

KWANTYFIKACJA AZOTU WIĄZANEGO SYMBIOTYCZNIE PRZEZ ROŚLINY MOTYLKOWATE

Stefan PIETRZAK

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Ochrony Jakości Wody

Słowa kluczowe: metoda Høgh-Jensena i in., rośliny motylkowate (bobowate), symbiotyczne wiązanie azotu, wskaźniki

Streszczenie

W pracy przedstawiono możliwość szacowania ilości azotu wiązanego symbiotycznie przez rośliny motylkowate (w obecnej systematyce – bobowate) za pomocą wskaźników wyznaczonych wg metody opracowanej przez HØGH-JENSENA i in. [2004]. Podano wartości wskaźników wnoszenia azotu wiązanego symbiotycznie przez różne gatunki roślin motylkowatych występujących w monokulturze i w mieszkach z trawami. Wynoszą one od 31 do 86 kg N·t⁻¹ s.m. runi w odniesieniu do motylkowatych drobnonasiennych i od 35 do 38 kg N·t⁻¹ s.m. runi lub od 36 do 54 kg N·t⁻¹ s.m. nasion w odniesieniu do roślin strączkowych. Stwierdzono, że wyznaczone zgodnie z wymienioną metodą wskaźniki wnoszenia azotu związanego z atmosfery przez rośliny motylkowate mogą być wykorzystywane do sporządzania bilansów tego składnika w gospodarstwach rolnych, a także w celach edukacyjnych.

WSTĘP

Prawidłowa gospodarka składnikami nawozowymi w gospodarstwach rolnych powinna opierać się na ich bilansach. Sporządzanie bilansów azotu, fosforu i potasu jest zaleceniem zawartym w Kodeksie dobrej praktyki rolniczej [MRiRW, MŚ 2004] do dobrowolnego stosowania przez wszystkich rolników oraz wymogiem formalnym, do spełnienia przez rolników posiadających gospodarstwa położone na obszarach szczególnie narażonych na azotany [Rozporządzenie... 2003].

Sporządzanie bilansów składników nawozowych wymaga wyznaczenia ich strumieni przychodów (ze wszystkich źródeł) i rozchodów. W przypadku bilansu azotu, po stronie przychodu powinien być uwzględniany m.in. azot wiązany biologicznie przez rośliny motylkowate. W praktyce wyznaczenie tego elementu bilansu sprawia bardzo duże trudności i jest obarczone znacznym błędem. Głównie z powodu braku odpowiednich danych w literaturze krajowej o ilości azotu atmosferycznego wiązanego symbiotycznie przez rośliny motylkowate w różnych warunkach ich uprawy, w tym zwłaszcza przez rośliny motylkowate wieloletnie, występujące w mieszankach z trawami. W niniejszej pracy podjęto próbę uzupełnienia informacji na ten temat, na podstawie wyników współcześnie prowadzonych badań. Jej celem jest zaprezentowanie wskaźników umożliwiających szacowanie ilości azotu symbiotycznie wiązanego przez rośliny motylkowate, z większą dokładnością niż dotychczas było to możliwe oraz przedstawienie metody ich wyznaczania.

MODEL OKREŚLANIA ILOŚCI AZOTU WIĄZANEGO SYMBIOTYCZNIE

Bakterie symbiotyczne z rodzaju *Rhizobium* wiążą azot z atmosfery współżyjąc z roślinami motylkowatymi. W procesie tym bakterie wiążące azot cząsteczkowy przetwarzają go w NH_3 lub aminokwas glutaminę i w tej formie przekazują komórkom roślinnym, z kolei rośliny zaopatrują bakterie w związki węgla i zapewniają warunki ich rozwoju. Rośliny motylkowate gromadzą zarówno azot pobrany przez nie z gleby, jak i wiązany symbiotycznie. Azot wiązany symbiotycznie przez rośliny motylkowate uprawiane w monokulturze znajduje się w ich łodygach, liściach i korzeniach oraz osadza się w ściółce z opadłych części roślin i w glebie, w następstwie procesu ryzodepozycji¹⁾ – rysunek 1.

