

DYNAMIKA GROMADZENIA AZOTU Z RÓŻNYCH ŹRÓDEŁ PRZEZ GROCH SIEWNY (*PISUM SATIVUM* L.)

ANDRZEJ WYSOKIŃSKI, STANISŁAW KALEMBASA, BARBARA SYMANOWICZ

*Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach*

awysoki@uph.edu.pl

Synopsis. W doświadczeniu wazonowym określono zawartość oraz dynamikę pobierania azotu z gleby, nawozu mineralnego i powietrza w różnych fazach wzrostu i rozwoju grochu siewnego (*Pisum sativum* L.). W badaniach wykorzystano metodę izotopowego rozcieńczenia, w której rośliną kontrolną był jęczmień jary. W fazie początku i pełni kwitnienia grochu największy udział w plonie stanowiły łodygi, a najmniejszy korzenie. Po uzyskaniu pełnej dojrzałości największy udział w plonie stanowiły nasiona, a najmniejszy korzenie. W grochu zbieranym w fazie początku i pełni kwitnienia największą zawartość azotu stwierdzono w liściach, nieco mniejszą w korzeniach, a najmniejszą w łodygach. W fazie dojrzałości pełnej najwięcej azotu zawierały nasiona, najmniej łodygi i strączyny. W fazie początku i pełni kwitnienia grochu największą ilość azotu pobrały łodygi, nieco mniej liście, a najmniej korzenie. W fazie dojrzałości pełnej najwięcej azotu (tj. ok. $\frac{3}{4}$ całkowitej ilości) groch zgromadził w nasionach. W kolejnych fazach rozwojowych, w których następował zbiór grochu, zwiększała się ilość uzyskiwanej biomasy oraz ilość pobranego azotu przy zmniejszającej się zawartości tego makroelementu i wzbogaceniu w izotop ^{15}N . Udział azotu pochodzącego z biologicznej redukcji w fazie początku i pełni kwitnienia grochu wynosił odpowiednio 9,6 i 9,2%, natomiast w pełnej dojrzałości 15,0%. Azot pochodzący z nawozu w badanych fazach rozwojowych grochu stanowił odpowiednio 51,2; 45,8 i 42,4%, a z zapasów glebowych kolejno: 39,2; 45,0 i 42,6%.

Słowa kluczowe – *key words*: groch siewny – *pea*, azot – *nitrogen*, biologiczna redukcja azotu – *biological reduction of nitrogen*, izotop ^{15}N – *isotope ^{15}N*

WSTĘP

Właściwa gospodarka azotem w rolnictwie powinna zapobiegać niedoborom tego pierwiastka w roślinach, czego efektem może być mniejsza od możliwej do uzyskania ilość i jakość plonów, a także ograniczać ryzyko rozproszenia niewykorzystanego składnika w środowisku, w tym przemieszczania się do wód gruntowych [Kopiński 2005, Sosulski i Łabętowicz 2007]. Z tych względów należy stosować taką agrotechnikę, która umożliwi osiąganie celów ekonomicznych, bez ujemnego wpływu na środowisko. Stosowanie dużych dawek mineralnych nawozów azotowych przyczynia się do zakwaszenia gleb, co pogarsza ich strukturę i warunki powietrzno-wodne. Sprzyja to wymywaniu składników pokarmowych i zwiększeniu aktywności metali ciężkich [Mazur 1995]. Najlepszym systemem nawożenia w świetle przeprowadzonych badań jest stosowanie nawozów mineralnych łącznie z nawozami naturalnymi i organicznym oraz okresowe wapnowanie gleby [Mercik i in. 2000]. Elementem uzupełniającym stan urodzajności i zasobności gleb w składniki pokarmowe jest odpowiedni układ roślin w płodozmianie. Szczególnie wprowadzenie do zmianowania roślin bobowatych, żyjących w symbiozie z bakteriami *Rhizobium*, prowadzi do zwiększenia zasobności gleby w azot [Bringer 1984, Kumar i Goh 2000, Prusiński i Kotecki 2006]. Warunkiem efektywnego przebiegu procesu redukowa-

nia azotu jest zakażenie rośliny bobowatej przez właściwy szczep bakterii z rodzaju *Rhizobium* o wysokiej wydajności i odpowiednie warunki glebowo-klimatyczne w okresie wegetacji [Caranca i in. 1999].

