ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN—POLONIA
VOL. XX, 21 SECTIO C 1965

Z Katedry Fizjologii Roślin Wydziału Rolniczego WSR w Lublinie
Kurator: doc. dr Kazimierz Matusiak

Zofia UZIAK

Wykorzystanie azotu nieorganicznego lub organicznego przez rośliny motylkowe przy różnym stosunku C : N w roślinach. Cz. III. Wpływ żywienia azotowego na stosunek węglowodanów do azotu u grochu i łubinu

Усвоение неорганического или органического азота бобовыми растениями при различном соотношении C : N в растениях. Часть III. Влияние азотного питания на соотношение углеводов к азоту в растениях гороха и люпина

Utilization of Inorganic or Organic Nitrogen by Leguminous Plants at Different Ratio of C : N in the Plant. Part III. The Effect of Nitrogen Nutrition on the Relation of Carbohydrates to Nitrogen in Pea and Lupine Plants

W roślinach dobrze zaopatrzonych w sole mineralne oraz węglowodany ogromna część azotu masy wegetacyjnej występuje w postaci białek (4, 11, 31). Natomiast aminokwasy i inne rozpuszczalne związki azotowe stanowią niewielką część azotu ogólnego. Synteza jak również nagromadzenie tych związków w roślinie są zależne od wielu czynników, zarówno wewnętrznych — genetycznych, jak i zewnętrznych. Należą do nich między innymi: stadium rozwojowe (3, 4, 6, 13, 17, 22, 32), warunki wegetacji (11, 19, 28, 33) oraz żywienie mineralne roślin (1, 3, 10, 20).

Jednym z najważniejszych składników pokarmowych, wpływającym na proces syntezy białka, jest zawartość związków azotowych w środowisku odżywczym (3, 12, 13, 23, 24).

Jednakże warunkiem właściwego wykorzystania pobranego przez roślinę azotu, tj. syntezy aminokwasów, a potem białek, jest odpo-

wiednie jej zaopatrzenie w węglowodany. Istnieje bowiem ścisła współzależność między metabolizmem azotowym a zawartością w roślinach węglowodanów, których produkty częściowego spalania są akceptorami pobranego azotu. Przy niedostatecznym zaopatrzeniu w węglowodany w komórkach roślin może się nagromadzić w ilościach toksycznych amoniak, jak również azotany i azotyny. Tylko odpowiedni stosunek C : N w roślinie, a prawdopodobnie i w środowisku odżywczym, warunkuje właściwą syntezę aminokwasów i białek, a w dalszej konsekwencji harmonijny jej rozwój (2, 5, 21).

Zachowanie właściwego dla danej rośliny stosunku C : N jest szczególnie ważne u szczepionych roślin motylkowych korzystających równocześnie z azotu wolnego i związanego. Rośliny te są bowiem obficie zaopatrzone w azot, dzięki czemu mogą intensywnie syntetyzować i nagromadzać organiczne połączenia azotowe. Właściwa jednak synteza tych związków jest uzależniona od należytego poziomu węglowodanów w roślinie. Zapewnić to można przez wzmożenie procesu asymilacji CO_2, a także przez sztuczne wprowadzenie do rośliny gotowych produktów asymilacji — węglowodanów.

Rozpoczęte przed kilku laty badania nad azotowym żywieniem roślin motylkowych zmierzały między innymi do wyjaśnienia wpływu żywienia azotowego przy naturalnej oraz sztucznie wzmocnionej fotosyntezie na stosunek C : N w roślinie. W trakcie prowadzonych badań stwierdzono odmienną reakcję roślin motylkowych na różne formy azotu mineralnego i organicznego; nasunęło się więc pytanie, czy reakcja badanych roślin na stosowane formy azotu oraz dolistne stosowanie roztworu glikozy znajdzie również odbicie w stosunku C : N, a więc tak w syntezie aminokwasów i białek, jak i węglowodanów. Próba odpowiedzi na to pytanie jest przedmiotem niniejszej pracy, która jest III częścią podjętych badań.

METODYKA

Do badań wybrano rośliny grochu (odmiana Wiktoria) i łubinu (słodki pastewny, odmiany Udycz), ponieważ wykazywały one odmienną reakcję na żywienie azotowe, zwłaszcza aminokwasami. Ponadto rośliny te różniły się między sobą tempem rozwoju.

Badania prowadzono na materiale roślinnym, pochodzącym z 2 grup doświadczeń. Pierwsza grupa (A) dotyczyła wpływu glikozy na szczepione rośliny motylkowe zasilane mineralnymi związkami azotu (29); druga natomiast (B) — wpływu na szczepione i nie szczepione rośliny aminokwasów stanowiących równocześnie źródło azotu i węgla (30). Do oznaczeń wybrano rośliny grochu i łubinu następujących serii:

A. Rośliny szczepione: 1) N_2 — kontrola, 2) N_2 + glikoza, 3) NH_4NO_3, 4) NH_4NO_3 + glikoza, 5) NH_4OH, 6) NH_4OH + glikoza.

B. a) Rośliny szczepione: 1) N_2 — kontrola, 2) kwas glutaminowy, 3) asparagina, 4) leucyna; b) rośliny nie szczepione: 5) kwas glutaminowy, 6) asparagina, 7) leucyna.

Przy wyborze materiału kierowano się wynikami uzyskanymi w poprzednich badaniach. Analizowano rośliny tych serii, które w trakcie wegetacji charakterystycznie zareagowały na zróżnicowane żywienie azotowe oraz na zabieg sztucznego wzbogacenia rośliny w produkty fotosyntezy.

Oznaczenia laboratoryjne wykonywano w suchej masie wegetacyjnej, tj. w częściach nadziemnych, a także w korzeniach roślin znajdujących się w okresie zawiązywania pąków kwiatowych. Przeprowadzono następujące oznaczenie: a) azot białkowy (po strąceniu rozpuszczalnych związków azotowych) metodą Kjeldahla, b) azot aminowy (zawarty we frakcji rozpuszczalnej) kolometrycznie wg Spiera i Paschera (27), c) zawartość cukrów redukujących, a także ulegających hydrolizie po 15 min. i po 3 godz. Cukry te oznaczano kolorymetrycznie według metody podanej przez Nelsona (15).

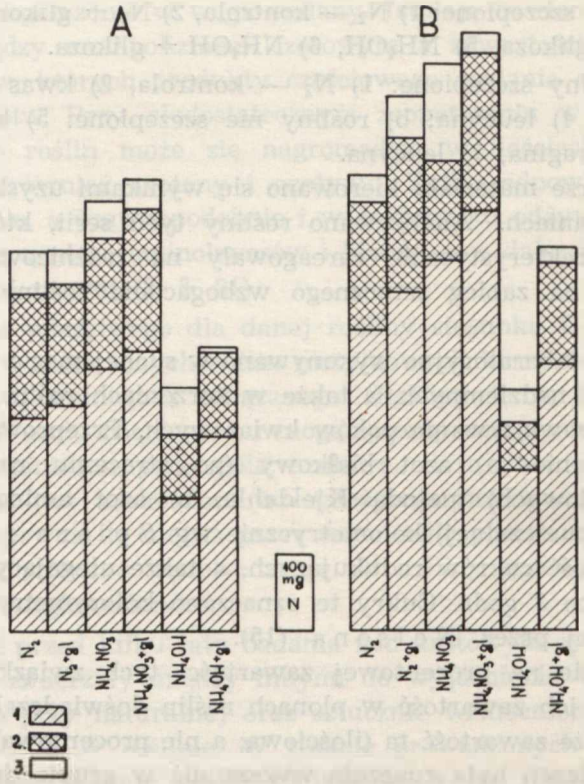
Opierając się na procentowej zawartości tych związków obliczono ilościową (mg) ich zawartość w plonach roślin doświadczalnych. Należy jeszcze dodać, że zawartość ta (ilościowa, a nie procentowa) w pierwszej grupie doświadczeń była znacznie wyższa niż w grupie drugiej, ponieważ doświadczenia grupy pierwszej prowadzono w wazonach o pojemności 9 kg piasku, a doświadczenia grupy drugiej w doniczkach o pojemności 2 kg. W związku z tym plony masy wegetacyjnej w pierwszej grupie (A) doświadczeń były wyższe niż w drugiej (B).

Na podstawie ilościowej zawartości węglowodanów oraz ogólnego azotu * w plonach roślin obliczono stosunek: a) cukrów redukujących do azotu ogólnego, b) sumy węglowodanów do azotu ogólnego. Za sumę węglowodanów roślinnych przyjęto sumę cukrów (mg) redukujących oraz ulegających hydrolizie pod wpływem 10% HCl po 15 min. i 3 godz. Uzyskane wartości liczbowe charakteryzują stosunek C : N w roślinie (2,26).

ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW AZOTOWYCH

Zawartość procentową oraz ilość w mg azotu białkowego i aminowego nagromadzonego w częściach nadziemnych i korzeniach roślin doświadczalnych zestawiono w tab. 1, 2, 3 i 4. Sumę różnych form azotu w plonach roślin przedstawiono graficznie (ryc. 1 i 2).

* Dane wzięte z części I i II pracy (29, 30).



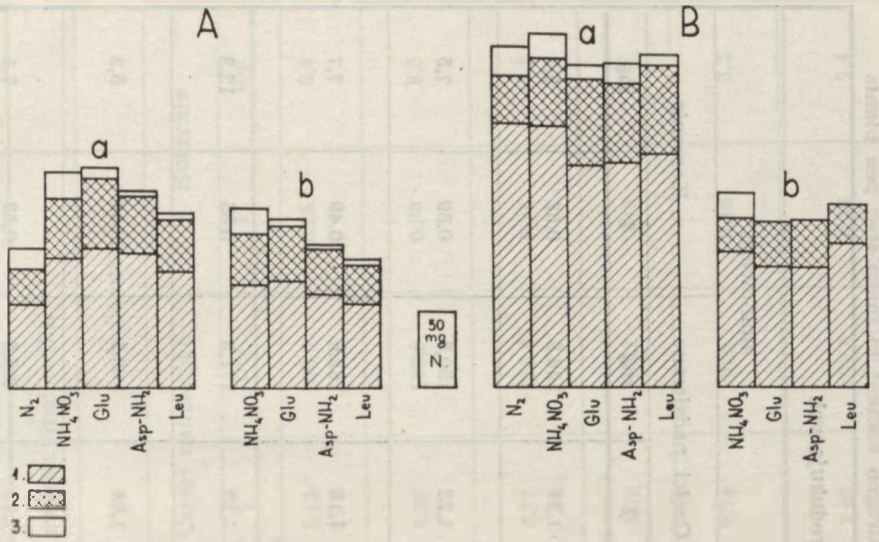
Ryc. 1. Wpływ azotu mineralnego i glikozy na gromadzenie azotu białkowego i aminowego; A — groch, B — łubin; 1 — azot białkowy, 2 — azot aminowy, 3 — inne formy azotu, 1+2+3 — azot ogólny

Effect of mineral nitrogen and glucose on accumulation of albuminous and amino nitrogen; A — pea, B — lupine; 1 — albuminous nitrogen, 2 — amino nitrogen, 3 — other forms of nitrogen, 1+2+3 — total nitrogen

Z przytoczonych danych wynika, że azot mineralny w formie azotanu amonu wpływał na podwyższenie procentowej zawartości azotu białkowego w częściach nadziemnych i korzeniach szczepionych roślin grochu i łubinu. Natomiast wpływ amoniaku na gromadzenie azotu białkowego u tych roślin był ujemny.

Zastosowanie dolistne roztworu glikozy spowodowało zwiększenie zawartości azotu białkowego w liściach i korzeniach obu roślin doświadczalnych. Szczególnie jaskrawo zaznaczyło się to u roślin żywionych amoniakiem.

Podobnie dodatnio wpłynęła glikoza podana dolistnie na zawartość azotu aminowego, przy czym zależność ta zaznaczyła się nieco wyraźniej u łubinu niż u grochu. Również u łubinu stwierdzono większy niż u grochu wpływ glikozy na obniżenie zawartości nie zidentyfikowanych



Ryc. 2. Wpływ aminokwasów na gromadzenie azotu białkowego i aminowego; A — groch, B — łubin; a — rośliny szczepione, b — rośliny nie szczepione; 1, 2, 3 — patrz ryc. 1

Effect of amino acids on accumulation of albuminous and amino nitrogen; A — pea, B — lupine; a — inoculated plants, b — non inoculated plants; 1, 2, 3 — see Fig. 1

związków azotowych (ryc. 1). U grochu obserwowano go tylko w przypadku stosowania amoniaku.

Wyniki zestawione w tab. 3 i 4 wskazują, że aminokwasy stosowane w środowisku odżywczym wpływają dodatnio na gromadzenie azotu białkowego i aminowego przez szczepione rośliny motylkowe. Zawartość procentowa obu form azotu w częściach nadziemnych i korzeniach, zarówno u szczepionego grochu, jak i łubinu, jest wyższa przy stosowaniu aminokwasów niż u roślin kontrolnych, korzystających wyłącznie z N_2, a nawet zasilanych azotanem amonu.

W roślinach nie szczepionych, korzystających wyłącznie z azotanu amonu lub aminokwasów jako źródła azotu, procentowa zawartość azotu białkowego i aminowego jest znacznie niższa niż u roślin szczepionych analogicznych serii, zwłaszcza u łubinu. Zatem bardziej intensywna synteza białka zachodziła w roślinach łubinu, a także grochu, wtedy gdy mogły one korzystać równocześnie z 2 źródeł azotu: atmosfery i środowiska odżywczego.

Godny uwagi jest też fakt, że rośliny żywione aminokwasami zawierały wyjątkowo mało nie zidentyfikowanych związków azotowych. Szczególnie wyraźnie wystąpiło to u roślin rosnących w warunkach sterylnych (ryc. 2). Zjawisko to byłoby w pewnym stopniu dowodem, że dostarczane roślinom aminokwasy mogły ulegać transaminacji, natomiast nie ulegały rozkładowi aż do amoniaku.

Tab. 1. Wpływ dolistnego stosowania glikozy na zawartość azotu białkowego i aminowego w roślinach szczepionego grochu
Effect of glucose, applied by way of leaves, on albuminous and amino nitrogen content in inoculated pea plants

Seria	Zawartość cukrów redukujących							
	białkowego				aminowego			
	Części nadziemne		Korzenie		Części nadziemne		Korzenie	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
N_2 (kontrola)	2,17	250,4	1,95	30,8	1,36	156,9	0,52	8,2
N_2 (kontrola) + glikoza	2,19	270,2	1,94	25,0	1,22	150,5	0,59	7,5
NH_4NO_3	2,28	314,2	2,04	32,0	1,18	162,6	0.49	7,7
NH_4NO_3 + glikoza	2,36	329,7	2,50	36,1	1,23	171,8	0,85	12,3
NH_4OH	2,03	150,8	2,17	23,0	1,08	80,2	0,50	5,3
NH_4OH + glikoza	2,32	222,8	2,48	33,2	1,13	108,5	0,53	7,1

Tab. 2. Wpływ dolistnego stosowania glikozy na zawartość azotu białkowego i aminowego w roślinach szczepionego łubinu
Effect of glucose, applied by way of leaves, on albuminous and amino nitrogen content in inoculated lupine plants

Seria	Zawartość azotu w masie wegetacyjnej roślin							
	białkowego				aminowego			
	Części nadziemne		Korzenie		Części nadziemne		Korzenie	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
N_2 (kontrola)	2,54	363,0	1,34	35,6	1,12	160,0	0,25	6,6
N_2 (kontrola) + glikoza	2,66	405,6	1,48	41,9	1,25	190,6	0,30	8,5
NH_4NO_3	2,61	440,3	1,45	47,6	0,71	119,8	0,34	11,1
NH_4NO_3 + glikoza	2,65	499,0	1,52	54,9	1,02	192,1	0,38	13,7
NH_4OH	2,36	191,9	1,50	27,9	0,74	60,2	0,18	3,2
NH_4OH + glikoza	2,64	307,8	1,98	42,0	1,07	124,8	0,35	7,4

Tab. 3. Wpływ stosowania aminokwasów na zawartość azotu białkowego i aminowego w roślinach grochu
Effect of amino acids applied on albuminous and amino nitrogen content in lupine plants

Seria			Zawartość azotu w masie wegetacyjnej roślin							
			białkowego				aminowego			
			Części nadziemne		Korzenie		Części nadziemne		Korzenie	
			%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
Rośliny	szczepione	N_2 (kontrola)	2,15	44,5	1,76	11,9	1,05	21,7	0,77	5,2
		NH_4NO_3	2,38	73,8	1,88	13,3	1,12	34,7	0,79	5,6
		Kwas glutaminowy	2,57	76,1	2,33	17,7	1,41	41,7	0,88	6,7
		Asparagina	2,78	75,1	2,35	17,2	1,16	31,3	0,83	6,1
		Leucyna	2,76	59,3	2,50	17,5	1,32	28,4	0,83	5,8
	nie szczepione	NH_4NO_3	1,91	58,0	1,78	12,8	0,96	29,1	0,70	5,0
		Kwas glutaminowy	2,03	54,4	1,94	17,5	1,09	29,2	0,88	7,9
		Asparagina	2,08	46,6	2,05	16,8	1,01	22,6	0,86	7,0
		Leucyna	2,05	40,1	2,01	16,7	0,95	18,6	0,82	6,8