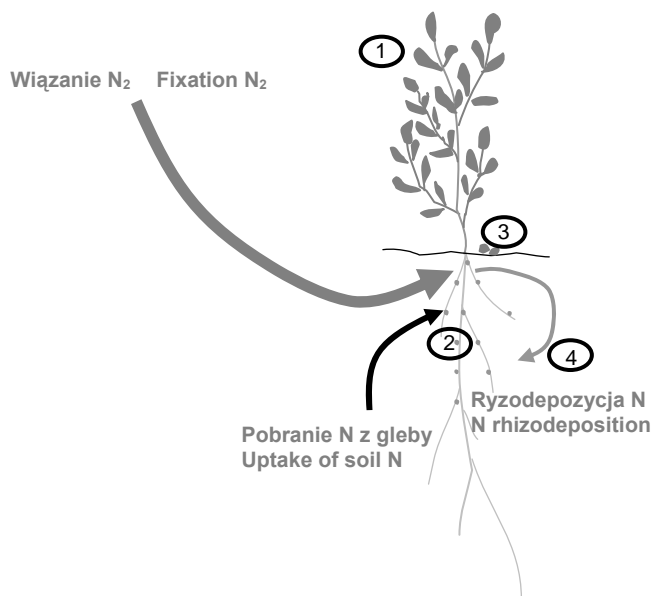
W mieszankach roślin motylkowatych z trawami na użytkach zielonych, część azotu pobranego przez motylkowate z atmosfery jest przekazywana trawom (transfer następuje poprzez glebę oraz za pośrednictwem wypasanych zwierząt) i przez nie wykorzystywana. Ogólnie bilans N_2 wiązanego symbiotycznie przez rośliny motylkowate zbierane na pasze można przedstawić w postaci następującego równania [HØGH-JENSEN i in. 2004]:

$$SNF = DM_{\text{legume}} N\% P_{fix} (1 + P_{\text{root+stubble}} + P_{\text{transsoil}} + P_{\text{transanimal}} + P_{\text{immobile}}) \quad (1)$$

gdzie:

SNF – ilość azotu wiązana symbiotycznie przez uprawiane rośliny motylkowate, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$;

¹⁾ Ryzodepozycja (ang. rhizodeposition) – uwalnianie substancji organicznych z żywych korzeni do gleby podczas wegetacji roślin.



Rys. 1. Przepływ azotu w roślinach motylkowatych w uprawie polowej: 1 – pędy, 2 – korzenie, 3 – opadłe części roślin (ściółka), 4 – substancja organiczna uwolniona z żywych korzeni do gleby w procesie ryzodepozycji; źródło: SCHMIDTKE [2008], zmodyfikowany

Fig. 1. Nitrogen flow in the field crop of legume plants: 1 – shoots, 2 – roots, 3 – fallen plant parts (litter), 4 – organic matter released by live roots to soil; source SCHMIDTKE [2008], modified

- DM_{legume} – zebrany plon roślin motylkowatych w suchej masie, $kg\ ha^{-1}\ s.m.$;
- $N\%$ – zawartość azotu w suchej masie roślin motylkowatych, $kg\cdot ha^{-1}\ s.m.$;
- P_{fix} – udział azotu związanego symbiotycznie w ilości azotu zawartego w suchej masie nadziemnej części użytkowej roślin motylkowatych (w zebranych plonie roślin motylkowatych);
- $P_{root+stubble}$ – udział azotu związanego symbiotycznie w korzeniach i ściernie w całkowitej ilości azotu związanego symbiotycznie w nadziemnej, użytkowej części roślin motylkowatych, w końcowym okresie ich wzrostu;
- $P_{transsoil}$ – udział azotu związanego symbiotycznie, transferowanego za pośrednictwem gleby z roślin motylkowatych (występujących w mieszance z trawami) do traw, w całkowitej ilości azotu związanego symbiotycznie w nadziemnej części użytkowej roślin motylkowatych, w końcowym okresie ich wzrostu;
- $P_{transanimal}$ – udział azotu związanego symbiotycznie transferowanego za pośrednictwem wypasanych zwierząt (w następstwie wydalania odchodów) z roślin motylkowatych (występujących w mieszance

- z trawami) do traw, w całkowitej ilości azotu związanego symbiotycznie w nadziemnej części użytkowej roślin motylkowych, w końcowym okresie ich wzrostu;
- P_{immobile}* – udział azotu związanego symbiotycznie, który został unieruchomiony w glebowej materii organicznej, w całkowitej ilości azotu związanego symbiotycznie w nadziemnej części użytkowej roślin motylkowatych, w końcowym okresie ich wzrostu.

