ACTA AGROBOTANICA
Vol. XXVIII, z. 1, 1975

Wpływ nawożenia azotowego na niektóre właściwości fizjologiczne i morfologiczno-anatomiczne *Lolium multiflorum* Lam. (formy tetraploidalnej)

B. GEJ, H. BARANOWSKA, J, MAZUROWA, E ROGOZIŃSKA

Instytut Biologii Roślin, Akademia Rolnicza, Warszawa, Poland

B. Gej, H. Baranowska, J. Mazurowa and E. Rogozińska (Plant Biology Institute, Agricultural University of Warsaw, Poland) Acta Agrobotanica 27 (1): 95-119, 1975.

Effect of nitrogen nutrition on some physiological, morphological, and anatomical properties of tetraploidal form of Lolium multiflorum Lam.

In pot experiments the high doses of nitrogen (3.50 g of NH_4NO_3 per one pot with 9.5 kg of sand) cause the increase of tillering intensity, leaf assimilatory area, water as well as chlorophyll (a+b) content, total and nitrate nitrogen content, and biomass increment of Italian ryegrass (tetraploid) plants. However, these doses do not effect: the nucleic acids content, number of stomata (per surface area unit of leaf blades), number of vascular bundles in leaves, and the intensity of $^{14}CO_2$ uptake by these leaves.

Życica wielokwiatowa (*Lolium multiflorum* Lam.) jest trawą o dużej wartości użytkowej, ale w naszym kraju niezbyt jeszcze rozpowszechnioną, szczególnie jej forma tetraploidalna.

Jej reakcja na wysoki poziom nawożenia azotowego jest mało zbadana.

W większości przypadków w badaniach nad wzrostem i rozwojem traw ograniczano się do oznaczania wielkości i struktury plonu końcowego (Burczyk i wsp. 1972; Rutkowska 1973), natomiast nieliczne są prace dotyczące przebiegu wzrostu tych roślin w całym okresie wegetacji (Throughton 1956; Jewiss 1966; Jewiss i Woledge 1967) i mało dotychczas poświęcono uwagi analizie wzrostowej traw (Pohjonen i Hari 1973) oraz określeniu możliwości produkcyjnej i ich wartości paszowej — w warunkach intensywnego nawożenia azotowego (O'Brien 1960; Gawęda i Nowak 1963; Ryle 1964).

Stąd też celem niniejszej pracy było bliższe poznanie wpływu zróżnicowanego żywienia azotem na dynamikę wzrostu życicy wielokwiatowej (tetraploidalnej), na produktywność, intensywność fotosyntezy oraz na zmiany morfologiczne, anatomiczne i biochemiczne tej rośliny, występujące w czasie wegetacji.

METODY

Doświadczenie założono i prowadzono w wazonowych kulturach piaskowych przy dwóch poziomach azotu: 1 N (0,40 g N) i 3 N (1,20 g N) w postaci NH_4NO_3, na 9,5 kg piasku wiślanego (wazon typu Wagnera) oraz przy jednakowym poziomie żywienia pozostałymi składnikami mineralnymi (0,50 g P_2O_5; 0,70 g K_2O; 0,28 g CaO; 0,12 g MgO; 0,15 g NaCl i 0,03 g cytrynianiu żelaza). Składniki te wprowadzono do podłoża przed siewem nasion, natomiast nawożenie azotowe stosowano w trzech jednakowych dawkach: przedsiewnie, po dwóch i po trzech tygodniach od wschodów roślin.

Rośliny podlewano wodą wodociągową, utrzymując wilgotność podłoża na poziomie 65% pojemności kapilarnej. Nasiona życicy tetraploidalnej odm. 'Kroto', otrzymane ze Stacji Hodowli Roślin w Szelejewie, wysiano 31 III; wschody zaobserwowano 4 IV, a 30 IV życicę przerzedzono pozostawiając do końca wegetacji (4 X) po 5 roślin w wazonie.

Po końcowym zbiorze I pokosu rośliny dokarmiano pożywką mineralną zawierającą wszystkie w.w. składniki w stężeniu o połowę mniejszym niż na początku wegetacji.

Dynamikę wzrostu badanej życicy określano na podstawie zmian ciężaru 15 całych roślin, zbieranych co 8-10 dni w czasie wegetacji. Oznaczano przy tym suchą masę i zawartość wody w blaszkach i pochwach liściowych oraz masę wymytych z piasku korzeni (roślin I pokosu). Pierwszego sprzętu części nadziemnych roślin drugiego pokosu dokonano po 83 dniach od wschodów.

Jednocześnie pobierano próby materiału roślinnego do analiz morfologicznych i anatomicznych. Oznaczano: liczbę pędów na roślinie (stopień krzewienia się roślin), liczbę liści na pędzie i na całej roślinie oraz długość i szerokość blaszek liściowych. Na przekrojach anatomicznych liści określano liczbę wiązek przewodzących i grubość blaszek liściowych, biorąc średnią z czterech pomiarów dokonywanych w różnych częściach blaszki. Określano również liczbę aparatów szparkowych na całej szerokości blaszki liściowej, zarówno na górnej, jak i dolnej powierzchni tych liści; na tej podstawie obliczano liczbę aparatów szparkowych występujących na 1 mm^2.

Na podstawie iloczynu: długość × szerokość blaszki liściowej w nasadzie × 0,75 obliczano powierzchnię poszczególnych liści, a następnie wyliczano parametry analizy wzrostowej badanej trawy:

a) intensywność gromadzenia biomasy netto (Net Assimilation Rate — NAR) — w $mg/dm^2 \cdot$ doba,

b) względną intensywność wzrostu (Relative Growth Rate — RGR) w mg/mg · doba, oraz

c) stosunek powierzchni liściowej do suchej masy rośliny (Leaf Area Ratio — LAR) — w cm^2/g.

Ponadto dwukrotnie w czasie wegetacji — przy naturalnym świetle słonecznym — eksponowano w ciągu 25 minut całe (nieuszkodzone) rośliny życicy serii 1 N i 3 N w 200-l kamerze asymilacyjnej, zawierającej atmosferę wzbogaconą w $^{14}CO_2$ o ogólnej aktywności 500 μCi. Zamrożony materiał radioaktywny homogenizowano w 80% etanolu, a następnie przy pomocy licznika G-M oznaczano ilość związanego przez te rośliny ^{14}C; wyniki tych oznaczeń (w imp./min) wskazujące na aktywność fotosyntetyczną badanych roślin, przeliczono na jednostkę świeżej i suchej masy liści oraz na jednostkę powierzchni blaszek tych liści. Jednocześnie w acetonowym wyciągu z analogicznych liści oznaczano zawartość chlorofilu *a* i *b* (wg Arnona, w modyfikacji Bruinsma 1963).

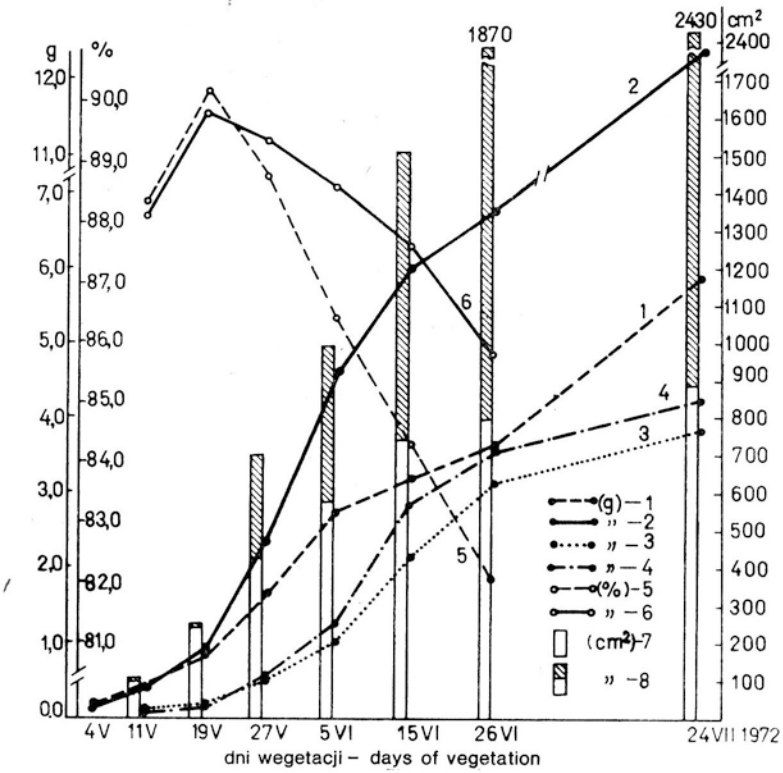
W liściach badanych roślin oznaczano także zawartość azotu ogólnego (mikrometodą Parnasa-Wagnera) i azotanowego (wg Nelsona i wsp. 1954), oraz wydobywano frakcje kwasów nukleinowych (metodą Schmidta i Thannhausera — z uzupełnieniami wg Munro i Flecka 1966), przy czym zawartość DNA oznaczano wg Burtona (1956). Obie frakcje kwasów nukleinowych połączonych z białkami analizowano też na zawartość białka rozpuszczalnego wg Lowry i wsp. (1951).

