

Edward BOROWSKI, Zbyszek BLAMOWSKI,
Zofia UZIĄK

**Wpływ form azotu na kształtowanie się składu jonowego
i zawartości wolnych aminokwasów w roślinach
rzepaku i kukurydzy***

The Influence of Nitrogen Forms on the Formation of Ionic Composition
and the Content of Free Amino-Acids in the Rape and Maize Plants

Wcześniejsze badania (16) wykazały właściwy wzrost kukurydzy korzystającej zarówno z azotu azotanowego, jak i amonowego. Rzepak natomiast wyraźnie negatywnie reagował na żywienie wyłącznie azotem amonowym. Przyczyny zahamowania wzrostu różnych gatunków roślin (rycynus, fasola, pomidory, gorczyca) pod wpływem $N-NH_4$ nie są do końca poznane. Wielu autorów (3, 4, 12) uważa, że związane jest to z zakwaszeniem środowiska odżywczego podczas pobierania NH_4^+ . Prace jednakże innych badaczy (7, 11, 15) dowodzą, iż zahamowanie wzrostu roślin pod wpływem $N-NH_4^+$ obserwowano także przy pH utrzymywanym na stałym poziomie.

Żywienie azotem amonowym obniża w roślinach zawartość kationów, a także anionów organicznych (2, 9, 13, 15, 18). Substancje te natomiast zgromadzone w wakuolach komórek są według Chailou et al. (5) podstawowymi osmotykami odpowiedzialnymi za utrzymanie właściwego ciśnienia turgorowego w roślinach. W przypadku niskiej zawartości kationów i anionów organicznych w komórkach ich funkcje przejmują aminokwasy. Wiąże się to z wyłączeniem tych związków z procesów biosyntezy białka, co powoduje zahamowanie wzrostu roślin.

Ponieważ zdania odnośnie słuszności tej hipotezy są podzielone (14) w przedstawionych badaniach starano się prześledzić oddziaływanie form azotu na zawartość kationów i anionów oraz wolnych aminokwasów w roślinach odmiennie reagujących na żywienie $N-NH_4^+$.

* Praca wykonana w ramach C. P. B. P. 05. 02. 05.

MATERIAŁ I METODY

Obiektem badań był rzepak jary odmiany Warszawski (*Brassica napus* L. var. *oleifera* f. *annua* Thel.) oraz kukurydza KWS-151F (*Zea mays* L. ssp. *indurata*). Nasiona wysiewano do skrzynek wypełnionych przemytym i wyprażonym piaskiem, zwilżonym wodą destylowaną. Po wykiełkowaniu siewki rzepaku w fazie pierwszej pary liści właściwych, a kukurydzy po otwarciu się pochewki liściowej przenoszono do 11 pojemników napełnionych pożywką azotanową lub amonową. Skład zastosowanych pożywek był następujący: a) pożywka azotanowa: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ - 2,88 mM, KNO_3 - 1,48 mM, KH_2PO_4 - 1,60 mM, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,80 mM, $\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ - 0,50 mM, b) pożywka amonowa: $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \times 3\text{H}_2\text{O}$ - 2,38 mM, K_2SO_4 - 1,19 mM, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ - 1,60 mM, $\text{CaCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ - 2,50 mM. Ponadto obie pożywki zawierały w 1 l 10 cm³ 1% roztworu cytrynianu żelaza oraz 1 cm³ roztworu A-Z.

Rośliny rosły w komorze klimatyzacyjnej z temperaturą otoczenia 25°C w dzień i 20°C w nocy, wilgotnością względną powietrza 65%, natężeniem światła 38 $\mu\text{E} \times \text{m}^{-2} \times \text{s}^{-1}$ (w zakresie PAR) przy długości dnia 16 godzin. Pożywka była codziennie przewietrzana i po upływie 7 dni wymieniana. Kwasowość pożywki utrzymywano na poziomie pH 6 przy pomocy 0,1 n HCl lub 0,1 n NaOH. Przedstawione wyniki badań są średnimi uzyskanymi w dwu oddzielnych doświadczeniach.