Wartości parametrów powyższego równania są wyznaczane na podstawie badań empirycznych. Dla niektórych gatunków roślin motylkowatych są one dostępne w literaturze, chociaż występują w dużym rozproszeniu (przykłady podano w tabelach 1. i 2.).

Tabela 1. Zawartość azotu (N%) w suchej masie nadziemnej niektórych roślin motylkowatych

Table 1. Content of nitrogen (N%) in dry weight of above-ground biomass of some legume plants

Rodzaj plonu (uprawy) i faza zbioru Yield and phase of harvesting	Sucha masa, % Dry mass, %	N%, kg·(kg s.m.) ⁻¹ N%, kg·(kg DM.) ⁻¹
1	2	3
Bobik – całe nasiona Horse bean – whole seeds	88,1	0,047
Groch – nasiona Pea – seeds	88,2	0,038
Koniczyna łąkowa – zielonka, I pokos do pączkowania Red clover – green, I cut till budding	10,2	0,044
Koniczyna łąkowa – zielonka, I pokos początek pączkowania Red clover – green, I cut, start of budding	15,4	0,032
Koniczyna łąkowa – zielonka, I pokos w kwiecie Red clover – green, I cut in flowers	20,7	0,023
Koniczyna łąkowa – zielonka, II pokos Red clover – green, II cut	17,3	0,024
Koniczyna łąkowa – zielonka, III pokos Red clover – green, III cut	14,1	0,032
Koniczyna łąkowa – zielonka, IV pokos Red clover – green, IV cut	17,6	0,033
Lędźwian – nasiona Grass pea – seeds	86,7	0,052
Lucerna siewna – zielonka, I pokos, do pączkowania Lucerne – green, I cut, till budding	15,7	0,043
Lucerna siewna – zielonka, I pokos, początek pączkowania Lucerne – green, I cut, start of budding	16,9	0,036
Lucerna siewna – zielonka, I pokos, pączkowanie Lucerne – green, I cut, budding	19,8	0,031
Lucerna siewna – zielonka, I pokos, początek kwitnienia Lucerne – green, I cut, start of flowering	21,7	0,025
Lucerna siewna – zielonka, I pokos, w kwiecie Lucerne – green, I cut, in flowers	25,8	0,024
Lucerna siewna – zielonka, I pokos, koniec kwitnienia Lucerne – green, I cut, end of flowering	25,4	0,022