Wyniki wszystkich pomiarów i analiz biochemicznych zamieszczono w tabelach i na rysunkach jako wartości średnie z 3-6 powtórzeń w odniesieniu do 1 rośliny. Niektóre wyniki badań morfologicznych i anatomicznych przedstawiono na załączonych fotografiach.

WYNIKI I DYSKUSJA

1. Wzrost roślin I pokosu

W początkowym okresie wegetacji — w warunkach wazonowych — rośliny życicy wielokwiatowej rosły bardzo powoli, przy czym intensywność tego procesu nie zależała od dawek stosowanego nawożenia azotowego (rys. 1). Wyraźne różnice w przyroście masy części nadziemnych (blaszek liściowych i pochew) oraz w zawartości wody między roślinami serii 1 N i 3 N zaczynały przejawiać się dopiero po 6 tygodniach od wschodów. Różnice zaś w przyroście masy korzeni na korzyść roślin dob-



Rys. 1. Przebieg wzrostu roślin I-szego pokosu życicy wielokwiatowej w warunkach różnego żywienia azotem (1 N lub 3 N)

1, 2 — sucha masa cz. nadz. (w g) w kombinacji 1 N lub 3 N; *3, 4* — sucha masa korzeni (w g) w kombinacji 1 N lub 3 N; *5, 6* — zawartość wody (%) w cz. nadz. — 1 N lub 3 N; *7, 8* — powierzchnia blaszek liściowych (w cm²) w kombinacji 1 N lub 3 N

Fig. 1. Plant growth courses for the Ist cut utilization of Italian ryegrass under the different nitrogen supply conditions (1 N or 3 N)

1, 2 — dry aboveground matter (g) of the 1 N or 3 N plants; *3, 4* — dry matter of roots (g) of the 1 N or 3 N plants; *5, 6* — water contents (%) in aboveground parts of the 1 N or 3 N plants; *7, 8* — leaf blade surface areas of the 1 N or 3 N plants

rze zaopatrzonych w azot zanotowano jeszcze później, tzn. po 8 tygodniach od wschodów.

Można przypuszczać, że duże stężenie osmotyczne roztworu (ok. 3 atm.) i naruszenie równowagi jonowej pożywki, wywołane wysoką dawką azotu, nie sprzyja szybkiemu wzrostowi młodych korzeni badanej trawy, a dodatni wpływ tego składnika na przyrost masy ujawnia się wówczas, gdy rośliny osiągną odpowiednią fazę rozwoju i przystosują się do zmienionych warunków środowiska.

Dalszy przebieg wzrostu roślin życicy w czasie wegetacji miał charakter typowej krzywej sigmoidalnej do momentu zastosowania dodat-

Tabela 1 — Table 1

Analiza wzrostowa I pokosu życicy wielokwiatowej

Growth analysis in the Ist cutting of Italian ryegrass

Parametry * Parameters	Daty zbiorów — Dates of harvests							
	4 V	11 V	19 V	27 V	5 VI	15 VI	26 VI	24 VII
Rośliny serii 1 N — Plants of 1 N								
NAR	46,8	90,8	38,7	40,7	30,7	12,7	10,0	18,0
RGR	0,26	0,22	0,09	0,10	0,06	0,02	0,01	0,02
LAR	387	243	256	271	231	221	222	181
Rośliny serii 3 N — Plants of 3 N								
NAR	44,5	95,6	44,6	51,8	38,9	19,1	7,8	16,2
RGR	0,27	0,24	0,11	0,15	0,08	0,03	0,01	0,02
LAR	423	251	258	285	249	234	269	231

* Objaśnienia w tekście.
Explanations in the text.

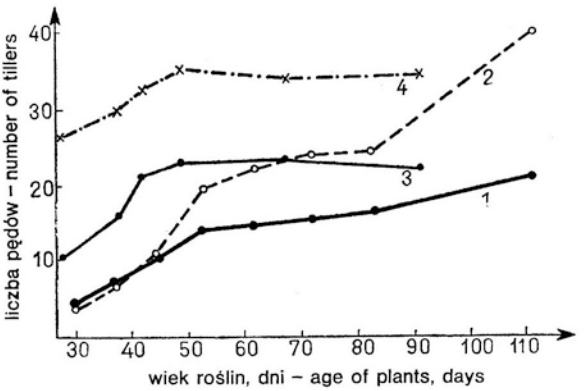
kowego nawożenia mineralnego (25 VI) i praktycznie do końcowego zbioru I pokosu (rys. 1).

W połowie czerwca, a więc w okresie rolniczego sprzętu I pokosu traw, sucha masa części nadziemnych 1 rośliny życicy wielokwiatowej, dobrze zaopatrzonej w azot, wynosiła średnio 8,8 g, a powierzchnia asymilacyjna jej blaszek liściowych przekraczała 15 dm^2. Można dodać, że po 12 tygodniach wzrostu (26 VI) zarówno sucha masa pędów, jak i powierzchnia liści była ponad dwukrotnie. a masa korzeni średnio o 13% większa w roślinach serii 3 N niż w serii 1 N.

W miarę wzrostu roślin I pokosu zmniejszał się stopniowo stosunek masy części nadziemnych do korzeni. Wartości liczbowe tego stosunku obniżyły się z 5-6 (początek wegetacji) do 2-3 (zbiory końcowe), przy czym wyższe wartości występowały w roślinach życicy nawożonych potrójną dawką azotu. O podobnym wpływie nawożenia azotowego na wielkość stosunku masy pędów do korzeni traw donosi także Whitehead (1970).

Od dnia wystąpienia różnic w przyroście masy, aż do końca wegetacji, badane rośliny życicy wykazywały coraz to większe różnice w zawartości wody między badanymi seriami różnego nawożenia azotem (rys. 1).

Dynamikę wzrostu badanej trawy dobrze też charakteryzują niektóre parametry analizy wzrostowej, zamieszczone w tabeli 1. Z danych tych wynika, że intensywność gromadzenia biomasy netto (NAR) oraz względna intensywność wzrostu (RGR) wykazywały najwyższe wartości w po-



Rys. 2. Krzewienie się życicy wielokwiatowej w warunkach różnego nawożenia azotem (1 N lub 3 N)

1, 2 — rośliny I-szego pokosu nawożone dawką 1 N lub 3 N; *3, 4* — rośliny II-go pokosu nawożone dawką 1 N lub 3 N

Fig. 2. The tillering of Italian ryegrass at the different nitrogen supply (1 N or 3 N)

1, 2 — the Ist cut utilization plants supplied by the 1 N or 3 N dose; *3, 4* — the IInd cut utilization plants supplied by the 1 N or 3 N dose

czątkowym okresie wegetacji, po czym w połowie maja wystąpił wyraźny spadek, a później obserwowano stopniowe ich obniżanie się aż do czasu ponownego nawożenia roślin wszystkimi składnikami mineralnymi w drugiej połowie czerwca. Natomiast wartości LAR, ilustrujące zmiany stosunku powierzchni liściowej do masy części nadziemnych, utrzymywały się w serii 3 N prawie na nie zmienionym poziomie (z wyjątkiem zbioru w dniu 4 V). Wszystkie badane parametry analizy wzrostowej miały wyższe wartości w roślinach serii 3 N niż w serii 1 N, ale różnice te były niewielkie.

