

Źródła azotu dla jęczmienia jarego uprawianego po grochu siewnym

Andrzej Wysokiński, Stanisław Kalembasa, Beata Kuziemska, Izabela Łozak, Łukasz Mucus

Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce, Polska

Abstrakt. W pracy przedstawiono ilość azotu pobranego z różnych źródeł przez jęczmień jary, uprawiany w stanowisku po grochu siewnym. W uprawie grochu zastosowano przedsiewne nawożenie azotem wzbogaconym w izotop ^{15}N , dzięki czemu była możliwość precyzyjnego określenia źródeł azotu dla grochu oraz dla rośliny następczej. Przedplon był zbierany w fazach początku i pełni kwitnienia oraz pełnej dojrzałości. W każdym terminie całą biomasa grochu, z wyjątkiem nasion, wprowadzono do gleby, na której uprawiano tę roślinę. Jęczmień zbierano po uzyskaniu pełnej dojrzałości. Całkowita ilość uzyskanej biomasy jęczmienia jarego oraz plon ziarna były największe, gdy uprawiano go po grochu zbieranym w fazie pełni kwitnienia, nieco mniejsze w fazie początku kwitnienia, natomiast najmniejsze po zbiorze przedplonu w fazie pełnej dojrzałości. Głównymi źródłami azotu dla jęczmienia jarego uprawianego po grochu zebranych w fazie początku i pełni kwitnienia była biomasa przedplonu oraz azot mineralny zastosowany w jego uprawie. Testowane zboże uprawiane po grochu zebranych w fazie pełnej dojrzałości pobrało zbliżone ilości azotu z biomasy przedplonu, nawozu mineralnego zastosowanego w jego uprawie oraz z zapasów glebowych. Azot pobrany przez jęczmień z wprowadzonej do gleby biomasy grochu i pochodzący z procesu biologicznej redukcji N_2 stanowił średnio 4,1% całkowitej ilości N pobranego ze wszystkich źródeł. Wykorzystanie azotu związanego w procesie biologicznej redukcji i wprowadzonego do gleby z biomasa grochu zebranego w fazie początku i pełni kwitnienia oraz po uzyskaniu pełnej dojrzałości przez jęczmień wynosiło kolejno: 31,2; 26,1 i 64,4%.

słowa kluczowe: jęczmień jary, groch siewny, azot, izotop ^{15}N , wiązanie azotu

WSTĘP

Uprawa zbóż w monokulturze lub po przedplonach kłosowych, takich jak pszenica i jęczmień, jest zjawiskiem niekorzystnym, ponieważ prowadzi do wzrostu

zachwaszczenia plantacji, nasilenia chorób płodozmianowych, ujemnego bilansu materii organicznej i jednostronnego wyczerpywania składników pokarmowych z gleby. W konsekwencji dochodzi do obniżenia plonowania roślin uprawnych, większego zużycia środków ochrony i nawozów mineralnych (Gawęda, 2009; Gawęda, Kwiatkowski, 2013). Do roślin wrażliwych na uprawę w monokulturze należy jęczmień jary. Jego uprawa po sobie prowadzi do pogorszenia się wszystkich elementów struktury ładu, rośliny i kłosa oraz zwiększenia zachwaszczenia w porównaniu ze zmianowaniem (Jasińska, Kotecki, 1997; Kumar, Goh, 2000; Prusiński, Kotecki, 2006; Wysokiński i in., 2013). Korzystnym przedplonem dla tego gatunku są rośliny bobowate. Plantacja grochu pozostawia po sobie resztki pozostawiające 50–80 kg N, a także około 20 kg P_2O_5 oraz 25–60 kg K_2O na 1 ha i istotnie zwiększa plonowanie roślin następczych bez dodatkowych nakładów. Krótka okres wegetacji sprawia, że groch jest dobrym przedplonem dla gatunków ozimych – rzepak, jęczmień, pszenica (Boros, 2016). Umożliwia również ograniczenie stosowania nawozów mineralnych nawet o 20–25% (Florek i in., 2012). Badania Kurowskiego i in. (2005) potwierdzają, że groch jako przedplon ogranicza występowanie chorób w jęczmieniu. Wpływ przedplonu grochu oraz mieszanki grochu z pszenicą jarą na zwiększenie plonu i zawartości azotu w ziarnie pszenżyta ozimego udowodnili w swoich doświadczeniach Buraczyńska i Ceglarek (2011). Dla następczych gatunków jarych lepszym rozwiązaniem byłaby uprawa grochu nie w plonie głównym, lecz jako międzyplon ścierniskowy. Azot wiązany w procesie biologicznej redukcji i wprowadzany do gleby z biomasa roślinną staje się dostępny dla roślin w postaci NH_4^+ dzięki procesowi mineralizacji (Porporato i in., 2003; Robertson, Groffman, 2007). Wystąpienie dużej przerwy pomiędzy uprawą grochu i rośliny następczej może prowadzić do strat mineralnych form azotu uwalnianych w procesie mineralizacji, a tym samym zmniejszenia roli przedplonu jako źródła tego makroelementu dla rośliny następczej.

