



bywa bardzo zróżnicowany i zależy głównie od dawki dostarczonego azotu oraz od terminu jej zastosowania, a reakcja koniczyny białej, rosnącej w runi mieszanej na nawożenie azotowe, nie została dostatecznie wyjaśniona. Ogromne walory użytkowe tego gatunku nie są w pełni wykorzystane z powodu trudności w zapewnieniu takich warunków wzrostu i rozwoju, które gwarantowałyby stabilność koniczyny podczas wieloletniego użytkowania pastwiskowego [Stypiński 1993].

W łąkarskim dorobku naukowym, dotyczącym koniczyny białej znajdujemy głównie eksperymenty, w których określano wpływ siedliska i zabiegów prądoteknicznych na wzrost i udział koniczyny w runi mieszanej [Domański, Mucha 1988; Stypiński 1993; Warda 1996]. Trudno natomiast o badania, w których obserwowano cały kompleks celowo dobranych cech morfologicznych, określany jako forma wzrostu. Tymczasem stwierdzono zależność między morfologicznymi cechami koniczyny białej i jej plonowaniem, trwałością oraz skutecznością konkurencji z trawami [Höglind 1997; Kozłowski i in. 1997; Sawada 1999].

Z przytoczonych faktów wynika celowość podjętej w niniejszej pracy próby oceny przebiegu konkurencji koniczyny z życią trwałą przy zróżnicowanym nawożeniu azotowym. Obserwacje prowadzono na poziomie zmian morfologicznych roślin, związanych z możliwością utrzymywania się koniczyny w zajmowanych siedliskach, a następnie jej zdolnością do regeneracji i wegetatywnej reprodukcji.

#### METODY

Doświadczenie przeprowadzono w skrzynkach ogrodniczych o wymiarach  $0,45 \times 0,30 \times 0,15$  m w hali wegetacyjnej. Skrzynki wypełniono mieszanką gleby płowej o składzie granulometrycznym piasku słabogliniastego, pH 5,8 w 1 mol KCl i torfu (1:1). Glebę odkwaszono za pomocą kredy, doprowadzając pH do 6,2. Zastosowano podstawową dawkę nawozu, stanowiącą ekwiwalent 15 kg N, 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i 60 kg K<sub>2</sub>O na hektar rocznie. W czasie trwania eksperymentu, tj. od maja do października 2000 roku, przeprowadzono zasilanie roślin azotem w postaci wodnego roztworu saletry wapniowej. Zastosowano następujące poziomy nawożenia: 0, 30, 60, 90 oraz 170 kg N/ha rocznie, dzieląc każdą dawkę na pięć równych części. Zastosowano je w następujących terminach: 11 VII, 25 VII, 16 VIII, 30 VIII, 20 IX. Dwa tygodnie po posadzeniu roślin wykonano szczepienie bakteriami *Rhizobium trifolii*. Zastosowano dzikie szczepy 24 i TA1, otrzymane z Instytutu Mikrobiologii UMCS w Lublinie, wchodzące w efektywną symbiozę z uwzględnionymi odmianami koniczyny [Łotocka i in.

1997]. Spryskiwano powierzchnię gleby zawiesiną bakterii (850 ml/skrzynkę) uprzednio rozcieńczoną wodą destylowaną.

W doświadczeniu użyto koniczyny białej odmian Arta i Romena, pochodzących z pola doświadczalnego Katedry Łąkarstwa Wydziału Rolniczego SGGW w Chylicach. Ich rozłogi pozbawiono liści i podzielono na fragmenty, zawierające po dwa węzły. Rozmieszczono je równomiernie po pięć w skrzynkach z mieszanką koniczyny z życicą. Życicę (35 kg nasion/ha) wysiano trzy dni po posadzeniu koniczyny. Tak otrzymano dwa warianty doświadczenia: Artę z życicą i Romenę z życicą. Na każdy wariant przypadło 10 skrzynek.

