

WPLYW ZRÓŻNICOWANYCH POZIOMÓW NAWOŻENIA AZOTOWEGO I SODOWEGO NA AKTYWNOŚĆ NITROGENAZY I KONCENTRACJĘ CHLOROFILU W MIESZANCE KONICZYNY ŁĄKOWEJ Z FESTULOLIUM

Alicja NIEWIADOMSKA, Aleksandra SAWICKA

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Mikrobiologii Rolnej

Słowa kluczowe: aktywność nitrogenazy, koncentracja chlorofilu, nawożenie sodem i azotem

Streszczenie

Celem pracy było poznanie kondycji roślin i aktywności wiązania azotu atmosferycznego w uprawach traw w mieszankach z roślinami motylkowatymi przy trzech różnych poziomach nawożenia mineralnego azotem i sodem.

Na poletkach doświadczalnych o powierzchni 25 m² wysiano mieszankę koniczyny łąkowej (*Trifolium pratense* L.) z 50% udziałem nasion festulolium (*Festulolium braunii* (K. Richt.) A. Camus).

Doświadczenie założono w układzie bloków losowanych. Zastosowano dwa czynniki: 1 – nawożenie azotem 0 oraz w postaci saletry amonowej – 100 kg·ha⁻¹, po 33 kg pod każdy odrost; 150 kg·ha⁻¹, po 50 kg pod każdy odrost; 200 kg·ha⁻¹, po 66 kg pod każdy odrost; 2 – nawożenie sodem 0 oraz kizerytem z domieszką KCl – 30 kg·ha⁻¹ przed siewem i 60 kg·ha⁻¹, dwukrotnie po 30 kg·ha⁻¹ przed siewem i po pierwszym pokosie.

Stwierdzono, że aktywność nitrogenazy malała wraz ze zwiększaniem ilości stosowanego azotu.

W odniesieniu do zawartości chlorofilu zanotowano dodatnią korelację między poziomami nawożenia sodem i azotem a kondycją roślin.

WSTĘP

Poziom plonów roślin uprawnych można utrzymać i stopniowo zwiększać dzięki właściwemu nawożeniu, które polega na dostarczeniu roślinom składników pokarmowych w odpowiednich proporcjach oraz ilościach. Umożliwia to uzyskiwanie maksymalnych plonów o dobrej wartości biologicznej i technologicznej. Nawożenie powinno też stopniowo poprawiać żyzność gleby [BARABASZ, VOŘIŠEK, 2002]. We współczesnym rolnictwie wielkości dawek nawozów ustala się na podstawie zasobności gleb w przyswajalne formy składników pokarmowych [CZUBA, 1996].

Nawożenie azotowe ma na celu z jednej strony zaspokojenie zapotrzebowania roślin uprawnych na ten pierwiastek, z drugiej natomiast – uzupełnienie ubytków azotu z gleby, powodowanych odprowadzaniem znacznych jego ilości wraz z plonami roślin, a także stratami wywoływanymi przez różne czynniki [NOWACKI i in., 1980].

W przeprowadzonym doświadczeniu zastosowano mineralny nawóz azotowy – saletrę amonową. Saletra amonowa stosowana do nawożenia jest niemal czystym azotem amonowym. Jest nawozem obecnie najszerzej stosowanym przedsięwzięciem i pogłównie, pod wszystkie rośliny i na wszystkich glebach. Ze względu na możliwość wyplukania NO_3^- nie należy stosować saletry amonowej na długo przed siewem, a na glebach o odczynie obojętnym i alkalicznym należy ją szybko przykryć, aby uniknąć strat azotu w postaci ulatniającego się amoniaku [GORLACH, MAZUR, 2001]. Pobieranie azotu przez rośliny może być zwiększone przez zawartość w nich sodu (Na), który może wywoływać zmniejszenie w nich zawartości azotu aminowego i azotanowego oraz wolnych aminokwasów.

Sód ma duży wpływ na gospodarkę wodną roślin, smakowitość i zdrowotność paszy. U niektórych roślin motylkowatych pozytywnie wpływa na intensywniejszy rozwój bakterii [KOCOŃ, 2002]. Zarówno w trawach, jak i w motylkowatych zawartość sodu (Na) jest zróżnicowana (od ilości śladowych do 2,12% s.m.) i zmienia się w okresie wegetacji. Wiosną stężenie Na w runi jest większe, co wiąże się z temperaturą (np. jest większe w temperaturze 15 niż 25°C) [FALKOWSKI, KUKUŁKA, KOZŁOWSKI, 1990]. Zawartość sodu w glebach mineralnych wynosi 0,2–1,0%. Pierwiastek ten jest łatwo wymywany w głąb profilu.