Autor do kontaktu:

Andrzej Wysokiński
e-mail: awysoki@uph.edu.pl
tel. +48 25 6431386

Celem przeprowadzonych badań było określenie ilości azotu pobranego przez jęczmień jary z wprowadzonej do gleby biomasy grochu uprawianego jako przedplon, w tym N_2 związanego przez bakterie symbiotyczne w procesie biologicznej redukcji, z zapasów glebowych oraz z nawozu mineralnego zastosowanego pod groch.

MATERIAŁY I METODY

Doświadczenie wazonowe przeprowadzono w obiekcie szklarniowym należącym do UPH w Siedlcach. W wazonach o pojemności 10 dm³, napełnionych 13 kg gleby, uprawiano jęczmień jary odmiany Bryl – 20 roślin w wazonie, dla którego przedplonem był groch siewny odmiany Piast – 4 rośliny w wazonie. W uprawie grochu 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. Azot został wprowadzony w postaci siarczanu amonowego wzbogaconego w izotop ¹⁵N (10,3%), dzięki czemu była możliwość precyzyjnego określenia źródeł azotu dla grochu oraz dla rośliny następczej. Zbiór grochu przeprowadzono w fazie początku i pełni kwitnienia oraz pełnej dojrzałości (kolejno termin I, II i III). Szczegółowy opis metodyki uprawy tej rośliny podano w pracy Wysokińskiego i in. (2013). W każdym terminie, po pobraniu reprezentatywnych próbek korzeni i części nadziemnych grochu całą biomasę, z wyjątkiem nasion, wprowadzono do gleby, na której uprawiano tę roślinę. W biomasie grochu oznaczono ilości azotu pobranego z różnych źródeł – w tym z procesu biologicznej redukcji N_2 przez bakterie *Rhizobium*. Jęczmień jary uprawiano bez dodatkowego nawożenia azotem, zastosowano jedynie fosfor (P) i potas (K) odpowiednio w ilości 0,44 i 1 g·wazon⁻¹. Doświadczenie prowadzono w 3 powtórzeniach. Wilgotność gleby w trakcie wegetacji jęczmienia utrzymywano na poziomie 50–60% mpw (maksymalnej pojemności wodnej).

Zbiór nadziemnych części jęczmienia we wszystkich badanych obiektach przeprowadzono w fazie dojrzałości pełnej. Zebrany materiał rozdzielono na ziarno, plewy i słomę. W wydzielonych częściach jęczmienia oznaczono plon suchej masy, całkowitą zawartość azotu i wzbogacenie w izotop azotu ¹⁵N. Na podstawie uzyskanych wyników badań obliczono ilość azotu pobranego przez jęczmień z różnych źródeł oraz współczynnik wykorzystania azotu pochodzącego z biologicznej redukcji przez bakterie *Rhizobium* żyjące w symbiozie z grochem, według formuł podanych przez Wysokińskiego i in. (2014).