Próby do pomiarów pobrano na koniec sezonu wegetacyjnego w jednym terminie. Przed ich pobraniem sprawdzono, jakie pokrycie w skrzynkach osiągnęła koniczyna. Zastosowano metodę liczenia punktów, wykorzystując ramkę o wymiarach dopasowanych do wielkości skrzynek i oczkach  $4 \times 4$  cm. Z każdej skrzynki pozyskano po dwa osobniki. Z każdego z nich cztery rozłogi, które poddano pomiarom morfometrycznym. Zmierzone: długość rozłogów (stolonów), liczbę węzłów, liczbę węzłów z rozgałęzieniami. Pomiary wykonano również na rozgałęzieniach bocznych pierwszego rzędu. Zmierzone rozłogi podzielono na stolony, liście oraz korzenie i wysuszono do suchej masy w temperaturze  $55^{\circ}\text{C}$ . Po wysuszeniu materiały zważono. Zważono również plon, tj. suchą masę koniczyny w skrzynkach. Wyniki pomiarów były podstawą do wyliczenia cech pośrednich. Obliczono: liczbę węzłów przypadającą na 1 cm długości stolonu, liczbę węzłów wytwarzających rozgałęzienia na 1 cm długości stolonu, udziały procentowe korzeni, liści i stolonów w biomacie pędów.

Doświadczenie zostało założone jako eksperyment dwuczynnikowy w układzie losowanych bloków. Liczba powtórzeń wynosiła dwa dla plonu i pokrycia, minimum osiem dla cech morfologicznych i biomasy. Czynniki były: nawożenie azotowe oraz odmiana. Do określenia wpływu czynników na cechy morfologiczne i rozdział biomasy wykorzystano metodę analizy wariancji i procedury porównań wielokrotnych Duncana. Przyjęto poziom istotności  $\alpha = 0,05$ . W obliczeniach zastosowano modele analiz przedstawione przez Zara [1996]. Obliczeń dokonano w programie SPSS/PC.

#### WYNIKI

Stwierdzono, że wielkość dawki nawożenia azotowego wywarła istotny wpływ na morfologiczne cechy koniczyny oraz o wysokość plonu, masę rozłogów i pokrycie (tab. 1, ryc. 1). Nie wpłynęła natomiast istotnie na rozdział biomasy (wyjątek stanowił udział korzeni w masie rozłogów Arty). Nawożenie azotowe wyraźnie kształtowało także przebieg konkurencji koniczyny z życicą.

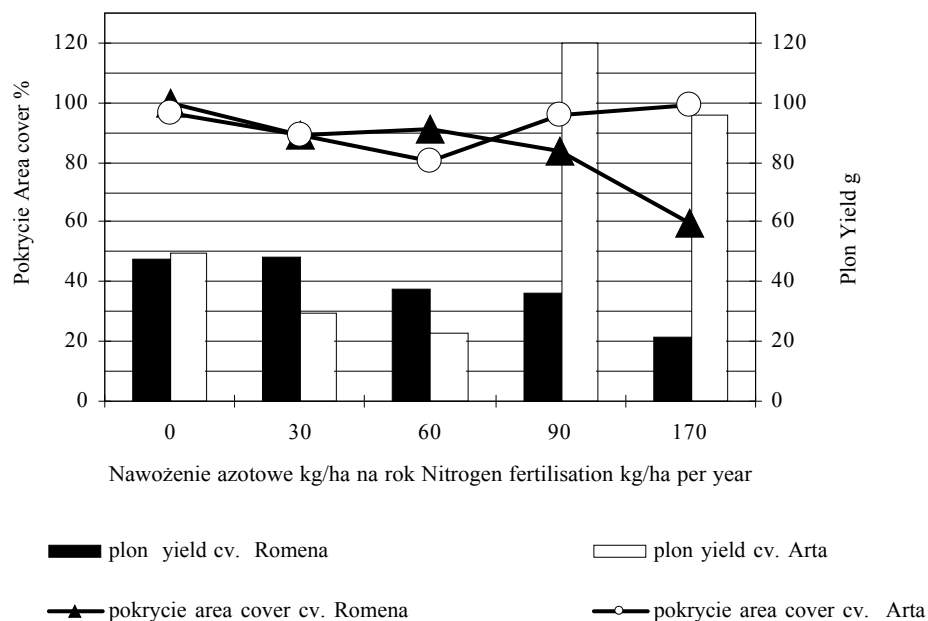
Zaobserwowano różnice morfologicznych cech i rozdziału biomasy pomiędzy odmianami koniczyny. Jak wykazało szczegółowe porównanie średnich obiektowych, są one wynikiem różnej reakcji odmian na nawożenie azotowe (tab. 1).