Nowoczesne systemy nawożenia nie są wyizolowanym elementem produkcji roślinnej, lecz niezbędnym ogniwem w kompleksie zabiegów agrotechnicznych. Azot nagromadzony w glebie, niezależnie od źródła pochodzenia, powinien być spożytkowany do produkcji biomasy roślinnej i utrzymania żyzności tej gleby [BARABASZ, VOŘIŠEK, 2002].

Celem pracy było poznanie kondycji roślin i aktywności wiązania azotu atmosferycznego w uprawach traw w mieszankach z roślinami motylkowatymi w warunkach trzech różnych poziomów nawożenia mineralnym azotem i sodem.

METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w 2005 r., w Rolniczym Gospodarstwie Doświadczalnym w Brodach, należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Na poletkach doświadczalnych o powierzchni 25 m² wysiano we wrześniu 2004 r. mieszanke koniczyny łąkowej (*Trifolium pratense* L.) z 50% udziałem nasion festulolium (*Festulolium braunii* (K. Richt.) A. Camus).

Doświadczenie założono na glebie płowej, wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego, należącego do kompleksu przydatności rolniczej żyznego bardzo dobrego. Są to gleby zaliczane do klasy bonitacyjnej 4b, o dobrej strukturze i dużej zawartości składników pokarmowych (m.in. 16 mg P₂O₅ w 100 g, 18 mg K₂O w 100 g, 0,7–0,8% azotu)

Warunki pogodowe w roku prowadzenia prac badawczych sprzyjały dużej produktywności festulolium (*Festulolium braunii* (K. Richt.) A. Camus) i koniczyny łąkowej (*Trifolium pratense* L.). Wysokie temperatury powietrza (tab. 1) i dostateczna ilość opadów w okresie od lipca do września nie spowodowały wyraźnego zahamowania wzrostu roślin i zmniejszenia ich plonowania. Na podstawie danych Stacji Meteorologicznej ZDD w Brodach (tab. 1), można stwierdzić, że 2005 r. był ciepły i wilgotny. Suma opadów w tym roku wyniosła 705,9 mm – chociaż średnia z wielolecia suma opadów w roku nie przekracza w tym rejonie 600 mm – a ich rozkład w okresie wegetacji był korzystniejszy dla produkcji roślinnej niż w 2004 r.

Tabela 1. Rozkład średnich miesięcznych temperatur i opadów w okresie wrzesień–sierpień (2003–2005)

Table 1. Distribution of monthly mean temperatures and precipitations for the periods September–August (2003–2005)

| Miesiące Months | Temperatura, °C Temperature, °C | | | Opady, mm Precipitation, mm | | |
|---------------------|------------------------------------|------|------|--------------------------------|------|-------|
| | 2003 | 2004 | 2005 | 2003 | 2004 | 2005 |
| Styczeń January | – | –3,5 | 2,1 | – | 73,2 | 48,5 |
| Luty February | – | 2,2 | –1,5 | – | 32,4 | 66,4 |
| Marzec March | – | 5,1 | 1,8 | – | 20,9 | 22,9 |
| Kwiecień April | – | 10,0 | 8,8 | – | 23,3 | 19,2 |
| Maj May | – | 13,6 | 12,8 | – | 44,3 | 86,2 |
| Czerwiec June | – | 16,3 | 16,4 | – | 58,8 | 39,8 |
| Lipiec July | – | 17,3 | 19,7 | – | 59,6 | 126,5 |
| Sierpień August | – | 19,1 | 16,9 | – | 57,4 | 81,6 |
| Wrzesień September | – | 13,7 | – | – | 43,2 | – |
| Październik October | 6,1 | 9,6 | – | 39,9 | 48,5 | – |
| Listopad November | 5,3 | 4,1 | – | 27,6 | 68,8 | – |
| Grudzień December | 2,0 | 1,9 | – | 41,9 | 54,3 | – |

Zapotrzebowanie optymalne obliczone przez Hohendorfa wynosi 550 mm. Niedobór wody w okresie od kwietnia do września wynosił 196,7 mm.