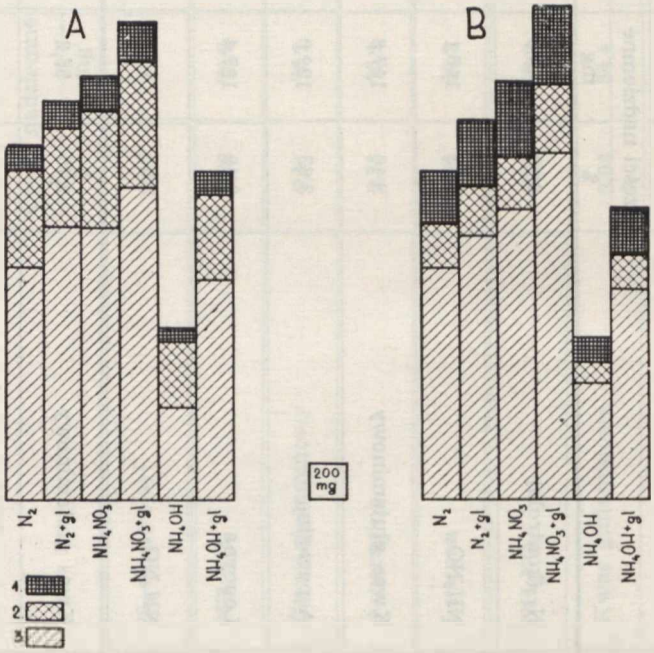
Tab. 4. Wpływ stosowania aminokwasów na zawartość azotu białkowego i aminowego w roślinach łubinu
Effect of amino acids applied on albuminous and amino nitrogen content in lupine plants

		Seria	Zawartość azotu w masie wegetacyjnej roślin							
			białkowego				aminowego			
			Części nadziemne		Korzenie		Części nadziemne		Korzenie	
			%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
Rośliny	szczepione	N_2 (kontrola)	2,99	149,5	1,33	27,5	0,480	24,0	0,27	5,6
		NH_4NO_3	3,03	145,1	1,48	28,4	0,78	37,4	0,40	7,7
		Kwas glutaminowy	3,46	117,6	2,05	31,2	1,40	47,6	0,66	10,0
		Asparagina	3,63	122,0	2,15	26,9	1,25	42,0	0,76	12,4
		Leucyna	3,49	127,4	2,12	33,7	1,30	47,4	0,73	11,6
	nie szczepione	NH_4NO_3	2,51	72,8	1,32	18,6	0,69	20,0	0,26	3,7
		Kwas glutaminowy	2,76	55,2	1,58	25,3	1,11	22,2	0,31	5,0
		Asparagina	2,82	54,7	1,70	25,5	1,15	22,3	0,39	5,8
		Leucyna	2,67	64,3	1,71	28,2	0,90	21,7	0,39	6,4

ZAWARTOŚĆ WĘGLOWODANÓW

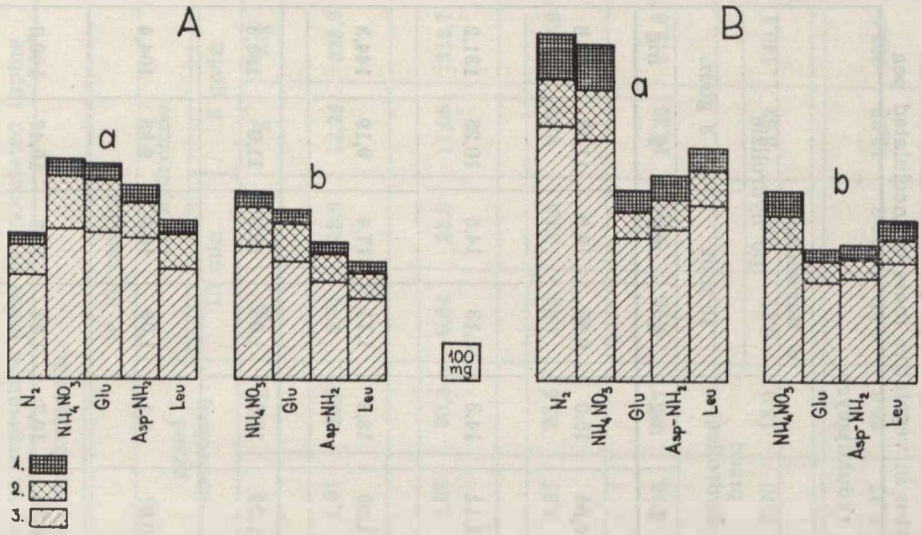
Dane dotyczące zawartości cukrów podane są w tab. 5, 6, 7 i 8. Z tab. 5 i 6 wynika, że roztwór glikozy stosowany dolistnie wpłynął na podwyższenie zawartości zarówno cukrów redukujących, jak i ulegających hydrolizie w częściach nadziemnych i korzeniach niemal wszystkich roślin doświadczalnych. Jednakże wpływ ten był zależny w pewnym stopniu od formy azotu, z jakiej korzystały rośliny. Najwyraźniej zaznaczył się on u roślin zasilanych amoniakiem, zwłaszcza u łubinu. Szczepione rośliny, zasilane amoniakiem, a nie opryskiwane glikozą, charakteryzowały się najniższą procentową zawartością cukrów w masie wegetacyjnej. Zastosowanie dolistne glikozy spowodowało nagromadzenie w ich masie wegetacyjnej prawie 2-krotnie więcej węglowodanów w porównaniu z analogicznymi roślinami bez glikozy.

Wpływ aminokwasów (a więc związków wprowadzających C i N) na zawartość węglowodanów w masie wegetacyjnej grochu i łubinu nie był tak wyraźny, jak przy stosowaniu glikozy. Ponadto kształtował się on różnie u obu roślin (tab. 7 i 8).



Ryc. 3. Wpływ azotu mineralnego i glikozy na gromadzenie węglowodanów; A — groch, B — łubin; cukry redukujące; 1 — przed hydrolizą, 2 — po 15 min. hydrolizie, 3 — po 3 godz. hydrolizie

Effect of mineral nitrogen and glucose on accumulation of carbohydrates; A — pea, B — lupine; reducing carbohydrates; 1 — before hydrolysis, 2 — after 15 min. hydrolysis, 3 — after 3 hrs. hydrolysis



Ryc. 4. Wpływ aminokwasów na gromadzenie węglowodanów; A — groch, B — łubin; a — rośliny szczepione, b — rośliny nie szczepione; 1, 2, 3 — patrz ryc. 3
Effect of amino acids on accumulation of carbohydrates; A — pea, B — lupine; a — inoculated plants, b — non inoculated plants; 1, 2, 3 — see Fig. 3

Szczepione rośliny grochu żywione aminokwasami wykazywały w porównaniu z roślinami szczepionymi zasilanymi azotanem amonu, a także korzystającymi wyłącznie z N_2 (kontrola), przeważnie wyższą zawartość wszystkich form węglowodanów w częściach nadziemnych. Natomiast w korzeniach tych roślin występowało większe nagromadzenie cukrów ulegających hydrolizie. U roślin nie szczepionych nie obserwowano dodatniego wpływu aminokwasów na zawartość węglowodanów w ich masie wegetacyjnej.

Rośliny łubinu (szczepionego i nie szczepionego), znajdujące w pożywce aminokwasy, wykazują niższą zawartość cukrów, zarówno redukujących, jak i ulegających hydrolizie, niż rośliny korzystające tylko z azotu atmosferycznego lub tylko z azotanu amonu. Najniższą zawartość węglowodanów wykazał łubin żywiony kwasem glutaminowym.

Dość istotny wpływ na zawartość węglowodanów w masie wegetacyjnej obu roślin wywarł proces symbiotycznego wiązania azotu atmosferycznego. Obie rośliny doświadczalne szczepione *Rhizobium* wykazywały wyższą zawartość węglowodanów w częściach nadziemnych i korzeniach niż rośliny rosnące w warunkach sterylnych. Ten dodatni wpływ szczepienia roślin motylkowych na proces nagromadzania węglowodanów wyraził się zarówno w zawartości procentowej, jak i w ilości nagromadzonych cukrów w suchej masie roślin (tab. 7 i 8, ryc. 4).