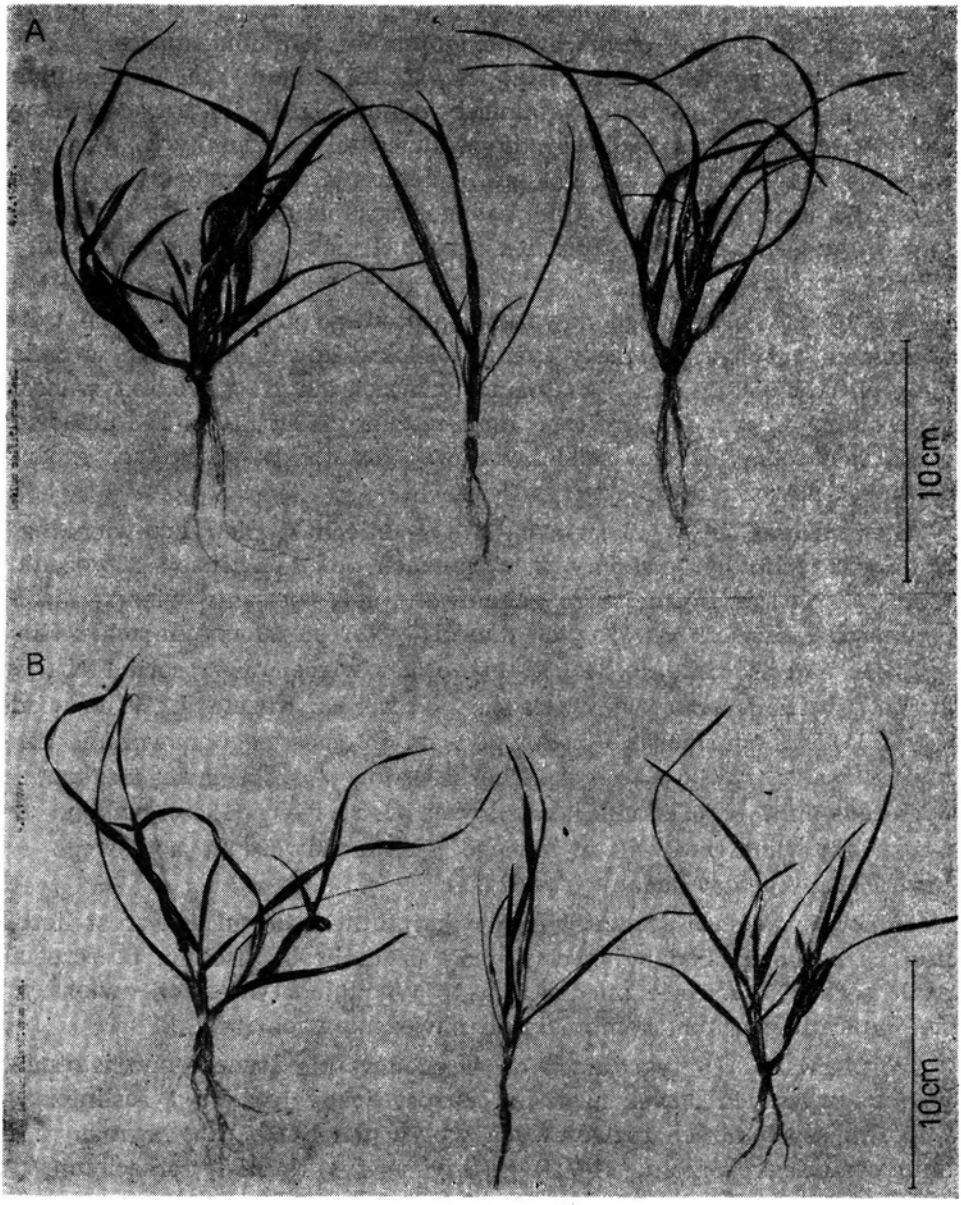
Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotowego przejawił się nie tylko w zmianie przyrostu biomasy życicy wielokwiatowej, ale także w zmianie cech morfologicznych i anatomicznych związanych z produktywnością tej rośliny. Zdjęcia fotograficzne zamieszczone na str. 102 i 103 przedstawiają całe rośliny życicy wielokwiatowej rosnące w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem (rys. 3 i 4).

Stwierdzono, że w pierwszych 6 tygodniach stopień krzewienia się badanych roślin był podobny w warunkach obu kombinacji nawożeniowych. W okresie późniejszym zanotowano już wyraźnie większą liczbę pędów na roślinach nawożonych dawką 3 N i po 10 tygodniach rośliny tej serii miały średnio po 24 pędy, tj. o 55% więcej niż w serii 1 N (rys. 2). Ta różnica jeszcze zwiększyła się pod koniec wegetacji. W doświadczeniu O'Brien (1960) — pod wpływem intensywnego nawożenia azotowego życicy trwałej i kupkówki liczba pędów wzrosła nawet trzykrotnie w porównaniu z roślinami kontrolnymi. Langer (1959) badając tymotkę nie zaobserwował wyraźnego efektu nawożenia azotowego na wzrost liczby pędów badanych roślin.

Podobnie jak wzrost liczby pędów kształtował się także wzrost liczby liści na roślinach badanej życicy, przy czym liczba liści na poszczególnych pędach w okresie między 4 a 15 tygodniem wegetacji zwiększyła się dwukrotnie w obu kombinacjach nawożeniowych (tab. 2).

W pierwszych 6 tygodniach od wschodów nie stwierdzono istotnego wpływu wyższych dawek azotu na wzrost liczby liści na 1 roślinie, ale w późniejszych fazach rozwojowych wpływ ten był bardzo wyraźny i w dniu ostatniego sprzętu (24 VII) rośliny serii 1 N miały przeciętnie po 129 liści, a w serii 3 N — 266 liści (maksymalnie — 402 liście).

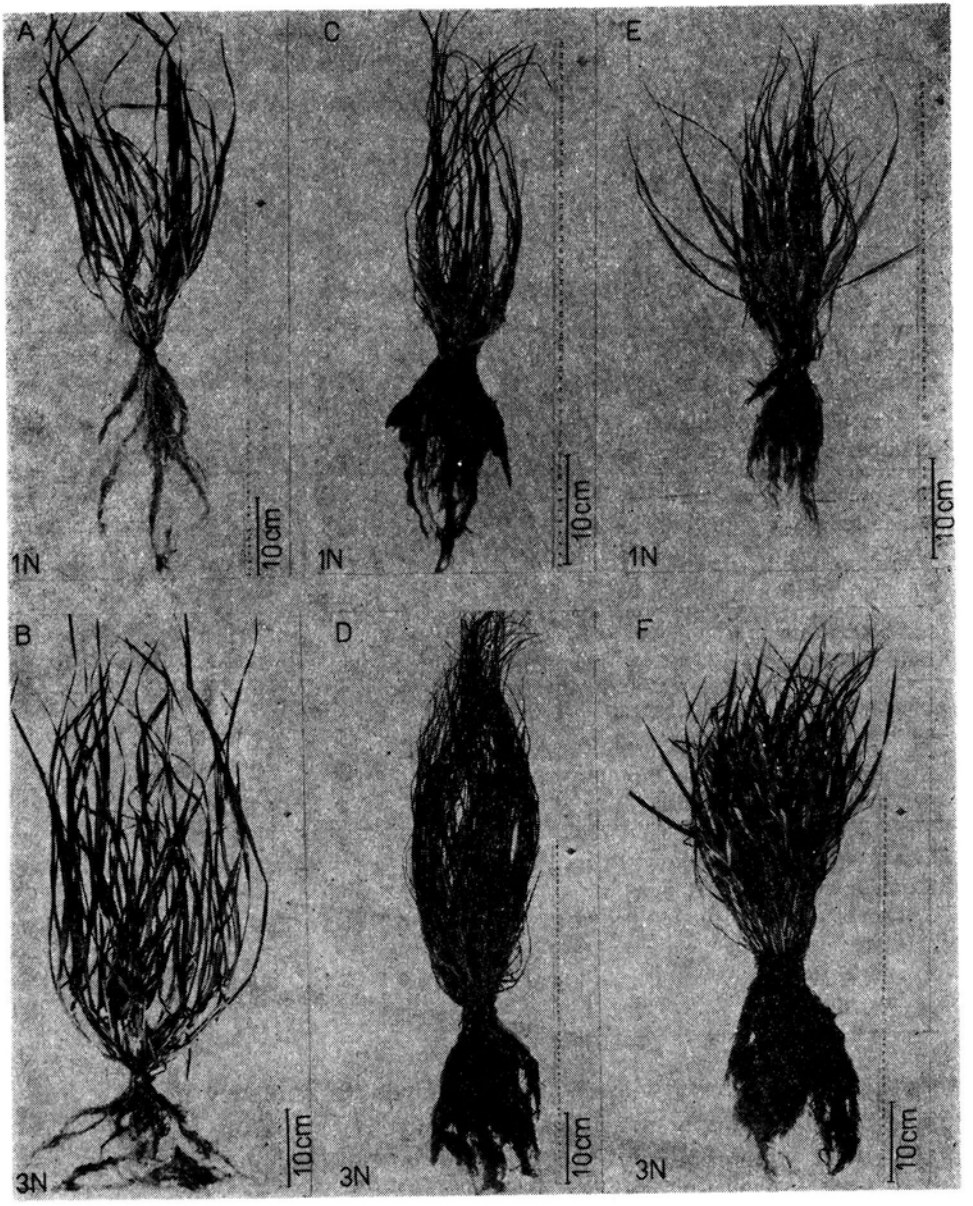
Zastosowanie wyższych dawek azotu pod życicę spowodowało zwiększenie wymiarów (długości, szerokości i grubości) blaszek liściowych oraz ogólnej powierzchni asymilacyjnej, ale skutek ten zaznaczył się wyraźnie dopiero po 7 tygodniach od wschodów roślin (tab. 2). W miarę starzenia się roślin wielkość powierzchni zielonych liści nie ulegała już znacznemu zwiększeniu, a wierzchołki liści górnych i całe liście dolne zaczynały żółknąć i zasychać.