Wyniki badań poddano analizie wariancji, a o istotności badanych czynników wnioskowano na podstawie testu F – Fischera Snedecora. Wartości NIR_{0,05} do szczegółowego porównania średnich wyliczono z wykorzystaniem testu Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Plony poszczególnych części jęczmienia jarego były uzależnione od fazy rozwojowej, w której zebrano groch siewny (tab. 1). Masa zebranej słomy, plon ziarna, a także całkowita ilość uzyskanej biomasy jęczmienia były największe, gdy uprawiano go po grochu zebranych w fazie pełni kwitnienia, a najmniejsze po zbiorze przedplonu w fazie pełnej dojrzałości. Masa całkowita oraz poszczególnych organów jęczmienia uprawianego po grochu zebranych w fazie początku kwitnienia nie różniła się istotnie w porównaniu do jego uprawy po przedplonie zebranych w fazie pełni kwitnienia i pełnej dojrzałości. Sumy plonów poszczególnych części rośliny następczej uprawianej po przedplonie zebranych w fazie początku kwitnienia i pełnej dojrzałości stanowiły odpowiednio 90% oraz 79% plonu uzyskanego w fazie pełni kwitnienia. Plon ziarna jęczmienia uprawianego po grochu wprowadzonym do gleby w I terminie był mniejszy o 8,6% oraz o 17,7%, gdy groch zbierano w III terminie, w stosunku do plonu po grochu zbieranym w II terminie. Lepsze stanowisko do uprawy zboża po roślinie bobowatej zbieranej w fazie pełni kwitnienia niż po uzyskaniu pełnej dojrzałości uzyskali również Wysokiński i in. (2014). W badaniach tych autorów plon ziarna pszenżyta jarego uprawianego po łubinie żółtym zbieranym w fazie pełni kwitnienia był o 10,3% większy, w porównaniu do plonu uzyskanego po tym przedplonie zbieranym po uzyskaniu pełnej dojrzałości.

Tabela 1. Plon suchej masy jęczmienia jarego [g·wazon⁻¹]
Table 1. The yield of barley [DM g pot⁻¹].

Faza zbioru przedplonu Harvested stage of preceding crop	Części jęczmienia Parts of barley			Suma Sum
	słoma straw	plewy chaff	ziarno grain	
Początek kwitnienia Beginning of flowering	29,2	4,3	22,2	55,7
Pełnia kwitnienia Full of flowering	32,7	4,9	24,3	61,9
Pełna dojrzałość Full maturity	24,7	4,3	20,0	49,0
Średnie; Averages	28,8	4,5	22,2	55,5
NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	6,3	n.i.	3,6	10,3

n.i. – różnice nieistotne; differences not significant

Zawartość azotu we wszystkich badanych częściach jęczmienia oraz średnio w całej zebranej biomasie nie była istotnie uzależniona od fazy rozwojowej, w której zebrano przedplon (tab. 2).

Zawartość izotopu ¹⁵N w jęczmieniu zmniejszała się wraz z opóźnieniem zbioru grochu (tab. 3). Największą średnią wartość wzbogacenia w ten izotop stwierdzono

Tabela 2. Zawartość azotu w jęczmieniu jarym [N g·kg⁻¹ s.m.]
Table 2. The content of nitrogen in barley [N g kg⁻¹ DM].

Faza zbioru przedplonu Harvested stage of preceding crop	Części jęczmienia Parts of barley			Średnio w jęczmieniu Mean in barley
	słoma straw	plewy chaff	ziarno grain	
Początek kwitnienia Beginning of flowering	4,50	5,78	14,40	8,54
Pełnia kwitnienia Full of flowering	4,17	4,51	14,28	8,17
Pełna dojrzałość Full maturity	4,51	5,29	14,59	8,69
Średnie; Averages	4,39	5,19	14,42	8,47
NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.

n.i. – różnice nieistotne; differences not significant

Tabela 3. Wzbogacenie jęczmienia jarego w izotop ¹⁵N [% ¹⁵N]
Table 3. Excess of ¹⁵N isotope of nitrogen in barley [% ¹⁵N].