cd. tab. 1

1	2	3
Lucerna siewna – zielonka, II pokos, odrost 4. tyg.		
Lucerne – green, II cut, 4-week regrowth	20,9	0,024
Lucerna siewna – zielonka, II pokos, odrost 5. tyg.		
Lucerne – green, II cut, 5-week regrowth	19,8	0,034
Lucerna siewna – zielonka, II pokos, odrost 6. tyg.		
Lucerne – green, II cut, 6-week regrowth	19,6	0,035
Lucerna siewna – zielonka, II pokos, odrost 7. tyg.		
Lucerne – green, II cut, 7-week regrowth	20,8	0,031
Lucerna siewna – zielonka, II pokos, odrost 8. tyg.		
Lucerne – green, II cut, 8-week regrowth	22,8	0,028
Lucerna siewna – zielonka, II pokos, odrost 9. tyg.		
Lucerne – green, II cut, 9-week regrowth	26,5	0,024
Lucerna siewna – zielonka, III pokos, odrost 4. tyg.		
Lucerne – green, III cut, 4-week regrowth	21,9	0,025
Lucerna siewna – zielonka, III pokos, odrost 5. tyg.		
Lucerne – green, III cut, 5-week regrowth	21,3	0,032
Lucerna siewna – zielonka, III pokos, odrost 6. tyg.		
Lucerne – green, III cut, 6-week regrowth	21,0	0,030
Lucerna siewna – zielonka, III pokos, odrost 8. tyg.		
Lucerne – green, III cut, 8-week regrowth	23,8	0,028
Lucerna siewna – zielonka, III pokos, odrost 9. tyg.		
Lucerne – green, III cut, 9-week regrowth	25,9	0,027
Łubin biały – nasiona White lupine – seeds	88,1	0,058
Łubin wąskolistny – nasiona Narrowleaf lupine – seeds	88,2	0,057
Łubin żółty – nasiona Yellow lupine – seeds	89,6	0,070
Rutwica wschodnia – zielonka, I pokos		
Easters galega – green, I cut	21,2	0,036
Rutwica wschodnia – zielonka, II pokos, odrost 4 tyg.		
Easters galega – green, II cut, 4-week regrowth	17,2	0,044
Rutwica wschodnia – zielonka, II pokos, odrost 8 tyg.		
Easters galega – green, II cut, 8-week regrowth	23,1	0,029
Rutwica wschodnia – zielonka, III pokos, odrost 4 tyg.		
Easters galega – green, III cut, 4-week regrowth	24,5	0,036
Rutwica wschodnia – zielonka, IV pokos, odrost 4 tyg.		
Easters galega – green, IV cut, 4-week regrowth	21,9	0,037
Rutwica wschodnia – zielonka, V pokos		
Easters galega – green, V cut	21,1	0,033
Seradela – zielonka, I pokos, początek kwitnienia		
Pink serradella – green, I cut, start of flowering	18,2	0,023
Seradela – zielonka, I pokos, koniec kwitnienia		
Pink serradella – green, I cut, end of flowering	16,2	0,021
Soja – nasiona Soya – seeds	93,7	0,054
Wyka siewna – nasiona Common vetch – seeds	87,2	0,052

Źródło: opracowanie własne na podstawie: IZ-PIB [2003–2006]

Source: own elaboration based on IZ-BIP [2003–2006].

Tabela 2. Wartości wybranych parametrów do obliczania ilości azotu związanego symbiotycznie przez uprawiane rośliny motylkowate

Table 2. Selected parameters used to calculate symbiotically fixed nitrogen by the grown legume plants

Rodzaj roślinności i jej przeznaczenie Plants and their purpose	P_{fi}	$P_{root+stubble}$	$P_{transsoil}$	$P_{transanimal}$	$P_{immobile}$
Zbiór pasz do konserwacji: Fodder for conservation:					
– koniczyna łąkowa red clover	0,75 ¹⁾	0,25			0,25–0,40 ²⁾
– lucerna siewna lucerne	0,75 ¹⁾	0,25			0,25–0,40
– groch zwyczajny + zboże na kiszonkę pea + cereals for ensilage	0,82	0,12			
– 1–2-letnia koniczyna biała w mieszance z trawami 1–2-year white clover in a mixture with grasses	0,90	0,25	0,20 ³⁾		0,25–0,40 ²⁾
– 1–2-letnia koniczyna łąkowa w mie- szance z trawami 1–2-year red clover in a mixture with grasses	0,90	0,25	0,10 ³⁾		0,25–0,40 ²⁾
– ponad 3-letnia koniczyna biała w mieszance z trawami over 3-year white clover in a mixture with grasses	0,90	0,25	0,30 ³⁾		
Spasanie runi: Grazing:					
– 1–2-letnia koniczyna biała w mieszance z trawami 1–2-year white clover in a mixture with grasses	0,78 ⁴⁾	0,25	0,20 ³⁾	0,20	0,25–0,40 ²⁾
– ponad 3-letnia koniczyna biała w mieszance z trawami over 3-year white clover in a mixture with grasses	0,78 ⁴⁾	0,25	0,30 ³⁾	0,20	

¹⁾ Jeśli stosowane są mineralne nawozy azotowe, wtedy $P_{fi} = P_{fi} \div 0.00267 * N$ [HØGH-JENSEN, SCHJØRRING 1997]. N = ilość azotu z mineralnych nawozów azotowych. N z nawozów organicznych musi być przeliczony na N z nawozów mineralnych.