Rys. 3. Rośliny życicy wielokwiatowej (tetraploidalnej) I-szego pokosu, zebrane 4 V 1972 (30 dni wegetacji): A — 1 N, B — 3 N

Fig. 3. The Italian ryegrass plants (tetraploid) of the Ist cut utilization, harvested on 4 V 1972 (30 days of vegetation): A — 1 N, B — 3 N

Proces wzrostu i akumulacji biomasy w roślinach prawdopodobnie wiąże się z ich budową anatomiczną. Szczególnie wyraźny związek istnieje między przemieszczaniem asymilatów, wody i soli mineralnych a wy-



Rys. 4. Rośliny życicy wielokwiatowej (tetraploidalnej) różnego wieku, nawożone dawką 1 N lub 3 N

A, B — zbiór 5 VI 1972 (62 dni wegetacji); C, D — zbiór 26 VII 1972 (113 dni wegetacji); E, F — zbiór 4 IX 1972 (II-gi pokos, 91 dni po I-szym pokosie)

Fig. 4. The Italian ryegrass plants (tetraploid) of different age, supplied by 1 N or 3 N dose

A, B — harvest on 5 VI 1972 (62 days of vegetation); C, D — harvest on 26 VII 1972 (113 days of vegetation); E, F — harvest on 4 IX 1972 (the IInd cutting, 91 days after the Ist cut utilization)

Tabela 2

Niektóre cechy morfologiczne i anatomiczne bla

Some morphological and anatomical features of

Cecha Feature	Daty zbiorów — Dates of analysis					
	4 V	19 V	5 VI	15 VI	26 VI	24 VII
Rośliny serii 1 N — Plants of 1 N						
Liczba liści na pędzie Number of leaves on the tiller	2,8	3,6	4,3	4,6	4,7	5,6
Liczba liści na roślinie Number of leaves on the plant	13,0	38,0	58,5	67	72	129
Długość blaszki w mm Blade length in mm	105	174	229	233	237	195
Szerokość liścia w mm Leaf width in mm	3,9	5,1	5,8	6,1	5,6	5,7
Grubość liścia w μ Leaf thickness in μ	206	256	277	—	245	220
Liczba wiązek przewodzących na 1 mm szer. blaszki Number of the vascular bundles per 1 mm of blade width	2,4	2,6	3,1	—	3,1	3,4
Liczba aparatów szparkowych na 1 mm²: Stomata number per 1 mm² of:						
skórki górnej upper epidermis	70,5	68,5	72,4	—	73,0	69,5
skórki dolnej low epidermis	1,0	3,2	6,1	—	5,6	5,1

stępowaniem i budową wiązek przewodzących oraz między ilością dyfundującego CO_2 a liczbą aparatów szparkowych i strukturą organów asymilacyjnych. Opis budowy liścia życicy wielokwiatowej podają Burr i Turner (1933) oraz Metcalfe (1960).

Na przekroju poprzecznym blaszek liściowych życicy wielokwiatowej (rys. 5, 6, 7) można zaobserwować występowanie — od strony górnej powierzchni — wysokich, nierównej wielkości żeberek w okolicy wiązek przewodzących, przy czym największe żeberko znajduje się przy wiązce centralnej. Wiązki przewodzące są różnej wielkości (największa z nich to wiązka centralna) i zawierają około 75% elementów o ścianach zdrewniałych, których ilość wpływa na wartość paszową poszczególnych gatun-

— Table 2

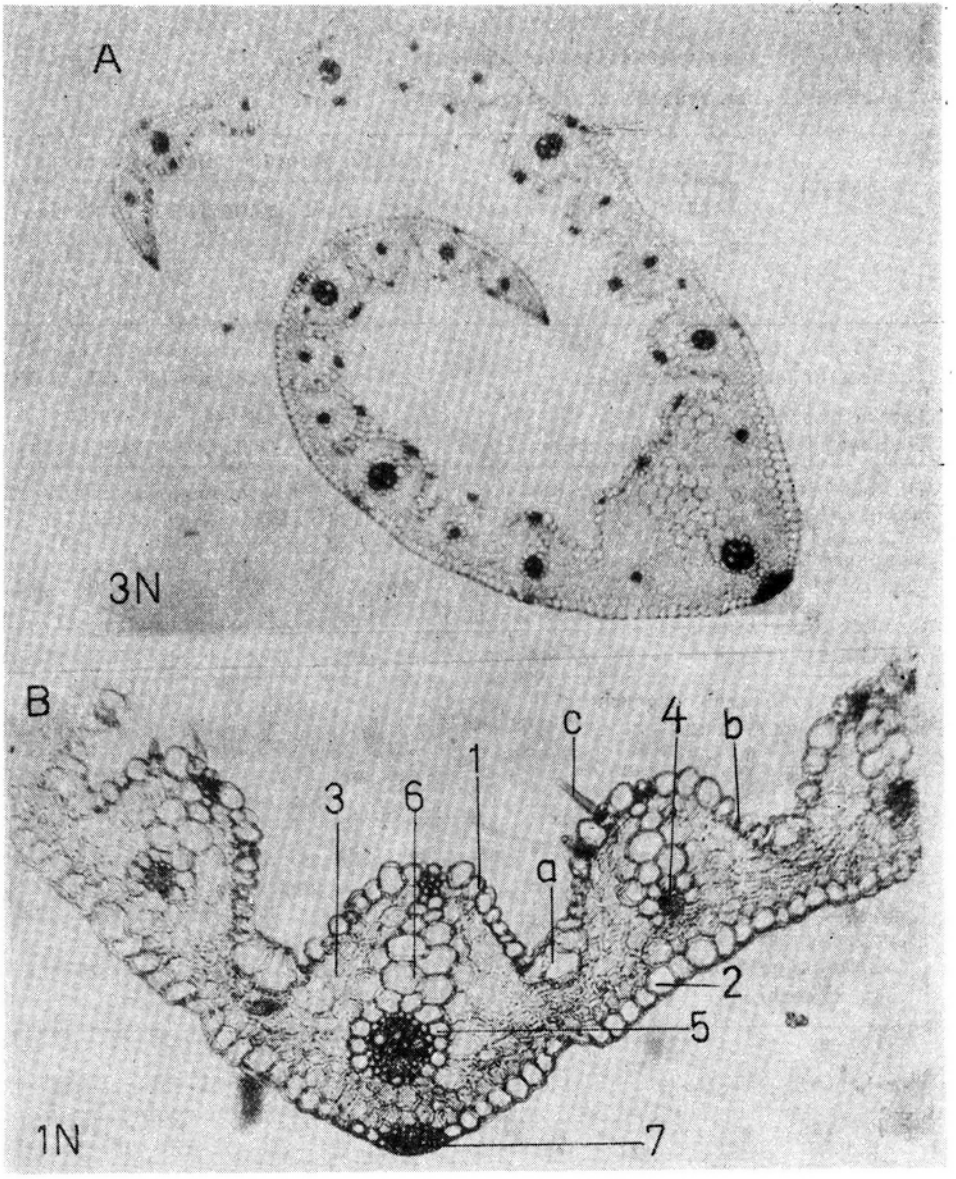
szek liściowych życicy wielokwiatowej I pokosu

leaf blades in Italian ryegrass at the Ist cutting

Cecha Feature	Data zbioru — Date of analysis					
	4 V	19 V	5 VI	15 VI	26 VI	24 VII
Rośliny serii 3 N — Plants of 3 N						
Liczba liści na pędzie Number of leaves on the tiller	2,7	3,7	4,5	4,7	4,8	5,7
Liczba liści na roślinie Number of leaves on the plant	11,0	37,0	83,0	98	109	266
Długość blaszki w mm Blade length in mm	99	173	231	270	306	271
Szerokość liścia w mm Leaf width in mm	3,8	5,0	6,6	7,0	6,5	6,3
Grubość liścia w μ Leaf thickness in μ	203	269	300	—	278	228
Liczba wiązek przewodzących na 1 mm szer. blaszki Number of the vascular bundles per 1 mm of blade width	2,2	2,4	3,0	—	3,3	3,1
Liczba aparatów szparkowych na 1 mm²: Stomata number per 1 mm² of:						
skórki górnej upper epidermis	78,4	76,0	74,5	—	78,0	73,2
skórki dolnej low epidermis	1,1	2,8	7,2	—	6,0	7,3

ków traw. W miarę wzrostu życicy zwiększa się liczba wiązek przewodzących w jej liściach. Pod koniec okresu wegetacji liczba tych wiązek — na całej szerokości blaszki — wynosiła średnio 24, a na 1-mm odcinku — około 3. Nie stwierdzono przy tym istotnych różnic w liczbie wiązek przewodzących w zależności od poziomu nawożenia azotowego (tab. 2).

