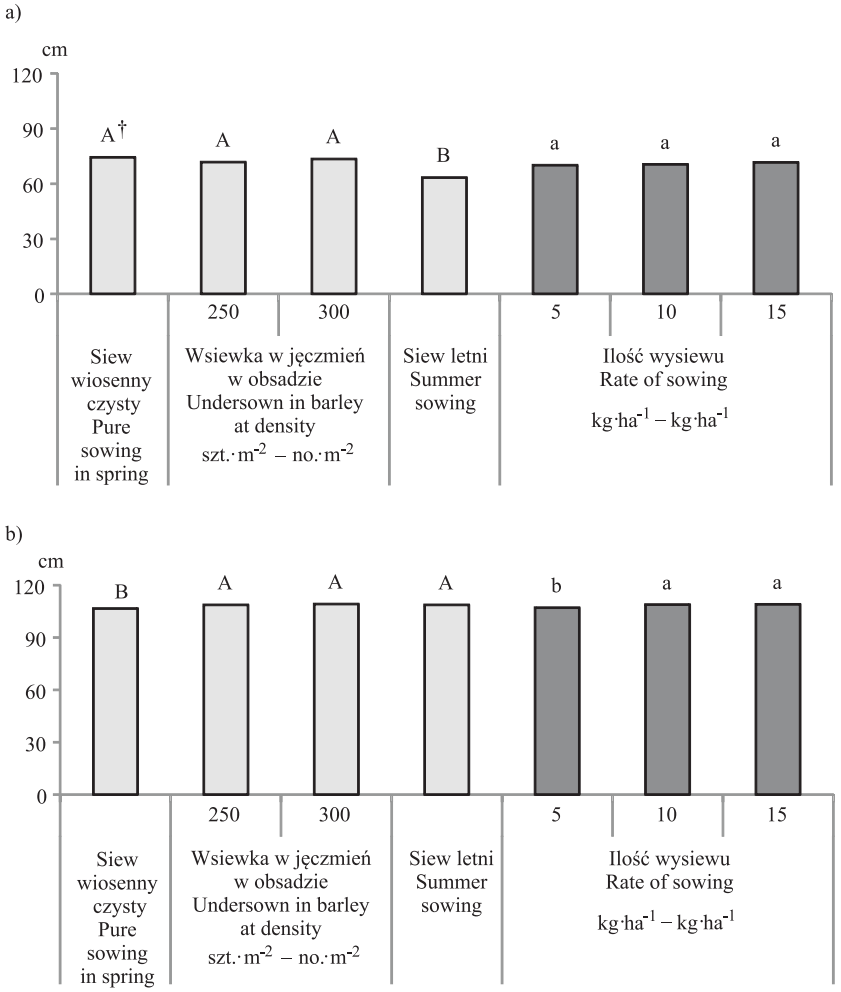
† – rn – różnice nieistotne – non-significant differences

Tabela 25. Liczba pędów generatywnych w pierwszym i drugim roku pełnego użytkowania kostrzewy trzcinowej w zależności od terminu, sposobu i ilości wysiewu [szt. $m^{-2}$], (doświadczenie C)

Table 25. Generative tiller number in the first and second production year of tall fescue depending on time, method and rate of sowing [no.·$m^{-2}$], (experiment C)

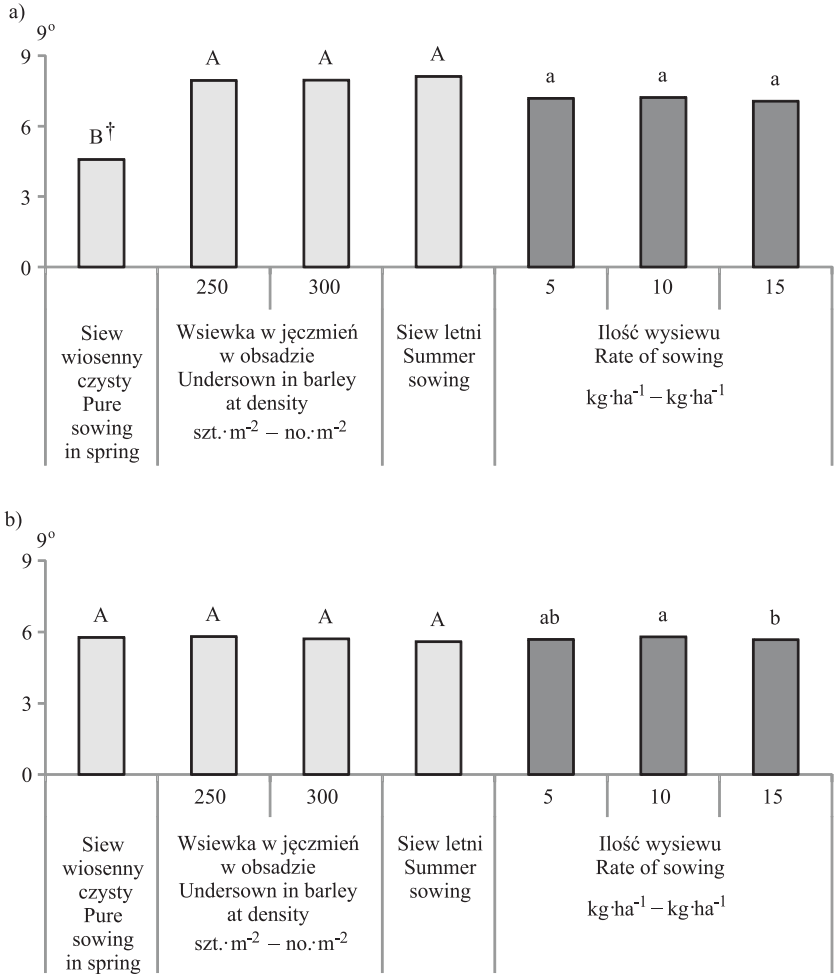
| Ilość wysiewu Rate of sowing [kg·$ha^{-1}$] (I) | Termin/sposób siewu Time/method of sowing (S) | | | | Średnia Mean |
|---|---|---|---|---|---|
| | Wiosenny czysty Pure in spring | Wsiewka w jęczmień w obsadzie [szt.·$m^{-2}$] Undersown in barley at density [no.·$m^{-2}$] | | Letni Summer | |
| | | 250 | 300 | | |
| Pierwszy rok użytkowania – First production year | | | | | |
| 5 | 1914 | 1093 | 846 | 527 | 1095 |
| 10 | 1871 | 1100 | 1192 | 518 | 1170 |
| 15 | 1849 | 1072 | 1001 | 605 | 1132 |
| Średnia – Mean | 1878 | 1088 | 1013 | 550 | 1132 |
| NIR dla – LSD for S – 186,6; I – 48,1; S/I – 192,6; I/S – 96,2 | | | | | |
| Drugi rok użytkowania – Second production year | | | | | |
| 5 | 1590 | 1506 | 1486 | 1415 | 1499 |
| 10 | 1139 | 1348 | 1577 | 1357 | 1355 |
| 15 | 1311 | 1374 | 1491 | 1088 | 1316 |
| Średnia – Mean | 1347 | 1409 | 1518 | 1286 | 1390 |
| NIR dla – LSD for S – rn†; I – 147,5; S/I – 403,8; I/S – 295,0 | | | | | |

† – rn – różnice nieistotne – non-significant differences



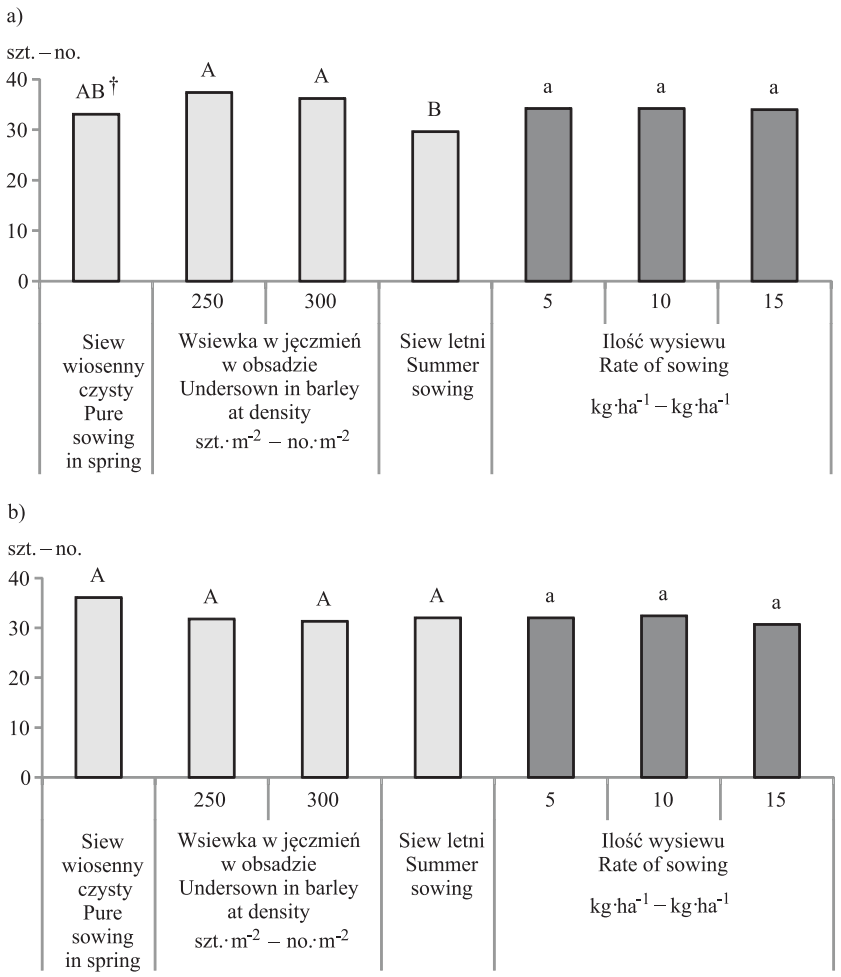

Rys. 15. Długość pędów generatywnych kostrzewy trzcinowej w zależności od terminu, sposobu i ilości wysiewu w roku użytkowania: a) pierwszym, b) drugim, (doświadczenie C)
† A, B, a, b …– średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Fig. 15. Generative tiller length of tall fescue depending on time, method and rate of sowing in production year: a) first, b) second, (experiment C)
†A, B, a, b…. – means marked with different letters differ significantly




Rys. 16. Wyleganie kostrzewy trzcinowej w zależności od terminu, sposobu i ilości wysiewu w roku użytkowania: a) pierwszym, b) drugim, (doświadczenie C)
† A, B, a, b …– średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Fig. 16. Lodging of tall fescue depending on time, method and rate of sowing in production year: a) first, b) second, (experiment C)
† A, B, a, b …– średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie




Rys. 17. Liczba kłosków w wiesze kostrzewy trzcinowej w zależności od terminu, sposobu i ilości wysiewu w roku użytkowania: a) pierwszym, b) drugim, (doświadczenie C)
† A, B, a, b …– średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Fig. 17. Number of spikelets per panicle of tall fescue depending on time, method and rate of sowing in production year: a) first, b) second, (experiment C)
† A, B, a, b …– średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

W pierwszym roku użytkowania najmniejszą liczbę kwiatów w kłoskach stwierdzono w zasiewie czystym wiosennym (tab. 26). W drugim roku w wariancie siewu letniego rośliny wykształciły istotnie więcej kwiatów w kłoskach, jeśli norma siewu wynosiła 15 kg·ha$^{-1}$ w porównaniu z wysiewem 5 i 10 kg·ha$^{-1}$, natomiast wsiewka w jęczmień w obsadzie 250 szt.·m$^{-2}$, jeśli wysiewano 10 kg·ha$^{-1}$ w porównaniu z normą siewu 5 kg·ha$^{-1}$.

W pierwszym roku użytkowania nie wykazano istotnego wpływu terminu, sposobu siewu ani ilości wysiewu na liczbę nasion w kłoskach (tab. 27). Odnotowano jedynie, że w zasiewie czystym wiosennym była ona o 12-15% mniejsza w porównaniu ze stwierdzoną w pozostałych terminach i sposobach siewu. W drugim roku tylko w przypadku wsiewki w jęczmień w obsadzie 250 szt.·m$^{-2}$ liczba nasion w kłoskach kostrzewy trzcinowej była większa przy wysiewie 5 kg·ha$^{-1}$ w porównaniu ze stwierdzoną przy normie siewu 10 kg·ha$^{-1}$.

Tabela 26. Liczba kwiatów w kłosku w pierwszym i drugim roku pełnego użytkowania kostrzewy trzcinowej w zależności od terminu, sposobu i ilości wysiewu [szt.], (doświadczenie C)

Table 26. Number of florets per spikelet in the first and second production year of tall fescue depending on time, method and rate of sowing [no.], (experiment C)

| Ilość wysiewu Rate of sowing [kg·ha$^{-1}$] (I) | Termin/sposób siewu Time/method of sowing (S) | | | | Średnia Mean |
|---|---|---|---|---|---|
| | Wiosenny czysty Pure in spring | Wsiewka w jęczmień w obsadzie [szt.·m$^{-2}$] Undersown in barley at density [no.·m$^{-2}$] | | Letni Summer | |
| | | 250 | 300 | | |
| Pierwszy rok użytkowania – First production year | | | | | |
| 5 | 4,41 | 5,04 | 5,04 | 5,39 | 4,97 |
| 10 | 4,22 | 5,06 | 4,84 | 5,40 | 4,88 |
| 15 | 4,20 | 5,03 | 5,24 | 5,13 | 4,90 |
| Średnia – Mean | 4,28 | 5,04 | 5,04 | 5,31 | 4,92 |
| NIR dla – LSD for S – 0,469; I – r.n$^{\dagger}$; S/I – rn; I/S – rn | | | | | |
| Drugi rok użytkowania – Second production year | | | | | |
| 5 | 4,60 | 4,46 | 4,58 | 4,35 | 4,50 |
| 10 | 4,63 | 4,86 | 4,53 | 4,38 | 4,60 |
| 15 | 4,50 | 4,59 | 4,67 | 4,88 | 4,66 |
| Średnia – Mean | 4,58 | 4,64 | 4,59 | 4,53 | 4,59 |
| NIR dla – LSD for S – rn; I – rn; S/I – 0,472; I/S – 0,337 | | | | | |

$^{\dagger}$ – rn – różnice nieistotne – non-significant differences

W pierwszym roku użytkowania odmiany Romina, niezależnie od ilości wysiewu, plon nasion był największy w zasiewie wiosennym bez rośliny ochronnej, wsiewki plonowały istotnie gorzej, a najmniejszy plon nasion uzyskano w zasiewie letnim (tab. 28).