¹⁾ If mineral N fertilisers are used then: $P_{fi} = P_{fi} \div 0.00267 * N$ [HØGH-JENSEN, SCHJØRRING 1997]. N = the amount of N from mineral fertilisers. N from organic fertilisers has to be recalculated for mineral N.

²⁾ $P_{immobile} = 0,25$ dla gleb piaszczystych (udział części gliniastych <10%), $P_{immobile} = 0,40$ dla gleb gliniastych (udział części gliniastych $\geq 10\%$) [HØGH-JENSEN, SCHJØRRING 2001].

²⁾ $P_{immobile} = 0.25$ for sandy soils (<10% of loamy particles), $P_{immobile} = 0.40$ for loamy soils ($\geq 10\%$ of loamy particles) [HØGH-JENSEN, SCHJØRRING 2001]

³⁾ HØGH-JENSEN, SCHJØRRING [2000].

⁴⁾ VINTHER [2001].

Źródło: KRISTENSEN [2002] za HØGH-JENSEN i in. [1998] oraz KRISTENSEN i in. [2002], zmodyfikowane.
Source: KRISTENSEN [2002] after HØGH-JENSEN *et al.* [1998] and KRISTENSEN *et al.* [2002], modified.

WSKAŹNIKI WNOSZENIA AZOTU WIĄZANEGO PRZEZ ROŚLINY MOTYLKOWATE

Ilość azotu cząsteczkowego, wiązanego symbiotycznie przez rośliny motylkowe, zależy od ich gatunku, fazy zbioru i plonu, a także od uwarunkowań glebo-klimatycznych. Określając wskaźniki symbiotycznego wiązania N_2 przez rośliny motylkowe należy dążyć do tego, żeby uwzględniały one możliwie szeroką gamę czynników biotycznych i abiotycznych, związanych z uprawą tych roślin. Założenie to uwzględnia metoda zaproponowana przez HØGH-JENSENA i in. [2004]. Jej autorzy wyznaczyli wskaźniki wnoszenia azotu wiązanego symbiotycznie przez różne gatunki wieloletnich roślin motylkowatych, występujących w monokulturze i w mieszankach z trawami, w zależności od sposobu użytkowania powierzchni paszowej i rodzaju gleby. Wykazali, że największa ilość N_2 – 84–86 $kg \cdot (t \text{ s.m. runi})^{-1}$ jest wnoszona przez 1–2-letnią koniczynę białą uprawianą w mieszance z trawami, na glebie gliniastej (tab. 3). W porównaniu z tymi wartościami, koniczyna łąkowa uprawiana w monokulturze i w mieszance z trawami oraz lucerna siewna w monokulturze wnoszą znacznie mniejsze ilości azotu symbiotycznego.

W odniesieniu do roślin motylkowatych uprawianych w warunkach polowych, takich jak łubin żółty, peluszka i seradela, stwierdzono, że ilość wnoszonego przez nie azotu symbiotycznego zawiera się w granicach 35–38 $kg \cdot t^{-1}$ s.m. runi (tab. 4). Ilości te oszacowano, wykorzystując zaprezentowany wcześniej model, na podstawie zawartości azotu w biomase roślin motylkowatych uprawianych w plonie głównym na zielony nawóz (w fazie po osadzeniu strąków, przed przyorywaniem) [GORALSKI 1967], z uwzględnieniem współczynników symbiotycznego wiązania azotu przez rośliny motylkowe P_{fi} , podanych przez UNKOVICHA i in. [1995], PRESSA i in. [1998] oraz współczynników ilości azotu przechodzącego do gleby w procesie ryzodepozycji $P_{immobile}$, wg SCHMIDTKE [2008].

W przypadku takich roślin motylkowatych jak groch zwyczajny i bób, KRISTENSEN [2002] podaje, że w przeliczeniu na 1 tonę suchej masy nasion wnoszą one odpowiednio 41 i 54 kg N. Z kolei z badań SCHMIDTKE [2008] wynika, że rośliny te wiążą stosownie 36 i 53 $kg \cdot t^{-1}$ s.m. nasion.