Biorąc pod uwagę liczbę wiązek przewodzących, występującą na 1 mm szerokości blaszki, życica wielokwiatowa (tetraploidalna) kwalifikuje się do dobrych traw pod względem paszowym, bowiem zgodnie z badaniami Regala (1956, 1960) można ją zaliczyć do 1 klasy bonitacyjnej traw pastwiskowych, gdyż nie wytwarza więcej niż 3-4 wiązki przewodzące w przeliczeniu na 1 mm szerokości blaszki (Lidtke i Mikołajczakowa 1969).

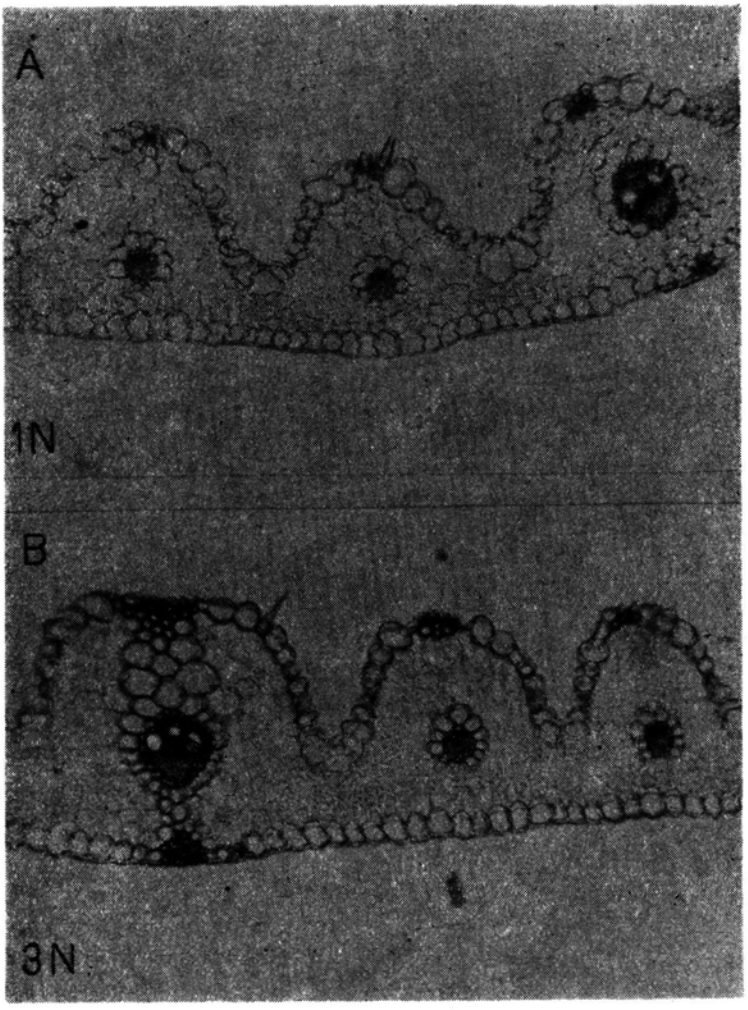


Rys. 5. Przekroje poprzeczne blaszki liściowej życicy wielokwiatowej

A — przekrój (5 VI) przez całą blaszkę liściową — 3 N; B — fragment przekroju (26 VI) w okolicy nerwu centralnego — 1 N: *1* — skórka górna (*a* — komórki ruchowe, *b* — aparat szparkowy, *c* — włosek), *2* — skórka dolna, *3* — miękisz asymilacyjny, *4* — wiązka przewodząca — boczna, *5* — miękisz otaczający wiązkę, *6* — miękisz bezzieleniowy, *7* — sklerenchyma

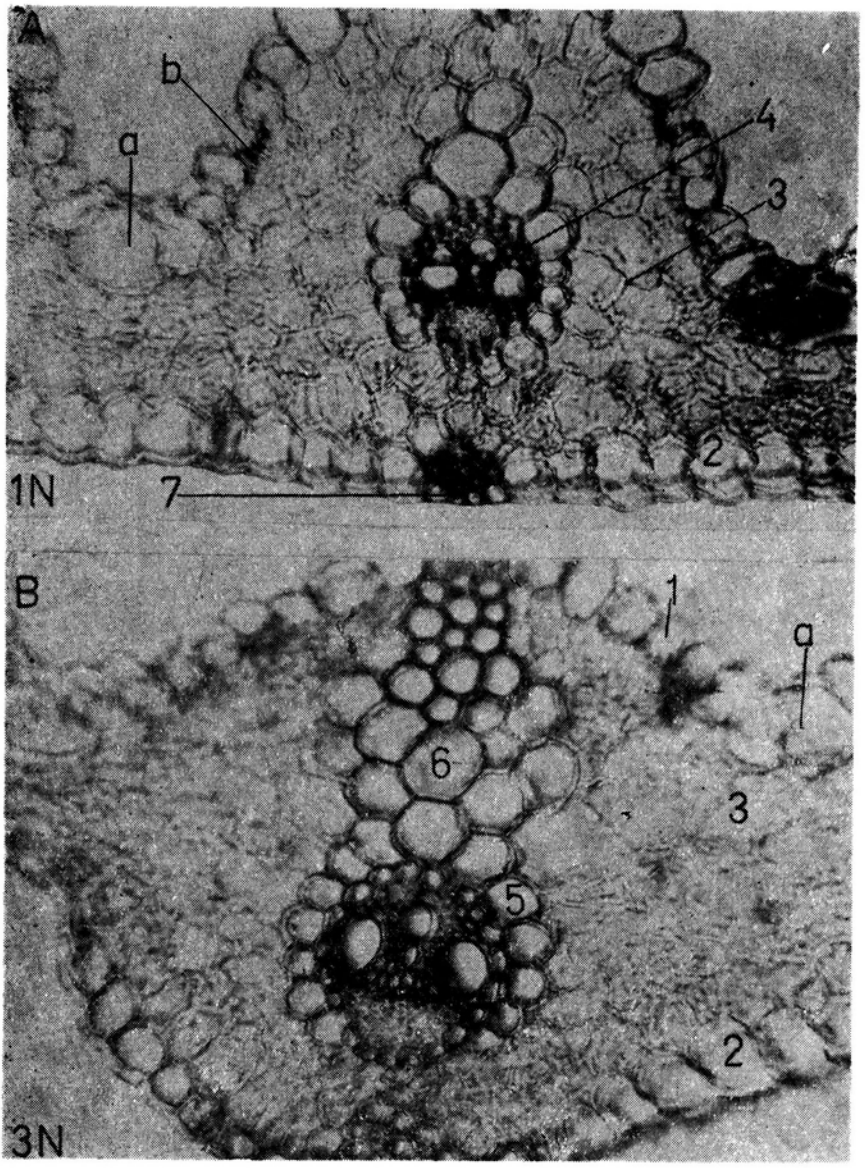
Fig. 5. Transections of leaf blade in Italian ryegrass

A — transection (on 5 VI 1972) of a whole leaf — 3 N; B — fragmentary trasection (26 VI) of central vascular bundle in 1 N plants: *1* — upper epidermis (*a* — bulliform cells, *b* — stomata, *c* — hoir), *2* — low epidermis, *3* — chlorenchyma, *4* — lateral vascular bundle, *5* — bundle sheath, *6* — parenchyma, *7* — sklerenchyma



Rys. 6. Fragmenty przekrojów (5 VI) poprzecznych blaszki liściowej życicy wielokwiatowej, żywionej różnymi dawkami azotu: A — 1 N, B — 3 N
Fig. 6. Fragmentary transections (5 VI) of leaf blades in Italian ryegrass, supplied with two different nitrogen doses: A — 1 N, B — 3 N

Na powierzchni 1 mm² skórki górnej liści roślin serii 1 N stwierdzono przeciętnie od 68,5 do 73 aparatów szparkowych, a w serii 3 N — od 73,2 do 78,4 tych aparatów. W skórce dolnej, która jest bardziej gładka niż skórka górna, wykształciło się znacznie mniej aparatów szparkowych i liczba ich wahała się od 1,0 do 7,3 na 1 mm², w zależności od terminu sprzętu roślin (tab. 2). Liczby te wskazują, że w warunkach intensywnego nawożenia azotem rośliny życicy mają tendencję do wykształcania większej liczby aparatów szparkowych na jednostce powierzchni skórki