Doświadczenie założono w układzie bloków losowanych. Zastosowano dwa czynniki:

1) nawożenie azotem:

- N0 – brak nawożenia,
- N1 – 100 kg·ha⁻¹ saletry amonowej, w dawkach po 33 kg pod każdy odrost,
- N2 – 150 kg·ha⁻¹ saletry amonowej, w dawkach po 50 kg pod każdy odrost,
- N3 – 200 kg·ha⁻¹ saletry amonowej, w dawkach po 66 kg pod każdy odrost;

2) nawożenie sodem:

- Na0 – brak nawożenia,
- Na1 – 30 kg·ha⁻¹ kizerytu z domieszką KCl przed siewem,
- Na2 – 60 kg·ha⁻¹ kizerytu z domieszką KCl po 30 kg·ha⁻¹ przed siewem i po pierwszym pokosie.

W doświadczeniu oznaczano:

- kondycję azotową roślin – trzykrotnie w każdym z trzech pokosów,
- aktywność nitrogenazy – dwukrotnie w każdym z trzech pokosów (początek i pełnia kwitnienia).

Oznaczanie kondycji azotowej roślin polegało na pomiarze zawartości chlorofilu za pomocą chlorofilomierza (model HYDRO N-TESTER) w losowo wybranych z każdego poletka 30 koniczynach i 30 trawach. Następnie obliczano średnią wartość pomiaru. Analizę koncentracji chlorofilu wykonano chlorofilomierzem [SMITH, BENITEZ, 1955].

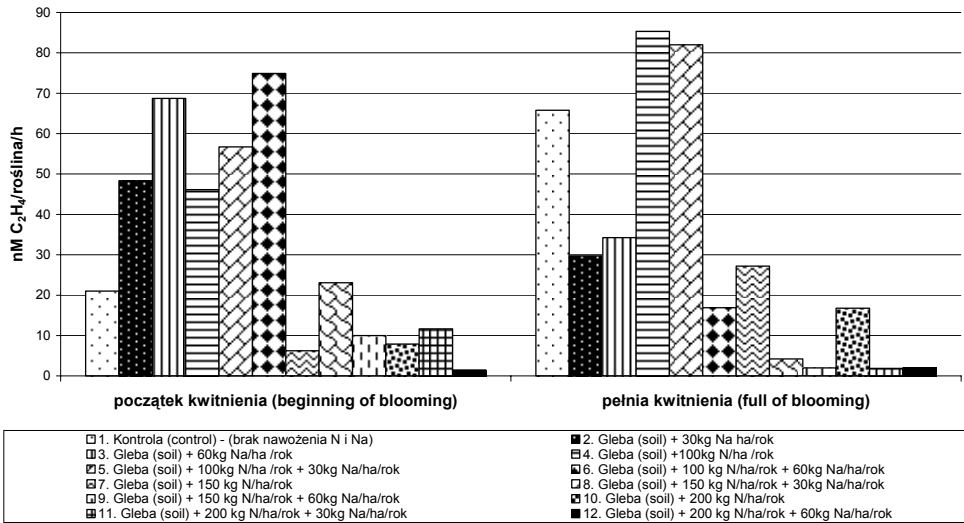
Aktywność nitrogenazy oznaczano metodą redukcji acetyleny do etylenu – ARA na początku i w pełni kwitnienia roślin [SAWICKA, 1981]. Wyniki stanowią średnią z 6 powtórzeń z każdego pomiaru. Do obliczeń wiązania azotu w sezonie wegetacyjnym przyjęto 180 dni.

Wszystkie zebrane wyniki poddano analizie wariancji dla doświadczeń wielokrotnych złożonych w układzie bloków kompletnie zrandomizowanych. W opracowaniu syntetycznym wyników doświadczeń polowych zastosowano pełną procedurę testowania zmienności międzyobiektowej do średniego błędu doświadczeń oraz do interakcji środowiskowej. Wszystkie testy ogólne *F* i szczegółowe *t* wykonano na poziomie istotności $\alpha = 0,05$