Tab. 5. Wpływ dolistnego stosowania glikozy na zawartość węglowodanów w masie wegetacyjnej szczepionego grochu
Effect of glucose, applied by way of leaves, on the content of carbohydrates in vegetative mass of incolulated pea

Seria	Zawartość cukrów redukujących											
	w częściach nadziemnych						w korzeniach					
	przed hydrolizą		po hydrolizie				przed hydrolizą		po hydrolizie			
			15 min.		3 godz.				15 min.		3 godz.	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
N_2 (kontrola)	1,10	126,9	4,28	493,9	9,12	1052,4	0,95	15,0	0,95	15,0	11,75	185,6
N_2 (kontrola) + glikoza	1,05	126,6	4,03	497,3	10,57	1304,3	1,12	14,3	1,13	14,5	10,25	131,2
NH_4NO_3	1,23	169,5	4,32	595,3	9,30	1281,5	1,20	18,8	1,11	17,4	9,19	144,3
NH_4NO_3 + glikoza	1,37	191,4	4,63	646,8	10,60	1480,8	1,22	17,6	1,05	15,2	11,0	158,8
NH_4OH	0,95	70,6	4,22	313,5	5,20	386,4	0,67	7,1	1,03	10,9	9,85	104,4
NH_4OH + glikoza	1,20	115,2	4,63	444,5	9,52	913,9	0,80	10,7	1,38	18,5	10,47	140,3

Tab. 6. Wpływ dolistnego stosowania glikozy na zawartość węglowodanów w masie wegetacyjnej szczepionego łubinu
Effect of glucose, applied by way of leaves, on the content of carbohydrates in vegetative mass of inoculated lupine

Seria	Zawartość cukrów redukujących											
	w częściach nadziemnych						w korzeniach					
	przed hydrolizą		po hydrolizie				przed hydrolizą		po hydrolizie			
			15 min.		3 godz.				15 min.		3 godz.	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
N_2 (kontrola)	1,75	250,1	1,56	222,9	6,20	886,0	1,01	26,9	0,71	18,9	12,25	325,8
N_2 (kontrola) + glikoza	2,10	320,2	1,59	242,5	7,00	1067,5	1,07	30,3	0,84	23,8	11,05	312,7
NH_4NO_3	2,15	362,7	1,35	227,7	7,12	1201,1	0,87	28,5	1,02	33,5	9,75	319,8
NH_4NO_3 + glikoza	2,05	386,0	1,73	325,8	7,70	1450,0	0,96	34,7	0,98	35,4	10,35	373,6
NH_4OH	1,55	126,0	1,20	97,8	5,66	460,2	0,70	13,0	0,57	10,6	8,02	149,1
NH_4OH + glikoza	1,95	227,4	1,50	174,9	7,03	819,7	0,97	20,6	0,70	14,8	13,33	282,6

Tab. 7. Wpływ stosowania aminokwasów na zawartość węglowodanów w masie wegetacyjnej grochu
Effect of applied amino acids on carbohydrates content in vegetative mass of pea

Seria			Zawartość azotu w masie wegetacyjnej roślin											
			w częściach nadziemnych						w korzeniach					
			przed hydrolizą		po hydrolizie				przed hydrolizą		po hydrolizie			
					15 min.		3 godz.				15 min.		3 godz.	
			%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
Rośliny	szczepione	N_2 (kontrola)	1,20	24,8	3,50	72,5	9,50	196,6	1,05	7,1	1,03	7,0	10,50	71,1
		NH_4NO_3	1,23	38,1	4,15	128,7	9,90	306,9	1,10	7,8	1,13	8,0	11,75	83,3
		Kwas glutaminowy	1,22	36,1	4,40	130,2	10,00	296,0	0,95	7,2	1,17	8,9	11,65	88,5
		Asparagina	1,35	36,5	3,00	81,0	11,05	298,3	1,03	7,5	1,12	8,2	10,25	74,8
		Leucyna	1,30	28,0	4,13	88,8	9,70	208,6	0,95	6,7	1,15	8,1	11,75	82,2
	nie szczepione	NH_4NO_3	1,05	31,9	3,32	100,8	9,10	276,3	1,03	7,4	1,10	7,9	10,05	72,4
		Kwas glutaminowy	0,95	25,5	3,40	91,1	8,25	221,1	0,90	8,1	1,13	10,2	10,25	92,3
		Asparagina	0,90	20,2	2,75	61,6	8,00	179,2	0,95	7,8	1,18	9,7	9,50	77,9
		Leucyna	1,07	20,9	2,86	55,9	7,75	151,5	1,01	8,4	1,15	9,5	8,75	72,6

Tab. 8. Wpływ stosowania aminokwasów na zawartość węglowodanów w masie wegetacyjnej łubinu
Effect of applied amino acids on carbohydrates content in vegetative mass of lupine

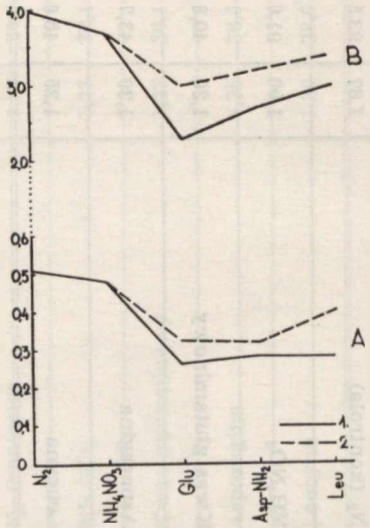
Rośliny	Seria	Zawartość cukrów redukcyjnych											
		w częściach nadziemnych						w korzeniach					
		przed hydrolizą		po hydrolizie				przed hydrolizą		po hydrolizie			
				15 min.		3 godz.				15 min.		3 godz.	
		%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
szczepione	N_2 (kontrola)	1,87	93,5	1,75	87,5	9,75	452,0	1,15	24,0	1,50	31,05	10,30	213,2
	NH_4NO_3	1,90	91,0	2,25	107,8	8,55	411,6	1,20	23,0	1,38	26,5	11,25	216,0
	Kwas glutaminowy	1,20	40,8	1,57	53,4	7,15	243,1	1,05	16,0	1,08	16,4	8,50	129,2
	Asparagina	1,30	43,7	1,75	58,8	7,37	247,6	1,10	17,9	1,13	18,4	9,10	148,3
	Leucyna	1,25	45,6	1,90	69,4	8,05	293,8	1,15	18,3	1,23	19,6	10,20	162,2
nie szczepione	NH_4NO_3	2,00	58,0	2,15	62,4	8,25	207,4	1,10	15,5	1,15	16,2	9,75	137,5
	Kwas glutaminowy	1,10	22,0	1,55	31,0	6,80	136,0	0,90	14,4	1,03	16,5	7,50	120,0
	Asparagina	1,10	21,3	1,70	33,0	7,05	136,8	0,95	14,2	1,10	16,5	8,60	129,0
	Leucyna	1,25	30,1	1,82	43,9	7,25	174,7	1,15	19,0	1,18	19,5	8,13	134,1

Na podstawie tych danych oraz obserwacji poczynionych w trakcie wegetacji roślin (29, 30) wynika, że intensywne gromadzenie węglowodanów wiąże się ściśle z harmonijnym metabolizmem roślin, a w konsekwencji z właściwym przebiegiem wegetacji. Związki azotowe, które wywołały zakłócenia w metabolizmie roślin, wpływały na obniżenie zawartości węglowodanów w ich tkankach. Zarówno amoniak, jak i aminokwasy w przypadku łubinu (zwłaszcza nie szczepionego) wpływały na obniżenie zawartości węglowodanów w jego tkankach, a tym samym niekorzystnie na wegetację tej rośliny. Natomiast dolistne stosowanie glikozy, proces symbiotycznego wiązania azotu oraz zasilanie aminokwasami grochu miało wyraźnie dodatni wpływ na podwyższenie poziomu węglowodanów w roślinach i na ich wegetację.

STOSUNEK WĘGLOWODANÓW DO AZOTU OGÓLNEGO

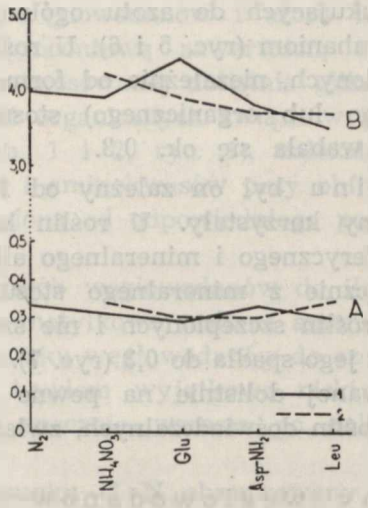
Stosunek cukrów redukujących oraz sumy węglowodanów do azotu ogólnego w masie wegetacyjnej roślin obliczono w celu bliższego określenia zależności, jaka zachodzi między metabolizmem azotowym a poziomem węglowodanów w roślinach. Zależności te ilustrują ryc. 5, 6 i 7.