Tabela 27. Liczba nasion w kłosku w pierwszym roku pełnego użytkowania kostrzewy trzcinowej w zależności od terminu, sposobu i ilości wysiewu [szt.], (doświadczenie C)

Table 27. Number of seeds per spikelet in the first and second production year of tall fescue depending on time, method and rate of sowing [no.], (experiment C)

| Ilość wysiewu Rate of sowing [kg·ha$^{-1}$] (I) | Termin/sposób siewu Time/method of sowing (S) | | | | Średnia Mean |
|---|---|---|---|---|---|
| | Wiosenny czysty Pure in spring | Wsiewka w jęczmień w obsadzie [szt.·m$^{-2}$] Undersown in barley at density [no.·m$^{-2}$] | | Letni Summer | |
| | | 250 | 300 | | |
| Pierwszy rok użytkowania – First production year | | | | | |
| 5 | 3,06 | 3,44 | 3,34 | 3,06 | 3,23 |
| 10 | 2,75 | 3,30 | 3,52 | 3,36 | 3,23 |
| 15 | 2,71 | 3,21 | 3,21 | 3,30 | 3,11 |
| Średnia – Mean | 2,84 | 3,32 | 3,36 | 3,24 | 3,19 |
| NIR dla – LSD for S – r.n$^{\dagger}$; I – rn; S/I – rn; I/S – rn | | | | | |
| Drugi rok użytkowania – Second production year | | | | | |
| 5 | 2,36 | 2,53 | 2,44 | 2,47 | 2,45 |
| 10 | 2,30 | 2,15 | 2,48 | 2,52 | 2,36 |
| 15 | 2,37 | 2,44 | 2,24 | 2,41 | 2,36 |
| Średnia – Mean | 2,35 | 2,37 | 2,38 | 2,47 | 2,39 |
| NIR dla – LSD for S – rn; I – rn; S/I – rn; I/S – 0,309 | | | | | |

$^{\dagger}$ – rn – różnice nieistotne – non-significant differences

Niezależnie od sposobu i terminu siewu plon nasion był większy, jeśli norma siewu wynosiła 5 lub 10 kg·ha$^{-1}$ w porównaniu z wysiewem 15 kg·ha$^{-1}$. Analiza interakcji wykazała, że dla zasiewu czystego wiosennego najmniej korzystne było wysianie nasion w ilości 15 kg·ha$^{-1}$. Podobnie było w zasiewie letnim, ale różnica plonu był istotna tylko w porównaniu z wysiewem 5 kg·ha$^{-1}$. Wsiewka kostrzewy w jęczmień w obsadzie 250 szt.·m$^{-2}$ plonowała podobnie przy wysiewie 5, 10 i 15 kg·ha$^{-1}$, ale w warunkach zwiększonej obsady jęczmienia do 300 szt.·m$^{-2}$ plony nasion kostrzewy były większe jeśli wysiewano 10 lub 15 kg·ha$^{-1}$ w porównaniu z wysiewem 5 kg·ha$^{-1}$. W drugim roku użytkowania odmiany Romina, niezależnie od ilości wysiewu plon nasion był największy w zasiewie letnim, istotnie mniejszy w przypadku wsiewki w jęczmień w obsadzie 250 szt.·m$^{-2}$ i najmniejszy w zasiewie czystym wiosennym. Plon wsiewki w jęczmień w obsadzie 300 szt.·m$^{-2}$ nie różnił się istotnie od uzyskanego w warunkach obsady jęczmienia 250 szt.·m$^{-2}$ i w zasiewie letnim.

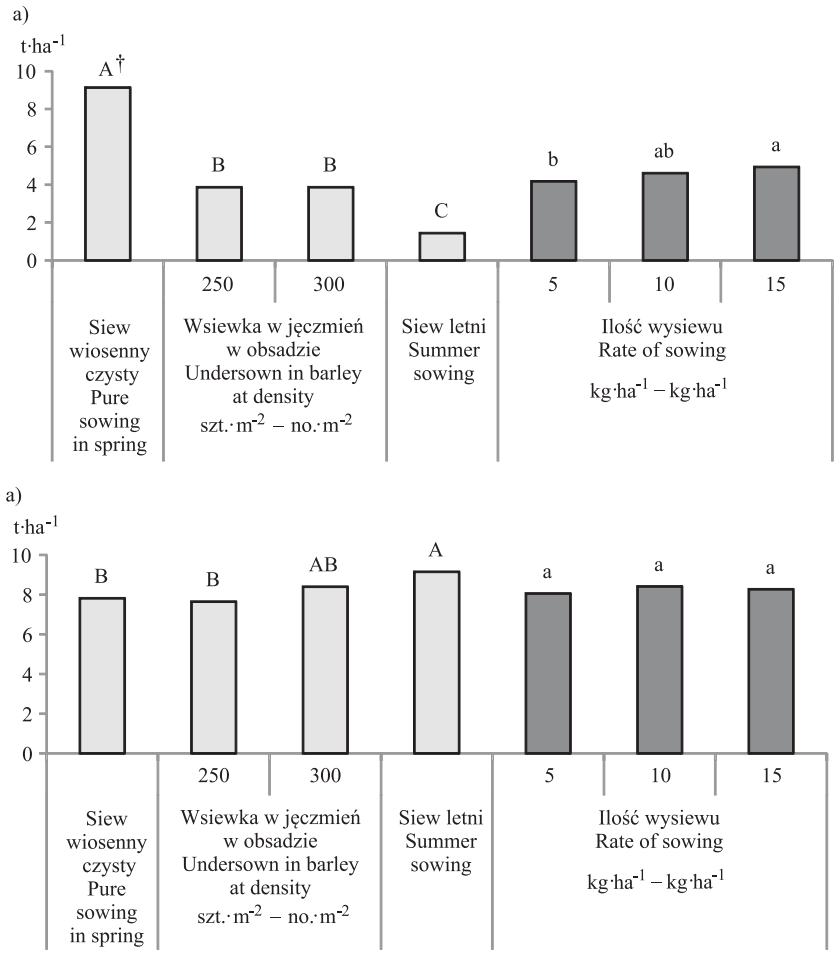
Tabela 28. Plon nasion w pierwszym roku pełnego użytkowania kostrzewy trzcinowej w zależności od terminu, sposobu i ilości wysiewu [t ha$^{-1}$], (doświadczenie C)
Table 28. Seed yield in the first and second production year of tall fescue depending on time, method and rate of sowing [t ha$^{-1}$], (experiment C)

| Ilość wysiewu Rate of sowing [kg ha$^{-1}$] (I) | Termin/sposób siewu Time/method of sowing (S) | | | | Średnia Mean |
|---|---|---|---|---|---|
| | Wiosenny czysty Pure in spring | Wsiewka w jęczmień w obsadzie [szt.·m$^{-2}$] Undersown in barley at density [no.·m$^{-2}$] | | Letni Summer | |
| | | 250 | 300 | | |
| Pierwszy rok użytkowania – First production year | | | | | |
| 5 | 1,70 | 1,40 | 1,29 | 0,88 | 1,32 |
| 10 | 1,65 | 1,39 | 1,39 | 0,84 | 1,32 |
| 15 | 1,56 | 1,38 | 1,37 | 0,80 | 1,28 |
| Średnia – Mean | 1,64 | 1,39 | 1,35 | 0,84 | 1,31 |
| NIR dla – LSD for S – 0,153; I – 0,030; S/I – rn†; I/S – 0,059 | | | | | |
| Drugi rok użytkowania – Second production year | | | | | |
| 5 | 0,93 | 1,29 | 1,39 | 1,47 | 1,27 |
| 10 | 0,99 | 1,26 | 1,32 | 1,38 | 1,24 |
| 15 | 1,14 | 1,27 | 1,45 | 1,43 | 1,32 |
| Średnia – Mean | 1,02 | 1,27 | 1,38 | 1,43 | 1,28 |
| NIR dla – LSD for S – 0,153; I – rn; S/I – rn; I/S – rn | | | | | |

† – rn – różnice nieistotne – non-significant differences

W pierwszym roku użytkowania masa słomy była największa w zasiewie czystym wiosennym, istotnie mniejsza w przypadku wsiewek i najmniejsza w zasiewie letnim (rys. 18). Zmniejszenie ilości wysiewu do 5 kg·ha$^{-1}$ spowodowało ograniczenie masy słomy w porównaniu z wysiewem 15 kg·ha$^{-1}$. W drugim roku użytkowania masa słomy w zasiewie letnim była istotnie większa niż w czystym wiosennym i z jęczmieniem w obsadzie 250 szt.·m$^{-2}$.

W pierwszym roku użytkowania największą wilgotnością przy zbiorze charakteryzowały się nasiona zebrane w siewie czystym wiosennym (tab. 29). Badana odmiana kostrzewy trzcinowej, niezależnie od terminu czy sposobu siewu, charakteryzowała się mniejszą wilgotnością nasion, jeśli była wysiewana w ilości 5 kg·ha$^{-1}$, w porównaniu z wysiewem 10 i 15 kg·ha$^{-1}$. W analizie interakcji wykazano, że opisywana różnica była istotna statystycznie tylko w zasiewie czystym wiosennym i z jęczmieniem w obsadzie 250 szt.·m$^{-2}$. W drugim roku użytkowania wilgotność nasion przy zbiorze była największa, jeśli wysiewano 15 kg·ha$^{-1}$, istotnie mniejsza przy 10 kg·ha$^{-1}$ i najmniejsza przy 5 kg·ha$^{-1}$ wysianych nasion. Ponadto wilgotność nasion, średnio dla terminów i sposobów siewu była nieco większa w zasiewie letnim niż w zasiewach wiosennych, przy czym różnica była istotna statystycznie tylko w wariancie najmniejszej ilości wysiewu 5 kg·ha$^{-1}$.




Rys. 18. Masa słomy kostrzewy trzcinowej w zależności od terminu, sposobu i ilości wysiewu w roku użytkowania: a) pierwszym, b) drugim, (doświadczenie C)
† A, B, a, b …– średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Fig. 18. Straw weight of tall fescue depending on time, method and rate of sowing in production year: a) first, b) second, (experiment C)
† A, B, a, b …– średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

W pierwszym roku pełnego użytkowania, średnio dla badanych ilości wysiewu, kostrzewa w zasiewie letnim charakteryzowała się większą masą tysiąca nasion w porównaniu z siewem czystym wiosennym (tab. 30). W drugim roku, w przypadku wsiewki w jęczmień w obsadzie 250 szt.·m$^{-2}$ stwierdzono zmniejszenie masy tysiąca nasion kostrzewy przy ilości wysiewu 10 kg·ha$^{-1}$ w porównaniu z wysiewem 5 kg·ha$^{-1}$.

Tabela 29. Wilgotność nasion w pierwszym roku pełnego użytkowania kostrzewy trzcinowej w zależności od terminu, sposobu i ilości wysiewu [%], (doświadczenie C)

Table 29. Seed moisture in the first and second production year of tall fescue depending on time, method and rate of sowing [%], (experiment C)

| Ilość wysiewu Rate of sowing [kg·ha$^{-1}$] (I) | Termin/sposób siewu Time/method of sowing (S) | | | | Średnia Mean |
|---|---|---|---|---|---|
| | Wiosenny czysty Pure in spring | Wsiewka w jęczmień w obsadzie [szt.·m$^{-2}$] Undersown in barley at density [no.·m$^{-2}$] | | Letni Summer | |
| | | 250 | 300 | | |
| Pierwszy rok użytkowania – First production year | | | | | |
| 5 | 17,2 | 15,7 | 16,0 | 15,0 | 16,0 |
| 10 | 18,0 | 16,3 | 15,5 | 15,5 | 16,3 |
| 15 | 18,5 | 16,0 | 15,9 | 15,5 | 16,5 |
| Średnia – Mean | 17,9 | 16,0 | 15,8 | 15,4 | 16,3 |
| NIR dla – LSD for S – 1,302; I – 0,301; S/I – rn†; I/S – 0,602 | | | | | |
| Drugi rok użytkowania – Second production year | | | | | |
| 5 | 12,0 | 12,3 | 12,5 | 13,9 | 12,7 |
| 10 | 13,1 | 13,5 | 13,6 | 13,6 | 13,4 |
| 15 | 14,2 | 13,8 | 14,2 | 14,4 | 14,1 |
| Średnia – Mean | 13,1 | 13,2 | 13,4 | 14,0 | 13,4 |
| NIR dla – LSD for S – rn; I – 0,52; S/I – 1,47; I/S – 1,05 | | | | | |

† – rn – różnice nieistotne – non-significant differences

W pierwszym roku użytkowania zdolność kiełkowania nasion, średnio dla testowanych ilości wysiewu była najmniejsza w zasiewie czystym wiosennym, natomiast w drugim roku w zasiewie letnim (rys. 19). Nie wykazano wpływu ilości wysiewu na zdolność kiełkowania nasion w pierwszym ani w drugim roku użytkowania.

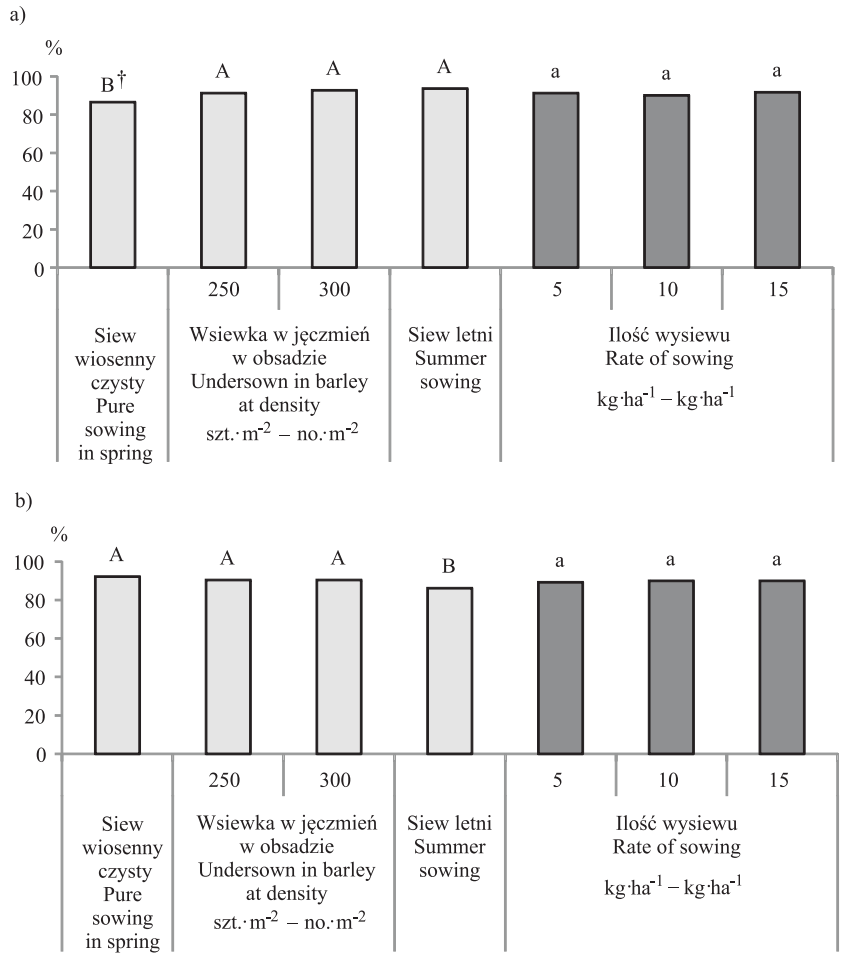
Tabela 30. Masa tysiąca nasion w pierwszym roku pełnego użytkowania kostrzewy trzcinowej w zależności od terminu, sposobu i ilości wysiewu [g], (doświadczenie C)

Table 30. Thousand seed weight in the first and second production year of tall fescue depending on time, method and rate of sowing [g], (experiment C)

| Ilość wysiewu Rate of sowing [kg·ha$^{-1}$] (I) | Termin/sposób siewu Time/method of sowing (S) | | | | Średnia Mean |
|---|---|---|---|---|---|
| | Wiosenny czysty Pure in spring | Wsiewka w jęczmień w obsadzie [szt.·m$^{-2}$] Undersown in barley at density [no.·m$^{-2}$] | | Letni Summer | |
| | | 250 | 300 | | |
| Pierwszy rok użytkowania – First production year | | | | | |
| 5 | 1,38 | 1,46 | 1,56 | 1,64 | 1,51 |
| 10 | 1,37 | 1,45 | 1,56 | 1,67 | 1,51 |
| 15 | 1,39 | 1,46 | 1,52 | 1,64 | 1,50 |
| Średnia – Mean | 1,38 | 1,46 | 1,55 | 1,65 | 1,51 |
| NIR dla – LSD for S – 0,200; I – r.n†; S/I – rn; I/S – rn | | | | | |
| Drugi rok użytkowania – Second production year | | | | | |
| 5 | 1,51 | 1,52 | 1,51 | 1,49 | 1,50 |
| 10 | 1,49 | 1,40 | 1,53 | 1,51 | 1,48 |
| 15 | 1,47 | 1,51 | 1,43 | 1,48 | 1,47 |
| Średnia – Mean | 1,49 | 1,48 | 1,49 | 1,49 | 1,49 |
| NIR dla – LSD for S – rn; I – rn; S/I – 0,122; I/S – 0,102 | | | | | |

† – rn – różnice nieistotne – non-significant differences

W pierwszym roku stwierdzono największą, dodatnią wartość współczynnika korelacji plonu nasion z wysokością runi na wiosnę, długością i liczbą pędów generatywnych, a także z liczbą kłosków w wiesze (tab. 31). Wysokim plonom nasion kostrzewy towarzyszyło silne wyleganie i zmniejszenie liczby nasion w kłoskach, choć wartości współczynników korelacji tych cech były stosunkowo małe. Zdolność kiełkowania nasion była ujemnie skorelowana z plonem nasion i masą słomy, a także z wysokością runi na wiosnę, długością i liczbą pędów generatywnych, liczbą kłosków w kwiatostanach i wilgotnością nasion. Ograniczenie wylegania i zwiększenie masy tysiąca nasion sprzyjało uzyskaniu nasion w większej zdolności kiełkowania.