Ryc. 7. Fragmenty przekrojów poprzecznych (26 VI) blaszki liściowej życicy wielokwiatowej

A — nerw boczny (1 N), B — nerw centralny (3 N). Inne objaśnienia — patrz rys. 5

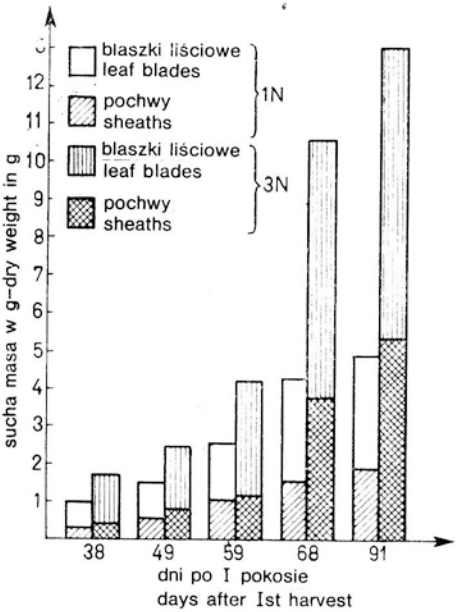
Fig. 7. Fragmentary transections (26 VI) of leaf blades in Italian ryegrass

A — lateral vascular bundle (1 N), B — central vascular bundle (3 N). Other explications — see fig. 5

z blaszki liściowej. Wydaje się jednak, że dodatni wpływ azotu na wytwarzanie ilości tych aparatów nie jest statystycznie udowodniony, ze względu na bardzo duży rozrzut liczbowy uzyskanych pomiarów.

2. Wzrost roślin II pokosu

Przebieg przyrostu masy części nadziemnych życicy wielokwiatowej w II pokosie (odroście) ilustrują dane przedstawione na rysunku 8. Porównując je z wynikami pomiarów przedstawionymi na rysunku 1 można stwierdzić, że szybkość odrastania trawy była większa niż wzrost roślin I pokosu. Wydaje się to zrozumiałe, ponieważ po sprzęcie roślin I pokosu pozostał wykształcony już duży system korzeniowy, w którym uprzednio zakumulowane asymilaty zostały następnie wykorzystane na



Rys. 8. Sucha masa części nadziemnych w roślinach II-go pokosu życicy wielokwiatowej przy różnym zaopatrzeniu w azot (1 N i 3 N)
Fig. 8. Dry aboveground matter of the IInd cut utilization plants in Italian ryegrass at different supply of nitrogen (1 N and 3 N)

wytworzenie nowych części nadziemnych. Stąd też po dwóch miesiącach wegetacji masa tych części w roślinach odrostu z serii 1 N była o ponad 20%, a w serii 3 N — o ponad 50% większa niż w takim samym okresie wzrostu roślin I pokosu.

Z danych przedstawionych na rysunku 8 wynika także, iż dodatni wpływ podwyższonych dawek azotu na odrastanie życicy przejawił się natychmiast po sprzęcie roślin I pokosu.

Szybki przyrost roślin II pokosu był związany z intensywnym krzewieniem się (rys. 2), znacznie przekraczającym szybkość krzewienia się roślin I pokosu oraz z wytwarzaniem większej liczby liści na 1 roślinie

Tabela 3

Niektóre cechy morfologiczne i anatomiczne bla

Some morphological and anatomical features of

Cecha Feature	Liczba dni po I pokosie Number of days after the Ist cutting					
	26	38	42	49	68	91
Rośliny serii 1 N — Plants of 1 N						
Liczba liści na roślinie Number of leaves on the plant	59,3	63,0	69,3	85	100	122
Długość blaszki w mm Blade length in mm	119	129	134	148	160	177
Grubość liścia w μ Leaf thickness in μ	—	266	220	238	253	217
Liczba wiązek przewodz. na 1 mm szerokości blaszki Number of veins per 1 mm of blade width	—	2,8	—	5,1	5,2	5,5
Liczba aparatów szparkowych na 1 mm² Stomata number per 1 mm² of:						
skórki górnej upper epidermis	—	67,5	—	68,4	66,2	65,2
skórki dolnej low epidermis	—	3,9	—	6,1	7,9	7,9
Pow. liści na roślinie w cm² Leaf area on the plant in cm²	209	277	304	584	690	1018

w analogicznym okresie rozwoju tych roślin, zarówno w serii kontrolnej, jak i w serii 3 N. Po dwóch miesiącach wegetacji rośliny życicy II pokosu w warunkach kontrolnych miały średnio po 22 pędy i po 93 liście, a w warunkach intensywnego nawożenia azotowego — po 34 pędy i po 199 liści.

Podobnie jak w I, tak i w II pokosie zwiększone nawożenie azotowe nie wywarło dużego wpływu na liczbę liści na 1 pędzie życicy wielokwiatowej.

We wszystkich terminach zbioru blaszki liściowe roślin II pokosu ży-

— Table 3

szek liściowych życicy wielokwiatowej II pokosu

leaf blades in Italian ryegrass at the IInd cutting

Cecha Feature	Liczba dni po I pokosie Number of days after the I cutting					
	26	38	42	49	68	91
Rośliny serii 3 N — Plants of 3 N						
Liczba liści na roślinie Number of leaves on the plant	62,0	72,0	87,3	174	191	203
Długość blaszki w mm Blade length in mm	128	142	159	196	202	208
Grubość liścia w μ Leaf thickness in μ	—	255	215	207	247	218
Liczba wiązek przewodz. na 1 mm szerokości blaszki Number of veins per 1 mm of blade width	—	2,7	4,5	4,1	4,6	4,9
Liczba aparatów szparkowych na 1 mm² Stomata number per 1 mm² of:						
skórki górnej upper epidermis	—	82,9	80,7	74,1	68,7	59,5
skórki dolnej low epidermis	—	7,5	8,4	10,8	10,4	11,1
Pow. liści na roślinie w cm² Leaf area on the plant in cm²	638	827	996	1643	1889	2092

cicy — rosnącej w warunkach lepszego zaopatrzenia w azot — były wyraźnie dłuższe i szersze niż przy stosowaniu mniejszych dawek azotu (tab. 3). Niezależnie jednak od poziomu nawożenia azotowego wymiary i powierzchnia blaszek liściowych roślin II pokosu była zawsze mniejsza w porównaniu z analogicznymi organami roślin I pokosu, ale grubość blaszek liściowych u roślin odrostu nie ulegała pod wpływem wysokich dawek azotu istotnej zmianie. Natomiast liczba wiązek przewodzących na 1 mm szerokości tych blaszek zwiększała się w miarę rozwoju roślin i była nieco mniejsza w roślinach serii 3 N niż w serii 1 N; w porów-

naniu jednak z roślinami I pokosu liczba wiązek powiększyła się znacznie w roślinach odrostu obu serii nawożeniowych.

Biorąc pod uwagę jeden z punktów klasyfikacji Regala, tylko młode rośliny II pokosu badanej trawy, zebrane nie później niż 6 tygodni po I pokosie, mogą być zaliczane do dobrych traw pastewnych, natomiast zbiory późniejsze, bez względu na wysokość zastosowanych dawek azotu, mają mniejszą wartość paszową, gdyż liczba wiązek przewodzących przekracza wówczas liczbę 4 wiązek na 1 mm szerokości blaszki liściowej (tab. 3).

Stwierdzono również, iż podobnie jak w pierwszym pokosie, liczba aparatów szparkowych na 1 mm^2 powierzchni skórki liści badanych roślin drugiego pokosu była nieco większa w serii 3 N niż w serii 1 N. Fakt ten jest trudny do wytłumaczenia, gdyż powszechnie uważa się, że liczba aparatów szparkowych jest uwarunkowana genetycznie i nie powinna w tych warunkach ulec zmianie.

Warto zaznaczyć, że w warunkach wzrostu w hali wegetacyjnej wysiane wiosną rośliny życicy wielokwiatowej, zarówno w I, jak i w II pokosie nie kłosiły się wcale i pozostawały w fazie wegetatywnej do późnej jesieni, mimo dobrego zaopatrzenia w wodę. Prawdopodobnie przyczyną niekłoszenia się życicy były nieodpowiednie warunki termo- i fotoperiodyczne panujące w okresie wschodów tych roślin, a nie mała wilgotność podłoża, jak to sugeruje F i g u ł a (1954).