Dysponując wskaźnikami wnoszenia azotu wiązanego przez rośliny motylkowe oraz odpowiednimi danymi produkcyjnymi można oszacować ilość azotu wiązanego symbiotycznie przez uprawiane w gospodarstwie rośliny motylkowe na podstawie następującej zależności:

$$M_m = \sum P_i a Q_i sm SNF \quad (2)$$

gdzie:

- M_m – ilość azotu związana symbiotycznie przez uprawiane rośliny motylkowe, $kg \cdot ha^{-1}$;
- P_i – powierzchnia uprawy danego gatunku roślin motylkowatych, ha;

Tabela 3. Ilość azotu wiązanego przez rośliny motylkowate wieloletnie występujące w monokulturze i w mieszankach z trawami

Table 3. The amount of N fixed by perennial legumes in monoculture and in a mixture with grasses

System użytkowania powierzchni paszowej i rodzaj roślinności Crop system and the type of plants	Całkowita ilość N ₂ wiązanego w systemie – SNF w kg·t ⁻¹ s.m. części nadziemnych roślin Total N ₂ fixed in the system, kg·t ⁻¹ dry wt. of above-ground plant parts	
	gleba gliniasta loamy soil	gleba piaszczysta sandy soil
Kośny – jednoroczna lub dwuletnia lucerna siewna w monokulturze	37	31
Mown – annual or bi-annual lucerne in monoculture		
Kośny – jednoroczna lub dwuletnia koniczyna łąkowa w monokulturze	41	34
Mown – annual or bi-annual red clover in monoculture		
Kośny – jednoroczna lub dwuletnia mieszanka koniczyny białej z trawami	86	71
Mown – annual or bi-annual mixture of white clover with grasses		
Pastwiskowy – jednoroczna lub dwuletnia mieszanka koniczyny białej z trawami	84	72
Grazed – annual or bi-annual mixture of white clover with grasses		
Kośny – jednoroczna lub dwuletnia mieszanka koniczyny łąkowej z trawami	51	44
Mown – annual or bi-annual mixture of red clover with grasses		
Pastwiskowy – jednoroczna lub dwuletnia mieszanka koniczyny łąkowej z trawami	48	42
Grazed – annual or bi-annual mixture of red clover with grasses		
Kośny – ponad dwuletnia mieszanka koniczyny białej z trawami	75	59
Mown – over two-year mixture of white clover with grasses		
Pastwiskowy – ponad dwuletnia mieszanka koniczyny białej z trawami	65	53
Grazed – over two-year mixture of white clover with grasses		

Źródło: opracowanie własne na podstawie: HØGH-JENSEN i in. [2004].

Source: own elaboration based on HØGH-JENSEN *et al.* [2004].

Tabela 4. Ilość azotu wiązana przez wybrane rośliny motylkowate w uprawach polowych na zielony nawóz**Table 4.** The amount of nitrogen fixed by selected legumes in field crops for green fertiliser

Gatunek Species	Plon główny części nadziemnych po osadzeniu strąków w suchej masie Yield of above ground parts after settling pods in dry mass $t \cdot ha^{-1}$	Całkowita zawartość azotu w biomacie roślin (korzenie + części nadziemne) Total N content in plant biomass (roots + above-ground parts) $kg \cdot ha^{-1}$	P_{fi}	$P_{immobile}$	Całkowita ilość N_2 wiązanego w systemie – SNF, $kg \cdot t^{-1}$ s.m. nadziemnych części roślin Total amount of N_2 fixed in the system – $kg \cdot t^{-1}$ DM of above-ground plant parts
Łubin żółty Yellow lupine	6,0	249	0,82 ¹⁾	0,133	38
Groch zwyczajny Pea	6,1	257	0,74 ¹⁾	0,129	35
Seradela Pink serradella	5,7	216	0,76 ²⁾	0,28	37

Źródło: wyniki własne na podstawie: GORALSKI [1967], UNKOVICH i in. [1995]¹⁾, PATE, UNKOVICH [1999]²⁾, SCHMIDTKE [2008].

Source: Source: own results based on GORALSKI [1967], UNKOVICH *et al.* [1995]¹⁾, PATE, UNKOVICH [1999]²⁾, SCHMIDTKE [2008].