Uprawa roślin bobowatych wiąże się z wieloma problemami natury ekonomicznej, agrotechnicznej i psychologicznej. Jednak postęp hodowlany, jaki dokonał się w ciągu ostatnich lat, między innymi w obrębie grochu siewnego, powinien skłonić producentów rolnych do zwiększenia arealu zajmowanego przez tę grupę roślin [Prusiński 2007, Prusiński i Kotecki 2006]. Docenić należy koniecznie dobroczynny wpływ roślin bobowatych na środowisko glebowe: bilans materii organicznej, aktywność biologiczną, zasobność gleby i w efekcie działanie następujące [Kozak i Kotecki 2006, Książak 2000]. Rośliny uprawiane w kolejnych latach korzystają z azotu zasymilowanego przez bakterie brodawkowe, pochodzącego głównie z rozkładu brodawek korzeniowych oraz korzeni i innych części wprowadzonych do gleby [Kalembasa i Kalembasa 1990, Ta i Faris 1997].

Celem przeprowadzonych badań było określenie udziału azotu pochodzącego z procesu biologicznej redukcji, nawozu i zapasów glebowych w poszczególnych organach grochu siewnego (*Pisum sativum* L.), w różnych fazach wzrostu i rozwoju tej rośliny.

MATERIAŁ I METODY

W wazonach o pojemności 10 dm³, napełnionych 13 kg gleby uprawiano groch siewny odmiany Piast w ilości 4 roślin w wazonie. Doświadczenie wegetacyjne przeprowadzono w 2005 roku w obiekcie szklarniowym w Siedlcach. W celu określenia ilości azotu cząsteczkowego pochodzącego z procesu biologicznej redukcji posłużono się metodą izotopowego rozcieńczenia, wymagającą zastosowania nawozów mineralnych wzbogaconych w izotop ¹⁵N oraz równoległej uprawy rośliny kontrolnej, nie wykazującej zdolności do życia w symbiozie z bakteriami *Rhizobium*. Rośliną kontrolną był jęczmień jary. W uprawie obydwu roślin zastosowano przedsięwzięcie nawożenia azotem w ilości 0,642 g N-wazon⁻¹ oraz fosfor i potas tak, aby stosunek N:P:K wynosił 1:0,6:1,2. Fosfor i potas zastosowano odpowiednio w postaci superfosfatu potrójnego i soli potasowej, natomiast azot został wprowadzony w formie siarczanu amonowego, wzbogaconego w izotop ¹⁵N 10,2 at%. Nasiona grochu przed wysiewem zostały zaprawione zaprawą antygrzybową Dithane M-45 80 WP oraz nitraginą zawierającą bakterie symbiotyczne *Rhizobium leguminosarum*.

W doświadczeniu wykorzystano glebę o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego, o wartości pH mierzonym w KCl o stężeniu 1 mol·dm⁻³ równym 6,6. Zawartość azotu i węgla ogółem tej glebie, wynoszącą odpowiednio 1,85 i 28,7 g·kg⁻¹, oznaczono na autoanaliźatorze CHN firmy Perkin Elmer.

Zbiór grochu i jęczmienia przeprowadzono w fazie początku i pełni kwitnienia grochu (termin I i II) oraz dojrzałości pełnej obydwu roślin (termin III). Zebrany materiał roślinny rozdzielono na korzenie, łodygi i liście (kwiaty dołączono do liści), a w fazie dojrzałości pełnej dodatkowo na nasiona oraz odpowiednio strączy i plewy.

W zebranych materiale roślinnym oznaczono zawartość wody, a uzyskane plony wyrażono w suchej masie. Ponadto oznaczono całkowitą zawartość azotu, wzbogacenie w izotop ¹⁵N oraz obliczono ilość azotu pobranego przez poszczególne części grochu z różnych źródeł według metodyki podanej przez Kalembasę [1995].

Uzyskane wyniki badań poddano analizie wariancji w układzie całkowicie losowym (test F – Fischera Snedecora), a wartości NIR_{0,05} do porównania średnich, wyliczono z wykorzystaniem testu Tukeya’.