Stosunek cukrów prostych do azotu ogólnego. Pod wpływem zróżnicowanego żywienia azotowego wartość stosunku

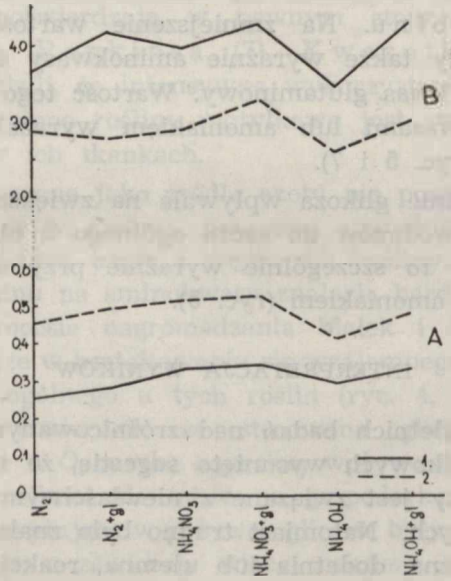


Ryc. 5. Wpływ glikozy na stosunek węglowodanów do azotu u grochu i łubinu; A — stosunek cukrów redukujących do azotu ogólnego, B — stosunek sumy węglowodanów do azotu ogólnego; 1 — groch, 2 łubin

Effect of glucose on the relation of carbohydrates to nitrogen in pea and lupine; A — reducing carbohydrates/total nitrogen ratio, B — sum of carbohydrates/total nitrogen ratio; 1 — pea, 2 — lupine



Ryc. 6. Wpływ aminokwasów na stosunek węglowodanów do azotu u grochu; A, B — patrz ryc. 5; 1 — rośliny szczepione, 2 — rośliny nie szczepione
Effect of amino acids on the relation of carbohydrates to nitrogen in pea; A, B — see Fig. 5; 1 — inoculated plants, 2 — non inoculated plants



Ryc. 7. Wpływ aminokwasów na stosunek węglowodanów do azotu u łubinu; A, B — patrz ryc. 5; 1, 2 — patrz ryc. 6
Effect of amino acids on the relation of carbohydrates to nitrogen in lupine; A, B — see Fig. 5; 1, 2 — see Fig. 6

cukrów prostych redukujących do azotu ogólnego u grochu ulegała bardzo nieznacznym wahaniom (ryc. 5 i 6). U roślin, zarówno szczepionych, jak i nie szczepionych, niezależnie od form stosowanego związku azotowego (mineralnego lub organicznego) stosunek ten był prawie stały i jego wartość wahała się ok. 0,3.

Natomiast u łubinu był on zależny od formy związku azotowego, z jakiego rośliny korzystały. U roślin korzystających równocześnie z azotu atmosferycznego i mineralnego albo wyłącznie z atmosferycznego czy wyłącznie z mineralnego stosunek ten był szeroki i wynosił ok. 0,5. U roślin szczepionych i nie szczepionych zasilanych aminokwasami wartość jego spadła do 0,3 (ryc. 7). Zaznaczył się również wpływ glikozy stosowanej dolistnie na pewne zwiększenie wartości tego stosunku u obu roślin doświadczalnych, zwłaszcza zasilanych amoniakiem ryc. 5).

Stosunek sumy węglowodanów do azotu ogólnego. Wartość stosunku sumy węglowodanów do azotu ogólnego u grochu była również prawie stała w obu doświadczeniach i wynosiła ok. 4 (ryc. 5 i 6). Najszerszym stosunkiem C : N, dochodzącym do 4,5, charakteryzowały się rośliny szczepione zasilane kwasem glutaminowym, najwęższym — wyraźnie poniżej 4 — rośliny zasilane amoniakiem.

Podobny wpływ amoniaku na kształtowanie się tego stosunku stwierdzono u łubinu. Na zmniejszenie wartości stosunku C : N w łubinie wpływały także wyraźnie aminokwasy środowiska odżywczego, a zwłaszcza kwas glutaminowy. Wartość tego stosunku u roślin zasilanych aminokwasami lub amoniakiem wyraźnie zmniejszała się i wynosiła ok. 3 (ryc. 5 i 7).

Stosowana dolistnie glikoza wpływała na zwiększenie wartości stosunku sumy węglowodanów do azotu ogólnego u obu roślin doświadczalnych. Nastąpiło to szczególnie wyraźnie przy stosowaniu glikozy na rośliny zasilane amoniakiem (ryc. 5).

INTERPRETACJA WYNIKÓW

W wyniku kilkuletnich badań nad zróżnicowanym żywieniem azotowym roślin motylkowych wysunięto sugestię, że toksyczne działanie amoniaku na rośliny jest związane z niewłaściwym stosunkiem C : N w tkankach roślinnych. Natomiast trudno było znaleźć wytłumaczenie, na czym polega różna, dodatnia lub ujemna, reakcja roślin na stosowane aminokwasy jako źródło azotu (29, 30).

Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że ujemny wpływ amoniaku na rośliny wyraził się również niską zawartością

w masie wegetacyjnej węglowodanów i azotu białkowego i równocześnie dość wysoką procentową zawartością azotu ogólnego (29). Ponieważ pod wpływem stosowanej dolistnie glikozy wartości te ulegały zmianie i zawartość organicznych związków azotowych w roślinie wyraźnie wzrastała (tab. 1 i 2, ryc. 1), należałoby wnioskować, że właściwa synteza białek i aminokwasów przy obfitym dopływie jonów amonowych jest uzależniona od odpowiedniego poziomu węglowodanowego.

Ten nieodpowiedni zasób węglowodanów do ilości pobranego azotu przez szczepione rośliny motylkowe zasilane amoniakiem najlepiej charakteryzuje wartość stosunku węglowodanów do azotu ogólnego w masie wegetacyjnej. Jest on bowiem wyjątkowo niski u roślin zasilanych amoniakiem, natomiast znacznie wzrasta po dolistnym zastosowaniu glikozy (ryc. 5).

Wzrost wartości stosunku C : N obserwowany u roślin wszystkich serii po dodaniu glikozy, wynikał nie tylko z bezpośredniego podwyższenia zawartości węglowodanów w masie wegetacyjnej roślin, ale z przemian zachodzących zarówno w gospodarce węglowodanowej, jak i metabolizmie związków azotowych. Podniesienie bowiem poziomu węglowodanowego w roślinie wpływało również korzystnie na syntezę aminokwasów i białek, a w wyniku tego procesu na zwiększone gromadzenie tych związków (ryc. 1).

Obserwacje te potwierdzają w pewnym stopniu badania Van Schrewena (21), Hopkinsa (7), Kwasnikowa i innych (8, 9), którzy stwierdzili, że intensywne wykorzystania azotu atmosferycznego przez szczepione rośliny motylkowe jest związane z wysoką zawartością cukru w ich tkankach.

Aminokwasy stosowane jako źródło azotu nie powinny wpływać na zmianę stosunku C : N w roślinie, ponieważ aminokwas, jak wiadomo, jest jednocześnie źródłem azotu i węgla dla rośliny. Jednakże różna reakcja grochu i łubinu na aminokwasy znalazła bardzo wyraźne odbicie nie tylko w procesie nagromadzania białek i cukrów w masie wegetacyjnej, ale także w kształtowaniu się wzajemnego stosunku węglowodanów do azotu ogólnego u tych roślin (ryc. 4, 6 i 7). Również Miettinen (14) stwierdził, że stosowana glicyna, wywołująca zmiany morfologiczne u *Oenanthe aquatica*, wpływa nie tylko na przemiany azotowe w roślinie, ale także na gospodarkę węglowodanową. Mianowicie rośliny znajdujące w pożywce glicynę były uboższe w węglowodany rozpuszczalne, a zawierały więcej celulozy.

Natomiast u łubinu, który wprawdzie nie wykazywał wyraźnych zmian morfologicznych, ale ujemnie zareagował na aminokwasy, obecność tych związków, a zwłaszcza kwasu glutaminowego w środowisku

cukrów prostych redukujących do azotu ogólnego u grochu ulegała bardzo nieznacznym wahaniom (ryc. 5 i 6). U roślin, zarówno szczepionych, jak i nie szczepionych, niezależnie od form stosowanego związku azotowego (mineralnego lub organicznego) stosunek ten był prawie stały i jego wartość wahała się ok. 0,3.

Natomiast u łubinu był on zależny od formy związku azotowego, z jakiego rośliny korzystały. U roślin korzystających równocześnie z azotu atmosferycznego i mineralnego albo wyłącznie z atmosferycznego czy wyłącznie z mineralnego stosunek ten był szeroki i wynosił ok. 0,5. U roślin szczepionych i nie szczepionych zasilanych aminokwasami wartość jego spadła do 0,3 (ryc. 7). Zaznaczył się również wpływ glikozy stosowanej dolistnie na pewne zwiększenie wartości tego stosunku u obu roślin doświadczalnych, zwłaszcza zasilanych amoniakiem ryc. 5).

Stosunek sumy węglowodanów do azotu ogólnego. Wartość stosunku sumy węglowodanów do azotu ogólnego u grochu była również prawie stała w obu doświadczeniach i wynosiła ok. 4 (ryc. 5 i 6). Najszerszym stosunkiem C : N, dochodzącym do 4,5, charakteryzowały się rośliny szczepione zasilane kwasem glutaminowym, najwęższym — wyraźnie poniżej 4 — rośliny zasilane amoniakiem.