- a* – udział roślin danego gatunku motylkowatych w uprawianych w mieszance z trawami (dla roślin uprawianych w monokulturze $a = 1$);
- Q_i – plon części nadziemnych danego gatunku roślin motylkowatych lub nasion, w $t \cdot ha^{-1}$ (w świeżej masie) (plon części nadziemnych roślin motylkowatych występujących w mieszankach z trawami, można określić w przybliżeniu jako: plon zielonej masy mieszanki x udział roślin motylkowatych w runi),
- sm* – zawartość suchej masy w plonie roślin danego gatunku motylkowatych, $kg \cdot s.m. \cdot kg^{-1}$;
- SNF_i – ilość azotu wiązana przez dany gatunek roślin motylkowatych w przeliczeniu na 1 t plonu s.m. części nadziemnych lub nasion, w $kg \cdot t^{-1}$.

PODSUMOWANIE

Wycena ilości azotu atmosferycznego wiązanego symbiotycznie przez różne gatunki roślin motylkowatych jest zadaniem bardzo złożonym i trudnym. Od lat trwają próby znalezienia odpowiednich metod jej prowadzenia. Duży postęp w tej dziedzinie wprowadziła zaprezentowana w pracy metoda HØGH-JENSENA i in. [2004]. Pozwala ona na bardziej precyzyjne, w porównaniu z tradycyjnie stosowa-

nymi w tym celu rozwiązaniami, określanie puli azotu wiązanego symbiotycznie przez rośliny motylkowate. Jej dużym walorem jest łączenie wnoszenia N_2 z plonem roślin motylkowatych. Te dwa parametry, jak wykazali HAYAT i in. [2008], są ze sobą ściśle skorelowane statystycznie ($r = 0,90$). Warto w związku z tym podkreślić, że w ramach obecnie stosowanych w kraju metod i praktyk szacowania ilości N_2 symbiotycznie wiązanego, nie uwzględnia się plonu roślin motylkowatych. Zwyczajowo, do wyliczeń stosuje się pewne ogólne (uśrednione) dane charakteryzujące wielkość asymilacji (absorbpcji) azotu atmosferycznego przez rośliny motylkowate, np. przyjmuje się, że 1-procentowy udział koniczyny łąkowej w runi równoważy 2–3 kg azotu nawozowego. W dotychczasowym podejściu, w odróżnieniu od zaprezentowanego w pracy, nie uwzględnia się wielu czynników istotnie warunkujących jakość wymienionych oszacowań, jak: gatunek roślin motylkowatych, rodzaj gleby oraz sposób użytkowania użytku zielonego.

Wyznaczone, zgodnie z zaprezentowaną metodą, wskaźniki wnoszenia azotu związanego z atmosfery (SNF) przez rośliny motylkowate, mogą być wykorzystywane do sporządzania bilansów tego składnika w gospodarstwach rolnych. Wskaźniki te mogą być również wykorzystywane w celach edukacyjnych, związanych zwłaszcza z promowaniem upraw roślin motylkowatych. Przedstawiona w pracy metoda wyznaczania wskaźników wnoszenia azotu przez rośliny motylkowate, może być również inspiracją do rozwoju badań nad nimi w Polsce.