WYNIKI I DYSKUSJA

W plonie biomasy grochu (tab. 1) zbieranego w fazie początku i pełni kwitnienia największy udział miały łodygi (odpowiednio 68,0 i 67,5%), a w fazie dojrzałości pełnej - nasiona (43,2%). Korzenie tej rośliny stanowiły kolejno 7,6 i 5,2% plonu całkowitego w I i II terminie zbioru oraz 1,2% w III terminie. Ilość zebranych liści w fazie początku i pełni kwitnienia grochu stanowiła odpowiednio 24,4 i 27,3% plonu całkowitego, natomiast po uzyskaniu pełnej dojrzałości 12,7%. Masa korzeni grochu zbieranego w fazie pełnej dojrzałości była prawie trzykrotnie mniejsza niż w trakcie kwitnienia. Ilość łodyg zebranych w II terminie była większa niż w terminie I i III. W przypadku liści nie uzyskano istotnych różnic ich masy w analizowanych terminach zbioru. Plon całkowity grochu zbieranego w fazie początku i pełni kwitnienia stanowił odpowiednio 43,0 i 63,6% plonu uzyskanego w pełnej dojrzałości grochu.

Tabela 1. Plon suchej masy grochu siewnego, g·wazon⁻¹

Table 1. The yield of field pea, g DM·pot⁻¹

Faza zbioru <i>Harvested stage</i>	Części rośliny – <i>Parts of plant</i>					Plon całkowity <i>Total yield</i>
	korzenie <i>roots</i>	łodygi <i>stems</i>	liście <i>leafs</i>	strączyzny <i>stripped pods</i>	nasiona <i>seeds</i>	
Początek kwitnienia <i>Beginning of flowering</i>	1,46	13,15	4,72	–	–	19,33
Pełnia kwitnienia <i>Full of flowering</i>	1,48	19,33	7,81	–	–	28,62
Pełna dojrzałość <i>Full maturity</i>	0,56	14,57	5,72	4,71	19,42	44,98
Średnie – <i>Averages</i>	1,17	15,68	6,08	–	–	30,98
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,44	5,45	r.n.	–	–	18,19

r.n. – różnice nieistotne – *non significant differences*

Wśród wegetatywnych części grochu zbieranego w fazie początku i pełni kwitnienia największą ilość azotu ogółem zawierały liście (tab. 2). Zawartość azotu w korzeniach i łodygach była odpowiednio o około 1/3 i 1/2 mniejsza niż w liściach. W fazie pełnej dojrzałości najwięcej azotu stwierdzono w nasionach. Mniejsze ilości azotu niż w nasionach oznaczono w korzeniach i liściach, a najmniejsze w strączynach i łodygach.

Zawartość azotu w liściach zwiększa się do momentu rozwinięcia wszystkich liści i już przed kwitnieniem roślin zaczyna się trwale obniżać [Greenwood i in. 1990]. W badaniach własnych w kolejnych fazach rozwojowych, w których następował zbiór grochu ilość azotu zawarta w korzeniach, łodygach i liściach uległa wyraźnemu zmniejszeniu. Zjawisko to należy łączyć z rozpadem brodawek korzeniowych postępującym po okresie kwitnienia oraz z przemieszczaniem się azotu z części wegetatywnych do generatywnych – strąków i nasion [Księżak 2002]. Zawartość azotu (liczona jako średnia dla całej rośliny) była największa w fazie początku kwitnienia grochu, nieco mniejsza w fazie pełni kwitnienia, a najmniejsza po uzyskaniu pełnej dojrzałości.

Wzbogacenie w izotop azotu ¹⁵N poszczególnych części jęczmienia jarego (rośliny pobierającej azot tylko z dwóch źródeł: z nawozu i zapasów glebowych) było większe, w porównaniu z odpowiednimi częściami grochu (korzystającego dodatkowo z azotu atmosferycznego) (tab. 3).