Faza zbioru przedplonu Harvested stage of preceding crop	Części jęczmienia Parts of barley			Średnio w jęczmieniu Mean in barley
	słoma straw	plewy chaff	ziarno grain	
Początek kwitnienia Beginning of flowering	1,957	2,056	2,210	2,132
Pełnia kwitnienia Full of flowering	1,659	1,654	1,721	1,701
Pełna dojrzałość Full maturity	1,449	1,421	1,454	1,451
Średnie; Averages	1,688	1,710	1,795	1,761
NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	0,199	0,215	0,217	0,208

w jęczmieniu uprawianym po grochu zebranych w fazie początku kwitnienia, mniejszą w fazie pełni kwitnienia, a najmniejszą po uzyskaniu pełnej dojrzałości. Uzyskana zależność może wskazywać na zmniejszającą się rolę zastosowanego nawozu w uprawie przedplonu jako źródła azotu dla jęczmienia.

Głównymi źródłami azotu dla jęczmienia była biomasa grochu oraz nawóz mineralny zastosowany w uprawie tego przedplonu (tab. 4). W całkowitej ilości tego makroelementu zakumulowanego w biomase jęczmienia azot pobrany z tych źródeł stanowił odpowiednio 37,3 i 36,0%. W porównaniu z opisanymi źródłami mniej azotu jęczmień pobrał z zasobów glebowych, a najmniej z procesu biologicznej redukcji, a procentowy udział N pochodzącego z tych źródeł w pobraniu całkowitym stanowił odpowiednio 26,7 i 4,1%. Rozpatrując szczegółowo ilości azotu pobranego przez jęczmień uprawiany po przedplonie zebranych w różnych fazach rozwojowych stwierdzono, że największej tego makroelementu z biomasy przedplonu wprowadzonej do gleby i z nawozu mineralnego zastosowanego w jego uprawie, a najmniej z zasobów glebowych roślina

następca pobrała, gdy uprawiano ją po grochu zebranych w fazie początku i pełni kwitnienia. Po zbiorze przedplonu w fazie pełnej dojrzałości jęczmień pobrał zbliżone ilości azotu z biomasy grochu, z zasobów glebowych i z nawozu mineralnego zastosowanego pod przedplon. Procentowy udział azotu pobranego z tych źródeł w całkowitej ilości azotu zgromadzonego w biomase jęczmienia uprawianego na tym obiekcie stanowił kolejno: 35,2, 33,6 i 31,2%. Azot pobrany przez jęczmień z biomasy grochu i pochodzący z procesu biologicznej redukcji stanowił od 3,4% do 5,4% (średnio 4,1%) całkowitej ilości tego pierwiastka zgromadzonego w zbożu. Przyczyną niewielkiego udziału azotu pochodzącego z biologicznej redukcji w jęczmieniu mogła być niewielka ilość tego pierwiastka wprowadzona do gleby z biomasą przedplonu (Wysokiński i in., 2013). Według tych autorów udział azotu pochodzącego z biologicznej redukcji w pobraniu całkowitym przez groch zbierany w fazie początku kwitnienia wynosił tylko 9,6%; w fazie pełni kwitnienia 9,2% oraz po uzyskaniu pełnej dojrzałości 15%. Mała intensywność wiązania azotu atmosferycznego mogła wynikać z obecności podwyższonych ilości tego pierwiastka w glebie w formie amonowej, wprowadzonej w postaci nawozu i hamującej aktywność nitrogenazy (Borowiecki, Książak, 2000; Książak, 2006). Ważnym czynnikiem przy wiązaniu azotu atmosferycznego są warunki pogodowe. Według danych literaturowych optymalną temperaturą dla wysokiej aktywności nitrogenazy jest zakres 20–30°C (Sawicka, 1997). Można podejrzewać, że zbyt wysoka temperatura podczas uprawy grochu w szklarni mogła być inhibitorem rozwoju brodawek i wiązania azotu.

Zależność między ilością azotu z poszczególnych źródeł zgromadzonego w wydzielonych częściach jęczmienia (słomie, plewach i w ziarnie) była podobna jak w przypadku sumarycznego pobrania N przez te organy.