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

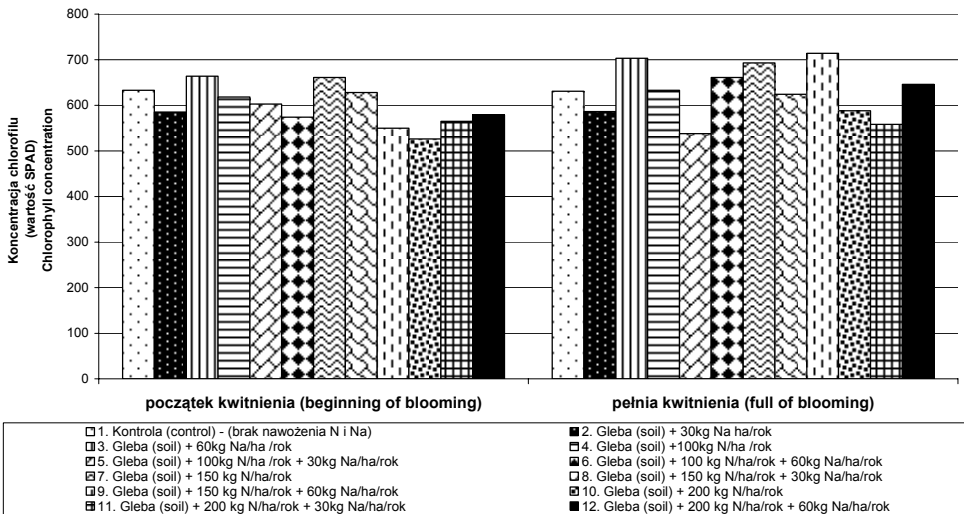
Na podstawie analizy statystycznej wykazano, że wpływ nawożenia sodem i azotem na aktywność nitrogenazy badanych roślin i koncentrację w nich chlorofilu był nieistotny statystycznie (rys. 1, 2, 3).

Na podstawie analizy statystycznej, stosując współczynnik korelacji liniowej Pearsona, otrzymano dodatnią korelację między czynnikami doświadczalnymi,

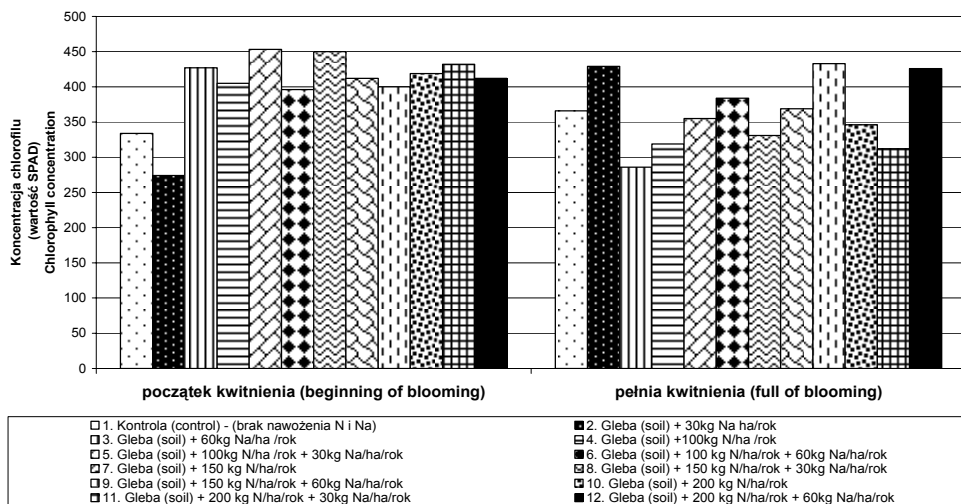


Rys. 1. Wpływ nawożenia N i Na na aktywność nitrogenazy

Fig. 1. The effect of N and Na fertilisation on the activity of nitrogenase

Rys. 2. Wpływ nawożenia N i Na na zawartość chlorofilu w koniczynie łąkowej *Trifolium pratense* L.Fig. 2. The effect of N and Na fertilisation on chlorophyll concentration in red clover *Trifolium pratense* L.

a aktywnością nitrogenazy na początku kwitnienia roślin, we wszystkich kombinacjach, w których zastosowano nawożenie azotowe w ilości 0, 100 i 150 kg N·ha⁻¹. Zanotowano wówczas zwiększoną w stosunku do obiektu kontrolnego aktywność nitrogenazy (tab. 2).



Rys. 3. Wpływ nawożenia N i Na na zawartość chlorofilu w trawach

Fig. 3. The effect of N and Na fertilisation on chlorophyll concentration in grasses

Wpływ sodu na asymilację azotu i przemiany azotowe w roślinie jest mało znany. BROWNELL i NICHOLAS [1967] dowiedli, że sód jest niezbędny do redukcji azotu atmosferycznego do amoniaku w *Anabena cylindrica*. WARCHOŁOWA i KOTER [1962] donoszą o stymulującym działaniu sodu na nodulację seradeli oraz na intensywność samego procesu wiązania azotu. Odnotowano również zwiększenie udziału azotu białkowego w azocie ogólnym w roślinach pod wpływem nawożenia sodem, dzięki dodatniemu wpływowi jego jonów na aktywność enzymów transaminacyjnych [KOZŁOWSKA, 2008]. KRZYWY [2002] uważa, że pierwiastek ten pozytywnie wpływa na rozwój bakterii z rodzaju *Rhizobium*.