Tabela 2. Zawartość azotu w grochu siewnym, g N·kg⁻¹ s.m.Table 2. The content of nitrogen in field pea, g N·kg⁻¹ DM

Faza zbioru <i>Harvested stage</i>	Części rośliny – <i>Parts of plant</i>					Średnio w roślinie <i>Meanly in plant</i>
	korzenie <i>roots</i>	łodygi <i>stems</i>	liście <i>leafs</i>	strączyzny <i>stripped pods</i>	nasiona <i>seeds</i>	
Początek kwitnienia <i>Beginning of flowering</i>	30,9	26,1	49,2	–	–	31,8
Pełnia kwitnienia <i>Full of flowering</i>	26,7	19,1	36,8	–	–	24,3
Pełna dojrzałość <i>Full maturity</i>	23,9	6,6	12,8	7,2	29,8	17,7
Średnie – <i>Averages</i>	27,2	17,3	32,9	–	–	24,6
NIR _{0,05} – <i>LSD</i> _{0,05}	4,4	11,4	20,0	–	–	10,3

Tabela 3. Wzbogacenie grochu siewnego i jęczmienia jarego w izotop ¹⁵N (% ¹⁵N)Table 3. Abundance ¹⁵N isotope of nitrogen in field pea and spring barley (% ¹⁵N)

Uprawiana roślina <i>Cultivation plant</i>	Faza zbioru <i>Harvested stage</i>	Części roślin – <i>Parts of plants</i>				
		korzenie <i>roots</i>	łodygi <i>stems</i>	liście <i>leafs</i>	strączyzny/ plewy* <i>stripped pods/chaff</i>	nasiona/ ziarno* <i>seeds/grain</i>
Groch siewny <i>Field pea</i>	początek kwitnienia <i>beginning of flowering</i>	4,39	5,27	5,46	–	–
	pełnia kwitnienia <i>full of flowering</i>	3,90	4,98	4,49	–	–
	pełna dojrzałość <i>full maturity</i>	3,00	4,01	4,61	3,76	4,46
Średnie – <i>Averages</i>		3,76	4,75	4,85	–	–
Jęczmień jary <i>Spring barley</i>	początek kwitnienia grochu – <i>beginning of pea flowering</i>	5,17	5,58	6,40	–	–
	pełnia kwitnienia grochu <i>full of pea flowering</i>	4,73	5,29	5,13	–	–
	pełna dojrzałość <i>full maturity of barley</i>	4,29	4,93	4,93	4,97	5,22
Średnie – <i>Averages</i>		4,73	5,27	5,49	–	–

* – w zależności od uprawianych roślin: dla grochu opisane kolumny dotyczą odpowiednio strączyzn i nasion, a dla jęczmienia – plew i ziarna – *in dependence from cultivation plants: for pea the tower concerns the stripped pods and seeds respectively, but for barley concerns the chaff and grain respectively*

Ilość izotopu ^{15}N oznaczona w korzeniach i łodygach grochu zbieranego w fazie pełnej dojrzałości była mniejsza niż w fazie początku i pełni kwitnienia, co wskazuje na zmniejszenie ilości pobieranego azotu z nawozu oraz zwiększenie jego dostępności z innych źródeł.

W fazie początku i pełni kwitnienia najwięcej azotu ogółem groch zgromadził w łodygach (średnio 54,4% całkowitej ilości), a następnie w liściach (średnio 39,2%) (tab. 4), co potwierdza tezę o gromadzeniu przez rośliny bobowate przeważającej ilości makroskładników w biomacie nadziemnej [Wilczewski 2007]. W III terminie zbioru 72,7% całkowitej ilości azotu pobranej przez groch znajdowało się w nasionach. Pozostała część, tj. 27,3% całkowitej ilości azotu pobranej przez groch, znajdowała się w organach, które najczęściej stanowią resztki poźniwne i pozostają w glebie. Ilość resztek poźniwnych grochu uprawianego w czystym siewie może wahać się od ok. 4 do prawie 6 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ [Buraczyńska i Ceglarek 2011, Kozak i Kotecki 2006]. Według tych autorów przy średniej zawartości azotu w resztkach poźniwnych i słomie na poziomie wynoszącym odpowiednio ok. 19 i 13 $\text{g N}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. wnosi się do gleby ok. 70 kg azotu na powierzchnię 1 ha.