Ilość azotu pobranego przez jęczmień z biomasy przedplonu i z nawozu mineralnego zastosowanego w jego uprawie była większa, gdy zboże to uprawiane było po grochu zebranych w fazie początku i pełni kwitnienia niż po uzyskaniu pełnej dojrzałości (tab. 4). Odmienne zależności stwierdzono dla ilości azotu pobranego z zasobów glebowych i pochodzącego z biologicznej redukcji. Z pierwszego z tych źródeł więcej azotu pobrał jęczmień uprawiany po grochu zebranych w fazie pełnej dojrzałości i pełni kwitnienia niż na początku kwitnienia. Więcej azotu pochodzącego z biologicznej redukcji pobrała roślina testowa uprawiana po przedplonie zebranych w III terminie niż w terminie I i II.

Całkowita ilość azotu pobranego przez jęczmień była największa, gdy uprawiono go po grochu zebranych w fazie pełni kwitnienia, natomiast najmniejsza po zbiorze przedplonu po uzyskaniu pełnej dojrzałości. Ilość azotu zgromadzonego w jęczmieniu uprawianym po przedplonie zebranych w I terminie nie różniła się istotnie w porównaniu do jego zbioru w terminie II i III. Podobną zależność

Tabela 4. Ilość azotu pobranego przez jęczmień jary z różnych źródeł [mg N·wazon⁻¹]
Table 4. The quantity of nitrogen taken up by barley from different sources [N mg pot⁻¹].

Faza zbioru przedplonu Harvested stage of preceding crop	Źródła azotu Sources of nitrogen	Części jęczmienia; Parts of barley						Suma Sum	
		słoma straw		plewy chaff		ziarno grain		mg	%
		mg	%	mg	% [#]	mg	% [#]		
Początek kwitnienia Beginning of flowering	1	0,049	25,4 [#]	0,010	5,2 [#]	0,134	69,4 [#]	0,193	40,6 ^{##}
	1a	0,004	22,2 [#]	0,001	5,6 [#]	0,013	72,2 [#]	0,018	3,8 ^{##}
	2	0,054	28,4 [#]	0,010	5,3 [#]	0,126	66,3 [#]	0,190	39,9 ^{##}
	3	0,028	30,1 [#]	0,005	5,4 [#]	0,060	64,5 [#]	0,093	19,5 ^{##}
	suma; sum	0,131	27,5^{##}	0,025	5,3^{##}	0,320	67,2^{##}	0,476	100
Pełnia kwitnienia Full of flowering	1	0,048	26,4 [#]	0,008	4,4 [#]	0,126	69,2 [#]	0,182	36,0 ^{##}
	1a	0,004	23,5 [#]	0,001	5,9 [#]	0,012	70,6 [#]	0,017	3,4 ^{##}
	2	0,050	27,2 [#]	0,008	4,3 [#]	0,126	68,5 [#]	0,184	36,5 ^{##}
	3	0,038	27,3 [#]	0,006	4,3 [#]	0,095	68,4 [#]	0,139	27,5 ^{##}
	suma; sum	0,136	26,9^{##}	0,022	4,4^{##}	0,347	68,7^{##}	0,505	100
Pełna dojrzałość Full maturity	1	0,039	26,0 [#]	0,008	5,3 [#]	0,103	68,7 [#]	0,150	35,2 ^{##}
	1a	0,006	26,1 [#]	0,001	4,3 [#]	0,016	69,6 [#]	0,023	5,4 ^{##}
	2	0,035	26,3 [#]	0,007	5,3 [#]	0,091	68,4 [#]	0,133	31,2 ^{##}
	3	0,037	25,9 [#]	0,008	5,6 [#]	0,098	68,5 [#]	0,143	33,6 ^{##}
	suma; sum	0,111	26,1^{##}	0,023	5,4^{##}	0,292	68,5^{##}	0,426	100
Średnio; Mean	1	0,045	25,7 [#]	0,009	5,1 [#]	0,121	69,1 [#]	0,175	37,3 ^{##}
	1a	0,005	26,3 [#]	0,001	5,3 [#]	0,014	73,7 [#]	0,019	4,1 ^{##}
	2	0,046	27,2 [#]	0,008	4,7 [#]	0,114	67,5 [#]	0,169	36,0 ^{##}
	3	0,034	27,2 [#]	0,009	7,2 [#]	0,084	67,2 [#]	0,125	26,7 ^{##}
	NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	0,007		0,002		0,018		0,028	
NIR _{0,05} dla: LSD _{0,05} for:									
źródła N w zależności od fazy zbioru przedplonu; N sources depending on the harvesting phase of preceding crop	1 1a 2 3	n.i. 0,001 0,013 n.i.		n.i. n.i. 0,002 0,002		0,023 0,003 0,025 0,029		0,030 0,005 0,039 0,040	
całkowitej ilości N pobranej przez jęczmień; total nitrogen uptake by barley		0,019		n.i.		0,044		0,067	