Przy braku nawożenia azotowego plon Arty i Romeny był zbliżony (tab. 1). Obie odmiany przeznaczyły dostępne zasoby biomasy głównie na budowę stolonów i korzeni (po ok. 70% łącznej masy rozłogów), jednak w przypadku Arty znacznie większy był udział korzeni, a w przypadku Romeny – stolonów. Udział liści był podobny u obu odmian. W porównaniu z Artą, Romena wytwarzała większą liczbę lżejszych rozłogów, z większą liczbą węzłów i rozgałęzień, natomiast długością rozłogów odmiany te nie różniły się istotnie. Każda dostarczona dawka azotu powodowała zmianę większości rozpatrywanych parametrów u obu odmian (tab. 1).

Tabela 1. Wpływ nawożenia azotowego na biomasę i rozdział biomasy oraz cechy morfologiczne, koniczyny białej (*Trifolium repens* L.) w warunkach konkurencji z życią trwałą (*Lolium perenne* L.). Litery oznaczają wynik testu wielokrotnych porównań Duncan'a. Średnie oznaczone różnymi literami są istotnie różne przy  $p = 0,05$

Table 1. The influence of nitrogen fertilisation on biomass, biomass allocation and morphological traits, of *Trifolium repens* L. grown under competition with *Lolium perenne* L. Letters indicate results of Duncan's multiple range test. Means with different letters are significantly different at  $p=0.05$

Nawożenie azotowe kg/ha na rok Nitrogen fertilisation kg/ha per year	0	30	60	90	170
A. Biomasa i rozdział biomasy Biomass and biomass allocation					
Sucha masa rozłogu Dry mass of shoots, g					
Arta + <i>Lolium perenne</i>	13,65b	3,73 a	3,64 a	5,88 a	7,96 ab
Romena + <i>Lolium perenne</i>	6,09 ab	1,93 a	2,30 a	3,72 ab	3,89 ab
Stolony Stolons, %					
Arta + <i>Lolium perenne</i>	46,64 a	53,45 a	48,44 a	41,86 a	49,68 a
Romena + <i>Lolium perenne</i>	58,39 a	55,99 a	53,64 a	61,55 a	58,27 a
Liście Leaves (%)					
Arta + <i>Lolium perenne</i>	32,55 a	36,97 a	41,36 a	41,44 a	33,67 a
Romena + <i>Lolium perenne</i>	29,83 a	33,96 a	37,94 a	28,73 a	28,10 a
Korzenie Roots (%)					
Arta + <i>Lolium perenne</i>	20,80 b	9,58 a	10,20 a	16,70 ab	16,64 ab
Romena + <i>Lolium perenne</i>	11,78 a	10,05a	8,42 a	9,71 a	13,64 a
B. Cechy morfologiczne Morphological traits					
Długość rozłogu Stolons length, cm					
Arta + <i>Lolium perenne</i>	8,84bc	6,25 a	5,08 a	6,95 ab	10,04bc
Romena + <i>Lolium perenne</i>	7,64b	3,77a	4,30 a	5,47 ab	6,90b
Liczba węzłów na cm No. of nodes per cm					
Arta + <i>Lolium perenne</i>	5,48 c	6,15 c	6,56 c	3,86 b	2,50 a
Romena + <i>Lolium perenne</i>	7,35bc	8,43 c	8,79 c	5,68 ab	4,69 a
Liczba rozgałęzień na cm No. of branches per cm					
Arta + <i>Lolium perenne</i>	0,39 ab	0,49bc	0,57c	0,46 bc	0,26 a
Romena + <i>Lolium perenne</i>	0,48 ab	0,48 ab	0,35 a	0,62 b	0,39 a



Rycina 1. Wpływ nawożenia azotowego na plon i pokrycie *Trifolium repens* odm. Arta i Romena w mieszance z *Lolium perenne*

Figure 1. The influence of nitrogen fertilisation on yield and area covered by *Trifolium repens* cv. Arta and Romena grown with *Lolium perenne*

Każda z odmian wykazała inne preferencje co do zawartości azotu w glebie i w związku z tym przy tym samym poziomie nawożenia wykształciła inną formę wzrostu. U Arty przy niskim poziomie nawożenia (30 i 60 kg N/ha) zaobserwowano zmniejszanie pokrycia, obniżenie plonu, masy rozłogów oraz udziału korzeni. Towarzyszyła temu zmiana cech morfologicznych, polegająca na skracaniu rozłogów oraz zwiększaniu liczby węzłów i rozgałęzień, przypadającej na 1 cm długości rozłogu. Można to interpretować jako wytworzenie formy wzrostu umożliwiającej szybką regenerację i efektywną wegetatywną reprodukcję poprzez tworzenie nowych ramet (duża liczba węzłów na niewielkiej powierzchni). Efektem zastosowania wysokich dawek azotu (90 i 170 kg/ha) była reakcja odwrotna: zwiększenie pokrycia i plonu, nieznaczny wzrost średniej masy rozłogów oraz udziału korzeni w masie rozłogu. Nastąpiło jednocześnie wydłużenie rozłogów, zmniejszenie liczby węzłów i częstości rozgałęziania się rozłogów koniczyny. Reakcja Arty na nawożenie w wysokości 30 oraz 60 kg N/ha przypomina, zaobserwowaną przez wielu autorów, morfologiczną odpowiedź