Udział azotu pochodzącego z biologicznej redukcji N_2 w całkowitej ilości tego pierwiastka pobranej przez korzenie, łodygi i liście grochu zbierane w fazie początku kwitnienia stanowił odpowiednio 15,3; 5,6 i 14,7% (ogółem w całej roślinie 9,6%), natomiast w pełni kwitnienia kolejno 17,5; 5,8 i 12,5% (ogółem w całej roślinie 9,2%). W fazie pełnej dojrzałości grochu udział azotu pochodzącego z biologicznej redukcji w całkowitej ilości tego pierwiastka zakumulowanej w korzeniach, łodygach, liściach, strączynach i nasionach wynosił odpowiednio: 30,1; 18,6; 6,6; 24,2 i 14,6% (ogółem w całej roślinie 15,0%). W całkowitej ilości azotu pochodzącego ze wszystkich źródeł ilość tego pierwiastka pobranego przez groch z nawozu stanowiła 51,2% w I terminie zbioru, 45,8% w II terminie oraz 42,4% w III terminie. Udział azotu pochodzącego z zapasów glebowych wynosił 39,2% w fazie początku kwitnienia, 45,0% w fazie pełni kwitnienia i 42,6% po uzyskaniu pełnej dojrzałości. Stosunkowo niewielki udział azotu pochodzącego z biologicznej redukcji N_2 w całkowitej ilości pobranej przez groch może być efektem przedsięwzięcia nawożenia tym składnikiem. W literaturze opisano zmniejszenie intensywności wiązania azotu atmosferycznego przez groch w warunkach rosnącego nawożenia tym makroelementem [Księżak 2006] oraz zmniejszającej się wilgotności gleby i dostępności molibdenu [Carranca i in. 1999]. W sprzyjających warunkach glebowych groch może pobrać ponad 60% azotu z atmosfery, co odpowiada ilości ponad 100 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Niedobór wody w glebie nawet kilkakrotnie ogranicza procentowy udział oraz ilość azotu biologicznie zredukowanego przez groch. Jeżeli dodatkowo występuje niedobór molibdenu ilość azotu pobrana z atmosfery może wynosić zaledwie kilka $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ [Carranca i in. 1999]. Według Armstronga i in. [1994] ponad 100 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ związanego przez groch w procesie biologicznej redukcji można uzyskać jedynie w warunkach chłodnego klimatu oraz przy wydłużonym okresie wegetacji. Kumar i Goh [2000] w warunkach klimatycznych Nowej Zelandii uzyskali pobranie azotu z atmosfery przez groch w ilości 286 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, przy 69% jego udziale w pobraniu całkowitym. Warunki badań własnych, prowadzonych w szklarni oraz azot mineralny wprowadzony do gleby przedsięwzięcia, mogły ograniczyć intensywność procesu redukcji N atmosferycznego, czego efektem był zaledwie kilkunastoprocentowy udział azotu z atmosfery w całkowitej ilości wyniesionej z plonem. Nieco odmienne stanowisko prezentują Beck i in. [1991], według których od wilgotności gleby uzależniona jest jedynie wielkość plonu i ilość pobranego azotu (w tym z atmosfery), natomiast czynnik ten nie wpływa na procentowy udział azotu związanego w procesie biologicznej redukcji.

Tabela 4. Ilość azotu pobranego przez groch siewny, mg N·wazon⁻¹
 Table 4. The quantity of nitrogen taken up through field pea, mg N·pot⁻¹