Podobny wpływ amoniaku na kształtowanie się tego stosunku stwierdzono u łubinu. Na zmniejszenie wartości stosunku C : N w łubinie wpływały także wyraźnie aminokwasy środowiska odżywczego, a zwłaszcza kwas glutaminowy. Wartość tego stosunku u roślin zasilanych aminokwasami lub amoniakiem wyraźnie zmniejszała się i wynosiła ok. 3 (ryc. 5 i 7).

Stosowana dolistnie glikoza wpływała na zwiększenie wartości stosunku sumy węglowodanów do azotu ogólnego u obu roślin doświadczalnych. Nastąpiło to szczególnie wyraźnie przy stosowaniu glikozy na rośliny zasilane amoniakiem (ryc. 5).

INTERPRETACJA WYNIKÓW

W wyniku kilkuletnich badań nad zróżnicowanym żywieniem azotowym roślin motylkowych wysunięto sugestię, że toksyczne działanie amoniaku na rośliny jest związane z niewłaściwym stosunkiem C : N w tkankach roślinnych. Natomiast trudno było znaleźć wytłumaczenie, na czym polega różna, dodatnia lub ujemna, reakcja roślin na stosowane aminokwasy jako źródło azotu (29, 30).

Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że ujemny wpływ amoniaku na rośliny wyraził się również niską zawartością

w masie wegetacyjnej węglowodanów i azotu białkowego i równocześnie dość wysoką procentową zawartością azotu ogólnego (29). Ponieważ pod wpływem stosowanej dolistnie glikozy wartości te ulegały zmianie i zawartość organicznych związków azotowych w roślinie wyraźnie wzrastała (tab. 1 i 2, ryc. 1), należałoby wnioskować, że właściwa synteza białek i aminokwasów przy obfitym dopływie jonów amonowych jest uzależniona od odpowiedniego poziomu węglowodanowego.

Ten nieodpowiedni zasób węglowodanów do ilości pobranego azotu przez szczepione rośliny motylkowe zasilane amoniakiem najlepiej charakteryzuje wartość stosunku węglowodanów do azotu ogólnego w masie wegetacyjnej. Jest on bowiem wyjątkowo niski u roślin zasilanych amoniakiem, natomiast znacznie wzrasta po dolistnym zastosowaniu glikozy (ryc. 5).

Wzrost wartości stosunku C : N obserwowany u roślin wszystkich serii po dodaniu glikozy, wynikał nie tylko z bezpośredniego podwyższenia zawartości węglowodanów w masie wegetacyjnej roślin, ale z przemian zachodzących zarówno w gospodarce węglowodanowej, jak i metabolizmie związków azotowych. Podniesienie bowiem poziomu węglowodanowego w roślinie wpływało również korzystnie na syntezę aminokwasów i białek, a w wyniku tego procesu na zwiększone gromadzenie tych związków (ryc. 1).

Obserwacje te potwierdzają w pewnym stopniu badania Van Schrewena (21), Hopkinsa (7), Kwasnikowa i innych (8, 9), którzy stwierdzili, że intensywne wykorzystania azotu atmosferycznego przez szczepione rośliny motylkowe jest związane z wysoką zawartością cukru w ich tkankach.

Aminokwasy stosowane jako źródło azotu nie powinny wpływać na zmianę stosunku C : N w roślinie, ponieważ aminokwas, jak wiadomo, jest jednocześnie źródłem azotu i węgla dla rośliny. Jednakże różna reakcja grochu i łubinu na aminokwasy znalazła bardzo wyraźne odbicie nie tylko w procesie nagromadzania białek i cukrów w masie wegetacyjnej, ale także w kształtowaniu się wzajemnego stosunku węglowodanów do azotu ogólnego u tych roślin (ryc. 4, 6 i 7). Również Miettinen (14) stwierdził, że stosowana glicyna, wywołująca zmiany morfologiczne u *Oenanthe aquatica*, wpływa nie tylko na przemiany azotowe w roślinie, ale także na gospodarkę węglowodanową. Mianowicie rośliny znajdujące w pożywce glicynę były uboższe w węglowodany rozpuszczalne, a zawierały więcej celulozy.

Natomiast u łubinu, który wprawdzie nie wykazywał wyraźnych zmian morfologicznych, ale ujemnie zareagował na aminokwasy, obecność tych związków, a zwłaszcza kwasu glutaminowego w środowisku

cukrów prostych redukujących do azotu ogólnego u grochu ulegała bardzo nieznacznym wahaniom (ryc. 5 i 6). U roślin, zarówno szczepionych, jak i nie szczepionych, niezależnie od form stosowanego związku azotowego (mineralnego lub organicznego) stosunek ten był prawie stały i jego wartość wahała się ok. 0,3.

Natomiast u łubinu był on zależny od formy związku azotowego, z jakiego rośliny korzystały. U roślin korzystających równocześnie z azotu atmosferycznego i mineralnego albo wyłącznie z atmosferycznego czy wyłącznie z mineralnego stosunek ten był szeroki i wynosił ok. 0,5. U roślin szczepionych i nie szczepionych zasilanych aminokwasami wartość jego spadła do 0,3 (ryc. 7). Zaznaczył się również wpływ glikozy stosowanej dolistnie na pewne zwiększenie wartości tego stosunku u obu roślin doświadczalnych, zwłaszcza zasilanych amoniakiem ryc. 5).

Stosunek sumy węglowodanów do azotu ogólnego. Wartość stosunku sumy węglowodanów do azotu ogólnego u grochu była również prawie stała w obu doświadczeniach i wynosiła ok. 4 (ryc. 5 i 6). Najszerszym stosunkiem C : N, dochodzącym do 4,5, charakteryzowały się rośliny szczepione zasilane kwasem glutaminowym, najwęższym — wyraźnie poniżej 4 — rośliny zasilane amoniakiem.

Podobny wpływ amoniaku na kształtowanie się tego stosunku stwierdzono u łubinu. Na zmniejszenie wartości stosunku C : N w łubinie wpływały także wyraźnie aminokwasy środowiska odżywczego, a zwłaszcza kwas glutaminowy. Wartość tego stosunku u roślin zasilanych aminokwasami lub amoniakiem wyraźnie zmniejszała się i wynosiła ok. 3 (ryc. 5 i 7).

Stosowana dolistnie glikoza wpływała na zwiększenie wartości stosunku sumy węglowodanów do azotu ogólnego u obu roślin doświadczalnych. Nastąpiło to szczególnie wyraźnie przy stosowaniu glikozy na rośliny zasilane amoniakiem (ryc. 5).

INTERPRETACJA WYNIKÓW

W wyniku kilkuletnich badań nad zróżnicowanym żywieniem azotowym roślin motylkowych wysunięto sugestię, że toksyczne działanie amoniaku na rośliny jest związane z niewłaściwym stosunkiem C : N w tkankach roślinnych. Natomiast trudno było znaleźć wytłumaczenie, na czym polega różna, dodatnia lub ujemna, reakcja roślin na stosowane aminokwasy jako źródło azotu (29, 30).

Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że ujemny wpływ amoniaku na rośliny wyraził się również niską zawartością

w masie wegetacyjnej węglowodanów i azotu białkowego i równocześnie dość wysoką procentową zawartością azotu ogólnego (29). Ponieważ pod wpływem stosowanej dolistnie glikozy wartości te ulegały zmianie i zawartość organicznych związków azotowych w roślinie wyraźnie wzrastała (tab. 1 i 2, ryc. 1), należałoby wnioskować, że właściwa synteza białek i aminokwasów przy obfitym dopływie jonów amonowych jest uzależniona od odpowiedniego poziomu węglowodanowego.

Ten nieodpowiedni zasób węglowodanów do ilości pobranego azotu przez szczepione rośliny motylkowe zasilane amoniakiem najlepiej charakteryzuje wartość stosunku węglowodanów do azotu ogólnego w masie wegetacyjnej. Jest on bowiem wyjątkowo niski u roślin zasilanych amoniakiem, natomiast znacznie wzrasta po dolistnym zastosowaniu glikozy (ryc. 5).

Wzrost wartości stosunku C : N obserwowany u roślin wszystkich serii po dodaniu glikozy, wynikał nie tylko z bezpośredniego podwyższenia zawartości węglowodanów w masie wegetacyjnej roślin, ale z przemian zachodzących zarówno w gospodarce węglowodanowej, jak i metabolizmie związków azotowych. Podniesienie bowiem poziomu węglowodanowego w roślinie wpływało również korzystnie na syntezę aminokwasów i białek, a w wyniku tego procesu na zwiększone gromadzenie tych związków (ryc. 1).