Rys. 19. Zdolność kiełkowania kostrzewy trzcinowej w zależności od terminu, sposobu i ilości wysiewu w roku użytkowania: a) pierwszym, b) drugim, (doświadczenie C)
† A, B, a, b …– średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Fig. 19. Germination capacity of tall fescue depending on time, method and rate of sowing in production year: a) first, b) second, (experiment C)
† A, B, a, b …– średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

W drugim roku, podobnie jak w pierwszym wykazano korelację plonu nasion i liczby kłosków w kwiatostanach oraz wylegania, ale wartości współczynników korelacji były małe. Zdolność kiełkowania była najsilniej, dodatnio skorelowana z masą tysiąca nasion i ujemnie z wilgotnością nasion. W przeciwieństwie do pierwszego roku zdolność kiełkowania nasion była większa przy licznych pędach generatywnych, kłoskach w wiesze i większej masie słomy oraz nasilonym wyleganiu.

Tabela 31. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona w pierwszym i drugim roku pełnego użytkowania kostrzewy trzcinowej istotne przy $p < 0,05$, (doświadczenie C)

Table 31. Pearson's line correlation coefficients of biometric characteristics in the first and second production year of tall fescue significant at $p < 0.05$, (experiment C)

| Cechy biomteryczne<br>Biometric characteristics | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Wysokość runi – Sward height | - | 0,53 | 0,84 | -0,71 | 0,61 | ni | -0,48 | 0,64 | 0,73 | -0,54 | 0,62 | -0,67 |
| 2. Długość pędów generatywnych<br>Generative tiller lenght | ni† | - | 0,50 | -0,48 | 0,39 | ni | -0,40 | ni | 0,71 | -0,29 | 0,63 | -0,44 |
| 3. Liczba pędów generatywnych<br>Number of generative tilliers | ni | -0,60 | - | -0,58 | 0,61 | ni | -0,44 | 0,57 | 0,71 | -0,44 | 0,49 | -0,65 |
| 4. Wyleganie przed zbiorem<br>Lodging before harvest | ni | 0,43 | -0,65 | - | -0,40 | ni | 0,49 | -0,74 | -0,43 | 0,38 | -0,61 | 0,74 |
| 5. Liczba kłosków w wiesze<br>Number of spikelets per panicle | ni | -0,23 | 0,41 | -0,47 | - | ni | ni | ni | 0,65 | -0,48 | 0,30 | -0,31 |
| 6. Liczba kwiatów w kłosku<br>Number of florets per spikelet | ni | ni | ni | ni | ni | - | ni | ni | ni | ni | ni | ni |
| 7. Liczba nasion w kłosku<br>Number of seeds per spikelet | -0,26 | ni | ni | ni | -0,24 | -0,22 | - | -0,44 | -0,36 | 0,46 | -0,29 | 0,52 |
| 8. Wilgotność nasion<br>Seed moisture | ni | 0,68 | -0,78 | 0,63 | -0,36 | ni | ni | - | ni | -0,28 | 0,41 | -0,78 |
| 9. Plon nasion – Seed yield | ni | ni | ni | -0,26 | 0,30 | ni | ni | ni | ni | -0,48 | 0,71 | -0,47 |
| 10. MTN masa tysiąca nasion<br>TSW thousand seed weight | ni | -0,51 | 0,76 | -0,61 | 0,37 | ni | ni | -0,82 | ni | - | ni | 0,36 |
| 11. Masa słomy – Straw weight | ni | -0,61 | 0,79 | -0,77 | 0,38 | ni | ni | -0,85 | ni | 0,83 | - | -0,52 |
| 12. Zdolność kiełkowania<br>Germination capacity | ni | -0,57 | 0,67 | -0,52 | 0,24 | ni | ni | -0,78 | ni | 0,78 | 0,73 | - |

†ni – współczynniki nieistotne – non-significant coefficients

Pierwszy rok użytkowania – First production year

Drugi rok pełnego użytkowania – Second production year

### 5.3.3. Nadwyżka bezpośrednia

W roku siewu nadwyżka bezpośrednia była największa w zasiewie letnim (tab. 32). W pierwszym roku użytkowania wartość tego wskaźnika dochodowości była największa w siewie czystym wiosennym, natomiast w drugim roku w zasiewie letnim. Poziom nadwyżki bezpośredniej, razem dla trzech sezonów wegetacyjnych (rok siewu i dwa lata pełnego użytkowania) był największy w wariancie siewu z jęczmieniem w obsadzie 300 szt.·m$^{-2}$ i najmniejszy w zasiewie letnim. Nadwyżka bezpośrednia w zasiewie czystym wiosennym dla każdej normy siewu była podobna. W przypadku wsiewki w jęczmień w obsadzie 250 szt.·m$^{-2}$ i zasiewu letniego większą nadwyżkę uzyskano przy normie siewu 5 kg·ha$^{-1}$, ale jeśli obsadę jęczmienia zwiększono do 300 szt.·m$^{-2}$ lepsze efekty ekonomiczne uzyskano przy wysiewie kostrzewy w ilości 15 kg·ha$^{-1}$.

Tabela 32. Nadwyżka bezpośrednia w latach siewu, pierwszym i drugim roku pełnego użytkowania kostrzewy trzcinowej w zależności od terminu, sposobu i ilości wysiewu [zł], (doświadczenie C)

Table 32. Gross margin in the establishment year and the first and second production years of tall fescue depending on time, method and rate of sowing [PLN], (experiment C)

| Ilość wysiewu Rate of sowing [kg·ha$^{-1}$] | Rok uprawy Growing year | Termin/sposób siewu Time/method of sowing | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Wiosenny czysty Pure in spring | Wsiewka w jęczmień w obsadzie [szt.·m$^{-2}$] Undersown in barley at density [no.·m$^{-2}$] | | Letni Summer |
| | | | 250 | 300 | |
| 5 | Rok siewu Establishment year | 556 | 757 | 855 | 1074 |
| | Pierwszy – First | 5980 | 4778 | 4318 | 2893 |
| | Drugi – Second | 3100 | 4826 | 5278 | 5646 |
| | Razem – Total | 9636 | 10361 | 10451 | 9613 |
| 10 | Rok siewu Establishment year | 486 | 687 | 785 | 1039 |
| | Pierwszy – First | 5756 | 4720 | 4722 | 2741 |
| | Drugi – Second | 3380 | 4688 | 4970 | 5314 |
| | Razem – Total | 9622 | 10095 | 10477 | 9064 |
| 15 | Rok siewu Establishment year | 416 | 617 | 715 | 1004 |
| | Pierwszy – First | 5424 | 4702 | 4618 | 2563 |
| | Drugi – Second | 3962 | 4712 | 5492 | 5494 |
| | Razem – Total | 9802 | 10031 | 10825 | 9061 |

# 6. DYSKUSJA

O wzroście, rozwoju i plonowaniu traw uprawianych na nasiona decydują czynniki agrotechniczne w roku siewu oraz w latach pełnego użytkowania. Jednym z parametrów ustalanych przy zasiewie jest rozstawa rzędów, która wpływa na instalację roślin oraz kształtowanie strukturalnych elementów plonowania i plonu nasion w latach zbioru [35, 91, 94, 95]. W przeprowadzonych badaniach wykazano, że przy jednakowej ilości wysiewu na jednostce powierzchni większe zagęszczenie roślin w rzędzie w rozstawie rzędów 48 cm w porównaniu z rozstawą 24 cm spowodowało pogorszenie wschodów (zmniejszenie polowego wskaźnika wschodów o 7 p.p.). Podobny, negatywny wpływ wzrostu zagęszczenia nasion na kiełkowanie w warunkach polowych prezentowany jest w pracach badawczych dotyczących życicy trwałej [71] kostrzewy czerwonej [60] i tymotki łąkowej [91, 94]. Z danych literaturowych wynika, że rozstawa rzędów ma wpływ na kształtowanie cech biometrycznych decydujących o wydajności traw uprawianych na nasiona szczególnie w pierwszym roku pełnego użytkowania [25, 91, 94, 114]. Young [114] analizując wpływ rozstawy rzędów od 15 do 90 cm wskazuje na zredukowanie liczby pędów generatywnych kostrzewy trzcinowej w warunkach uprawy w rozstawach szerszych. Podobnie w badaniach własnych w pierwszym roku zbioru nasion wykazano wzrost zagęszczenia pędów generatywnych na jednostce powierzchni (o 46%) w przypadku rozstawy rzędów 24 cm, w porównaniu z rozstawą 48 cm. Zjawiska tego nie tłumaczy wyłącznie zwiększona (o 13%) liczba roślin. Równocześnie przy stałej ilości wysiewu, w warunkach większego zagęszczenia roślin w rzędzie w rozstawie 48 cm zmniejszyła się produkcja pędów generatywnych z rośliny. Podobną, negatywną reakcję liczby pędów generatywnych na wzrost zagęszczenia roślin w wyniku zwiększenia ilości wysiewu wykazano w badaniach dotyczących kostrzewy czerwonej [68]. Na interakcję rozstawy rzędów i ilości wysiewu wskazują także Young [114] czy Fairey i Lefkovitch [26]. W badaniach własnych w pierwszym roku wykształcenie licznych i dłuższych pędów w rozstawie 24 cm skutkowało zwiększeniem masy słomy w porównaniu z rozstawą 48 cm. Związek masy słomy z długością i liczbą pędów generatywnych w pierwszym roku potwierdzają istotne wartości współczynników korelacji (odpowiednio 0,73 i 0,69). Na podobne zależności masy słomy, długości i liczby pędów generatywnych wskazują także badania Younga [114].

Dane literaturowe wskazują, że genotypy kostrzewy trzcinowej wykazują dużą zmienność cech morfologicznych, takich jak liczba pędów generatywnych [64], liczba kłosków w kwiatostanach [43], wysokość roślin czy długość wiech [100]. Według Younga i wsp. [112, 113] zróżnicowanie plonu nasion między odmianami może być nawet większe niż pomiędzy gatunkami traw. Sugiyama i wsp. [90] dzielą genotypy kostrzewy trzcinowej na dwie kategorie: pierwsza produkuje niewielką liczbę pędów silnych, druga zaś wykształca dużą ilość pędów drobnych. Kim i wsp. [58] klasyfikują odmiany kostrzewy trzcinowej na cztery kategorie: karłowe, trawnikowe, pośrednie i pastewne. Według Anesse

i wsp. [2] odmiany pastewne są wyższe niż trawnikowe i wykształcają mniej pędów generatywnych. Na produkcję mniejszej liczby pędów przez odmiany pastewne wskazują także inne prace badawcze dotyczące tego gatunku [43, 112]. Właściwości te wykazano także w badaniach własnych, w których odmiana pastewna Odys była wyższa oraz wykształcała mniej pędów generatywnych (o 35%, średnio dla dwóch lat pełnego użytkowania) w porównaniu z odmianą trawnikową Tarmena. Takie kształtowanie cech związane jest ze zróżnicowanym kierunkiem prac hodowlanych poszczególnych typach użytkowych kostrzewy. Odmiana trawnikowa była selekcjonowana w kierunku dobrego zadarnienia, co skutkowało większą produkcją pędów generatywnych na jednostce powierzchni w porównaniu z odmianą pastewną, gdzie selekcja przebiegała w stronę zwiększenia plonu zielonki i jego jakości (cech związanych z udziałem liści w masie nadziemnej). Ograniczona liczba pędów generatywnych była jedną z przyczyn obniżki plonowania odmiany pastewnej Odys w porównaniu z odmianą trawnikową Tarmena w pierwszym i drugim roku zbioru nasion. Ponadto u odmiany pastewnej stwierdzono mniejszą efektywność osadzenia nasion. Poprawę osadzenia nasion Young i wsp. [113] uznają za najlepszy sposób na zwiększenie wydajności odmian pastewnych kostrzewy trzcinowej. Oprócz tego odmiana pastewna w pierwszym roku użytkowania wytwarzała mniejszą liczbę kłosków w wiesze. Po uwzględnieniu zróżnicowanej masy tysiąca nasion (większej u odmiany Odys) oszacowana liczba nasion z jednostki powierzchni odmiany Tarmena była dwukrotnie większa w pierwszym i o 50% w drugim roku pełnego użytkowania w porównaniu z odmianą Odys.