W jednym z nich określono wpływ formy N na plon roślin oraz stan ich równowagi jonowej. Po 28 dniach wzrostu rośliny ścięto i po wysuszeniu w temperaturze 105°C określono suchą masę części nadziemnych i korzeni. Uzyskane dane dotyczące średniego plonu z wazonu poddano analizie statystycznej określając najmniejszą udowodnioną różnicę (NUR) przy $p=0,05$. W suchym materiale roślinnym określono zawartość K^+ i Ca^{++} metodą fotopłomieniową zaś NO_3^- przy użyciu kwasu fenylosulfonowego, H_2PO_4^- - wanadomolibdenianu, NH_4^+ - odczynnika Nesslera, Mg^{++} - żółci tytanowej. Dla określenia ilości pozostałych anionów nieorganicznych próbkę materiału ekstrahowano 2% CH_3COOH z dodatkiem węgla aktywowanego. W otrzymanym wyciągu oznaczono zawartość Cl^- i SO_4^{--} nefelometrycznie przy użyciu AgNO_3 i BaCl_2 . Ilość anionów organicznych określono metodą pośrednią zaproponowaną przez Egmonda (8), jako różnicę pomiędzy sumą kationów (K) i anionów nieorganicznych (A) (tab. 2).

W drugim natomiast doświadczeniu określono wpływ formy N na zawartość wolnych aminokwasów białkowych w biomasie liści i korzeni, a także zawartość tych aminokwasów w soku płaczu roślin i soku gutacyjnym. W tym celu w komorze vegetacyjnej, w której hodowano rośliny w warunkach analogicznych jak w poprzednim doświadczeniu, podwyższono wilgotność względną powietrza do około 95%. Po okresie 24 godzin przy pomocy strzykawek lekarskich zbierano roztwór wydalany z liści w procesie guttacji. Zbieranie eksudatów prowadzono przez 72 godziny w miarę pojawienia się kropeł cieczy. Natomiast sok płaczu roślin zbierano po ścięciu części nadziemnej i nałożeniu na szyjkę korzeniową rurek gumowych o długości ok. 1 cm. Zgromadzony w rurkach płyn zbierano przy pomocy strzykawek.

Wolne aminokwasy zawarte w biomasie liści i korzeni ekstrahowano z materiału roślinnego przy pomocy 70% etanolu z dodatkiem norleucyny. Po odparowaniu ekstraktu do sucha pozostałość rozpuszczano w 10 cm³ buforu cytrynianowego. Oznaczeń aminokwasów w soku gutacyjnym, soku płaczu, a także w ekstrakcie z materiału roślinnego dokonano przy użyciu automatycznego analizatora aminokwasów (typ 339 produkcji czechosłowackiej).

WYNIKI

PLONY ROŚLIN

Zastosowana forma azotu wywarła istotny wpływ na produktywność roślin rzepaku (tab. 1). Rośliny bowiem żywione azotem azotanowym wydały średnio 3-krotnie wyższy plon części nadziemnych i korzeni niż rośliny żywione azotem amonowym. Plon natomiast roślin kukurydzy żywionej wyłącznie N-NH_4 był tylko o 6% niższy niż roślin żywionych N-NO_3 . Amonowa forma azotu szczególnie mocno hamująco wpływała na przyrost masy korzeni rzepaku, stąd stosunek części nadziemnych do korzeni przyjmował u tych roślin znacznie wyższą wartość niż u roślin żywionych azotanami. Wartość omawianego stosunku u roślin kukurydzy korzystającej z N-NO_3 lub N-NH_4 była zbliżona (tab. 1).

Tab. 1. Wpływ formy azotu na wysokość plonów i stosunek części nadziemnych do korzeni roślin rzepaku i kukurydzy

The influence of nitrogen forms on the size of the yield and the proportion of the above-ground parts to the roots of rape and maize

Roślina	Forma N	Śr. plon s. m. 1 rośliny (g)			NUR przy p = 0,05	Stosunek części nadz. do korzeni
		części nadz.	korzenie	całość		
Rzepak	NO ₃ ⁻	1,28	0,30	1,58	0,285	4,27
	NH ₄ ⁺	0,52	0,07	0,59		7,43
Kukurydza	NO ₃ ⁻	2,82	1,17	3,98	0,421	2,40
	NH ₄ ⁺	2,68	1,05	3,73		2,55