koniczyny na działanie silnego stresu środowiskowego, takiego jak susza [Brink i in. 1999], niska temperatura powietrza [Murray i in. 2000], intensywny wypas [Brock i in. 2000] czy też konkurencja z innym gatunkiem [Chachulski 1999]. U Romeny nie stwierdzono tak jednoznacznej morfologicznej reakcji, jak w przypadku Arty. Pokrycie, plon, jak i długość rozłogów Romeny zmniejszały się wraz ze zwiększaniem dawki azotu. Rozdział biomasy pomiędzy organy nie zmieniał się znacząco. Liczba węzłów obniżyła się istotnie, ale dopiero po zaaplikowaniu 90 i 170 kg N/ha. Częstość rozgałęziania się roślin była taka sama przy braku nawożenia oraz po zastosowaniu 30 kg N/ha. Najwięcej rozgałęzień wytwarzały rozłogi Romeny, zasilonej 90 kg N/ha, a najmniej – gdy zastosowano 60 i 170 kg N/ha. W literaturze często podkreśla się różnice budowy morfologicznej i reakcji na działanie zmiennych czynników środowiska zewnętrznego pomiędzy odmianami koniczyny o różnej formie botanicznej [Sawada 1999; Finne i in. 2000]. Stwierdzono [Sawada 1999], że odmiany wielkolistne cechują się większymi blaszkami liściowymi, wyrastającymi na dłuższych ogonkach niż odmiany drobnolistne. Wytwarzają też mniejszą liczbę dłuższych rozłogów z dłuższymi międzywęzłami [Sawada 1999]. Z punktu widzenia rolnictwa są więc bardzo cenne, gdyż najbardziej pożądaną częścią plonu koniczyny białej są liście. Koniczyny wielkolistne sprawdzają się jednak głównie w warunkach niskiego i średniego natężenia stresu środowiskowego, gdy nie są narażone na ciągłą, znaczną defoliację (np. w warunkach wypasu rotacyjnego) [Sawada 1999; Brock i in. 2000]. W sytuacji większego nasilenia stresu środowiskowego (susza, niska temperatura powietrza) większą trwałością odznaczają się zwykle odmiany drobno- i średniolistne [Brink i in. 1999; Finne i in. 2000]. W niniejszym doświadczeniu obie wykorzystane odmiany reprezentują wielkolistną formę botaniczną [COBORU Lista odmian roślin uprawnych, Słupia Wielka 1992, 1995]. Łącząc przytoczone fakty z wynikami eksperymentu, szczególnie wartościową odmianą może okazać się odmiana Arta, która, choć reprezentuje formę wielkolistną, reaguje na nawożenie bardzo dynamicznie i charakteryzuje ją większa plastyczność fenotypową cech morfologicznych niż Romenę. W rezultacie przy wysokich poziomach nawożenia wykazuje większą zdolność konkurencyjną, zwiększa plon oraz pokrycie, co pozwala przypuszczać, że w warunkach polowych po zastosowaniu wysokich dawek nawożenia azotowego powinna dawać wyższe plony i cechować się większą trwałością od Romeny.

Podsumowując, należy stwierdzić, że zróżnicowane nawożenie azotowe istotnie zmienia morfologiczne cechy budowy koniczyny białej, warunkujące zdolność do pozyskiwania zasobów środowiska, regeneracji oraz kolonizacji dostępnej przestrzeni życiowej. Tym samym wpływa również na trwałość i pro-

dukcyjność tego gatunku. Największa trudność polega na ustaleniu, jaka dawka azotu powoduje w określonych warunkach siedliskowych wytworzenie przez koniczynę najkorzystniejszych cech morfologicznych, to znaczy takich, które gwarantowałyby jej stabilne plonowanie przez wiele lat. Nie jest to łatwe, ponieważ koniczyna biała w runi mieszanej podlega wpływom wielu innych czynników zewnętrznych, które często wchodzą ze sobą w interakcje [Finne i in. 2000]. W świetle niniejszych badań pewne jest jednak, że dobór optymalnej dawki nawożenia azotowego powinien odbywać się na poziomie odmiany, nie zaś gatunku, o czym świadczą zaobserwowane znaczne różnice pomiędzy Artą i Romeną. Trzeba mimo to stwierdzić, że choć nasilenie reakcji koniczyny białej na zastosowaną dawkę nawożenia azotowego zależy od odmiany, to jej kierunek jest wspólny dla gatunku.