LITERATURA

- GORALSKI J. (red.) 1967. Nawozy organiczne. Warszawa. PWRiL ss. 372.
- HAYAT R., ALI S., SOHAIL IJAZ S., HUSSAIN CHATHA T., TARIQ SIDDIQUE M. 2008. Estimation of N_2 -fixation of mung bean and mash bean through xylem ureide technique under rainfed conditions. *Pakistan Journal of Botany*. Vol. 40(2) s. 723–734.
- HØGH-JENSEN H., SCHJØRRING J.K. 1997. Interactions between white clover and ryegrass under contrasting nitrogen availability: N_2 fixation, N fertiliser recovery, N transfer, and water use efficiency. *Plant and Soil*. Vol. 197 s. 187–199.
- HØGH-JENSEN H., LOGES R., JENSEN E.S., JØRGENSEN F.V., VINTHER F.P. 1998. Empirisk model til kvantificering af symbiotisk kvælstoffiksering i bælglplanter. W: *Kvælstofudvaskning og –balancer i konventionelle og økologiske produktionssystemer*. Pr. zbior. Red. E.S.Kristensen, J.E. Olesen. FØJO-rapport 2 s. 69–86.
- HØGH-JENSEN H., SCHJØRRING J.K. 2000. Below-ground nitrogen transfer between different grassland species: Direct quantification by ^{15}N leaf feeding compared with indirect dilution of soil ^{15}N . *Plant and Soil*. Vol. 227 s. 171–183.
- HØGH-JENSEN H., SCHJØRRING J. K. 2001. Rhizodeposition of nitrogen by red clover, white clover and ryegrass leys. *Soil Biology and Biochemistry* Vol. 33 s. 439–448.
- HØGH-JENSEN H., LOGES R., JØRGENSEN F.V., JENSEN E.S., VINTHER F.P. 2004. An empirical model for quantification of symbiotic nitrogen fixation in grass-clover mixtures. *Agricultural Systems*. Vol. 82 s. 181–194.

- Instytut Zootechniki – PIB (IZ–PIB) 2003–2006. Baza Analiz Chemicznych Pasz. Skład chemiczny pasz. Tabele. [online]. Kraków. [Dostęp 07.07.2011]. Dostępny w Internecie: http://pasze.izoo.krakow.pl/sklad_chemiczny/tabele_skladu_chemicznego.pdf
- KRISTENSEN I. S., PETERSEN B. M., KNUDSEN L., HØGH-JENSEN H. 2002. Indirekte beregning af N-fiksering. Danmarks JordbrugsForskning. Rapport. Markbrug.
- KRISTENSEN I.S 2002, Principles and methods for collecting and evaluating nutrient balances. [online]. Foulum. Danish Institute of Agricultural Science. [Dostęp 07.07.2011]. Dostępny w Internecie: <http://web.agrsci.dk/jbs/demolit/Principles%20and%20methods.pdf>
- Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi (MRiRW), Ministerstwo Środowiska (MŚ) 2004. Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej. Warszawa ss. 96.
- PATE J.S., UNKOVICH M.J. 1999. Measuring symbiotic nitrogen fixation: case studies of natural and agricultural ecosystems in a Western Australian setting. W: Physiological Plant Ecology. Pr. zbior. Red. M.C. Press, J.D. Scholes, G. Martin, M.G. Barker. Oxford, U.K. Blackwell Science Ltd. s. 153–173.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać programy działań mających na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych. Dz.U. 2003 nr 4 poz. 44.
- SCHMIDTKE K. 2008. How to optimise symbiotic nitrogen fixation in organic crop rotations. W: Materiały z konferencji „Organic Agriculture in Asia”. [online]. Dankook University. [Dostęp 07.07.2011]. Dostępny w Internecie: <http://orgprints.org/13272/01/13272.doc>
- UNKOVICH M.J., PATE J.S., ARMSTRONG E.L. AND SANFORD P. 1995. Nitrogen economy of annual crop and pasture legumes in southwest Australia. Soil Biology and Biochemistry. Vol. 27 iss. 4–5 s. 585–588.
- VINTHER F.P. 2001. Informacja ustna.

Stefan PIETRZAK

ESTIMATION OF NITROGEN FIXED SYMBIOTICALLY BY LEGUME PLANTS

Key words: Høgh-Jensen et al. 's method, indices, legume plants, symbiotic N fixation

S u m m a r y

The paper presents a possibility of estimating the amount of N fixed symbiotically by legume plants with indices determined acc. to the method of HØGH-JENSEN *et al.* [2004]. The indices of N input by various legume plants both in monoculture and mixed with grasses amounted from 31 to 86 kg N·t⁻¹ DM sward of small seeded legumes and from 35 to 38 kg N·t⁻¹ DM sward or from 36 to 54 kg N·t⁻¹ dry seeds for pod legumes. The indices of N input determined with this method may be used in nitrogen budgets in farms and for educational purposes.

Recenzenci:

prof. dr hab. Janusz Podleśny

prof. dr hab. Marianna Warda

Praca wpłynęła do Redakcji 09.03.2011 r.