1 – biomasa grochu siewnego wprowadzona do gleby; pea biomass applied into soil

1a – w tym azot pobrany przez groch z atmosfery; including nitrogen taken up by pea from atmosphere

2 – nawóz mineralny zastosowany pod groch; mineral fertilizer applied before pea sowing

3 – zapasy glebowe; stocks of N in soil

[#] % udział w pobraniu sumarycznym z jednego źródła; percentage of the total uptake from single source

^{##} % udział w pobraniu ogółem ze wszystkich źródeł; percentage of the total uptake from all sources

n.i. – różnice nieistotne; differences not significant

zaobserwowano dla poszczególnych organów, z wyjątkiem plew, dla których całkowita ilość pobranego pierwiastka nie różniła się istotnie w przypadku uprawy jęczmienia po grochu zbieranym w poszczególnych terminach. Całkowita ilość azotu zakumulowanego w ziarnie była mniejsza kolejno o 7,8% i 15,9%, natomiast w słomie odpowiednio o 3,7% i 18,4%, gdy jęczmień uprawiano po grochu zebranym w fazie początku kwitnienia i pełnej dojrzałości grochu niż w fazie pełni kwitnienia.

Największą wartość współczynnika wykorzystania azotu pochodzącego z procesu biologicznej redukcji, obliczonego jako stosunek ilości azotu pochodzącego z tego źródła w jęczmieniu do ilości azotu z tego źródła i wprowadzoną do gleby z biomasą przedplonu, uzyska-

no w przypadku uprawy jęczmienia po grochu zebranym w fazie pełnej dojrzałości (64,4%, tab. 5). Ponad dwukrotnie mniejsze wartości tego współczynnika odnotowano, gdy jęczmień uprawiano po przedplonie zebranym w fazie początku i pełni kwitnienia (odpowiednio 31,2 i 26,1%). Uzyskane zależności są wynikiem największej ilości azotu pobranego z tego źródła przez jęczmień uprawiany po grochu zebranym w III terminie (tab. 4), przy jednoczesnej najmniejszej ilości azotu biologicznie zredukowanego, wprowadzonego do gleby w tych badanych obiektach (Wysokiński i in., 2013).

Warunki pogodowe panujące w okresie jesiennym i wiosennym wpływają na przyswajalność azotu z resztek pozbiornych (w tym N pochodzącego z procesu biolo-

Tabela 5. Wartości współczynnika wykorzystania azotu związanego w procesie biologicznej redukcji i wprowadzonego do gleby z biomasa grochu przez jęczmień jary [%]
Table 5. The values of utilization coefficient of nitrogen fixed by pea and applied in soil with their biomass by barley [%].

Faza zbioru przedplonu Harvested stage of preceding crop	Części rośliny, Parts of plant			Suma Sum
	słoma straw	plewy chaff	ziarno grain	
Początek kwitnienia Beginning of flowering	7,9	1,6	21,7	31,2
Pełnia kwitnienia Full of flowering	6,9	1,1	18,1	26,1
Pełna dojrzałość Full maturity	16,8	3,4	44,2	64,4
Średnie; Averages	10,5	2,0	28,0	40,5
NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	3,4	0,7	7,3	11,3