#### WNIOSKI

1. Wysokość dawki nawożenia azotowego istotnie wpływa na morfologiczne cechy koniczyny białej, warunkujące jej zdolność do regeneracji oraz kolonizacji i wykorzystywania dostępnej przestrzeni życiowej, działając tym samym na trwałość i produkcyjność tego gatunku.

2. Nasilenie reakcji koniczyny białej na nawożenie azotem to cecha odmianowa, natomiast kierunek reakcji jest wspólny dla gatunku.

3. Analiza cech morfologicznych i rozdziału biomasy pomiędzy organy koniczyny białej pozwoliła na wykazanie różnic pomiędzy porównywanymi odmianami koniczyny i wskazanie większych predyspozycji Arty do wieloletniego użytkowania pastwiskowego.

#### PIŚMIENNICTWO

- Brink G.E., Pederson G.A., Alison M.W., Ball D. M., Bouton J.H., Rawls R.C., Stuedemann J.A., Venuto B.C. 1999. Growth of white clover ecotypes, cultivars, and germplasm in the south-eastern USA. *Crop Sci.* 39, 1809–1814.
- Brock J.L., Albrecht K.A., Tilbrook J.C., Hay M.J.M. 2000. Morphology of white clover during development from seed to clonal populations in grazed pastures. *J. Agric. Sci.* 135, 103–111.
- Chachulski Ł. 1999. Zmienność cech morfologicznych jako adaptacyjna odpowiedź rośliny na warunki uprawy. Rozprawa doktorska SGGW.
- Domański P., Mucha I. 1988. Ocena przydatności odmian koniczyny białej do mieszanek z trawami na pastwiska. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 366, 177–181.
- Falkowski M., Nowak M. 1975. Nawożenie użytków zielonych. PWRiL, Warszawa.

- Finne M.A., Rognli O.A., Schjelderup I. 2000. Genetic variation in a Norwegian germplasm collection of white clover (*Trifolium repens* L.). Population differences in agronomic characteristics. *Euphytica*. 112, 33–44.
- Frame J., Newbould P. 1986. Agronomy of white clover. *Adv. Agron.* 40, 1–88.
- Höglind M. 1997. The effects of strategic use of fertilizer nitrogen in spring and/or summer on the productivity of grass/white clover swards with timothy and meadow fescue. In: Höglind M., Effects of fertilizer nitrogen on growth, morphology and assimilate partitioning in white clover when grown with grass. *Act. Univ. Agric. Sueciae*, Uppsala.
- Kozłowski S., Ramenda S., Goliński P. 1997. Morfologiczne, biologiczne i chemiczne zróżnicowanie polskich odmian koniczyny białej (*Trifolium repens* L.). *Biul. Oceny Odm.* 29, 121–125.
- Łotocka B., Kopcińska J., Golinowski W. 1997. Morphogenesis of root nodules in white clover. I. Effective root nodules induced by the wild type *Rhizobium leguminosarum biovar. trifolii*. *Acta Soc. Bot. Pol.* 66, 3/4, 273–292.
- Murray P.J., Jørgensen M., Gill E. 2000. Effect of temperature on growth and morphology of two varieties of white clover (*Trifolium repens* L.) and their impact on soil microbial activity. *Ann. Appl. Biol.* 137, 305–309.
- Sawada H. 1999. Genetic variation in clonal traits of *Trifolium repens* and species interactions. *Plant Spec. Biol.* 14, 19–28.
- Stypiński P. 1993. Reakcja koniczyny białej (*Trifolium repens* L.) na wapnowanie w siewach czystych i w mieszankach z trawami w doświadczeniach pastwiskowych i wazonowych. *Rozprawy Naukowe i Monografie*. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Warda M. 1996. Ocena rozwoju, trwałości i plonowania wybranych odmian koniczyny białej (*Trifolium repens* L.) w mieszankach z trawami użytkowymi pastwiskowo. *Rozpr. Nauk.* 191, Wyd. AR w Lublinie.
- Zar J.H. 1996. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall International Inc.