Wyniki prezentowane w literaturze dotyczące wpływu rozstawy rzędów na plon nasion kostrzewy trzcinowej są niejednoznaczne. W badaniach odmian pastewnych Hare i wsp. [45] wykazali niewielkie (11%) zwiększenie plonu nasion w rozstawie 15 cm w porównaniu z rozstawą 30 cm. Vuckovic i wsp. [98] uznali za bardziej korzystną dla plonowania rozstawę 50 cm w porównaniu z rozstawą 20 cm. Z kolei Young i wsp. [112, 113] nie wykazali różnicy liczby nasion zebranych z jednostki powierzchni u kostrzewy trzcinowej uprawianej w rozstawach rzędów 30 i 60 cm. Podobnie w badaniach własnych nie wykazano różnicy plonu nasion pastewnej odmiany Odys w rozstawie 24 i 48 cm w pierwszym ani w drugim roku pełnego użytkowania. Przeciwnie, trawnikowa odmiana Tarmena w pierwszym roku użytkowania plonowała lepiej jeśli zastosowano rozstawę rzędów 24 cm w porównaniu z uprawianą w rozstawie 48 cm, do czego mogła przyczynić się większa liczba kłosków w wiesze. Korzystny wpływ mniejszej rozstawy rzędów na plonowanie odmian trawnikowych kostrzewy trzcinowej wykazali również inni badacze. Fairey i Lefkovitch [25] podają, że w pierwszym roku zbioru plon nasion był większy jeśli stosowano rozstawy węższe (20-40 cm), podczas gdy w kolejnych latach równie korzystna dla plonowania była rozstawa szersza (60 cm). Young i wsp. [112, 113] wykazali, że rozstawa rzędów 30 cm jest korzystniejsza dla plonowania w porównaniu z rozstawą 60 cm, ale tylko dla odmian wczesnych i średnio wczesnych, z uwagi na mniejsze zagęszczenie pędów w porównaniu z odmianami późnymi.

Jakość plonu nasion była zróżnicowana u badanych odmian tylko w drugim roku pełnego użytkowania. Odmiana Tarmena charakteryzowała się istotnie mniejszym udziałem nasion normalnie kiełkujących, a większym nasion zdrowych niekiełkujących, nienormalnie kiełkujących i martwych w porównaniu z odmianą Odys. Do pogorszenia jakości plonu nasion odmiany Tarmena mogło przyczynić się nasilone wyleganie, szczególnie w rozstawie rzędów 48 cm, w której stwierdzono również zwiększony udział nasion zdrowych niekiełkujących kosztem normalnie kiełkujących w plonie. Wcześniejsze badania dotyczące życicy trwałej i kostrzewy czerwonej potwierdzają negatywny wpływ wylegania roślin na jakość plonu nasion [93, 96]. W badaniach własnych analizowane wartości współczynników korelacji nie zawsze potwierdzały przedstawione powyżej współzależności plonu i cech biometrycznych. Wynikało to zapewne z pośrednich wpływów innych czynników. Niemniej jednak w pierwszym roku użytkowania stwierdzono największe, dodatnie wartości współczynników korelacji plonu nasion i liczby pędów generatywnych, nasion w kłosku oraz masy słomy. Istotną korelację plonu nasion i liczby pędów generatywnych wykazano także w innych pracach [26, 65, 99]. Wang i wsp.[99] uznali liczbę pędów generatywnych oraz nasion w kłoskach za dwa najważniejsze komponenty decydujące o plonowaniu kostrzewy trzcinowej. Z kolei Young i wsp. [111] wskazują na istotną zależność plonu nasion i masy słomy.

Jednym z najważniejszych elementów agrotechniki decydującym o plonowaniu traw uprawianych na nasiona jest nawożenie azotowe. Azot mineralny aplikowany jest jesienią oraz wiosną (jednorazowo lub w dawce dzielonej) [110, 112]. Wykorzystanie azotu stosowanego w różnych terminach jest odmienne [15, 103]. Nawożenie jesienne stymuluje rozwój pędów wegetatywnych, które u gatunków ozimych po wernalizacji stają się generatywnymi [33, 49]. W badaniach kostrzewy trzcinowej wykazano, że jego ostateczne wykorzystanie na budowę biomasy pędów generatywnych i korzeni w kolejnym sezonie wegetacyjnym jest stosunkowo niewielkie (22%). Azot stosowany wiosną wykorzystywany jest w większym stopniu (68%) [104]. W ustaleniu dawki azotu mineralnego w produkcji nasiennej traw powinna być uwzględniona koncentracja przyswajanych form tego składnika w glebie [12, 35, 73] oraz prognozowana ilość azotu dostępna z mineralizacji [11, 71]. W badaniach życicy trwałej wykazano, że z procesu mineralizacji pochodzi nawet połowa pobieranego azotu. Dokładne oszacowanie ilości azotu pochodzącego z tego procesu w trakcie wegetacji wymaga jednak długiego testu (28 dni), przez co jest mało praktyczne [48]. Popularnym sposobem w określeniu dawek nawożenia azotowego jest analiza reakcji plonu nasion na zastosowane dawki [34, 44, 48, 59, 101, 110]. W optymalizacji nawożenia pomocne mogą być także wskaźniki odżywienia roślin azotem (zawartość azotu w liściach i indeks chlorofilu) [29, 30, 33, 35]. W badaniach własnych analizowano zawartość $N_{min}$ w glebie w terminach umożliwiających planowanie dawek nawożenia azotowego. Badano formy przyswajalne $NH_4$ i $NO_3$ w 30 cm warstwie gleby, ponieważ jak podaje Kim i wsp. [58] w niej znajduje się zasadnicza (80%) masa systemu korzeniowego

kostrzewy trzcinowej. W miejscu lokalizacji doświadczenia polowego zawartość $N_{min}$ była niewielka 0,837-5,7 $mg \cdot kg^{-1}$ s.m. gleby, co odpowiada 2,5-17,1 kg $N_{min} \cdot ha^{-1}$. Według Hart i wsp. [48] ustalenie poziomu nawożenia traw uprawianych na nasiona na podstawie pomiaru $N_{min}$ w glebach o niskiej zawartości tego składnika jest mało przydatne. Wnioski te potwierdzają badania Meijer i Vreeke [73], którzy nie wykazali związku między ilością azotu glebowego a optimum dawki wiosennej dla kostrzewy czerwonej i wiechliny łąkowej uprawianych na glebach ubogich w azot. W badaniach własnych koncentracja $N_{min}$ w glebie na końcu oraz przed ruszeniem wegetacji była niezależna od dawki nawożenia, zatem jej analiza nie daje podstaw do zróżnicowania dawek nawożenia wiosennego. Podobnie brak wpływu poziomu nawożenia wiosennego na koncentrację $N_{min}$ po zbiorze nasion w pierwszym roku wskazuje, że ocena w tym terminie jest mało przydatna w ustaleniu potrzeb nawożenia jesiennego na potrzeby drugiego roku użytkowania. Podobnie Fairey i Lefkovich [24] nie wykazali różnicy w koncentracji $N_{min}$ po zbiorze nasion kostrzewy trzcinowej po wiosennej aplikacji 50, 100 i 150 kg $N \cdot ha^{-1}$. Brak wpływu wzrastających dawek azotu mineralnego na koncentrację $N_{min}$ w glebie, mierzoną po zakończeniu wzrostu w jesieni oraz po zbiorze nasion, świadczy o proporcjonalnym zwiększeniu pobrania azotu w biomasie kostrzewy trzcinowej. Potwierdza to wykazany w badaniach własnych wzrost plonu nasion (choć nie zawsze istotny), aż do największej jesiennej i wiosennej dawki azotu.

Liczne źródła literaturowe wskazują, że zawartość $N_{min}$ w glebach podlega wahaniom sezonowym. Jest ona większa od kwietnia do maja (po wiosennej aplikacji azotu oraz zwiększeniu tempa mineralizacji materii organicznej), co zbiega się z największym zapotrzebowaniem traw na azot w okresie rozwoju generatywnego [11, 12, 35, 38, 73, 74]. W badaniach własnych koncentracja azotu w glebie wykazywała wyraźne różnice sezonowe. Zróżnicowanie to dotyczyło w większym stopniu formy $N\text{-}NH_4$ niż $N\text{-}NO_3$. W czasie ruszenia wegetacji na wiosnę koncentracja $N_{min}$ zwiększała się w porównaniu z okresem jesiennym. Największą koncentrację odnotowano latem, po zbiorze nasion w pierwszym roku użytkowania. Zapewne wynikało to z ograniczonego pobierania azotu w początkowym okresie odrastania runi, przy intensywnej mineralizacji glebowej materii organicznej w warunkach dużej ilości opadów. Na zależność tego procesu od wilgotności gleby wskazują badania Nelsona i wsp. [74]. Na końcu wegetacji zawartość $N_{min}$ była silnie zredukowana – również w odniesieniu do analogicznego okresu w roku siewu. Podobne wyniki prezentuje Goliński [35] w badaniach nad życicą trwałą. W drugim roku użytkowania, w czasie ruszenia wegetacji zawartość $N_{min}$ była o blisko 30% mniejsza w porównaniu z analogicznym okresem w roku pierwszym. To może uzasadniać większe potrzeby nawozowe traw uprawianych na nasiona w drugim roku użytkowania [35].

Azot ma stymulujący wpływ na przebieg fotosyntezy i wzrost roślin [62, 79, 88, 107], przez co wpływa na kształtowanie strukturalnych elementów plonowania i plonu nasion. Wśród komponentów plonowania kostrzewy trzcinowej najsilniej skorelowana z plonem jest liczba pędów generatywnych [34, 65, 99],

co również potwierdzono w badaniach własnych. Podobnie jak w badaniach Gisluma i Boelt [33] wykazano korzystny wpływ jesiennej aplikacji azotu na liczbę pędów generatywnych. W obu latach użytkowania liczba takich pędów po zastosowaniu największej dawki 40 kg N·ha$^{-1}$ była większa niż bez nawożenia, a w drugim roku również w porównaniu ze stwierdzoną po aplikacji dawki 20 kg N·ha$^{-1}$. Wpływ wiosennego nawożenia azotem był mniejszy. Tylko w drugim roku liczba pędów generatywnych była większa po zastosowaniu 80 i 60 kg N·ha$^{-1}$ w porównaniu ze stwierdzoną w wariantach nawożenia 0, 20 i 40 kg N·ha$^{-1}$. Watson i Watson [101], porównując dawki wiosennego nawożenia azotem kostrzewy trzcinowej (0, 67, 134 kg N·ha$^{-1}$), stwierdzili jedynie najmniejszą liczbę pędów generatywnych w obiektach nienawożonych. Podobnie Young i wsp. [111] nie wykazali wpływu nawożenia wiosennego na liczbę pędów po zastosowaniu wysokich dawek azotu 90-210 kg·ha$^{-1}$. Hare i Rolston [44] podają, że plon nasion kostrzewy trzcinowej w warunkach wzrastającego poziomu nawożenia jesiennego i wiosennego azotem zwiększył się głównie dzięki liczbie kłosków w wiechach. Podobnie w badaniach własnych na zależność plonu nasion z tą cechą budowy morfologicznej kwiatostanu wskazuje istotny współczynnik korelacji. Wykazano jednak, że na liczbę kłosków w wiechach miało istotny wpływ tylko wiosenne nawożenie azotem. Kłosków było mniej, jeśli azot nie był stosowany oraz po aplikacji najmniejszej dawki 20 kg N·ha$^{-1}$ w porównaniu z liczbą kłosków stwierdzoną po zastosowaniu 60 i 80 kg N·ha$^{-1}$ w obu latach pełnego użytkowania, a w pierwszym roku również po aplikacji dawki 40 kg N·ha$^{-1}$. Zwiększenie liczby kłosków w wiechach kostrzewy trzcinowej przy wzroście wiosennego nawożenia azotem wykazali również inni badacze [44, 59, 101]. Zróżnicowanie jesiennej i wiosennej dawki azotu nie miało wpływu na kształtowanie cech morfologicznych kwiatostanu takich jak liczba kwiatów czy nasion w kłosku. Cechy te należą do silnie zdeterminowanych genetycznie, dlatego są podstawą opisu gatunków, stąd mała ich zmienność pod wpływem czynników agrotechnicznych.

W badaniach własnych wykazano stymulujący wpływ dawki azotu stosowanej jesienią i wiosną na plon nasion kostrzewy trzcinowej w obu latach użytkowania, przy czym w drugim roku korzystniejsze efekty dawały dawki większe. W pierwszym roku wystarczająca była jesienna aplikacja 20 kg N·ha$^{-1}$. W drugim roku największy plon nasion uzyskano po aplikacji największej dawki 40 kg N·ha$^{-1}$. Na dobre zaopatrzenie roślin w azot w tym wariancie nawożenia jesiennego wskazuje także brak reakcji długości pędów na dawki azotu aplikowane wiosną w okresie wydłużania pędów. Zastosowanie małych dawek wiosennych (do 20 kg N·ha$^{-1}$ w pierwszym i do 40 kg w drugim roku użytkowania) nie powodowało zwiększenia plonu w porównaniu z wariantem bez nawożenia. Nie wykazano również istotnej reakcji plonu nasion na zwiększanie dawki nawożenia wiosennego powyżej 40 kg N·ha$^{-1}$ w pierwszym roku i powyżej 60 kg N·ha$^{-1}$ w drugim. Według Watson i Watson [101] wzrastający poziom nawożenia wiosennego stymulował plonowanie kostrzewy trzcinowej, aż do dawki 134 kg N·ha$^{-1}$, jednak według innych badaczy zbyt wysoki poziom wio-

sennego nawożenia azotem w pierwszym roku użytkowania jest nieuzasadniony. Fairey i Lefkovitch [24] nie wykazali wpływu dawek większych niż 50 kg $N \cdot ha^{-1}$, natomiast Young i wsp. [110] większych niż najmniejsza testowana przez niego dawka 90 kg $N \cdot ha^{-1}$. Kitczak i wsp. [59] wykazali, że w drugim i kolejnych latach użytkowania kostrzewy trzcinowej konieczne były dawki większe. Podobne wnioski prezentowane są w pracach badawczych nad innymi gatunkami traw [35, 76]. Z kolei Casals [11] twierdzi, że potrzeby nawozowe kostrzewy trzcinowej w pierwszym i drugim roku są takie same. Zróżnicowanie reakcji na nawożenie azotem może być związane z zasobnością gleby w formy przyswajalne tego składnika lub wczesnością odmian. Według Casals [11] dawka azotu dla kostrzewy trzcinowej powinna wynosić od 73 $kg \cdot ha^{-1}$ przy dużej zawartości azotu w glebie i do 159 $kg \cdot ha^{-1}$ przy niskiej. Z kolei Young i wsp. [112] wykazali, że dla odmian trawnikowych wczesnych i średnio wczesnych dawki są mniejsze niż dla odmian późnych. Według Hare i Rolstona [44] nie ma konieczności dzielenia dawki azotu na jesienną i wiosenną przy takim samym ekwiwalencie na wiosnę. Przeciwnie, Gislum i wsp. [34] twierdzą, że nie ma interakcji miedzy nawożeniem jesiennym a wiosennym. W badaniach własnych również takiej interakcji nie udowodniono, co świadczy o tym, że nawożenie wiosenne nie może zastąpić jesiennego. W badaniach własnych nawożenie jesienne azotem miało istotny wpływ na masę tysiąca nasion. W pierwszym roku była ona mniejsza po jesiennej aplikacji 40 kg $N \cdot ha^{-1}$ w porównaniu ze stwierdzoną w wariancie bez azotu. Może mieć to związek z pogorszeniem warunków świetlnych i zmniejszeniem intensywności fotosyntezy wskutek dużego zagęszczenia pędów generatywnych i nasilenia wylegania w okresie wypełniania nasion. Nie wykazano jednak korelacji masy tysiąca nasion i plonu. Na brak takich zależności wskazują także inni badacze [99, 110]. Źródła literaturowe wskazują, że wyleganie traw uprawianych na nasiona nasila się wraz ze zwiększeniem poziomu nawożenia azotem [75, 109, 112, 113]. W badaniach własnych najsilniejsze wyleganie w fazie kwitnienia, a także przed zbiorem odnotowano w wariancie największej dawki jesiennej 40 kg $N \cdot ha^{-1}$. W tym obiekcie odnotowano również największe zagęszczenie pędów generatywnych. W drugim roku wyleganie przed zbiorem było bardziej nasilone, jeśli wiosną azot stosowano w dawce 80 $kg \cdot ha^{-1}$ w porównaniu z aplikacją dawki 20 $kg \cdot ha^{-1}$ lub brakiem nawożenia. Częściowo korespondowało to ze zwiększoną liczbą pędów generatywnych, a w przypadku długości pędów reakcja była identyczna. Watson i Watson [101] stwierdzili, że przy wzroście nawożenia azotem pogarsza się jakość plonu nasion kostrzewy trzcinowej (zdolność kiełkowania). W badaniach własnych po jesiennej aplikacji 40 kg $N \cdot ha^{-1}$ udział nasion martwych był większy w porównaniu z wariantem bez nawożenia. Na zwiększenie udziału tej kategorii nasion wraz ze wzrostem poziomu nawożenia jesiennego wskazują także wcześniejsze badania nad życicą trwałą [90]. W drugim roku pełnego użytkowania kostrzewy, po wiosennej aplikacji największej dawki azotu 80 $kg \cdot ha^{-1}$ zmniejszył był udział nasion normalnie. W obiekcie tym odnotowano również nasilone wyleganie.