Faza zbioru Harvested stage	Źródła azotu Sources of nitrogen	Części rośliny – Parts of plant												Suma Sum	
		korzenie roots		lodygi stems		liście leaves		strączyzny stripped pods		nasiona seeds		mg	%	mg	%
		mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
Początek kwitnienia Beginning of flowering	atmosfera – atmosphere	6,9	15,3	19,1	5,6	33,3	14,7							59,3	9,6
	nawóz – fertilizer	19,2	42,6	175,7	51,1	120,3	53,0							315,2	51,2
	gleba – soil	19,0	42,1	148,8	43,3	73,4	32,3							241,2	39,2
	suma – sum	45,1	100,0	343,6	100,0	227,0	100,0							615,2	100,0
Pełnia kwitnienia Full of flowering	atmosfera – atmosphere	6,9	17,5	21,5	5,8	35,9	12,5							64,3	9,2
	nawóz – fertilizer	15,0	38,0	178,9	48,4	125,0	43,5							318,9	45,8
	gleba – soil	17,6	44,5	169,4	45,8	126,2	44,0							313,2	45,0
	suma – sum	39,5	100,0	369,8	100,0	287,1	100,0							696,4	100,0
Pełna dojrzałość Full maturity	atmosfera – atmosphere	4,0	30,1	18,0	18,6	4,8	6,6	8,2	24,2	84,4	14,6			119,4	15,0
	nawóz – fertilizer	3,9	29,3	37,6	39,0	32,8	44,8	12,4	36,6	250,1	43,3			336,8	42,4
	gleba – soil	5,4	40,6	40,9	42,4	35,6	48,6	13,3	39,2	243,5	42,1			338,8	42,6
	suma – sum	13,3	100,0	96,5	100,0	73,2	100,0	33,9	100,0	578,0	100,0			795,0	100,0
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} *		11,4	103,8	88,4									146,2		

* – dla całkowitej ilości N pobranej przez groch w różnych fazach rozwojowych – for total nitrogen taken by pea in their different growth stages

WNIOSKI

1. W kolejnych fazach rozwojowych, w których następował zbiór grochu zwiększała się ilość uzyskiwanej biomasy oraz ilość pobranego azotu przy zmniejszającej się zawartości tego makroelementu i wzbogaceniu w izotop ^{15}N .
2. Udział azotu pochodzącego z powietrza w wyniku biologicznej redukcji, w całkowitej ilości tego makroelementu pobranego przez groch, był większy w fazie pełnej dojrzałości (15,0%) niż w fazie początku (9,6%) i pełni kwitnienia (9,2%).
3. Udział azotu pochodzącego z zastosowanego nawozu i zasobów glebowych w całkowitej ilości tego makroelementu pobranego przez groch był zbliżony i zawierał się najczęściej w przedziale od 40 do 50%.

PIŚMIENNICTWO

- Armstrong E.L., Pate J.S., Unkovich M.J. 1994. Nitrogen balance of field pea crops in South Western Australia, studied using the ^{15}N natural abundance technique. *Aust. J. Plant Physiol.* 21: 533-549.
- Beck D.P., Wery J., Saxena M.C., Ayadi A. 1991. Dinitrogen fixation and nitrogen balance in cool-season food legumes. *Agron. J.* 83: 334-341.
- Bringer J.E. 1984. The significance of symbiotic nitrogen fixation in plant production. *CRC Crit. Rev. Plant Sci.* 1: 269-286.
- Buraczyńska D., Ceglarek F. 2011. Previous crop value of post-harvest residues and straw of spring wheat, field pea and their mixtures for winter triticale. Part I. Weight and chemical composition of post-harvest residues and straw. *Acta Sci. Pol., Agricultura.* 10(2): 3-18.
- Carranca C., Varennes A., Rolston D. 1999. Biological nitrogen fixation by fababeans, pea and chickpea, under field conditions, estimated by the ^{15}N isotope dilution technique. *Europ. J. Agron.* 10: 49-56.
- Greenwood D., Lemaire G., Gosse G., Cruz P., Draycott A. and Neeteson J.J. 1990. Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. *Ann Bot.* 66: 425-436.
- Kalembasa S. 1995. Zastosowanie izotopów ^{15}N i ^{13}N w badaniach gleboznawczych i chemiczno-rolniczych. WNT Warszawa: ss. 252.
- Kalembasa S., Kalembasa D. 1990. Wpływ warunków glebowych i dawek azotu na plon nasion bobiku i jego następcze działanie w plonowaniu jęczmienia jarego. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* 196, Rol. 53: 115-126.
- Kopiński J. 2005. Regionalne zróżnicowanie bilansu azotu, fosforu i potasu w rolnictwie polskim w latach 1999-2003. *Naw. Nawoż./Fert. Fertil.* 2: 84-93.
- Kozak M., Kotecki A. 2006. Następczy wpływ odmian grochu siewnego na rozwój i plonowanie pszenicy ozimej. Część II. Masa i skład mineralny resztek pozbiorowych grochu siewnego. *Zesz. Nauk. UP Wrocław* 546, Rol. 89: 149-158.
- Księżak J. 2000. Rola roślin strączkowych w systemie rolnictwa zrównoważonego. *Pam. Puł.* 120: 239-244.
- Księżak J. 2002. Dynamika gromadzenia składników pokarmowych w organach roślin tradycyjnych i samokończących odmian bobiku w okresie od kwitnienia do dojrzałości pełnej. *Wyd. IUNG Puławy, Monogr. Rozpr. Nauk.* 5: 59-95.
- Księżak J. 2006. Ocena plonowania mieszanki grochu z pszenicą jarą w zależności od poziomu nawożenia. *Fragm. Agron.* 23(3): 80-93.
- Kumar K., Goh K.M. 2000. Biological nitrogen fixation, accumulation of soil nitrogen and nitrogen balance for white clover (*Trifolium repens* L.) and field pea (*Pisum sativum* L.) grown for seed. *Field Crop Res.* 68: 49-59.
- Mazur T. 1995. Rozważania o degradacji gleb w wyniku nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 418: 25-36.