Ujemną korelację między nawożeniem (N i Na) a aktywnością nitrogenazy otrzymano na początku kwitnienia roślin, w kombinacjach z nawożeniem azotem na poziomie $200 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ i w pełni kwitnienia roślin we wszystkich kombinacjach (tab. 2), na co wskazuje spadek aktywności nitrogenazy. W pełni kwitnienia, na obiekcie kontrolnym aktywność nitrogenazy wynosiła $65,7 \text{ nMC}_2\text{H}_4 \cdot \text{roślina}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. W warunkach nawożenia $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ i zerowym poziomie nawożenia sodem, aktywność nitrogenazy wynosiła $85,3 \text{ nMC}_2\text{H}_4 \cdot \text{roślina}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. W pozostałych kombinacjach, w których zastosowano sód, notowano obniżoną asymilację azotu cząsteczkowego.

Możemy przypuszczać, że – oprócz nawożenia sodowego – nie miały wpływ na spadek aktywności nitrogenazy w pełni kwitnienia roślin miało nawożenie dużą ilością azotu. MENGEL [1994] i KOCOŃ [2002] stwierdzili, że w warunkach dużej zasobności gleby w azot, aktywność nitrogenazy jest osłabiona, co jest związane z utrudnionym wytwarzaniem brodawek oraz inhibicyjnym działaniem jonów NH_4^+ na wiązanie N_2 [BOROWIECKI, 2004].

Tabela 2 Korelacja pomiędzy nawożeniem sodowym i azotowym a aktywnością nitrogenazy

Table 2. Correlation between sodium and nitrogen fertilisation and nitrogenase activity

| Kombinacje nawozowe Combinations of fertilisation | Aktywność nitrogenazy $\text{nM C}_2\text{H}_4 \cdot \text{roślina}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ Nitrogenase activity $\text{nM C}_2\text{H}_4 \cdot \text{plant}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ start of blooming | Współczynnik korelacji Correlation coefficient r | Aktywność nitrogenazy $\text{nM C}_2\text{H}_4 \cdot \text{roślina}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ Nitrogenase activity $\text{nM C}_2\text{H}_4 \cdot \text{roślina}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ full blooming | Współczynnik korelacji Correlation coefficient r |
|---|--|--|--|--|
| | Kontrola – brak nawożenia N i Na Control – without fertilisation N and Na | 21,00 | | 65,77 |
| Brak nawożenia N, nawożenie Na $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ Without fertilisation N, fertilisation with Na $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ | 48,30 | 0,99 | 29,70 | -0,79 |
| Brak nawożenia N, nawożenie Na $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ Without fertilisation N, fertilisation with Na $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ | 68,73 | | 34,27 | |
| Nawożenie N $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, brak nawożenia Na Fertilisation with N $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, without Na fertilisation | 46,16 | | 85,30 | |
| Nawożenie azotem $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i Na $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ Fertilisation with N $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ and Na $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ | 56,70 | 0,98 | 82,00 | -0,88 |
| Nawożenie N $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i Na $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ Fertilisation with N $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ and Na $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ | 74,90 | | 16,90 | |
| Nawożenie N $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, brak nawożenia sodem Fertilisation with N $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, without fertilization Na | 6,23 | | 27,17 | |
| Nawożenie N $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i Na $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ Fertilisation with N $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ and Na $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ | 23,06 | 0,21 | 4,20 | -0,91 |
| Nawożenie N $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, nawożenie Na $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ Fertilisation with N $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ and Na $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ | 10,00 | | 2,00 | |
| Nawożenie N $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, brak nawożenia Na Fertilisation with N $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, without Na fertilisation | 7,93 | | 16,77 | |
| Nawożenie N $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i Na $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ Fertilization with N $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ and Na $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ | 11,66 | -0,62 | 1,90 | -0,86 |
| Nawożenie N $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, nawożenie Na $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ Fertilization with N $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ and Na $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ | 1,50 | | 2,00 | |

Nadmierne nawożenie azotem prowadzi do zaniku aktywności mikroflory glebowej. Szczególnie niekorzystnie oddziałuje na procesy nityfikacji i wiązania azotu atmosferycznego.