U niektórych gatunków traw wykazano przydatność analizy zawartości azotu w liściach dla oceny odżywienia roślin tym składnikiem [29, 35]. Meijer i Vreeke [73] twierdzą jednak, że dla ustalenia potrzeb nawożenia wiosennego pomiary te są mało przydatne, ponieważ nawożenie musi być wykonane bardzo wcześnie. Według Gisluma i Boelt [33] najlepsze są szybkie, niedestrukcyjne testy, które pozwalają na natychmiastową ocenę zawartości azotu w tkankach roślin. W badaniach własnych ocenę odżywienia kostrzewy trzcinowej przeprowadzono, opierając się na zawartości azotu w blaszkach liściowych w terminach przed i po nawożeniu azotem. Nie wykazano różnicy w koncentracji azotu w liściach przed ruszeniem wegetacji w pierwszym i drugim roku użytkowania po aplikacji zróżnicowanych jesiennych dawek azotu. Podobnie w pierwszym roku nie stwierdzono wpływu dawek nawożenia azotem na zawartość azotu w liściach w końcu wegetacji, mimo że taki wpływ odnotowano po zbiorze nasion. Można zatem stwierdzić, że przydatność pomiarów w tych terminach jest ograniczona. Przeciwnie, znaczną czułość zawartości azotu w liściach na jesienne i wiosenne dawki azotu stwierdzono dla pomiarów wykonanych w fazie strzelania w źdźbło w obu latach pełnego użytkowania. Ponadto w tej fazie była przeważnie istotna, dodatnia korelacja tego wskaźnika odżywienia z plonem nasion. Nie było różnicy w koncentracji azotu w liściach po aplikacji jesienią 20 i 40 kg $N \cdot ha^{-1}$ w pierwszym roku użytkowania, ale w drugim roku koncentracja azotu była największa po aplikacji 40 kg $N \cdot ha^{-1}$. Identyczną reakcję na dawki azotu aplikowane w jesieni stwierdzono w analizie plonu nasion. W obu latach użytkowania, po zastosowaniu wiosną dawek większych lub równych 40 kg $N \cdot ha^{-1}$ zawartość azotu w liściach była podobna. W pierwszym roku użytkowania, przy takim poziomie nawożenia nie było również zwyżki plonu nasion, zatem można sądzić, że koncentracja azotu w liściach powyżej 2,07% wskazuje na wystarczające zaopatrzenie roślin w azot. W drugim roku nie odnotowano zwyżki plonu nasion dopiero dla dawek większych niż 60 kg $N \cdot ha^{-1}$, co odpowiadało zawartości azotu 2,67%.

Do niedestrukcyjnej oceny stanu odżywienia roślin azotem wykorzystano chlorofilometr (N-Tester). W literaturze podawana jest dodatnia korelacja wartości SPAD wskazywanej przez to urządzenie z zawartością azotu w liściach [29, 30, 35]. W badaniach własnych w pierwszym roku użytkowania, w czasie ruszenia wegetacji brak różnicy odczytu SPAD po aplikacji jesienią 20 i 40 kg $N \cdot ha^{-1}$ wskazywał na podobne odżywienie roślin. Również aplikacja 40 kg $N \cdot ha^{-1}$ nie powodowała istotnej zwyżki plonu nasion w stosunku do 20 kg. Reakcja indeksu zieloności liści na dawki azotu w pomiarze wykonanym po trzech tygodniach od ruszenia wegetacji była niewielka. Tylko w pierwszym roku wiosenna aplikacja 80 kg $N \cdot ha^{-1}$ powodowała zwiększenie wartości SPAD w porównaniu z brakiem nawożenia. Na ograniczoną przydatność pomiaru w tym terminie wskazują przeważnie nieistotne współczynniki korelacji z plonem nasion i zawartością azotu w liściach. Przeciwnie, wykazano istotną korelację indeksu zieloności liści i plonu nasion, a także zawartości azotu w liściach dla pomiaru wykonanego na początku fazy strzelania w źdźbło. W pierwszym

i drugim roku użytkowania przy dawkach azotu większych lub równych 40 kg·ha$^{-1}$ odczyty SPAD były podobne. Identycznej była reakcja zawartości azotu w liściach w obu latach użytkowania i plonu nasion w pierwszym. Wpływ wiosennych dawek azotu na wartości odczytu SPAD w fazie strzelania w źdźbło wykazano także we wcześniejszych badaniach nad kostrzewą czerwoną [92]. Reakcja zawartości azotu w liściach czy indeksu chlorofilu w fazie strzelania w źdźbło kostrzewy trzcinowej na aplikowane dawki azotu mineralnego wskazuje na możliwość wykorzystania tych wskaźników w ocenie stanu odżywienia azotem, jednak jednoznaczne określenie możliwości stosowania uzupełniających dawek azotu wymaga dalszych badań. Z literatury dotyczącej tego zagadnienia wiadomo tylko, że w przypadku wysokich dawek powyżej 100 kg N·ha$^{-1}$ stosowanie połowy z nich w czasie ruszenia wegetacji i kolejnej części po 45-50 dniach miało taki sam wpływ na plon nasion kostrzewy trzcinowej jak stosowanie całej dawki jednorazowo w pierwszym terminie [110, 112]. Brakuje jednak informacji na temat skutków opóźnionej aplikacji azotu w przypadku dawek mniejszych. W badaniach własnych istotną zależność plonu nasion oraz nawożenia jesiennego i wiosennego, a także odczytu SPAD w fazie strzelania w źdźbło wykorzystano do prognozowania plonu. Na podstawie analizy regresji wielokrotnej oszacowano, że dla danej kombinacji nawożenia wiosennego i jesiennego azotem prognozowany przyrost plonu nasion wynosi 0,11-0,13 t ha$^{-1}$ na każde 50 jednostek SPAD. Przy danym odczycie SPAD w zakresie od 350 do 500 przyrost plonu nasion na każde 20 kg N·ha$^{-1}$ aplikowanego w nawozach wynosi 100-120 kg·ha$^{-1}$ dla nawożenia jesiennego i 50-70 kg·ha$^{-1}$ dla wiosennego.

W optymalizacji nawożenia azotem przydatne są również analizy efektywności zastosowanych dawek w postaci przyrostu plonu (efektywność agronomiczna) oraz relacji jego wartości do ceny azotu w nawozie (efektywność ekonomiczna = opłacalność przeciętna) [34, 35]. W badaniach własnych efektywność agronomiczna nawożenia zmniejszała się wraz ze wzrostem dawki nawożenia jesiennego, szczególnie w pierwszym roku użytkowania. Tylko w wariancie bez nawożenia jesiennego lub aplikacji najmniejszej dawki 20 kg N·ha$^{-1}$ każdy kilogram azotu stosowany na wiosnę dawał pewny przyrost plonu w obu latach użytkowania. Efektywność ekonomiczna azotu stosowanego wiosną była największa w przedziale dawek 20-60 kg N·ha$^{-1}$ w pierwszym roku użytkowania i 40-80 kg w drugim.

Na plonowanie kostrzewy trzcinowej w latach pełnego użytkowania istotny wpływ ma stan rozwoju roślin w roku siewu, a w szczególności liczba pędów w jesieni zależna od terminu, sposobu, a także ilości wysiewu. Jedną z bardziej popularnych metod zakładania plantacji nasiennych jest siew kostrzewy trzcinowej wiosną z jęczmieniem jarym. Jęczmień jary użyty jako roślina ochronna ogranicza jednak dostęp światła, wody i składników pokarmowych [13, 46, 80, 82]. Skutkiem tego jest zmniejszenie masy pędów kostrzewy oraz ich liczby w porównaniu z zasiewem czystym [13, 46, 82]. Możliwość poprawy warunków rozwoju wsiewki istnieje dopiero przy redukcji ilości wysiewu jęczmienia

do 50, a najlepiej do 25% ilości standardowej [45, 46, 82]. Dlatego najlepszym rozwiązaniem jest użycie jako rośliny ochronnej gatunków wcześniej schodzących z pola, np. grochu siewnego [16]. W badaniach własnych negatywny wpływ jęczmienia obserwowano już w okresie wschodów kostrzewy w postaci redukcji obsady roślin o 21-22% w stosunku do zasiewu czystego wiosennego. Na koniec wegetacji kostrzewa trzcinowa w czystym zasiewie wiosennym wykształciła od kilku do kilkunastu pędów, natomiast wsiewki, niezależnie od obsady jęczmienia, po 2-4 pędy z rośliny. Podobnie Hare i Ruiter [46] nie wykazali różnicy w liczbie pędów wsiewki kostrzewy (mierzonej po zbiorze jęczmienia) przy ilości wysiewu jęczmienia 150 i 100 kg·ha$^{-1}$ (standardowej i zmniejszonej o 33%), ale była ona o 70% mniejsza niż w zasiewie czystym wiosennym. W badaniach własnych rozkrzewienie roślin przed zimą decydowało o wysokości runi na wiosnę oraz zagęszczeniu pędów generatywnych w pierwszym roku użytkowania. Liczba pędów wsiewek była mniejsza o 42--46% w porównaniu z zasiewem czystym; w badaniach Chastain i Grabe [13] nawet o 71- 81%. W badaniach własnych zmniejszenie obsady jęczmienia z 300 do 250 szt.·m$^{-2}$ nie miało wpływu na liczbę pędów generatywnych kostrzewy w pierwszym roku pełnego użytkowania. Na słabą reakcję kostrzewy na redukcję ilości wysiewu jęczmienia do 50% wskazują także Hare i Ruiter [46]. W badaniach własnych w pierwszym roku użytkowania wsiewki kostrzewy miały podobną liczbę kłosków w kwiatostanie, ale większą liczbę kwiatów w kłosku w porównaniu z zasiewem czystym wiosennym. Podobny wpływ zasiewu kostrzewy z rośliną ochronną prezentowany jest przez Chastaina i Grabe [13]. W badaniach własnych w pierwszym roku użytkowania plon nasion kostrzewy był największy w zasiewie czystym wiosennym. W tym obiekcie była również największa liczba pędów generatywnych, istotnie korelację z plonem. Plon wsiewek był mniejszy o 18% i 15%, odpowiednio dla obsady jęczmienia 300 i 250 szt.·m$^{-2}$. Znacznie większą redukcję plonu, wynoszącą aż 56-70% wykazali w swych badaniach Chastain i Grabe [13], natomiast w badaniach Hare i wsp. [45] wynosiła ona 23% nawet przy wysiewie jęczmienia w ilości zredukowanej o 50% w porównaniu ze standardową. Według Hare i Ruiter [46] tylko w pierwszym roku użytkowania przejawia się negatywny wpływ użycia jęczmienia jako rośliny ochronnej na plon kostrzewy trzcinowej. Potwierdzają to badania własne, w których w drugim roku użytkowania plony wsiewki w jęczmień były nawet większe niż w zasiewie czystym wiosennym.

Z nielicznych wyników badań dotyczących optymalizacji ilości wysiewu kostrzewy trzcinowej można wnioskować, że podobnie jak w innych gatunkach traw jest ona przeważnie zawyżona [46, 51, 98]. W badaniach własnych, w pierwszym roku w zasiewie czystym wiosennym oraz letnim stwierdzono, iż bardziej korzystne dla plonowania było wysiewanie nasion w ilości 5 kg·ha$^{-1}$ w porównaniu z wysiewem 15 kg·ha$^{-1}$. Z kolei przy obsadzie jęczmienia wynoszącej 300 szt.·m$^{-2}$ ograniczenie ilości wysiewu kostrzewy do 5 kg·ha$^{-1}$ spowodowało zmniejszenie plonu nasion. Redukcja ta wynikała ze zmniejszenia obsa-

dy roślin, a przede wszystkim liczby pędów generatywnych w porównaniu z wartościami tych stwierdzonymi po wysiewie 10 i 15 kg·ha$^{-1}$.

W badaniach własnych w pierwszym roku użytkowania wyleganie, podobnie jak zagęszczenie pędów generatywnych i masa słomy było największe w zasiewie czystym wiosennym. Przyczyniło się to do wzrostu wilgotności nasion, obniżenia masy tysiąca nasion i zdolności kiełkowania. Zależności te potwierdzają istotne wartości współczynników korelacji. Na zmniejszenie masy tysiąca nasion wraz ze wzrostem zagęszczenia pędów generatywnych wskazuje także Hare [41]. W drugim roku użytkowania pędy generatywne kostrzewy trzcinowej były najkrótsze w siewie czystym wiosennym, ale przy braku różnic w zagęszczeniu pędów różnica ta była zbyt mała, aby mieć wpływ na wyleganie. Podobnie jak w pierwszym roku zdolność kiełkowania była najsilniej, dodatnio skorelowana z masą tysiąca nasion i ujemnie z wilgotnością nasion.