gicznej redukcji), ponieważ decydują o tempie mineralizacji materii organicznej (Fotyma, 1996; Szafranski, Kulig, 2001). Prawdopodobnie niewielkie wykorzystanie azotu pochodzącego z tego źródła przez jęczmień mogło być spowodowane dość dużym odstępem w czasie pomiędzy wprowadzeniem biomasy grochu do gleby a wysiewem rośliny następczej – jęczmienia jarego. Skrodzik i Brzozowski (1987) wskazują, że lepsze wykorzystanie azotu uzyskuje się uprawiając oziminy. Potwierdził to także Wysokiński (2013), uzyskując procentowy udział azotu pobranego przez żyto ozime z biomasy łubinu żółtego średnio na poziomie 59,2%, a wykorzystanie azotu pochodzącego z biologicznej redukcji średnio 74,9%. Zarówno w badaniach tu prezentowanych, jak i wcześniej prowadzonych przez autora uzyskano mniejsze wykorzystanie azotu pochodzącego z biologicznej redukcji, gdy przedplon wprowadzono do gleby w fazie kwitnienia niż w fazie pełnej dojrzałości.

WNIOSKI

1. Biorąc pod uwagę plon ziarna oraz całkowitą ilość zebranej biomasy, najlepszym przedplonem dla jęczmienia jarego był groch siewny zbierany w fazie pełni kwitnienia, nieco słabszym, gdy zbiór nastąpił na początku kwitnienia, a najslabszym po uzyskaniu przez przedplon pełnej dojrzałości.

2. Termin zbioru przedplonu – grochu siewnego – nie wpłynął istotnie na zawartość azotu w roślinie następczej – jęczmieniu jarym.

3. Głównym źródłem azotu dla jęczmienia jarego uprawianego po grochu siewnym zebrany w fazie początku i pełni kwitnienia był nawóz mineralny zastosowany w uprawie przedplonu oraz jego biomasa wprowadzona do gleby. Testowane zboże uprawiane po grochu zebrany w fazie pełnej dojrzałości pobrało zbliżone ilości azotu

z biomasy przedplonu, nawozu mineralnego zastosowanego w jego uprawie oraz zapasów glebowych.

4. Azot pobrany przez jęczmień z wprowadzonej do gleby biomasy grochu i pochodzący z procesu biologicznej redukcji N₂ stanowił średnio 4,1% całkowitej ilości azotu pobranego ze wszystkich źródeł.

5. Wykorzystanie azotu związanego w procesie biologicznej redukcji i wprowadzonego do gleby z biomasa grochu było większe, gdy jęczmień jary uprawiano po grochu siewnym zbieranym w fazie pełnej dojrzałości, niż w fazie początku i pełni kwitnienia.

PIŚMIENNICTWO

- Boros L., 2016.** Groch siewny: Charakterystyka odmian i elementy agrotechniki. Agro Serwis., Wydanie 3, styczeń 2016, ss. 35-39.
- Borowiecki J., Książek J., 2000.** Rośliny strączkowe w mieszankach ze zbożami w produkcji pasz. Postępy Nauk Rolniczych, 2: 89-100.
- 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 II. Winter triticale yield. Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura, 10(2): 19-32.
- Florek J., Czerwińska-Kayzer D., Jerzak M., 2012.** Aktualny stan i wykorzystanie produkcji upraw roślin strączkowych. Fragmenta Agronomica, 29(4): 45-55.
- Fotyma E., 1996.** Zastosowanie metody N_{min} do oceny środowiskowych skutków nawożenia azotem. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 440: 89-100.
- Gawęda D., 2009.** Wpływ międzyplonów ścierniskowych na zachwaszczenie pszenicy jarej uprawianej w monokulturze. Annales UMCS, Sec. E, 64(3): 21-28.
- Gawęda D., Kwiatkowski C., 2013.** Plonowanie jęczmienia jarego uprawianego w krótkotrwałej monokulturze w zależności od międzyplonu i sposobu odchwaszczania. Fragmenta Agronomica, 30(1): 27-35.
- Jasińska Z., Kotecki A., 1997.** Masa i skład chemiczny resztek poźniwnych wybranych odmian grochu i bobiku. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 446: 239-246.
- Książek J., 2006.** Ocena plonowania mieszanki grochu z pszenicą jarą w zależności od poziomu nawożenia. Fragmenta Agronomica, 23(3): 80-93.
- Kumar K., Goh K.M., 2000.** Biological nitrogen fixation, accumulation of soil and nitrogen balance for white clover (*Trifolium repens* L.) and field pea (*Pisum sativum* L.) grown for seed. Field Crop Research, 68: 49-59.
- Kurowski T., Wanic M., Nowicki J., Kostrzewska M., Sargalski D., 2005.** Fitosanitarna ocena mieszanki zbożowo-strączkowej jako przedplonu dla jęczmienia jarego. Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura, 4(1): 61-68.
- Porporato A., D'Odorico P., Laio F., Rodriguez-Iturbe I., 2003.** Hydrologic controls on soil carbon and nitrogen cycles. I. Modeling scheme. Advances in Water Resources, 26: 45-58.
- Prusiński J., Kotecki A., 2006.** Współczesne problemy produkcji roślin motylkowych. Fragmenta Agronomica, 23(3): 94-126.
- Robertson G.P., Groffman P.M., 2007.** Nitrogen transformations. ss. 341-364. W: Microbiology and Biochemistry Soil; ed. E.A. Paul, 3rd ed.