Dodatnią korelację między czynnikami doświadczenia a kondycją roślin motylkowych otrzymano we wszystkich kombinacjach nawozowych. Wraz ze wzrostem nawożenia sodem zanotowano zwiększoną zawartość chlorofilu w roślinach motylkowych (tab. 3). Rola sodu w procesie fotosyntezy jest mało poznana. Prawdopodobnie u niektórych gatunków roślin sól przejmuje pewne funkcje potasu związane z fotosyntezą. Zdaniem niektórych badaczy [WARCHOŁOWA, 1972], jony sodu przyczyniają się do utrzymania odpowiedniej struktury chloroplastów, za-

Tabela 3 Korelacja między nawożeniem Na i N a zawartością chlorofilu w liściach koniczyny łąkowej (*Trifolium pratense* L.)

Table 3. Correlation between Na and N fertilisation and chlorophyll concentration in red clover (*Trifolium pratense* L.) leaf blades

| Kombinacje nawozowe Combinations of fertilisation | Koncentracja chlorofilu mg·g ⁻¹ s.m. liści Chlorophyll concentration mg·g ⁻¹ dry wt. of leafs | Współczynnik korelacji Correlation coefficient <i>r</i> |
|---|--|---|
| Kontrola – brak nawożenia N i Na Control – without fertilisation with N and Na | 636,67 | |
| Brak nawożenia N, nawożenie Na 30 kg·ha ⁻¹ Without fertilisation N, fertilisation with Na 30 kg·ha ⁻¹ | 597,83 | 0,546 |
| Brak nawożenia N, nawożenie Na 60 kg·ha ⁻¹ Without fertilisation N, fertilisation with Na 60 kg·ha ⁻¹ | 683,00 | |
| Nawożenie N 100 kg·ha ⁻¹ , brak nawożenia Na Fertilisation N 100 kg·ha ⁻¹ , without Na fertilisation | 611,83 | |
| Nawożenie azotem 100 kg·ha ⁻¹ i Na 30 kg·ha ⁻¹ Fertilisation with N 100 kg·ha ⁻¹ and Na 30 kg·ha ⁻¹ | 579,00 | 0,264 |
| Nawożenie N 100 kg·ha ⁻¹ i Na 60 kg·ha ⁻¹ Fertilisation with N 100 g/ha and Na 60 kg/ha | 623,67 | |
| Nawożenie N 150 kg·ha ⁻¹ , brak nawożenia sodem Fertilisation with N 150 kg·ha ⁻¹ , without fertilization Na | 635,33 | |
| Nawożenie N 150 kg·ha ⁻¹ i Na 30 kg·ha ⁻¹ Fertilisation with N 150 kg·ha ⁻¹ and Na 30 kg·ha ⁻¹ | 618,67 | 0,679 |
| Nawożenie N 150 kg·ha ⁻¹ , nawożenie Na 60 kg·ha ⁻¹ Fertilisation with N 150 kg·ha ⁻¹ and Na 60 kg·ha ⁻¹ | 674,33 | |
| Nawożenie N 200 kg·ha ⁻¹ , brak nawożenia Na Fertilisation with N 200 kg·ha ⁻¹ , without Na fertilisation | 560,33 | |
| Nawożenie N 200 kg·ha ⁻¹ i Na 30 kg·ha ⁻¹ Fertilization with N 200 kg·ha ⁻¹ and Na 30 kg·ha ⁻¹ | 569,67 | 0,915 |
| Nawożenie N 200 kg·ha ⁻¹ , nawożenie Na 60 kg·ha ⁻¹ Fertilization with N 200 kg·ha ⁻¹ and Na 60 kg·ha ⁻¹ | 636,67 | |

pewniając w ten sposób właściwy przebieg odbywających się w nich procesów. Istnieje przypuszczenie, że jony Na^+ zastępują potas w procesie fosforylacji świetlnej. W niektórych roślinach niedostatecznie zaopatrzonych w potas notowano wzrost zawartości chlorofilu pod wpływem dodatku sodu.

W przypadku koncentracji chlorofilu w trawie występującej w mieszance dodatnią korelację zanotowano we wszystkich kombinacjach, w których zastosowano wysokie nawożenie azotowe ($150, 200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) (tab. 4). SWĘDRZYŃSKA, NIEWIADOMSKA i KLAMA [2008] również donoszą, że w warunkach zwiększonego nawożenia azotowego poziom chlorofilu w roślinach jest większy.