Kontrowersje budzi możliwość opóźnienia siewu kostrzewy trzcinowej na okres letni. W Montanie (USA) nie stwierdzono obniżki plonu nasion nawet przy zasiewach do połowy sierpnia [102]. Według Hare i wsp. [43, 45] w ciepłych rejonach Nowej Zelandii dobre efekty można uzyskać nawet z zasiewu w terminie analogicznym do połowy, a nawet końca września, chociaż pewniejsze są zasiewy w lipcu. Kitczak i Czyż [59] podają, że kostrzewa trzcinowa wysiewana na Pomorzu w połowie września w kolejnym roku wykształciła tylko pojedyncze pędy generatywne. O plonie nasion w pierwszym roku po zasiewie decyduje bowiem stan rozwoju roślin w roku siewu, a zwłaszcza ich rozkrzewienie [14, 41, 102]. Wcześniejsze siewy kostrzewy trzcinowej umożliwiają wykształcenie większej liczby pędów z rośliny w roku siewu [97]. W zasiewach opóźnionych na okres letni pędy są mniej liczne i drobniejsze (o mniejszej masie) w porównaniu z zasiewami wiosennymi [41]. W badaniach własnych okres wegetacji kostrzewy w zasiewie letnim był krótki, a tempo wzrostu powolne w warunkach stopniowego spadku temperatur. Suma temperatur efektywnych od siewu do końca wegetacji w zasiewie letnim (pierwsza dekada sierpnia) stanowiła tylko 1/3 temperatur w zasiewach wiosennych. Ponadto wzrost kostrzewy hamowały również okresowe posuchy. W badaniach Hickeya i Hume [52] instalacja kostrzewy trzcinowej w zasiewie z połowy sierpnia również była słaba. Shaffer i wsp. [83] wykazali ścisłą zależność wschodów kostrzewy trzcinowej od warunków wilgotnościowych. Wichman i wsp. [102] twierdzą, że zwiększone ryzyko opóźnionych zasiewów wynika z opóźnienia kiełkowania w warunkach suszy, natomiast Hill i wsp. [53] wskazują na powolny wzrost kostrzewy w warunkach niskich temperatur. W badaniach własnych kostrzewa w zasiewie letnim osiągnęła w roku siewu fazę trzech liści lub początku krzewienia. Zdaniem Duchowskiego [21] jest to wystarczająca faza rozwojowa do przejścia wernalizacji w warunkach niskiej temperatury i krótkiego dnia jesienią i zimą. Na konieczność wernalizacji kostrzewy trzcinowej wskazują także inne badania, jednak warunki dla tego procesu mogą różnić się nie tylko u gatunków, ale nawet u odmian traw [16, 42, 50]. Jak podaje Hare [43] pędy powstałe na wiosnę również mogą stać się generatyw-

nymi, co wskazuje, że wernalizacji mogą ulegać także zawiązki pędów w pochwach liściowych. W badaniach własnych słaby rozwój kostrzewy w roku siewu w zasiewie letnim miał wpływ na ograniczenie wysokości runi na wiosnę oraz długości pędów w fazie kwitnienia, ale przede wszystkim na zmniejszenie liczby pędów generatywnych w pierwszym roku użytkowania. Na istotną korelację liczby pędów w jesieni i zagęszczenia pędów generatywnych w pierwszym roku użytkowania wskazują także wyniki innych prac badawczych z tego zakresu [16, 43]. Potwierdzono również związek liczby pędów w jesieni z plonem nasion [13, 16]. Podobnie w badaniach własnych słabe zagęszczenie pędów generatywnych spowodowało zmniejszenie plonu nasion (i masy słomy) w stosunku do zasiewu czystego wiosennego o 49%, a w porównaniu z wsiewkami o 38-40%. W badaniach Hare [41] obniżka plonu w zasiewie z połowy sierpnia w porównaniu z czystym wiosennym była mniejsza i wynosiła 14-19%. W badaniach własnych w zasiewie letnim w pierwszym roku stwierdzono większą liczbę kwiatów niż w wiosennym czystym, ale podobnie jak w badaniach Hare [41] zwyżka ta nie zrekompensowała bardzo silnej redukcji liczby pędów generatywnych. W pierwszym roku w zasiewie letnim nie było wpływu ilości wysiewu kostrzewy na liczbę pędów generatywnych, ale w drugim roku było ich więcej przy najmniejszej ilości wysiewu 5 kg·ha$^{-1}$. Na podobne zależności ilości wysiewu i liczby pędów wskazuje Hickey [51]. W drugim roku użytkowania plon nasion, jak również masa słomy były większe w zasiewie letnim w porównaniu z czystym wiosennym oraz wsiewką w jęczmień w obsadzie 250 szt.·m$^{-2}$. Przy zwiększonej masie słomy i częściowo wilgotności nasion odnotowano zmniejszenie zdolności kiełkowania nasion. Na powyższe zależności wskazują także istotne statystycznie wartości współczynników korelacji.

W zasiewie czystym wiosennym plon nasion uzyskany w pierwszym roku stanowił 60%, a w drugim 40% plonu łącznego z dwóch lat użytkowania. W zasiewie letnim proporcja ta była odwrotna. Na lepsze plonowanie kostrzewy trzcinowej w zasiewach letnich w drugim roku plonowania wskazują także Wichman i wsp. [102].

Roślina ochronna ogranicza plonowanie wsiewki, ale umożliwia uzyskanie dochodu w roku siewu [46]. Podobnie w zasiewie letnim jest możliwość uzyskania dochodu z wcześnie zebranego przedplonu. W badaniach własnych poziom nadwyżki bezpośredniej, razem dla trzech sezonów wegetacyjnych (rok siewu i dwa lata pełnego użytkowania) był największy w wariacie siewu z jęczmieniem w obsadzie 300 szt.·m$^{-2}$ przy wysiewie zwiększonym do 15 kg·ha$^{-1}$. Najmniejszą wartość tego wskaźnika dochodowości uzyskano w zasiewie letnim przy ilości wysiewu wynoszącej 15 kg·ha$^{-1}$.

# 7. WNIOSKI

1. Całkowity plon nasion z dwuletniego okresu pełnego użytkowania kostrzewy trzcinowej był większy u odmian trawnikowych: Tarmena, Romina i Asterix w porównaniu z pastewną odmianą Odys, odpowiednio o 12, 16 i 24%. Różnice te wynikały z niskiego poziomu plonowania odmiany pastewnej w pierwszym roku użytkowania.
2. Czynniki agrotechniczne takie jak: rozstawa rzędów, sposób i ilość wysiewu wpływały na kiełkowanie kostrzewy trzcinowej w warunkach polowych. Liczba siewek w stosunku do wysianych nasion była większa, jeśli zastosowano rozstawę rzędów 24 cm w porównaniu z rozstawą 48 cm, w zasiewie czystym wiosennym w stosunku do siewu współrzędnego z jęczmieniem jarym w obsadzie 300 szt.$\cdot$m$^{-2}$, a także przy ilości wysiewu 5 kg$\cdot$ha$^{-1}$ w porównaniu z wysiewem 10 lub 15 kg$\cdot$ha$^{-1}$.
3. Wpływ rozstawy rzędów na plon nasion kostrzewy trzcinowej był zależny od odmiany i roku użytkowania. Dla trawnikowej odmiany Tarmena w pierwszym roku bardziej korzystne było zastosowanie rozstawy 24 cm w porównaniu z rozstawą 48 cm. Zróżnicowanie rozstawy rzędów nie miało wpływu na plon nasion pastewnej odmiany Odys ani w pierwszym ani w drugim roku użytkowania.
4. Rozstawa rzędów miała wpływ na kształtowanie strukturalnych elementów plonowania odmian Tarmena i Odys tylko w pierwszym roku pełnego użytkowania. Zastosowanie rozstawy rzędów 24 cm w porównaniu z rozstawą 48 cm korzystnie wpływało na liczbę pędów generatywnych, ale jednocześnie spowodowało redukcję liczby nasion w kłoskach badanych odmian.
5. W uprawie trawnikowej odmiany Asterix na glebie płowej, o niskiej zawartości azotu mineralnego niezbędne jest jesienne i wiosenne nawożenie azotem. W pierwszym roku użytkowania wystarczająca jest dawka nawożenia jesiennego 20 kg N$\cdot$ha$^{-1}$ i wiosennego 40 kg N$\cdot$ha$^{-1}$, natomiast w drugim roku, w każdym z tych terminów dawkę należy zwiększyć o 20 kg N$\cdot$ha$^{-1}$.
6. Stymulujący wpływ mineralnego nawożenia azotem na plon nasion odmiany Asterix wynikał ze zwiększenia liczby pędów generatywnych, głównie przez nawożenie jesienne oraz liczby kłosków w kwiatostanach przez nawożenie w terminie wiosennym.
7. W ocenie stanu odżywienia azotem kostrzewy trzcinowej pomocny był indeks zieloności liścia i zawartość azotu w liściach na początku fazy strzelania w źdźbło. Współzależność dawki nawożenia jesiennego i wiosennego oraz indeksu zieloności liścia w tej fazie rozwojowej może być wykorzystana do prognozowania plonu.
8. Opłacalność wiosennego nawożenia azotem odmiany Asterix zależała od dawki nawożenia jesiennego. Wartość przyrostu plonu nasion przekraczała

koszt wiosennej aplikacji azotu w dawce do 80 kg $N \cdot ha^{-1}$, jeśli jesienią stosowano nie więcej niż 20 kg $N \cdot ha^{-1}$.

9. O plonowaniu w pierwszym roku użytkowania odmiany Romina decydowało współdziałanie terminu i sposobu oraz ilości wysiewu. W zasiewie z jęczmieniem jarym w obsadzie 300 szt.$\cdot m^{-2}$ zwiększenie ilości wysiewu kostrzewy z 5 do 10 kg$\cdot ha^{-1}$ korzystnie wpłynęło na wielkość plonu nasion. W zasiewie czystym wiosennym, letnim oraz z jęczmieniem w obsadzie 250 szt.$\cdot m^{-2}$ wysiewanie kostrzewy w ilości powyżej 5 kg$\cdot ha^{-1}$ było nieuzasadnione.
10. Wsiewanie odmiany Romina w jęczmień jary w porównaniu z zasiewem czystym wiosennym spowodowało redukcję plonu nasion w pierwszym i jego zwiększenie w drugim roku użytkowania. Zmniejszenie obsady jęczmienia jarego z 300 do 250 szt.$\cdot m^{-2}$ nie miało wpływu na wielkość plonu nasion badanej odmiany kostrzewy trzcinowej.
11. Niedostateczny rozwój odmiany Romina przed zimą w zasiewie letnim (pierwsza dekada sierpnia) spowodował zmniejszenie plonu nasion w pierwszym roku użytkowania, w porównaniu z zasiewami wiosennymi (czystym i z jęczmieniem jarym w obsadzie 300 i 250 szt.$\cdot m^{-2}$). Wzrost plonu w drugim roku użytkowania nie rekompensował obniżki plonu w roku pierwszym.
12. Nadwyżka bezpośrednia uzyskana w trzyletnim okresie uprawy odmiany Romina (rok siewu i dwa lata pełnego użytkowania) wskazuje, że najbardziej korzystne jest jej wysiewanie w ilości 15 kg$\cdot ha^{-1}$, w terminie wiosennym z jęczmieniem jarym w obsadzie 300 szt.$\cdot m^{-2}$.

## LITERATURA


[1] Afkar S., Jafari A., Karimzadeh G., 2007. Evaluation of seed yield and seed components in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) through correlation, regression and path analisis. Proc. 6th Inter. Herb. Seed Conf. Gjennestad, Norwey, 39-43.

[2] Anesse V., Cazzato E., Corleto A., 2006. Quantitative and qualitative traits ecotypes of perennial grasses (*Dactilis glomerata* L., *Festuca arundinacea* Schreb. *Phalaris tuberosa* L., *Brachypodium rupestre* (Host) R. et S.) collected in Southern Italy. Genet. Res. Crop Evol. 53, 431-441.

[3] Anonim 2007. World and EU herbage seed acreage and production. Proc. 6th Inter. Herb. Seed Conf. Gjennestad, Norwey, 307-370.

[4] Antonkiewicz J., Radkowski A., 2006. Przydatność wybranych gatunków traw i roślin motylkowatych do biologicznej rekultywacji składowisk popiołów paleniskowych. Ann. UMCS, Sec. E(61), 413-421.

[5] Araujo M.R.A., de Coulman B. E., Fans M.A., Wrobel C., 1983. Genetic variation and correlation of agronomic traits in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) Can. J. Plant Sci. 63, 453-460.

[6] Bean E., 1971. Temperature effects upon inflorescence and seed development in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). Ann. Bot. 35(4), 891-897.

[7] Borawska-Jarmułowicz B., 2004. Wpływ 12-letniego użytkowania na trwałość gatunków i odmian traw w mieszankach łąkowych zróżnicowanych wczesnością. Ann. UMCS, Sec. E(59), 1397-1406.

[8] Bowman D., Macaulay L., 1991. Comparative evapotranspiration rates of tall fescue cultivars. Hort. Sci. 26(2), 122-123.

[9] Brown K.R., Rolston M.P., Hare M.D., Arche W.J., 1988. Time of closing for 'Grassland Roa' tall fescue seed crop. New Zeal. Agric. Res. 31, 383-388.

[10] Bryson G.M., Barker A.V., 2007. Effect of nitrogen fertilizers on zinc accumulation in fescue. Comm. Soil Plant Anal. 38, 217-228.

[11] Casals M.L., 2010. Nitrogen fertilization management for seed production of tall fescue. Proc. 7th Inter. Herb. Seed Conf. Dallas, USA, 75-78.

[12] Casals M.L., Deneufbourg F., Rijckaert G., Sicard G., 2007. Nitrogen fertilization of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) for seed production: Requirement evaluation for N supply calculation. Proc. 6th Inter. Herb. Seed Conf. Gjennestad, Norwey, 244-247.

[13] Chastain T., Grabe D., 1989. Spring establishment of turf-type tall fescue seed crops with cereal companion crops. Agron. J. 81, 488-493.

[14] Chastain T., Young W., 1998. Vegetative plant development and seed production in cool-season perennial grasses. Seed Sci. Res. 8, 295-301.

[15] Cookson W.R., Rowarth J.S., Cameron K.C., 2001. The rate of autumn-, late winter- and spring-applied nitrogen fertilizer in a perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) seed crop on a silt soil in Canterbury, New Zeal. Agric. Ecos. Environ. 84, 67-77.
[16] Deleuran L., Boelt B., 2005. Establishment and seed production of smooth-stalked meadow grass and tall fescue undersown in spring rapeseed linseed and field pea. Acta Agric. Scan. B(55), 23-29.
[17] Dembek R., Łyszczarz R., Majtkowski W., 2005. Ocena przydatności gatunków traw i motylkowatych do mieszanek nasiennych na wały przeciwpowodziowe. Łąkarstwo w Polsce 8, 45-54.
[18] Diesburg K., Christians N., Moore R., Branham B., Danneberger T., Reicher Z. Voigt T. Minner D., Newman R., 1997. Species for low – input sustainable turf in the US Upper Midwest. Agron. J. 89, 690-694.
[19] Domaniecki W., Goliński P., 2009. Wpływ normy siewnej rośliny towarzyszącej na plonowanie uprawy nasiennej odmiany Areta *Festuca rubra*. Łąkarstwo w Polsce 12, 17-26.
[20] Douglas G.B., Foote A.G., 1994. Establishment of perennial species useful for soil conservation. New Zeal. Agric. Res. 37, 1-9.
[21] Duchowski P., 1995. Indukcja kwitnienia wybranych roślin pastewnych (traw i koniczyny białej). Acta Acad. Agricult. Tech. Olstensis, Agricultura C(61), 3-61.
[22] Duncan R.R., Carrow R.N., 1997. Stress resistant turf-type tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.): developing multiple abiotic stress tolerance. Inter. Turf. Soc. Res. J. 8, 653-662.
[23] Easton H., Lee C., Fitzgerald R., 1994. Tall fescue in Australia and New Zealand. New Zeal. J. Agric. Res. 37, 405-417.
[24] Fairey N., Lefkovitch L., 1998. Effects of method, rate and time of application of nitrogen fertilizer on seed production of tall fescue. Can. J. Plant Sci. 78(3), 453-458.
[25] Fairey N., Lefkovitch L., 1999a. Crop density and seed production of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreber). 1. Yield and plant development. Can. J. Plant Sci. 79(4),531-541.
[26] Fairey N., Lefkovitch L., 1999b. Crop density and seed production of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreber). 2. Reproductive components and seed characteristics. Can. J. Plant Sci. 79(4), 5-549.
[27] Falcinelli M., 1999. Temperate Forage Seed Production: Conventional and potential breeding strategies. J. New Seeds 1(1), 37-66.
[28] Fotyma E., Bezduszniak D., 2000. Ocena stanu odżywienia zbóż ozimych azotem na podstawie pomiaru zieloności liścia. Fragm. Agron. 4(68), 29-45.
[29] Gaborcik N., 2001. Chlorophyll concentration (SPAD values) as an indicator of crude protein content and as a selection criterion in grass. Proc. 19th Intern. Grassl. Cong., Sao Paulo, Brazil, 1-5.