SKŁAD JONOWY ROŚLIN

Zastosowane w badaniach formy azotu wywierały różny wpływ na skład jonowy obu roślin doświadczalnych (tab. 2). Rośliny rzepaku żywione azotem azotanowym zawierały w biomasie części nadziemnych i korzeni znacznie więcej kationów, zwłaszcza Ca⁺⁺ i K⁺, a mniej anionów nieorganicznych niż rośliny żywione wyłącznie azotem amonowym. Żywienie N-NH₄ wpływało na znacznie większe nagromadzenie anionów Cl⁻ i H₂PO₄⁻ w biomasie liści oraz anionów Cl⁻ i SO₄⁻ w biomasie korzeni. Łączna zatem zawartość kationów (NH₄⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺) była w roślinach rzepaku żywionych azotanami o około 30% wyższa niż u roślin korzystających z N amonowego. Odwrotnie zaś łączna zawartość anionów w tych roślinach była o około 50% niższa niż przy żywieniu N-NH₄. Tak duży wpływ formy podanego azotu na pobieranie kationów i anionów przez rzepak bardzo wyraźnie zróżnicował zawartość anionów organicznych, określoną jako różnicę pomiędzy sumą nagromadzonych kationów i anionów nieorganicznych (K - A nieorg.). Wyniki zamieszczone w tabeli 2 wskazują, że rzepak korzystający z N-NO₃ zawierał w częściach nadziemnych blisko 6-krotnie, a w korzeniach 3-krotnie więcej anionów organicznych (R-COO⁻) niż rośliny zaopatrywane w N-NH₄.

Wpływ zastosowanych form azotu na skład jonowy roślin kukurydzy był niewielki, jednakże rośliny żywione azotanami pobierały więcej jonów Ca⁺⁺ niż korzystające z N-NH₄; różnice te w sumie nagromadzonych kationów zostały zniwelowane przez większe pobieranie kationów K⁺ pod wpływem jonów amonowych. W sumie pobranych anionów nieorganicznych u kukurydzy w częściach nadziemnych przeważały jony Cl⁻, w korzeniach zaś wartości uzyskane dla Cl⁻ i SO₄⁻ były zbliżone. Zróżnicowanie w zawartości anionów u roślin korzystających z odmiennych źródeł azotu było niewielkie. W rezultacie więc różnice w nagromadzeniu kationów i anionów pomiędzy roślinami korzystającymi z N-NO₃ i N-NH₄ były znikome, stąd też zawartość anionów organicznych (R-COO⁻) była zbliżona (tab. 2).

ZAWARTOŚĆ WOLNYCH AMINOKWASÓW W ROŚLINACH

Zawartość wolnych aminokwasów białkowych w soku płaczu roślin zależała od gatunku rośliny i formy zastosowanego azotu (tab. 3). Rośliny rzepaku, niezależnie od formy N w pożywce wydzielały sok, w którym było blisko 3-krotnie wyższe stężenie aminokwasów

Tab. 2. Wpływ formy azotu na skład jonowy części nadziemnych i korzeni rzepaku i kukurydzy (me/100 g. suchej masy)
 The influence of nitrogen forms on the ionic composition of the above-ground parts and the roots of rape and maize (me/100 g of dry mass)

Roślina	Forma N	kationy K				aniony A				suma		K-A nieorganiczne
		NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺	Mg ⁺⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	kationów	anionów	
	części nadziemne											
Rzepak	NO ₃ ⁻	1,7	139,1	117,3	26,7	8,6	9,4	26,6	28,9	284,8	73,5	211,3
	NH ₄ ⁺	16,2	119,0	41,6	19,8	-	18,7	108,4	32,2	196,6	159,3	37,3
Kukurydza	NO ₃ ⁻	3,1	54,8	42,2	23,4	4,4	4,8	25,1	4,9	123,5	39,2	84,3
	NH ₄ ⁺	7,7	65,6	26,1	19,2	-	7,2	34,4	6,2	118,6	47,8	70,8
	korzenie											
Rzepak	NO ₃ ⁻	0,6	55,1	57,2	8,4	6,4	8,8	7,8	8,2	121,3	31,2	90,1
	NH ₄ ⁺	7,4	49,6	28,8	7,7	-	4,8	28,1	27,9	93,3	60,8	32,7
Kukurydza	NO ₃ ⁻	1,9	11,5	29,4	13,1	8,8	4,2	9,8	10,1	55,9	32,9	23,0
	NH ₄ ⁺	7,8	18,6	17,2	16,8	-	3,3	16,9	18,2	60,4	38,4	22,0