Sawicka A., 1997. Czynniki ograniczające wiązanie azotu atmosferycznego u roślin motylkowych i traw. *Biuletyn Oceny Odmian*, 29: 53-58.

Skrodzik M., Brzozowski J., 1987. Możliwości uprawy pszenicy ozimej po bobiku na glebach ciężkich i bardzo ciężkich w Polsce północno-wschodniej. *Acta Academiae Agriculturae Technicae Olstenensis, Agricultura*, 44: 79-97.

Szafrański W., Kulig B., 2001. Plonowanie pszenicy ozimej w stanowisku po bobiku w siewie czystym i z wsiewką w zależności od terminu siewu z uwzględnieniem zawartości azotu mineralnego w glebie. *Acta Agraria et Silvestria, Agraria*, 39: 73-83.

Wysokiński A., Kalembasa S., Symanowicz B., 2013. Dynamika gromadzenia azotu z różnych źródeł przez groch siewny (*Pisum sativum* L.). *Fragmenta Agronomica*, 30(2): 162-169.

Wysokiński A., 2013. Ilość azotu biologicznie zredukowanego przez łubin żółty (*Lupinus luteus* L.) i jego wykorzystanie przez roślinę następczą – żyto ozime (*Secale cereale* L.). Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach.

Wysokiński A., Kalembasa D., Kalembasa S., 2014. Utilization of nitrogen from different sources by spring triticale (*Triticosecale* Wittm. ex. A. Camus) grown in the stand after yellow lupine (*Lupinus luteus* L.). *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 13(2): 79-92.

A. Wysokiński, S. Kalembasa, I. Łozak, B. Kuziemska, Ł. Mucuś

THE SOURCES OF NITROGEN FOR SPRING BARLEY CULTIVATION AFTER HARVESTED FIELD PEA

Summary

The uptake of nitrogen from different sources by spring barley cultivated after the preceding crop of field pea is presented in this paper. The seedbed for pea was fertilized with nitrogen with an excess of ^{15}N isotope. Isotope ^{15}N was added with the fertilizer to determine the sources of nitrogen for pea and for the subsequent plant – for barley. The preceding crop was harvested at the stages: onset of flowering, full flowering and full maturity. At every harvest date, all pea biomass, except seeds, was introduced to the soil on which the crop was grown. Barley was harvested at full maturity stage. The combined total amount of barley biomass and grain was higher when it was grown after pea harvested at full flowering stage, a little lower when pea was harvested at the onset of flowering, and the lowest when the preceding crop was harvested at full maturity. The main sources of nitrogen for barley grown after pea harvested at the beginning of flowering and at full flowering was provided by the biomass of the preceding crop and by mineral nitrogen used as fertilizer. The cereal cultivated after pea harvested at full maturity took up similar amounts of nitrogen from the three sources: the biomass of preceding crop, mineral fertilizer used in pea cultivation and soil reserves. Nitrogen taken up by barley from the biomass of pea and derived from the biological reducing process of N_2 accounted for an average of 4.2% of the total uptake. The rates at which barley utilized the nitrogen fixed by pea and introduced into soil with its biomass harvested at the beginning of flowering, at full flowering and at full maturity by barley were 31.2; 26.1 and 64.4% respectively.

Key words: spring barley, field pea, nitrogen, isotope ^{15}N , N_2 fixation