[30] Gaborcik N., 2003. Relationship between contents of chlorophyll (*a*+*b*) (*SPAD* values) and nitrogen of some temperate grasses. Photosynthetica 41(2), 285-287.
[31] Ghamari-Zare A., Daghigh A.G., Jafari A.A., 2005. Effects of irrigation on quantitative and qualitative yield in ten genotypes of *Festuca arundinacea* in summer cut. Iranian J. Rangelands and Forests Plant Breed. Genet. Res. 12(4), 345-363.
[32] Gibson D., Newman J., 2001. *Festuca arundinacea* Schreber (*F. elatior* L. ssp. *arundinacea* (Schreber) Hackel). J. Ecol. 89, 304-324.
[33] Gislum R., Boelt B., 1999. The effect of autumn nitrogen application in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and red fescue (*Festuca rubra* L.) grown for seed. Proc.4th Inter. Herb. Seed Conf., Perugia, Italy, 96-100.
[34] Gislum R., Deleuran L.C., Kristensen K., Boelt B., 2012. Optimum distribution between autumn-applied and spring-applied nitrogen in seed production of tall fescue. J. Plant Nutr. 35(9), 1394-1410.
[35] Goliński P., 2001. Efektywność nawożenia azotem w produkcji nasion *Lolium perenne* L. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. Rozpr. Nauk. 321, 1-103.
[36] Goliński P., Jokś W., 2007. Właściwości chemiczne i biologiczne traw a produkcja biogazu. Łąkarstwo w Polsce 10, 37-47.
[37] Griffith S.M., Alderman S.C., Streeter D.J., 1997a. Italian ryegrass and nitrogen source fertilization in western Oregon in two contrasting climatic years. I. Growth and seed yield. J. Plant Nutr. 20, 419-429.
[38] Griffith S.M., Alderman S.C., Streeter D.J., 1997b. Italian ryegrass and nitrogen source fertilization in western Oregon in two contrasting climatic years. II. Plant nitrogen accumulation and soil nitrogen status. J. Plant Nutr. 20, 429-439.
[39] Griffith S., Lewis J., Bean E., 1980. Problems of breeding for seed production in grasses. [In:] Seed production, (ed.) P.D. Hebblethwaite, Butterworths London-Boston, 37-49.
[40] Gumiński R., 1951. Meteorologia i klimatologia dla rolników. PWRiL Warszawa.
[41] Hare M., 1992. Time of establishment affects seed production of 'Grasslands Roa' tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) J. Appl. Seed Prod. 10, 19-24.
[42] Hare M., 1993. Vernalisation and juvenility in tall fescue. J. Appl. Seed Prod. 11. 73-79.
[43] Hare M., 1994. Autumn establishment of three New Zealand cultivars of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) for seed production. New Zeal. Agric. Res. 37, 11-17.
[44] Hare M.D., Rolston M.P., 1990. Nitrogen effects on tall fescue seed production. J. Appl. Seed Prod. 8, 28-32.

[45] Hare M.D., Rolston M.P., Archie W.J., McKenzie J., 1990. 'Grasslands Roa' tall fescue seed production. Research and practice. Proc. New Zeal. Grass. Assoc. 52, 77-80.
[46] Hare M.D., Ruiter J.M., 1993. Seed production of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb. ) establish under a barley (*Hordeum vulgare* L.) cover crop. New Zeal. J. Agric. Res. 36, 419-428.
[47] Harkot W., Warda M., Sawicki J., Lipińska H., Wyłupek T., Czarnecki Z., Kulik M., 2007. Możliwości wykorzystania runi łąkowej do celów energetycznych. Łąkarstwo w Polsce 10, 59-67.
[48] Hart J. M., Rolston P., Melbye M. E., Silberstein T. B., Young W. C., McCloy B. L., Gingrich G. A., Christensen N. W., Gislum R., 2007. Comparison of soil N test for prediction of spring N rate in perennial ryegrass seed production. Proc. 6th Inter. Herb. Seed Conf. Gjennestad, Norwey, 239-243.
[49] Hebblethwaite P.D., Wright D., Noble A., 1980. Some physiological aspects of seed yield in *Lolium perenne* L. (perennial ryegrass). [In:] Seed production, (ed.) P. D. Hebblethwaite, Butterworths London-Boston. 71-90.
[50] Heide O.M., 2007. Seed production in the northern light: Implication of temperature and daylength for flower induction and seed yield. Proc. 6th Inter. Herb. Seed Conf. Gjennestad, Norwey, 117-124.
[51] Hickey M.J., 1990. Seed production of for 'Grassland Roa' tall fescue in Southland. Proc. of the New Zeal. Grassl. Assoc. 52, 111-113.
[52] Hickey M.J., Hume D.E., 2003. Effects of mowing height and nitrogen on turf tall fescue in comparison to perennial ryegrass and brown bent top alone and mixtures. 1. Establishment., J. Turfgrass Sports Surf. Sci. 79, 23-32.
[53] Hill M., Pearson C., Kirby A., 1985. Germination and seedling growth of prairie grass tall fescue and Italian ryegrass at different temperatures. Aust. J. Agric. Res. 36, 13-24.
[54] Huang B., Fry J., Wang B., 1998. Water relations and canopy characteristics of tall fescue cultivars during and after drought stress. Hortscience 33(5) 837-840.
[55] Huang B., Gao H., 2000. Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. Crop Sci. 40, 196-203.
[56] ISTA, 2009. International Rules for Seed Testing 2009. Bassersdorf, Switzerland, Edition 2009/1.
[57] Jafari A.A., Setavarz H., Alizadeh M.A., 2007. Genetic Variation for correlation among seed yield and seed yield components in tall fescue. J. New Seeds 8(4), 47-65.
[58] Kim K.N., Shearman R.C., Riordan R.P., 1999. Top growth and rooting of tall fescue cultivars grown in hydroponics. Crop Sci. 39, 1431-1434.

[59] Kitczak T., Czyż H., Sarnowski A., 2010. Wpływ nawożenia mineralnego NPK na plon nasion odmiany Asterix *Festuca arundinacea*. Łąkarstwo w Polsce 13, 93-100.
[60] Kozłowski S., Goliński P., Golińska B. 2000. Pozapaszowa funkcja traw. Łąkarstwo w Polsce 3, 79-94.
[61] Lafarge M., Loiseau P., 2002. Tiller density and structure of tall fescue swards differing in age and nitrogen level. Europ. J. Agron. 17, 209-219.
[62] Lawlor D.W., 1995. Photosynthesis, productivity and environment. J. Exp. Bot. 46, 1449-1461.
[63] Lista Odmian Roślin Rolniczych, 1995, 2000, 2012. COBORU Słupia Wielka.
[64] Majidi M.M., Mirlohi A., Amini F., 2009. Genetic variation, heritability and correlation of agro-morfological traits in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) Euphytica 167, 323-331.
[65] Martiniello P., 1998. Influence of agronomic factors on the relationship between forage Production and seed yield in perennial forage grasses and legumes in a Mediterranean environment. Agronomie 18, 591-601.
[66] Martiniello P., D'Andrea E., 2006. Cool-season turf grass species adaptability in Mediterranean environments and quality traits of varieties. Europ. J. Agron. 25, 234-242.
[67] Martyniak D., 2005. Wpływ ilości wysiewanych nasion na obsadę roślin i plonowanie odmian gazonowych kostrzewy czerwonej (*Festuca rubra* L.) w uprawie na nasiona. Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl. 237/238, 259--267.
[68] Martyniak D., 2006. Reakcja odmian *Festuca rubra* L. na zróżnicowaną gęstość siewu w uprawie na nasiona i na trawniki. Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl. 242, 267-276.
[69] Martyniak J., 1995. Stan polskiej hodowli, nasiennictwa i eksportu traw. Wiad. Melior. Łąk. 2, 59-61.
[70] Martyniak J., 2004. Stan polskiej hodowli i nasiennictwa traw. Hod. Roś. Nasiennictwo 2, 37-41.
[71] Martyniak J., Martyniak D., 2002.Wpływ ilości wysiewanych nasion na obsadę roślin i plonowanie *Lolium perenne* w uprawie na nasiona. Łąkarstwo w Polsce 5, 149-154.
[72] McWilliam J. R., 1980. The development and significance of seed retention in grasses. [In:] Seed production, (ed.) P.D. Hebblethwaite, Butterworths London-Boston, 51-59.
[73] Meijer W.J.M., Vreeke S., 1988. Nitrogen fertilization of grass seed crops as related to soil mineral nutrition. Neth. J. Agric. Sci., 36, 375-385.
[74] Nelson M.A., Griffith S.M., Steiner J.J., 2006. Tillage effect on nitrogen dynamics and grass seed crop production in western Oregon, USA. Soil Sci. Soc. Am. J. 70, 825-831.

[75] Nordestgaard A., 1986. Investigation on interaction between level of nitrogen application in the autumn and time of nitrogen application in the spring to various grasses grown for seed. J. Appl. Seed Prod. 4, 16-25.
[76] Nordestgaard A., 1992. Split nitrogen application in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) for seed production. Tidsskr. Planteavl 96, 163-168.
[77] Prończuk M., Prończuk M., Ludański Z., Prończuk A., 2003. Porównanie gatunków i odmian *Festuca* spp. w wieloletnim użytkowaniu trawnikowym. Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl. 228, 239-258.
[78] Przydatek T., 2000. Aktualna sytuacja w hodowli i nasiennictwie traw gazonowych w Polsce. Łąkarstwo w Polsce 3, 205-209.
[79] Rademacher I.F., Nelson C.J., 2001. Nitrogen effects on leaf anatomy within the intercalary meristems of tall fescue leaf blades. Ann. Bot. 88, 893-903.
[80] Robson M.J., Ryle G.J.A., 1988. The grass plant – its uniform and function. [In:] The grass crop. The physiological basis of production, (eds) M. B., Jones, A. Lazenby, London-New York Chapman and Hall, 25-84.
[81] Rowarth J.S., 1997. Nutrient and moisture inputs for grass seed yield. Proc. 18th Intern. Grassl. Cong. Winnipeg, Monitoba, 461-466.
[82] Ruiter J.M., Hare M.D., 1993. Early establishment and growth of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) seed crops under barley (*Hordeum vulgare* L.) cover. J. Appl. Seed Prod. 11, 26-33.
[83] Shaffer J.A., Jung G.A., Narem U.R., 1994. Root and shoot characteristics of praire grass compared to tall fescue and smooth brome grass during establishment. New Zeal. Agric. Res. 37, 143-151.
[84] Shewmaker G., Johnson D.A., Mayland H., 2008. Mg and K effects on cation uptake and dry matter accumulation in tall fescue (*Festuca arundinacea*). Plant Soil 302, 283-295.
[85] Skladanka J., 2006. Effects of the utilization term and additional sowing of *Festuca arundinacea* and *Festulolium* on the production of winter pasture. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianeae Brunensis 54(1), 95-105.
[86] Skowera B., Puła J., 2004. Skrajne warunki pluwiotermiczne w okresie wiosennym na obszarze Polski w latach 1971-2000. Acta Agrophys. 3(1), 171-177.
[87] Spaner D., Todd A.G., 2003. The impact of underseeding barley (*Hordeum vulgare* L.) on timothy (*Phleum pretense* L.) clover (*Trifolium pretense* L., *Trifolium hybridum* L.) forage seed production in a cool maritime climate. J. Agron. Crop Sci. 189, 273-279.
[88] Starck Z., 2005. Reakcja roślin na abiotyczne stresy środowiskowe. Łąkarstwo w Polsce 8, 173-184.
[89] Steiner J., Griffith S., Muller-Warrant G., Whittaker G., Banowetz G., Elliott L., 2006. Conservation practices in Western Oregon perennial grass seed systems: I. Impacts of direct seeding and maximal residue management on production. Agron. J. 98, 177-186.

[90] Sugiyama S., 1995. The relationship between growth and development of vegetative shoots in genotyphes of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) Ann. Bot. 76, 553-558.
[91] Szczepanek M., 2009. Wpływ ilości wysiewu i rozstawu rzędów na plonowanie *Phleum pratense* uprawianej na nasiona. Łąkarstwo w Polsce, 12, 189-197.
[92] Szczepanek M., 2010a. Effect of date and rate of nitrogen fertilization on state of nutrition, photosynthesis rate and yielding of lawn cultivar of red fescue (*Festuca rubra* ssp. *commutata*) grown for seeds. Proc. of the 7th International Herbage Seed Conference, Dallas, USA, 217-221.
[93] Szczepanek M., 2010b. Nitrogen rate and timing influence on seed quality red fescue growing for seed. Ecol. Chem. Eng. A, 6(17), 677-687.
[94] Szczepanek M., Katańska-Kaczmarek A., 2012. Response of timothy (*Phleum pratense* L) cultivars to growing in diversified row spacing. Acta Sci. Pol., Agricultura 11(2), 63-72.
[95] Szczepanek M., Skinder Z., 2004. Effect of sowing method, date and row spacing on the yielding of 'Stadion' perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) cultivated for seed. EJPAU, Agronomy 7(2), http://www.ejpau.media.pl/volume7/issue2/agronomy/art-06.html
[96] Szczepanek M., Skinder Z., 2006. Wpływ czynników agrotechnicznych na jakość plonu nasion życicy trwałej (*Lolium perenne* L.) w trzyletnim okresie użytkowania. Acta Sci. Pol., Agricultura 5(1), 63-70.
[97] Undersander D., Greub L., 2007. Summer-fall seedling dates for six cool-season grasses in the Midwest United States. Agron. J. 99, 1579-1586.
[98] Vuckovic S., Simic A., Cupina B., Stojanovic I., Stanisavljevic R., 2003. The effect of vegetation area size on grass seed yield. J. Agric. Sci. 48, 125-134.
[99] Wang Q. Hu T., Wang X., Zhou H., Han J., Zhang T., 2011. Modelling of seed yields and its components in tall fescue (*Festuca arundinacea*) based on a large sample. African J. Biotechnol. 10(59), 12584-12594.
[100] Watkins E., Meyer W., 2004. Morphological characterization of turf-type tall fescue genotypes. Hortscience 39 (3), 615-619.
[101] Watson C.E. Jr., Watson V.H., 1982; Nitrogen and date of defoliation effects on seed yield and seed quality of tall fescue. Agron. J. 74, 891-893.
[102] Wichman D.M., Welty L.E. Wiesner L.E., 1991. Late summer seedling of cool season perennial grasses for seed production. J. Appl. Seed Prod. 9, 1-6.
[103] Williams P.H., Rowarth J.S., Tregurtha R.J., 2000. Recovery of $^{15}N$-labelled fertilizer by perennial ryegrass seed crop and a subsequent wheat crop. Nutr. Cycl. Agroecosys. 56, 117-123.
[104] Williams P.H., Rowarth J.S., Tregurtha R.J., 2001. Uptake and residual value of 15N-labeled fertilizer applied to first and second year grass seed crops in New Zealand. J. Agric. Sci. 137, 17-25.