Ujemną korelację uzyskano tylko w kombinacjach, w których zastosowano niskie nawożenie azotem (0 i $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) (tab. 4). Wiadomo, że ilość sodu, który

Tabela 4. Korelacja pomiędzy nawożeniem Na i N a zawartością chlorofilu w liściach festulium

Table 4. Correlation between Na and N fertilization and chlorophyll concentration in festulium leaf blades

| Kombinacje nawozowe Combinations of fertilisation | Koncentracja chlorofilu $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ s.m. liści Chlorophyll concentration $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ DM of leaves | Współczynnik korelacji Correlation coefficient <i>r</i> |
|---|--|---|
| Kontrola – brak nawożenia N i Na Control – without fertilisation N and Na | 370,50 | |
| Brak nawożenia N, nawożenie Na $30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ Without fertilisation N, fertilisation with Na $30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ | 377,00 | -0,688 |
| Brak nawożenia N, nawożenie Na $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ Without fertilisation N, fertilisation with Na $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ | 353,67 | |
| Nawożenie N $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, brak nawożenia Na Fertilisation with N $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, without Na fertilisation | 396,50 | |
| Nawożenie azotem $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ i Na $30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ Fertilisation with N $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ and Na $30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ | 392,00 | -0,899 |
| Nawożenie N $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ i Na $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ Fertilisation with N 100 g/ha and Na $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ | 346,33 | |
| Nawożenie N $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, brak nawożenia sodem Fertilisation with N $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, without fertilization Na | 417,33 | |
| Nawożenie N $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ i Na $30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ Fertilisation with N $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ and Na $30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ | 446,33 | 0,644 |
| Nawożenie N $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, nawożenie Na $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ Fertilisation with N $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ and Na $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ | 436,67 | |
| Nawożenie N $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, brak nawożenia Na Fertilisation with N $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, without Na fertilisation | 454,00 | |
| Nawożenie N $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ i Na $30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ Fertilization with N $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ and Na $30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ | 411,00 | 0,537 |
| Nawożenie N $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, nawożenie Na $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ Fertilization with N $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ and Na $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ | 504,33 | |

wpływa na koncentrację chlorofilu przyswajanego przez rośliny i jego stężenie w ich tkankach zależy od wielu różnych czynników. Przypuszcza się, że zależy to m.in. od towarzyszącego mu anionu. Aniony chlorkowe zmniejszają pobieranie sodu, z kolei azotany i fosforany sprzyjają pobieraniu tego składnika. Doniesienia JURKOWSKIEJ i WOJCIECHOWICZ [1980] dowodzą, iż nawożenie azotowe zwiększa pobieranie sodu przez rośliny, a stosowanie saletry sodowej poprawia zaopatrzenie roślin w sód. COOIL, FUENTE i PENA [1985] udowodnili, że w warunkach większej zawartości azotu w glebie, przemieszczanie się sodu z korzeni do części nadziemnych intensyfikuje się. Należy też mieć na uwadze fakt, że trawy należą do roślin nisko sodolubnych, natomiast rośliny motylkowate do średnio sodolubnych [AL.-ANI i in., 1971].

WNIOSKI

1. Największą aktywność nitrogenazy w uprawach mieszanek odnotowano w pełni kwitnienia roślin w kombinacjach, w których zastosowano nawożenie azotem w ilości $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Aktywność ta w tej fazie rozwoju roślin malała wraz ze wzrostem nawożenia azotem i sodem.

2. Zawartość chlorofilu w roślinach – zarówno w koniczynie, jak i w trawie – zwiększała się wraz ze zwiększaniem poziomu nawożenia sodem i azotem.

LITERATURA

- AL.-ANI T.A., HABIT I.M., ABDULARIS A.I., OUDA N.A., 1971: Plant indicators in Iraq. P. 2. Mineral composition of native plants in relation to soils and selective absorption. *Plant Soil* 35 s. 29–36.
- BARABASZ W., VOŘÍŠEK K., 2002. Wpływ mineralnego nawożenia N na aktywność mikrobiologiczną gleb górskich ekosystemów trawiastych. W: *Drobnoustroje środowiska glebowego, aspekty fizjologiczne, biochemiczne, genetyczne*. Pr. zbior. Red. H. Dahm. Toruń: A. Marszałek s. 15–23.
- BOROWIECKI J., 2004. Nowe aspekty symbiotycznego wiązania azotu. *Post. Nauk Rol.* 2 s. 9–18.
- BROWNELL P.F., NICHOLAS D.J., 1967. Some effects of sodium on nitrate assimilation and N_2 fixation w *Anabena cylindrical*. *Plant Physiol.* 42 s. 915–921.
- CZUBA R., 1996. Celowość i możliwości uzupełniania niedoborów mikroelementów u roślin. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 434 s. 55–64.
- COOIL B.J., FUENTE R.K., PENA R.S., 1985. Absorption and transport of sodium and potassium in squash. *Plant Physiol.* 40 s. 625–631.
- FALKOWSKI M., KUKULKA I., KOZŁOWSKI S., 1990. Właściwości chemiczne roślin łąkowych. *Skrypty*. Poznań: AR ss. 111.
- GORLACH E., MAZUR T., 2001. *Chemia rolna*. Warszawa: PWN ss. 346.
- JURKOWSKA H., WOJCIECHOWICZ T., 1980. Wpływ wzrastających dawek azotanu amonu na zawartość makro i mikroelementów w roślinach. Cz. 1. Makroelementy. *Acta Agr. Silv. Ser. Agr.* 20 s. 107–120.
- KOCOŃ A., 2002. Biologiczne wiązanie azotu przez zróżnicowane genotypy bobiku w zależności od żywienia azotem. *Nawozy Nawożenie* 1 s. 283–292.
- KOZŁOWSKA M., 2008. *Fizjologia roślin* Poznań: PWRiL ss. 540.