3. Intensywność fotosyntezy i charakterystyka biochemiczna życicy wielokwiatowej (tetraploidalnej)

W tabeli 4 zamieszczono wyniki pomiarów radiometrycznych badanych roślin, eksponowanych w komorze asymilacyjnej zawierającej powietrze wzbogacone w $^{14}CO_2$. Z danych tych wynika, że radioaktywność ogólna — charakteryzująca ilość pobranego ^{14}C — z reguły była tym wyższa im bardziej rozwinięte (tzn. o większej masie) były poszczególne organy zielone badanej trawy. Jest rzeczą oczywistą, że bardziej radioaktywne były blaszki liściowe niż pochwy, których radioaktywność ogólna wynosiła zaledwie 10% aktywności wszystkich części nadziemnych, mimo że procentowy udział suchej masy pochew w masie części nadziemnych wahał się od 20 do 30%, w zależności od termniu zbioru roślin.

Radioaktywność korzeni była niewielka i natychmiast po ekspozycji wynosiła zaledwie 1-2% radioaktywności całej rośliny.

Jeśli przeliczyć radioaktywność ogólną na jednostkę świeżej lub suchej masy, względnie na jednostkę powierzchni blaszek liściowych, to otrzymane wyniki świadczą o intensywności fotosyntezy badanej trawy. Intensywność ta była jednakowa lub nawet nieco mniejsza w roślinach serii 3 N niż w serii 1 N (tab. 4). Tak więc wysokie dawki azotu nie powodują zwiększenia intensywności asymilacji dwutlenku węgla

Tabela 4 — Table 4

Pobieranie $^{14}CO_2$ przez roślinę życicy wielokwiatowej przy różnym poziomie nawożenia azotem

The uptake of $^{14}CO_2$ by Italian ryegrass plant at different supply of nitrogen

Organy rośliny Plant organs	Doświadczenie (Experiment) I 19 V				Doświadczenie (Experiment) II 6 VI			
	Radioaktywność — 10^3 imp/min na: Radioactivity — 10^3 cpm per:							
	ogólna total	g świeżej masy g of fresh matter	g suchej masy g of dry matter	dm^2	ogólna total	g świeżej masy g of fresh matter	g suchej masy g of dry matter	dm^2
Rośliny serii 1 N — Plants of 1 N								
Blaszki liściowe Leaf blades	2376,0	352,0	3633,0	900,0	4971,7	352,6	2754,4	862,2
Pochwy — Sheaths	289,0	141,0	1670,5		513,4	109,7	722,1	
Części nadziemne Above-ground parts	2665,0	302,8	3222,5		5485,1	292,1	2180,1	
Rośliny serii 3 N — Plants of 3 N								
Blaszki liściowe Leaf blades	2463,7	347,0	3329,3	895,9	7393,5	265,0	2408,3	724,8
Pochwy — Sheaths	201,4	89,5	987,3		761,4	70,5	567,8	
Części nadziemne Above-ground parts	2665,1	285,0	2823,2		8154,9	210,7	1848,8	

Tabela 5 — Table 5

Wpływ nawożenia azotowego na zawartość chlorofilu *a* i *b* w roślinie życicy wielokwiatowej

Effect of nitrogen fertilization on chlorophyll *a* and *b* content in the Italian ryegrass plant

Organy rośliny Plant organs	Data zbiorów — Dates of harvests								
	18 V			27 V			5 VI		
	Zawartość chlorofilów — Chlorophyll contents								
	mg/organ	mg/g suchej masy mg/g of dry matter	*a*/*b*	mg/organ	mg/g suchej masy mg/g of dry matter	*a*/*b*	mg/organ	mg/g suchej masy mg/g of dry matter	*a*/*b*
Rośliny serii 1 N — Plants of 1 N									
Blaszki liściowe Leaf blades	7,77	14,22	2,22	9,29	9,26	2,00	10,5	6,67	2,02
Pochwy — Sheaths	0,59	3,41	2,14	0,53	1,47	1,90	0,71	1,23	1,94
Części nadziemne Above-ground parts	8,36	11,56	2,20	9,82	7,13	1,98	11,22	5,22	2,00
Rośliny serii 3 N — Plants of 3 N									
Blaszki liściowe Leaf blades	5,11	14,68	2,24	17,64	14,56	2,04	21,64	10,05	2,01
Pochwy — Sheaths	0,57	5,91	2,06	0,77	2,37	1,88	1,32	1,50	1,85
Części nadziemne Above-ground parts	5,68	12,79	2,21	18,41	11,99	2,02	22,96	7,57	1,98

i nie zmieniają aktywności aparatu fotosyntetycznego w roślinach życicy wielokwiatowej. Należy przypuszczać, że stwierdzona większa ogólna produkcja masy w roślinach dobrze zaopatrzonych w azot nie zależy bezpośrednio, jakby można się spodziewać (Słobodskaja i wsp. 1970; Nátr 1972), od wzmożenia pobierania CO_2 przez jednostkę masy asymilujących organów, lecz od wykształcenia w tych warunkach większej powierzchni liści, dzięki czemu cała roślina może wiązać większe ilości CO_2 z powietrza. Wynika stąd, że w roślinach życicy wysokie dawki azotu wpływają bardziej na intensyfikację procesów wzrostowych niż na zwiększenie intensywności fotosyntezy.

W badanych roślinach nie stwierdzono również występowania bezpośredniej zależności między intensywnością fotosyntezy a zawartością zielonych barwników. Potwierdzono jedynie (tab. 5) na ogół znany fakt, że silniejsze nawożenie azotowe powoduje znaczne zwiększenie stężenia chlorofilu *a i b* w blaszkach i pochwach liściowych, a tym samym bardziej intensywne, zielone ich zabarwienie, szczególnie w późniejszym okresie rozwoju roślin. W miarę wzrostu roślin malało stężenie chlorofilu w jednostce masy zarówno blaszek, jak i pochew liściowych życicy serii 1 N i 3 N. Badane rośliny zawierały przeciętnie dwa razy więcej chlorofilu *a* niż chlorofilu *b*, przy czym potrójna dawka azotu nie miała istotnego wpływu na wielkość stosunku tych barwników. Stosunek ten wykazywał jednak zawsze niższe wartości liczbowe w pochwach liściowych niż w blaszkach liściowych (tab. 5).

Zastosowanie wysokich dawek azotu spowodowało zwiększenie ogólnej zawartości tego składnika i zawartości jego w formie azotanowej, zarówno w roślinach I jak i II pokosu (tab. 6). W miarę starzenia się roślin zawartość obu wyżej wymienionych form azotu ulega zmniejszeniu, ale w większym stopniu spada ogólna zawartość azotu niż jego forma azotanowa; stąd też w starszych roślinach tego samego pokosu stosunek N azotanowego do N ogólnego jest większy. Z reguły rośliny II pokosu zawierały znacznie mniej azotu ogólnego i azotanowego niż w analogicznym wieku rośliny I pokosu. Dodatni wpływ nawożenia azotowego na zawartość azotu ogólnego, azotanowego i białka u różnych roślin trawiastych stwierdzili również inni badacze (Gawęda i Nowak 1967; Koter 1969; Stuczyński 1969).

Z danych zamieszczonych w tabeli 7 wynika, że intensywne nawożenie azotowe życicy nie wywarło wyraźnego wpływu na zawartość kwasów nukleinowych (DNA i RNA) ani na zawartość białka w izolowanych frakcjach tych kwasów, jeśli wyniki analiz przedstawiono w odniesieniu do świeżej masy badanych liści. Biorąc pod uwagę wyższą zawartość wody w roślinach serii 3 N niż w serii 1 N, zawartość kwasów nukleino-

Tabela 6 — Table 6

Zawartość azotu ogólnego i azotanowego w liściach życicy wielokwiatowej
Content of total and nitrate nitrogen in the Italian ryegrass leaves

Nawożenie Fertilization	Pokos Cutting	Wiek roślin dni Plant age days	Azot ogólny Total nitrogen		Azot azotanowy Nitrate nitrogen		N azotanowy w N ogółem Nitrate N in total N %
			mg/100 g świeżej masy mg/100 g of fresh matter	w suchej masie in dry matter %	mg/100 g świeżej masy mg/100 g of fresh matter	w suchej masie in dry matter %	
1 N	I	29	663,6	5,52	35,9	0,30	5,41
		60	232,4	1,54	22,4	0,15	9,62
	II	31	210,0	1,23	18,4	0,11	8,78
3 N	I	29	711,2	6,16	56,5	0,49	7,94
		60	439,6	3,62	44,6	0,37	10,15
	II	31	390,0	2,75	40,1	0,28	10,28

Tabela 7 — Table 7

Zawartość DNA, RNA i białka tych kwasów w liściach życicy wielokwiatowej
Content of DNA, RNA and the protein of these acids in the Italian ryegrass leaves

Nawożenie Fertilization	Pokos Cutting	Wiek roślin dni Plant age days	mg w 1 g świeżej masy mg in 1 gram of fresh matter			
			DNA	RNA	białko — proten of: DNA	białko — proten of: RNA
1 N	I	53	0,81	0,77	13,00	3,27
		62	0,56	0,64	13,44	3,74
		87	0,31	0,73	12,04	3,77
	II	18	0,52	1,07	8,38	2,18
		37	0,64	1,02	6,51	3,54
3 N	I	53	0,67	0,92	15,61	3,39
		62	0,54	0,64	17,05	3,52
		87	0,51	0,66	11,62	3,38
	II	18	0,76	0,88	8,54	3,11
		37	0,40	0,80	8,25	4,25

wych i białek — w przeliczeniu na suchą masę — była nieco większa w warunkach lepszego zaopatrzenia roślin w azot. W miarę starzenia się badanej trawy w I pokosie zmniejsza się zawartość głównie kwasu DNA;

zaobserwowano również, iż zawartość badanej frakcji białek jest wyraźnie niższa w roślinach II pokosu w porównaniu z roślinami I pokosu.