niż w soku kukurydzy. Zawartość przy tym aminokwasów u obu roślin żywionych $N-NH_4$ była około 2-krotnie wyższa niż przy żywieniu $N-NO_3$.

Ilość wolnych aminokwasów białkowych w soku guttacyjnym kukurydzy była średnio 5-krotnie, a w rzepaku 10-15-krotnie mniejsza niż w soku płaczu. Forma zastosowanego azotu praktycznie nie wywierała wpływu na zawartość wolnych aminokwasów w soku guttacyjnym kukurydzy, jedynie wyraźniej zwiększała się pod wpływem żywienia $N-NH_4$ ilość glutaminy i alaniny. Wpływ form azotu na zawartość analizowanych aminokwasów u rzepaku był bardziej zróżnicowany. Żywienie $N-NO_3$ zwiększało zawartość argininy, leucyny, izoleucyny, waliny, glicyny i metioniny, ilość natomiast pozostałych analizowanych aminokwasów była wyższa przy żywieniu $N-NH_4$.

W soku płaczu roślin i soku guttacyjnym stwierdzono obecność 15 aminokwasów białkowych i 1 amidu (glutamina). W badanych płynach w największych ilościach występowała glutamina oraz hydroksyprolina, seryna i alanina. Więcej wolnych aminokwasów było w soku płaczu i soku guttacyjnym roślin rzepaku żywionego amonową formą azotu (tab. 3).

Tab. 3. Wpływ żywienia azotanowego i amonowego na stężenie wolnych aminokwasów białkowych w soku guttacyjnym (a) i soku płaczu (b) roślin kukurydzy i rzepaku ($\mu g \cdot ml^{-1}$)
The influence of nitric and ammonium feeding on the concentration of free albuminous aminoacids in the glutative juice (a) in the exudate (b) in maize and rape ($\mu g \cdot ml^{-1}$)

Aminokwas	Kukurydza				Rzepak			
	N- NO_3		N- NH_4		N- NO_3		N- NH_4	
	a	b	a	b	a	b	a	b
Glutamina	0,53	3,70	0,75	4,07	0,54	5,72	0,87	13,01
Kwas glutaminowy	0,14	1,08	0,15	0,69	0,11	1,16	0,28	1,90
Hydroksyprolina	0,41	1,26	0,45	3,21	0,49	3,96	0,57	9,26
Treonina	0,05	0,18	0,07	0,28	0,05	0,49	0,13	1,05
Seryna	0,16	0,60	0,20	1,32	0,21	1,52	0,31	3,66
Glicyna	0,10	0,38	0,10	0,68	0,10	1,03	0,07	2,29
Alanina	0,18	0,60	0,27	1,24	0,20	2,37	0,33	3,89
Walina	0,05	0,12	0,05	0,29	0,05	0,49	0,03	0,80
Metionina	0,03	0,12	0,04	0,21	0,03	0,30	0,02	0,70
Izoleucyna	0,06	0,22	0,08	0,40	0,06	0,70	0,04	1,07
Leucyna	0,05	0,12	0,04	0,21	0,06	0,50	0,03	0,89
Tyrozyna	0,10	0,23	0,11	0,62	0,07	1,02	0,16	1,49
Fenylalanina	0,07	0,19	0,09	0,45	0,08	0,86	0,14	1,24
Lizyna	0,14	0,49	0,16	0,81	0,15	1,42	0,19	2,25
Histydyna	0,07	0,26	0,10	0,41	0,09	0,90	0,14	1,62
Arginina	0,06	0,17	0,06	0,42	0,06	0,72	0,04	0,98
Suma	2,20	9,72	2,72	15,31	2,35	23,20	3,35	46,10

Różna reakcja rzepaku i kukurydzy na żywienie azotanowe i amonowe uwidoczniła się także w odmiennych ilościach wolnych aminokwasów białkowych zawartych w liściach i korzeniach (tab. 4). Więcej aminokwasów zawierała biomasa rzepaku żywionego amonową formą azotu. Zawartość tych związków w liściach była 30-krotnie, a w korzeniach 3-krotnie większa niż przy żywieniu azotanowym.