- KRZYWY E., 2002. Nawożenie gleb i roślin. Szczecin: AR ss. 270.
- MENGEL K., 1994. Symbiotic dinitrogen fixation – its dependense on plant nutrition and its ecophysiological impact. 2. Pflanzenernahr. Bodenk. 157 s. 233–241.
- NOWACKI E. 1980. Gospodarka azotowa roślin uprawnych. Warszawa: PWRiL ss. 333.
- SAWICKA A., 1981. Ekologiczne problemy wiązania azotu atmosferycznego. Roczn. AR Pozn. 138 s. 103–115.
- SMITH R., BENITEZ B., 1955. Chlorophyllsanalysis in plant materiale. W: Moderne Methoden der Pflanzenanalyse. Pr. zbior. Red. K. Peach, N.V. Tracey. Berlin: Springer Verl. s. 142–196.
- SWĘDRZYŃSKA D., NIEWIADOMSKA A., KLAMA J., 2008. Koncentracja chlorofilu w blaszkach liściowych kukurydzy i owsa jako wskaźnik żywotności roślin inokulowanych bakteriami z rodzaju *Azospirillum*. Ekol. Tech. 4 s. 165–170.
- WARCHAŁOWA M., KOTER Z., 1962. Rola sodu w żywieniu seradeli. Acta Agrobot. 11 s. 131–138.
- WARCHOŁOWA M., 1972. Wpływ Na i K na transpirację, asymilację pozorną i gromadzenie cukru. Pam. Puł. 47 s. 199–205.

Alicja NIEWIADOMSKA, Aleksandra SAWICKA

THE EFFECT OF DIFFERENTIATED NITROGEN AND SODIUM FERTILISATION ON THE NITROGENASE ACTIVITY AND CHLOROPHYLL CONCENTRATION IN THE MIXTURE OF *Trifolium pratense* L. WITH *Festulolium braunii* KRC

Key words: chlorophyll concentration, N and Na fertilization, nitrogenase activity

S u m m a r y

The objective of this study was to recognise plant condition and the intensity of nitrogen fixation in grasses grown in a mixture with legume plants using three different levels of fertilisation with mineral nitrogen and sodium.

In experimental plots of an area of 25 m² a mixture of red clover (*Trifolium pratense* L.) and festulolium (*Festulolium braunii* (K. Richt.) A. Camus) was sown in 50:50% proportions.

The experiment was established in a random block design with two factors: 1) nitrogen fertilisation N1 (100 kg·ha⁻¹ of ammonium nitrate, 33 kg after each regrowth); N2 (150 kg of ammonium nitrate, 50 kg after each regrowth); N3 (200 kg of ammonium nitrate, 66 kg after each regrowth); 2) sodium fertilization 0 kg·ha⁻¹, 30 kg·ha⁻¹, and 60 kg Na ha⁻¹ (fertiliser – kieserite with KCl – was applied twice in a dose of 30 Na kg ha⁻¹ before sowing and after the first mowing).

The concentration of chlorophyll in plants was determined before each mowing. In the beginning and in the full blooming plant phase, nitrogenase activity was determined directly in the field using the acetylene to ethylene reduction method.

It was found that the nitrogenase activity decreased with the increase of nitrogen fertilisation. Positive correlation between nitrogen and sodium fertilisation and the plant condition expressed as chlorophyll content was recorded.

Recenzenci:

doc. dr hab. Maria Król

prof. dr hab. Stefan Russel

Praca wpłynęła do Redakcji 14.09.2009 r.