- Mercik S., Stępień W., Łabętowicz J. 2000. Żyzność gleb w trzech systemach nawożenia: mineralnym, organicznym i organiczno-mineralnym – w doświadczeniach wieloletnich. Cz. II. Właściwości chemiczne gleb. Fol. Univ. Agric. Stetin. 211, Agricultura 84: 317–322.
- Prusiński J. 2007. Znaczenie odmian roślin strączkowych rejestrowanych przez COBORU w okresie gospodarki rynkowej. Acta Sci. Pol., Agricultura 6(2): 3-16.
- Prusiński J., Kotecki A. 2006. Współczesne problemy produkcji roślin motylkowatych. Fragm. Agron. 23(3): 94-126.
- Sosulski T., Łabętowicz J. 2007. Oszacowanie rozpraszania azotu z rolnictwa polskiego do atmosfery oraz wód powierzchniowych i gruntowych. Post. Nauk Rol. 5: 3-19.
- Ta T.C., Faris M.A. 1987. Species variation in the fixation and transfer of nitrogen from legumes to associated grasses. Plant Soil 98: 265-274.
- Wilczewski E. 2007. Wartość wybranych roślin motylkowatych uprawianych w międzyplonie ścierniskowym na glebie lekkiej. Cz. II. Skład chemiczny i akumulacja makroskładników. Acta Sci. Pol., Agricultura 6(1): 35-44.

A. WYSOKIŃSKI, S. KALEMBASA, B. SYMANOWICZ

DYNAMIC OF NITROGEN ACCUMULATION BY PEA (*PISUM SATIVUM* L.) FROM DIFFERENT SOURCES

Summary

The content and dynamics of nitrogen taking from air, fertilizer and soil by field pea (*Pisum sativum* L.) in different phases of their growth were determined in pot experiment by the isotope dilution technique, using barley as the control crop. This experiment was carried out in 2005 year in Siedlce greenhouse. In beginning and complete of the pea's blooming phase the highest part in yield had the stems but lowest the roots. After obtained full maturity the highest part of pea were the seeds but lowest the roots. In pea harvested in beginning and complete blooming phase the highest of nitrogen content obtained in leafs, slightly lower in roots, but lowest in stems. In full maturity phase the higher of nitrogen content had the seeds, but the lowest stems and stripped pods. The abundance of ^{15}N isotope in particularly parts of pea was lower in comparison with relatively parts of spring barley. In beginning and complete of the pea's blooming phase the highest amount of nitrogen taken up the stems, slightly lower leafs, but lowest the roots. In full maturity phase the higher of nitrogen amount ($\frac{3}{4}$ of total amount) the pea accumulated in seeds. In successive phases, in which harvested pea, increased the quantity of biomass as well as the amount of nitrogen uptake, but decreased the nitrogen content in plants and abundance of ^{15}N isotope. The proportional part of biologically fixation nitrogen in beginning and complete blooming and in full maturity phase carried respectively 9.6, 9.2% and 15.0% of total amount taken up by pea. The part of nitrogen taken up by pea from fertilizer in studied growth phase carried respectively 51.2, 45.8 and 42.4%, but nitrogen from soil respectively 39.2, 45.0 and 42.6%.