[105] Wilman D., Dong K.H., Jin Z.L., 1999a. Growth, yield and quality of a range of grasses in a continental climate. Expl. Agric. 35, 63-70.
[106] Wilman D., Dong K.H., Jin Z.L., 1999b. Persistence of a range of grasses in a continental climate. Expl. Agric. 35, 55-62.
[107] Wojcieska U., 1994. Fizjologiczna rola azotu w kształtowaniu plonu roślin. Post. Nauk Rol. 1, 115-143.
[108] www.piorin.gov.pl
[109] Young W., Chilcote D., Youngberg H., 1999a. Chemical dwarfing and the response of cool-season grass seed crops to spring-applied nitrogen. Agron. J. 91(2), 344-350.
[110] Young W., Chilcote D., Youngberg H., 1999b. Spring-applied nitrogen and productivity of cool-season grass seed crops. Agron. J. 91(2), 339--343.
[111] Young W., Mellbye M., Siberstein T., 1999. Residue management of perennial ryegrass and tall fescue seed crops. Agron. J. 91, 671-675.
[112] Young W., Youngberg H., Siberstein T., 1998 a. Management studies on seed production of turf-type tall fescue: I. Seed yield. Agron. J. 90, 474--477.
[113] Young W., Youngberg H., Siberstein T., 1998 b. Management studies on seed production of turf-type tall fescue: II. Seed Yield components. Agron. J. 90, 478-483.
[114] Young W.C., 1991. Influence of row spacing and seedling rate on tall fescue seed production. J. Appl. Seed Prod.9 (Suppl.) 48, 1.
[115] Youngberg H., 1980. Techniques of seed production in Oregon. [In:] Seed production, (ed.) P.D. Hebblethwaite, Butterworths London-Boston, 203-213.

# AGROTECHNICZNE UWARUNKOWANIA ROZWOJU I PLONOWANIA ZRÓŻNICOWANCYH ODMIAN KOSTRZEWY TRZCINOWEJ (*Festuca arundinacea* Schreb.) UPRAWIANEJ NA NASIONA


## Streszczenie

Na procesy fizjologiczne kształtujące plon wpływają warunki siedliskowe, właściwości genetyczne gatunku i odmian, czynniki agrotechniczne oraz ich wzajemne współdziałania. Celem badań było rozpoznanie zdolności reprodukcyjnych odmian oraz ocena wpływu czynników agrotechnicznych i ich współdziałania w kształtowaniu cech morfologicznych i fizjologicznych, wielkości i jakości plonu nasion kostrzewy trzcinowej w roku siewu i dwóch kolejnych latach pełnego użytkowania. Podstawą badań były trzy ścisłe doświadczenia polowe (A, B, C), przeprowadzone w latach 2007-2010 w Chrząstowie (53° 11′ N, 17° 35′ E) oraz Szelejewie (51° 86′ N, 17° 16′ E), każde w dwóch seriach, obejmujących po trzy lata doświadczeń polowych (rok siewu i dwa lata pełnego użytkowania). W doświadczeniu A analizowano produkcyjność odmiany pastewnej Odys i trawnikowej Tarmena w zależności od rozstawy rzędów (24 i 48 cm). W doświadczeniu B badano wpływ zróżnicowanych w ilości oraz w terminie aplikacji dawek nawożenia azotowego na syntezę chlorofilu, koncentrację N w liściach oraz plon nasion i jego komponenty u odmiany trawnikowej Asterix. Zastosowano następujące dawki nawożenia azotem: jesienią 0, 20, 40 kg $N \cdot ha^{-1}$ i na wiosnę 0, 20, 40, 60 i 80 kg $N \cdot ha^{-1}$. W doświadczeniu C czynnikami były: termin i sposób siewu kostrzewy (wiosenny bez rośliny ochronnej, wsiewka w jęczmień jary wysiewany w obsadzie 250 szt.$\cdot m^{-2}$ i 300 szt.$\cdot m^{-2}$ oraz termin letni – pierwsza dekada sierpnia) oraz ilość wysiewu kostrzewy: 5, 10 i 15 $kg \cdot ha^{-1}$. Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji, a istotność różnic weryfikowano testem porównań wielokrotnych Tukeya, na poziomie istotności $\alpha = 0{,}05$. Do analizy zależności pomiędzy plonem nasion, a dawkami nawożenia wiosennego i jesiennego oraz odczytem SPAD wykorzystano regresję wielokrotną według modelu krokowego. Estymacji plonów wykonano na podstawie modelowego równania z prawdopodobieństwem 95%.

W przeprowadzonych badaniach wykazano, że kiełkowanie w warunkach polowych było lepsze, a liczba pędów generatywnych i efektywność osadzenia nasion w kłoskach większe u odmiany trawnikowej w porównaniu z pastewną. Tylko w pierwszym roku użytkowania odmiana trawnikowa plonowała lepiej niż pastewna. W rozstawie rzędów 24 cm, przy mniejszym zagęszczeniu nasion w rzędzie kostrzewa trzcinowa kiełkowała lepiej niż w rozstawie 48 cm. W pierwszym roku użytkowania węższa rozstawa sprzyjała tworzeniu licznych pędów generatywnych, ale zmniejszała efektywność osadzenia nasion w kłoskach. Zmniejszenie rozstawy rzędów z 48 do 24 cm nie miało wpływu na plon nasion odmiany pastewnej w kolejnych dwóch latach użytkowania. Tylko w pierwszym roku dla odmiany trawnikowej bardziej korzystna była rozstawa 24 cm. Reakcja w plonie nasion odmiany trawnikowej kostrzewy trzcinowej

uprawianej na glebie płowej o niskiej zawartości $N_{min}$ wskazywała, że na potrzeby pierwszego roku wystarczające było nawożenie w ilości 20 kg N·ha$^{-1}$ w jesieni i 40 kg N kg·ha$^{-1}$ na wiosnę, natomiast w drugim roku w każdym z tych terminów dawkę należało zwiększyć o 20 kg N·ha$^{-1}$. Stymulujący wpływ mineralnego nawożenia azotem na plon nasion wynikał ze zwiększenia liczby pędów generatywnych głównie przez nawożenie jesienne, a także liczby kłosków w kwiatostanach przez nawożenie w terminie wiosennym. W ocenie stanu odżywienia roślin azotem pomocny jest pomiar indeksu chlorofilu i zawartości azotu w liściach na początku fazy strzelania w źdźbło. Współzależność dawki nawożenia jesiennego i wiosennego oraz indeksu chlorofilu w tej fazie rozwojowej może być wykorzystana do prognozowania plonu. W pierwszym roku pełnego użytkowania, w każdym wariancie nawożenia jesiennego (0, 20 i 40 kg N·ha$^{-1}$) opłacalne było zwiększanie dawki azotu aplikowanego wiosną do 60 kg·ha$^{-1}$, w drugim najbardziej opłacalne były wiosenne dawki azotu w przedziale 60-80 kg N·ha$^{-1}$. Wsiewanie trawnikowej odmiany kostrzewy trzcinowej w jęczmień jary powodowało redukcję plonu w pierwszym i zwiększenie w drugim roku użytkowania w porównaniu z zasiewem czystym wiosennym. Zmniejszenie obsady jęczmienia z 300 do 250 szt.·m$^{-2}$ nie miało wpływu na wielkość plonu nasion kostrzewy. Niedostateczny rozwój kostrzewy trzcinowej przed zimą w zasiewie letnim (pierwsza dekada sierpnia) powodował zmniejszenie plonu nasion w pierwszym roku użytkowania w porównaniu z zasiewami wiosennymi (czystym i z jęczmieniem w obsadzie 300 i 250 szt.·m$^{-2}$). Wzrost plonu w drugim roku użytkowania nie rekompensował obniżki plonu w pierwszym. Ilość wysiewu kostrzewy trzcinowej miała wpływ na jej plonowanie tylko w pierwszym roku pełnego użytkowania. W zasiewie z jęczmieniem w obsadzie 300 szt.·m$^{-2}$ zwiększenie ilości wysiewu kostrzewy z 5 do 10 kg·ha$^{-1}$ korzystnie wpłynęło na plon. W zasiewie czystym wiosennym, letnim oraz z jęczmieniem w obsadzie 250 szt.·m$^{-2}$ wysiewanie powyżej 5 kg·ha$^{-1}$ było nieuzasadnione. Nadwyżka bezpośrednia w trzyletnim okresie uprawy (rok siewu i dwa lata pełnego użytkowania) była największa, jeśli kostrzewa wysiewana była wiosną z jęczmieniem w obsadzie 300 szt.·m$^{-2}$ w ilości 15 kg·ha$^{-1}$.

# AGROTECHNICAL FACTORS OF GROWTH AND YIELD IN DIFFERENT VARIETIES OF TALL FESCUE (*Festuca arundinacea* Schreb.) GROWN FOR SEED


## Summary

Physiological processes forming the yield are determined by habitat conditions, genetic properties of the species and varieties, cultivation factors and their mutual relationships. The aim of this study was to identify reproductive abilities of varieties and to assess the effect of cultivation factors and their cooperation in determining morphological and physiological characteristics, the quantity and quality of tall fescue seed yield in the establishment year and two successive years of production. The study was based on three strict field experiments (A, B, C), conducted in the years 2007-2010, in Chrząstowo (53° 11′ N, 17° 35′ E), and Szelejewo (51° 86′ N, 17° 16′ E), each in two series, comprising three years of field experiments each (the establishment year and two production years). In experiment A the productivity of fodder cultivar Odys and lawn cultivar Tarmena was analysed depending on row spacing (24 and 48 cm). In experiment B, the effect of different amounts and application times of nitrogen doses on chlorophyll synthesis, N concentration in leaves and seed yield and its components was examined in fescue lawn cultivar Asterix. The nitrogen fertilization doses applied were as follows: in autumn - 0, 20, 40 kg $N \cdot ha^{-1}$ and in spring - 0, 20, 40, 60 and 80 kg $N \cdot ha^{-1}$. In experiment C, the factors were: the time and method of fescue sowing (spring without the cover crop, intersown crop in spring barley at plant density 250 no.$\cdot m^{-2}$ and 300 no.$\cdot m^{-2}$ and the summer time – the first ten days of August) and the sowing rate of fescue: 5, 10 and 15 $kg \cdot ha^{-1}$. The results obtained were subjected to the analysis of variance, and significance of differences was verified with Tukey's multiple comparisons test on the significance level $\alpha = 0.05$. Multiple regression according to the step-by-step model was used to analyse a relationship between the seed yield and spring and summer fertilization doses and the SPAD value. Estimation of yields was made based on the model equation with probability 95%.

In the presented study it was indicated that germination under field conditions was better, and the number of generative tillers and seed setting efficiency in spikes higher in the lawn cultivar in comparison with the fodder. Only in the first production year, the lawn cultivar gave better yields than the fodder. In row spacing 24 cm, at lower seed density in row, tall fescue germinated better in comparison with the row spacing 48 cm. In the first production year, narrower row spacing favoured forming numerous generative tillers, but it reduced the seed setting efficiency. Decreasing the row spacing from 48 to 24 cm did not affect the seed yield of the fodder cultivar in successive two years of production. Only in the first year the row spacing 24 cm was more favourable for the lawn cultivar. The response of seed yield of the tall fescue lawn cultivar grown in the lessive soil with a low content of $N_{min}$ indicated that fertilization in the

amount of 20 kg N·ha$^{-1}$ in autumn and 40 kg·ha$^{-1}$ in spring was sufficient for the first year, whereas in the second year, at each time the rate should be increased by 20 kg N·ha$^{-1}$. Stimulating effect of mineral fertilization with nitrogen on seed yield results from increasing the number of generative tillers mainly by autumn fertilization, as well as the number of spikelets in inflorescences by fertilization in the spring time. Measurement of chlorophyll index and nitrogen content in leaves at the start of shooting are helpful in evaluation of the state of plant abundance in nitrogen. Relationship of autumn and spring fertilization doses and chlorophyll index at that developmental stage may be used to predict the yield. In the first year of production, in each variant of autumn fertilization (0, 20 and 40 kg N·ha$^{-1}$) increasing the nitrogen rate applied in spring up to 60 kg·ha$^{-1}$ was profitable, whereas in the second year of production spring nitrogen doses between 60-80 kg N·ha$^{-1}$ were the most profitable. Sowing the lawn cultivar of tall fescue in spring barley resulted in a reduction in yield in the first production year and an increase in the second, as compared with the spring pure sowing. Reduction in barley plant density from 300 to 250 no.·m$^{-2}$ had no effect on the fescue seed yield. Insufficient development of tall fescue before winter in the summer sowing (the first ten days of August) caused a decrease in the seed yield in the first production year, as compared with spring sowings (pure and with barley at a plant density of 300 and 250 no.·m$^{-2}$). An increase in yield in the second year of production did not compensate for a decrease in yield in the first year. The sowing rate of tall fescue had an effect on its yield only in the first year of production. In sowing with barley at a plant density of 300 no.·m$^{-2}$ increasing the sowing rate of fescue from 5 to 10 kg·ha$^{-1}$ had a favourable effect on yield. In spring and summer pure sowing and with barley at a plant density of 250 no.·m$^{-2}$ sowing more than 5 kg·ha$^{-1}$ was unjustified. The gross margin in the three-year period of cultivation (the establishment year and two production years) was the highest if fescue was sown in spring with barley at a plant density of 300 no.·m$^{-2}$ at a sowing rate of 15 kg·ha$^{-1}$.

# ANEKS

Fot. 1. Odmiana Odys (od lewej) i Tarmena kostrzewy trzcinowej w fazie strzelania w źdźbło (doświadczenie A)

Fot. 2. Odmiana Odys (od lewej) i Tarmena kostrzewy trzcinowej (doświadczenie A)

Fot. 3. Odmiana Tarmena (od lewej) i Odys kostrzewy trzcinowej w fazie kwitnienia (doświadczenie A)

Fot. 4. Odmiana Odys (od lewej) i Tarmena kostrzewy trzcinowej w fazie dojrzewania (doświadczenie A)

Fot. 5. Odmiana Asterix kostrzewy trzcinowej w fazie strzelania w źdźbło (doświadczenie B)

Fot. 6. Odmiana Asterix kostrzewy trzcinowej w fazie kwitnienia (doświadczenie B)

Fot. 7. Odmiana Asterix kostrzewy trzcinowej w fazie dojrzewania (doświadczenie B)

Fot. 8. Odmiana Asterix kostrzewy trzcinowej przed zakończeniem wegetacji w pierwszym roku pełnego użytkowania (doświadczenie B)

Fot. 9. Odmiana Romina kostrzewy trzcinowej w roku siewu (siew w jęczmień jary) (doświadczenie C)

Fot. 10. Odmiana Romina kostrzewy trzcinowej czasie ruszenia wegetacji (doświadczenie C)

Fot. 11. Odmiana Romina kostrzewy trzcinowej w fazie kwitnienia (doświadczenie C)

Fot. 12. Odmiana Romina kostrzewy trzcinowej w fazie dojrzewania (doświadczenie C)