Ilość wolnych aminokwasów w biomase kukurydzy, niezależnie od formy azotu, z jakiej korzystały rośliny, była wyraźnie niższa niż w rzepaku. Kukurydza, podobnie jak rzepak, w warunkach żywienia N-NH₄ zawierała w swoich organach więcej tych związków niż na pożywce azotanowej. Szczególnie dużo aminokwasów stwierdzono w korzeniach kukurydzy, gdzie stężenie ich było 40 razy wyższe niż w korzeniach roślin korzystających z pożywki azotanowej.

Tab. 4. Wpływ żywienia azotanowego i amonowego na zawartość wolnych aminokwasów białkowych ($\mu\text{g} \times \text{g}^{-1}$ św. masy) w liściach i korzeniach rzepaku i kukurydzy
The influence of nitric and ammonium feeding on the content of free albuminous aminoacids ($\mu\text{g} \times \text{g}^{-1}$ of fresh mass) in the leaves and roots of rape and maize

Aminokwas	Kukurydza				Rzepak			
	N-NO ₃		N-NH ₄		N-NO ₃		N-NH ₄	
	liście	korzenie	liście	korzenie	liście	korzenie	liście	korzenie
Glicyna	-	-	95,8	91,0	-	32,7	192,8	-
Alanina	24,0	-	189,8	228,8	-	23,4	163,0	32,9
Walina	26,5	-	41,3	-	-	16,3	-	-
Leucyna	-	-	43,5	-	-	59,4	141,5	-
Izoleucyna	47,0	-	64,3	54,8	-	45,5	-	-
Prolina	-	-	-	-	-	-	910,3	-
Hydroksypolina	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenylalanina	53,3	-	67,3	30,5	45,5	48,1	123,5	-
Tyrozyna	34,5	27,6	146,0	44,0	-	69,4	192,8	24,1
Tryptofan	-	-	-	-	-	-	933,3	-
Cystyna + Cysteina	88,0	-	-	-	-	-	177,6	-
Metionina	36,3	-	31,5	-	-	21,1	-	-
Seryna	-	-	165,0	125,0	50,8	46,5	532,2	36,9
Treonina	-	-	52,5	32,5	29,0	40,0	168,8	143,6
Kwas asparaginowy	-	-	-	97,9	27,8	167,3	388,5	-
Asparagina	-	-	-	2179,1	145,5	-	-	303,0
Kwas glutaminowy	-	-	112,5	594,3	129,8	162,0	1853,8	271,6
Glutamina	-	-	564,0	-	-	713,3	6419,6	3864,3
Lizyna	31,0	33,0	124,3	42,8	40,0	76,5	38,8	-
Arginina	37,5	24,6	57,8	-	26,8	43,5	2524,3	-
Histydyna	38,0	-	74,3	-	-	48,6	114,3	-
Suma	416,1	85,2	1829,9	3520,7	495,2	1613,6	14875,1	4676,4

W biomase obu roślin (tab. 4) stwierdzono występowanie 19 wolnych aminokwasów białkowych oraz 2 amidów (glutaminy i asparaginy). Zwraca przy tym uwagę fakt, iż w liściach rzepaku żywnego amonową formą azotu stwierdzono występowanie znacznych ilości proliny i tryptofanu. Aminokwasów tych nie wykryto w tkankach roślin z pozostałych kombinacji doświadczenia. Obecność proliny sygnalizuje, iż prawdopodobnie w rzepaku zaistniała sytuacja stresowa wywołana jonami amonowymi.