Obserwacje te potwierdzają w pewnym stopniu badania Van Schrewena (21), Hopkinsa (7), Kwasnikowa i innych (8, 9), którzy stwierdzili, że intensywne wykorzystania azotu atmosferycznego przez szczepione rośliny motylkowe jest związane z wysoką zawartością cukru w ich tkankach.

Aminokwasy stosowane jako źródło azotu nie powinny wpływać na zmianę stosunku C : N w roślinie, ponieważ aminokwas, jak wiadomo, jest jednocześnie źródłem azotu i węgla dla rośliny. Jednakże różna reakcja grochu i łubinu na aminokwasy znalazła bardzo wyraźne odbicie nie tylko w procesie nagromadzania białek i cukrów w masie wegetacyjnej, ale także w kształtowaniu się wzajemnego stosunku węglowodanów do azotu ogólnego u tych roślin (ryc. 4, 6 i 7). Również Miettinen (14) stwierdził, że stosowana glicyna, wywołująca zmiany morfologiczne u *Oenanthe aquatica*, wpływa nie tylko na przemiany azotowe w roślinie, ale także na gospodarkę węglowodanową. Mianowicie rośliny znajdujące w pożywce glicynę były uboższe w węglowodany rozpuszczalne, a zawierały więcej celulozy.

Natomiast u łubinu, który wprawdzie nie wykazywał wyraźnych zmian morfologicznych, ale ujemnie zareagował na aminokwasy, obecność tych związków, a zwłaszcza kwasu glutaminowego w środowisku

odżywczym, wpływała na obniżenie zawartości wszystkich oznaczanych cukrów. Interesujące jest, że te same aminokwasy stosowane pod groch wywołują, w porównaniu z roślinami kontrolnymi, wzbogacenie grochu w węglowodany (ryc. 4). W związku z tym stosunek C : N u roślin zasilanych aminokwasami, zwłaszcza kwasem glutaminowym, jest różny, niski dla łubinu — poniżej 3, wysoki dla grochu — powyżej 4 (ryc. 6 i 7). Można z tego wnosić, że wysokość stosunku węglowodanów do azotu jest związana z wykorzystaniem zastosowanej formy azotu przez roślinę.

Niezrozumiały może się wydawać fakt, że łubin szczepiony zasilany aminokwasami charakteryzował węższy stosunek C : N niż łubin rosnący w warunkach sterylnych (ryc. 7). Wiadomo bowiem, że ujemna reakcja roślin na aminokwasy wystąpiła wyraźniej u roślin nie szczepionych niż u szczepionych (30).

Niższa wartość stosunku węglowodanów do azotu ogólnego u szczepionego łubinu zasilanego aminokwasami była prawdopodobnie związana z naruszeniem równowagi pomiędzy gospodarką azotową a węglowodanową w roślinie. Istnieje bowiem ścisła zależność pomiędzy tymi procesami (4, 16, 18, 25). Szczepiony łubin zasilany aminokwasami był bardzo dobrze zaopatrywany w azot, dzięki czemu wykazywał najwyższą zawartość procentową białka w liściach (tab. 4). Równocześnie ujemna reakcja łubinu na stosowane aminokwasy wyrażała się w mniej intensywnie zielonej barwie liści, a więc w mniejszej zawartości w nich chlorofilu. Wpłynęło to na pewne zahamowanie procesu fotosyntezy, a więc na niską produkcję węglowodanów (tab. 8). Tak więc różna intensywność syntezy białek i węglowodanów w roślinach podziałała na obniżenie wartości stosunku C : N w ich tkankach.

Uzyskane zatem na podstawie analiz chemicznych wyniki dotyczące zawartości związków azotowych oraz węglowodanów w masie wegetacyjnej roślin wskazują na to, że istnieje związek pomiędzy rozwojem roślin a stosunkiem C : N w ich tkankach. Rośliny osiągające najszerszy stosunek C : N (powyżej 4) charakteryzowały się najbujniejszym wzrostem i najwyższym plonem masy wegetacyjnej. Natomiast najwęższy stosunek C : N (poniżej 3) występował u roślin wykazujących zakłócenia we wzroście i rozwoju (29, 30).

Ponadto badania chemiczne potwierdziły różną reakcję roślin motylkowych na zasilanie ich azotem związanym. Wyjątkowo korzystny wpływ, zarówno mineralnych związków azotu, jak i aminokwasów na rośliny g r o c h u, wyraził się w intensywniejszym gromadzeniu białek oraz wysokim poziomie węglowodanów w ich masie wegetacyjnej. Natomiast u ł u b i n u, który okazał się rośliną raczej przystosowaną

do korzystania z azotu wiązanego symbiotycznie, w przypadku wykluczenia możliwości korzystania z azotu atmosferycznego wystąpiło pewne zahamowanie syntezy białek i węglowodanów, co uwidoczniło się w zmniejszonym plonie tych związków (ryc. 2 i 3).

WNIOSKI

1. Mineralne związki azotowe w różny sposób wpływały na zawartość azotu białkowego i aminowego u szczepionych roślin motylkowych. Azotan amonu podwyższał ilość tych związków, natomiast amoniak — obniżał. W podobny sposób kształtował się też na ogół wpływ mineralnych związków azotowych na zawartość węglowodanów w masie wegetacyjnej badanych roślin.

2. Rośliny grochu i łubinu zasilane różnymi formami azotu mineralnego i otrzymujące dolistnie glikozę wykazywały zwiększenie zawartości organicznych połączeń azotowych, węglowodanów, a także zwiększenie wartości stosunku C : N. Szczególnie wyraźnie zaznaczyło się to u roślin żywionych amoniakiem.

3. Aminokwasy u wszystkich badanych roślin zwiększały zawartość azotu białkowego i aminowego w większym stopniu niż najlepiej działająca forma azotu mineralnego — azotan amonu. Natomiast ich wpływ na zawartość węglowodanów był u poszczególnych roślin różny, a mianowicie: dodatni u grochu, ujemny zaś u łubinu. Poza tym u roślin szczepionych zaznaczyło się większe nagromadzenie związków azotowych i węglowodanów niż u nie szczepionych.

4. Wartość stosunku węglowodanów do azotu ogólnego (C : N) była bardzo ściśle skorelowana z reakcją roślin na stosowane związki azotowe. Była ona niska w przypadku roślin o zakłóconym wzroście i rozwoju, wysoka natomiast u roślin dobrze rozwijających się.

5. Wysokość stosunku C : N może być wskaźnikiem zależności między procesami syntezy związków azotowych i węglowodanów w roślinach motylkowych.

PIŚMIENNICTWO

1. Bielińska M., Zielińska Z.: Wpływ różnego poziomu odżywiania na zawartość węglowodanów i azotu w liściach młodych drzew jabłoni. RNR, seria A, t. 71, z. 4, 1955.
2. Bielińska M.: Studia nad zawartością azotu i węglowodanów w liściach i pędach jabłoni przemiennie owocujących. RNR, seria A, t. 75, z. 3, 1957.
3. Cerling W. W. i współprac.: Issledowanija obmiena azota rastienij w zawisimosti od wozrasta, doz i srokow wniesienija udobrienij s ispolzowanijem izotopa N^{15}. Fizjoł. Rast., vol. 4, nr 1, 1957.
4. Chibnall A. C.: Metabolizm białek w roślinie. PWR i L. Warszawa 1952.