Reasumując, należy stwierdzić, że intensywność nawożenia azotowego wywiera duży wpływ na wysokość i jakość plonów badanych roślin życicy wielokwiatowej (tetraploidalnej).

WNIOSKI

1. W warunkach wazonowych wysokie dawki nawożenia azotowego zaczynają wywierać dodatni wpływ na krzewienie, zawartość wody, wzrost powierzchni asymilacyjnej i przyrost biomasy roślin życicy wielokwiatowej (tetraploidalnej) w pierwszym pokosie nie wcześniej jak po 6 tygodniach od wschodów; natomiast w drugim pokosie nawożenie to powoduje intensyfikację powyższych procesów bezpośrednio po sprzęcie roślin I pokosu.

2. Ze względu na zmiany wielkości i grubości blaszek liściowych, oraz liczby wiązek przewodzących, warunkujących dobrą wartość paszową życicy, najbardziej optymalnym terminem sprzętu końcowego roślin I pokosu jest początek czerwca.

3. Intensywne nawożenie azotanem amonu nie wpływa na istotną zmianę natężenia fotosyntezy badanych roślin i na zawartość w nich kwasów nukleinowych, ale wyraźnie zwiększa stężenie chlorofilu oraz zawartość azotu ogólnego i azotanowego, zarówno w I, jak i w II pokosie; zawartości te ulegają zmniejszeniu w miarę starzenia się roślin.

4. Główną przyczyną wytwarzania większej biomasy przez rośliny życicy — w warunkach wysokiego zaopatrzenia w azot — jest stymulujący wpływ tego składnika na procesy wzrostu powierzchni asymilacyjnej.

Praca została wykonana w ramach problemu resortowego Nr 111.02, koordynowanego przez Zakład Uprawy Roślin Pastewnych IUNG.

SUMMARY

The pot experiments were carried out on the tetraploid form of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) under the differentiated nitrogen nutrition conditions: 1 N (0.40 g of N) and 3 N (1.20 g of N) per one pot — 9.5 kg of sand and at constant water moisture of 65% of capillary water capacity. It was found that:

1. High ammonium nitrate doses cause: the increase of tillering intensity, leaf number on shoots, assimilatory area, water content, and dry matter increment of plants of the Ist cut utilization, only six weeks after germination. While, in the plants of the IInd cut utilization, this type of nutrition increases the intensity of the above mentioned processes immediately after the Ist cutting.

2. High nitrogen doses do not affect: the number of vascular bundles in leaves, the number of stomata per surface unit of leaf blades, the nucleic acid content, and photosynthetic capacity of the investigated plants. A considerable effect of this type of nutrition was found on the increase of chlorophyll *a* and *b* content as well as on total and nitrate nitrogen content.

3. Probably, the main reason for high organic matter production in this grass, under the condition of high nitrogen supply, is the stimulating effect of nitrogen on assimilatory surface increment, which makes assimilation of larger amounts of carbon dioxide possible.

4. Considering the morphological and anatomical properties of tetraploidal Italian ryegrass it can be included in the group of good fodder grasses.

LITERATURA

Bruinsma J., 1963. The quantitative analysis of chlorophylls a and b in plant extracts. Photochem. and Photobiol. 2: 241-249.

Burczyk H., Cwojdziński W., Naglik E., 1972. Wpływ wzrastających dawek azotu na plony mieszanek lucerny i traw uprawianych w czystym siewie. Pam. Puł. IUNG, 52: 159-181.

Burton K., 1956. A study of conditions and mechanism of the diphenylamine rection for the colorimetric estimation of deoxyribonucleic acid. Biochem. J. 62: 315-232.

Burr G., Turner D. M., 1933. British Economic Grasses. London.

Figuła K., Studia nad gospodarką wodną traw. Cz. I. Rocz. Nauk rol. 70-A-2: 283-300.

Gawęda H., Nowak M., 1963. Wpływ nawożenia azotem na wzrost plonu i szybkość drewnienia kilku gatunków traw. Rocz. Nauk Rol. 83-B-3: 443-463.

Jewiss O. R., 1966. Morphological and physiological aspects of growth of grasses during the vegetative phase. Proc. East. Sch. Agric. Sci. Univ. Nottingham. 12: 39-54.

Jewiss O. R., Woledge J., 1967. The effect of age on the rate of apparent photosynthesis in leaves of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). Ann. Bot. N. S. 31(124): 661-671.

Koter Z., 1969. Zawartość i formy substancji azotowych oraz zawartość rozpuszczalnych węglowodanów w zielonej masie żyta w zależności od dawki azotu i poziomu PK. Pam. Puł. IUNG, 36: 147-170.

Langer R. H. M., 1959. Growth and nutrition of timothy (*Phleum pratense* L.). 4. The effect of nitrogen, phosphorus and potassium supply on growth during the first year. Ann. Appl. Biol. 47: 211-221.

Lidtke W., Mikołajczakowa Z., 1969. Zastosowanie zmodyfikowanej metody mikroskopowej dla określenia zależności między budową anatomiczną a wartością pastewną *Alopecurus pratensis* L. i *Dactylis glomerata* L. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 90: 77-79.

Lowry O. H., Rosenbrough N. J., Farr A. L., and Randall R. J., 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193: 265-275.

Metcalfe C. R., 1960. Anatomy of the Monocotyledons. I. *Gramineae*. Oxford.

Munro H. N., Fleck A., 1966. The determination of nucleic acids. [W:] Methods of Biochemical Analysis. Glick D. Intersci. Publ. New Pork-London-Sidney, 14, s. 113-176.

Nátr L., 1972. Influence of mineral nutrients on photosynthesis of higher plants.

Photosynthetica, 6: 80-99.

Nelson J. L., Kurtz L. T., and Bray R. H., 1954. Rapid determination of nitrates and nitrites. Anal. Chem. 26: 1081-1082.

O'Brien T. A., 1960. The influence of nitrogen on seedlings and early growth of perennial ryegrass and cocksfoot. New Zeel. J. Agric. Res. 3: 399-411.

Pohjonen V., Hari P., 1973. A dynamic model of crop growth rate of Italian ryegrass after cutting. Acta Agric. Scand. 23: 121-126.

Regal V., 1956. Mikroskopická metoda pro hodnoceni kvality pionin. Sbornik ČSAZV Rostlinna vyroba, 19: 565-578.

Regal V., 1960. Ocenka kaczestwa ługowych złakow mikroskopiczeskim metodom. Wiestnik s.-ch. nauk, 1: 112-120.

Rutkowska B., 1973. Badania rozwoju kupkówki pospolitej (*Dactylis glomerata* L.) w warunkach różnego nawożenia i użytkowania. Zesz. nauk. A.R. Warsz. 34: 1-99.

Ryle G. J. A., 1964. A comparison of leaf and tiller growth in seven perennial grasses as influenced by nitrogen and temperature. J. Brit. Grassl. Soc. 19: 281-290.

Słobodskaja G. A., Griszina G. S., Ničiporovič A. A., 1970. Ingibirovanije fotosintieza kisłorodom pri različnom azotnom pitanii rastenij. Fizjołogia Rastenij, 17: 244-252.

Stuczyński E., 1969. Wpływ nawożenia azotem na wysokość i jakość plonu kupkówki (*Dactylis glomerata* L.) uprawianej na paszę. Pam. Puł. IUNG, 36: 69-116.

Throughton A., 1956. Studies on the growth of young grass plants with special reference to the relationship between the shoot and root system. J. Brit. Grassl. Soc. 11: 56-65.

Whitehead D. C., 1970. The role of nitrogen in grassland productivity. Commonwealth Agric. Bureau Bull. 48. Hurley, Berkshire.

(Wpłynęło dn. 20.5.1974)