5. Duchaufour P.: Un cas de carence azotée de l'épicéa décelée par le diagnostic foliaire. Rev. Forest., nr 2, 1957.
6. Gorbaczowa A. P.: Izmienienija sostawa azotistych wieszczestw kormowych traw pri ich wiegietacji. Dokł. A. Sielschoz., nr 5, 1956.
7. Hopkins E. W.: The Effect of Long and Short Day and Shading on Nodule Development and Composition of the Soybean. Soil Science, vol. 39, 1935.
8. Krasnikow B. W., Dołgich S. T.: Znaczenije assimilacjonnoho apparata i korniewoj sistiemy dla wosprimcziwosti boboho rastienija w kłubienkowym baktierijam. Mikrobioł., vol. 24, nr 2, 1955.
9. Krasnikow B. W., Dołgich S. T., Lebiediancewa O. N.: Sodierżanije uglewodow i azota u sortow owoszcznoho gorocha i fasoli, rozliczajuszczichsja po intiensiwnosti obrazowanija kłubienkow. Mikrobioł., vol. 27, nr 5, 1958.
10. Mac Kay D. C., Leefe J. S.: Optimum Leaf Levels of Nitrogen, Phosphorus and Potassium in Sweet Corn and Snop Beans. Canad. J. Plant Sci., vol. 42, 1962.
11. Mc Kee H. S.: Nitrogen Metabolism in Leaves. Encyclop. of Plant Physiol., vol. VIII, Berlin 1958.
12. Michael G., Blume B.: Über den Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Eiweisszusammensetzung des Gerstenkornes. Z. Pfl. Ernähr. Düng., vol. 88, 1960.
13. Michael G., Blume B., Faust H.: Die Eiweissqualität von Körnern verschiedener Getreidearten in Abhängigkeit von Stickstoffversorgung und Entwicklungszustand. Z. Pfl. Ernähr. Düng., vol. 92, 1961.
14. Miettinen J. K., Waris H.: A Chemical Study of the Neomorphosis Induced by Glycine in *Oenanthe aquatica*. Physiol. Plantarum, vol. 11, 2, 1958.
15. Nelson N.: J. Biol. Chem., vol. 153, 375, 1944.
16. Niezgoworowa Ł. A.: Wlijanije azotnogo pitanija rastienij na tiemnowuju fiksaciju CO_2 listjami. Fizjoł. Ras., vol. 3, 4, 1957.
17. Okinaga T., Sasaki S., Takagi Y.: Physiological Studies on the Nitrogen Nutrition of *Larix Kaempferi* Sargent Seedlings I. Effects of Fertilized Nitrogen Levels on the Seasonal Changes in Contents of Various Nitrogenous and Carbohydrate Fractions in One-Year Old *Larix* Seedings. B. Gov. F. Exp. St., nr 88, 1956.
18. Orcutt F. S., Wilson P. W.: The Effect of Nitrate-Nitrogen on the Carbohydrate Metabolism of Inoculated Soybeans Soil Sc., vol. 39, 1935.
19. Pietinow N. S., Razmajew I. I.: Posledjejstwije wysokich tiempieratur na dinamiku sodierżanija niebiełkowych form azota w rastienijach. Izw. A. N. SSSR. Sier. Biołog., nr 4, 1961.
20. Ranjan S. i współprac.: Effect of Phosphorus Deficiency on the Metabolic Changes in Free Amino-Acids in Certain Leguminous Crop Plants. Nature, vol. 193, nr 4819, 1962.
21. Schreven D. A. Van: Effects Added Sugars and Nitrogen on Nodulation of Legumes. Plant a. Soil., 5, 1959.
22. Schubert J.: Veränderungen in Stickstoffhausholt während der Entwicklung der Früchte *Tilia cordata* Mill. Arch. f. Forstwesen, vol. 10, nr 4—6, 1961.
23. Schuphan W.: Der Einfluss einer steigenden N Düngung auf den Gehalt an essentiellen Aminosäuren und auf die biologische Eiweisswertigkeit von Kartoffeln. Z. Pfl. Ernähr. Düng. Bodenk., vol. 86, nr 1, 1959.

24. Sideris C. P., Krauss B. H., Young H. Y.: Distribution of Different Nitrogen Fractions, Sugars and other Substances in Various Sections of the Pineapple Plant Grown in Soil Cultures and Receiving either Ammonium or Nitrate Salts. Plant Physiol., vol. 14, nr 2, 1939.
25. Sideris C. P., Young H. Y.: Effects of Nitrogen on Chloropyn Acidity, Ascorbic Acid, and Carbohydrate Fractions of *Ananas conosus*. Plant. Physiol., vol. 22, 1947.
26. Sparmann G.: Biochemische Untersuchungen über Vernalisation und Blütenbildung der Gerste. Planta, vol. 57, 1961.
27. Spier H. W., Pascher G.: Zur quantitativen Mikroanalyse freier Aminosäuren mittels einfachen Cu- Komplexmethode. Hoppe- Seylers Z. für Physiol. Chem., vol. 296, 1954.
28. Subbotina N. W.: Wlijanije zawiadanija na priewraszczenije azotistych wieszczestw w listjach. Fizjoł. Rast., vol. 9, nr 1, 1962.
29. Uziak Z.: Wykorzystanie azotu nieorganicznego lub organicznego przez rośliny motylkowe przy różnym stosunku C : N w roślinach. Cz. I. Wpływ glikozy stosowanej dolistnie na wykorzystanie azotu mineralnego i mocznika przez niektóre rośliny motylkowe. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio E, vol. XIX (1964), 8, Lublin 1966.
30. Uziak Z.: Wykorzystanie azotu nieorganicznego lub organicznego przez rośliny motylkowe przy różnym stosunku C : N w roślinach. Cz. II. Aminokwasy jako źródło azotu dla niektórych motylkowych, Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio E, vol. XIX, (1964), 23, Lublin 1966.
31. Wildman S. G., Jagendorf A.: Leaf Proteins. Annual Rev. Plant Physiol., vol. 3, 1952.
32. Wilson D. B., Peake R. W.: Seasonal Yield and Nitrogen Content of three Grasses Grown Singly and in Mixtures. Canad. J. Agric. Sci., vol. 36, 1956.
33. Winokur R. L.: Azotnyj obmien w rastienijach tykwy w zawisimosti ot tiempieratury kornieopitajemoj sriedy Fizjoł. Rast., vol. 10, nr 3, 1963.
34. Yemm E. W.: The Cytoplasmic and Chloroplastic Proteins of Barley. Biochemic J., vol. 49, 1951.

РЕЗЮМЕ

На основании многолетних исследований над азотным питанием бобовых растений установлены различия в реакции растений на различные формы минерального и органического азота. В связи с этим был выдвинут вопрос о том отражается ли положительная или отрицательная реакция растений в синтезе аминокислот, белков и углеводов, т.е. характеризуется ли она соответствующим соотношением C : N. Настоящая работа посвящена этим вопросам.

Опыты проведены на двух группах растений. В первом варианте изучалось влияние глюкозы на привитые бобовые растения, обеспеченные минеральными соединениями азота. Влияние аминокислот, одновременно употребляемых в качестве источника углерода и азота, на привитые и не привитые бобовые растения изучалось во втором варианте.

Анализы проводились на растениях гороха и люпина, так как в первую очередь эти растения характеризовались различной реакцией на разные формы азотного питания.

На основании полученных результатов можно заключить, что минеральные азотные соединения различным образом влияют на содержание белкового и аминокислотного азота у привитых бобовых растений. Нитрат аммония вызывал снижение, а аммиак повышение содержания этих соединений. Подобная закономерность отмечена также и относительно влияния минеральных азотных соединений на содержание углеводов в зеленой массе растений.

Применение аминокислот вызывает повышение аккумуляции белкового и аминного азота у люпина и гороха по сравнению с действием нитрата аммония. Влияние аминокислот на содержание углеводов было положительным у гороха и отрицательным у люпина.

Кроме того установлено, что между соотношением углеводов к общему азоту (C : N) и реакцией растений на применяемые азотные соединения существует корреляция. Эта корреляция хорошо выражена (выше четырех) у растений хорошо развивающихся (горох), и низкая (ниже трех) у растений с нарушенным ростом и развитием (люпин). Таким образом, имеются все основания для того, чтобы величину отношения C : N принять в качестве показателя нормального развития растений.

SUMMARY

Investigations on nitrogen nutrition of leguminous plants, carried out over an extensive period of time, resulted in finding a different (either positive or negative), reaction of plants to various forms of mineral or organic nitrogen. In this connection the question was raised whether that different reaction of plants was also reflected in the synthesis of amino acids, proteins and carbohydrates, i.e., in the relation of C : N. An attempt to answer this question is the subject of this paper.

The investigations were carried out on plant material from two experimental groups. The first series of experiments concerned the effect of glucose on inoculated leguminous plants supplied with mineral nitrogen compounds. The influence of amino acids, being simultaneously a source of nitrogen and carbon, on inoculated and not inoculated leguminous plants was the object of the second group of experiments.

For estimation only pea and lupine plants were considered because chiefly those plants reacted differently to nitrogen nutrition.

It was found that mineral nitrogenous compounds affected the content of albuminous and amino nitrogen in inoculated leguminous plants in various ways. Ammonium nitrate increased the number of these compounds and ammonium decreased it. On the whole, the effect of mineral nitrogenous compounds on the content of carbohydrates in the vegetative plants mass was similar.

The use of amino acids, however, caused, both in pea and lupine, a bigger accumulation of albuminous and amino nitrogen than the most effective form of mineral nitrogen -- ammonium nitrate. The influence of amino acids on the content of carbohydrates was different in both plants: positive in pea and negative in lupine.

Moreover, it was found that the ratio of carbohydrates to total nitrogen (C : N) was closely correlated with the reaction of plants to nitrogen compounds used. It was low (below 3) in case of disturbed growth and development of plants (lupine), but it was high (above 4) in plants well developing (pea). Thus the value of the C : N ratio can be an index of harmonious plant metabolism.

Papier druk. sat. III kl. 80 g
Annales UMCS Lublin 1965
1100 + 125 egz. L-3

Format 70 × 100
LZGraf. im. PKWN, Lublin, Unicka 4
Manuskrypt otrzymano 16.VIII.65

Druku str. 25
Zam. 3529. 16.VIII.65
Data ukończenia 18.VI.66