DYSKUSJA

Przedstawione badania potwierdziły znany wcześniej fakt niekorzystnego wpływu $N-NH_4$ na wzrost rzepaku i braku ujemnej reakcji kukurydzy na tę formę azotu. Podobnie jak rzepak reagują także rośliny *Ricinus communis* (2), fasoli (5) i pomidorów (10). Przyczyny zahamowania wzrostu roślin korzystających z $N-NH_4$ nie są do końca znane zwłaszcza, że niektóre rośliny a w omawianym przypadku kukurydza takiej reakcji nie wykazuje. Wydaje się, że zahamowanie wzrostu nie może być spowodowane zakwaszeniem środowiska związanym z asymilacją NH_4^+ jak interpretowali to Barker i wsp. (3), Maynard i Barker (12), czy też Breteler (4). W omawianych bowiem badaniach kwasowość pożywki była codziennie kontrolowana i utrzymywana na stałym poziomie wynoszącym pH 6. Doświadczenia przeprowadzane przez Kirkby (11), Coxa i Reisenauer (7), Pill i Lambeth (15) także dowodzą, iż w obniżaniu się pH pożywki przy żywieniu $N-NH_4^+$ nie można upatrywać przyczyn zahamowania wzrostu roślin.

Żywienie azotem amonowym roślin rzepaku obniżało wyraźnie w stosunku do azotanów zawartość kationów zwłaszcza potasu i wapnia i podwyższało około dwukrotnie zawartość anionów nieorganicznych, w tym szczególnie Cl^- . Obserwacje te znajdują potwierdzenie w badaniach, których autorami byli Allen i Smith (2), Maynard i wsp. (13), Pill i Lambeth (15). Trudno jednakże uznać, iż te zmiany w składzie jonowym roślin mogły być przyczyną tak ostrego zahamowania wzrostu roślin korzystających z $N-NH_4$. Na roślinach bowiem nie stwierdzono objawów niedoboru K^+ lub Ca^{++} ani też symptomów nadmiaru Cl^- .

Zmniejszone pobieranie kationów przy jednocześnie zwiększonym pobieraniu anionów spowodowało zmniejszenie syntezy anionów organicznych ($R-COO^-$) w roślinach korzystających z $N-NH_4$. Dla porównania w tych samych warunkach rośliny rzepaku korzystającego z $N-NO_3$ wykazywały blisko 6-krotnie wyższą zawartość $R-COO^-$. Wysoka zawartość anionów organicznych w liściach i korzeniach rzepaku żywionego $N-NO_3$ w przeciwieństwie do $N-NH_4$ mogła warunkować szybkie tempo wzrostu roślin. Z badań de Wita i wsp. (18), Van Tuil (17), Harada i wsp. (9) wynika, iż wysoki poziom tych związków w roślinach jest warunkiem ich intensywnego wzrostu. Rośliny kukurydzy wykazujące zbliżone tempo wzrostu przy obu formach zastosowanego azotu wykazywały też zbliżony poziom anionów organicznych w biomasie.

Zawartość wolnych aminokwasów w obu roślinach żywionych azotem amonowym była wyraźnie wyższa niż przy żywieniu azotanami. Fakt ten znajduje także potwierdzenie w badaniach, przeprowadzonych na rączniku (2), ryżu (1) oraz fasoli (6). Wysoka zawartość wolnych aminokwasów w roślinach korzystających z $N-NH_4$ wynika niewątpliwie z faktu, iż forma ta nie wymaga uprzedniej redukcji, lecz jest bezpośrednio łączona z ketokwasami na cząsteczki aminokwasów. Rośliny natomiast żywione azotanami znaczną część pobranego azotu przemieszczają w niezmienionej formie do części nadziemnych, lokują w wakuolach komórek, a w miarę potrzeby redukują i wiążą do aminokwasów. W związku z tym wydawać by się mogło, że wysoka zawartość wolnych aminokwasów białkowych w roślinach rzepaku żywionego $N-NH_4$ powinna przyczyniać się do sprawnej ich syntezy w cząsteczki białka, powodując w konsekwen-

cji szybki wzrost roślin. Przeprowadzone badania wykazały jednak, iż tak nie jest. Wydaje się więc, że w roślinach tych wyraźnie słabiej przebiega proces biosyntezy białka i dlatego rośliny wykazują bardzo wysoką zawartość wolnych aminokwasów białkowych przy jednocześnie ostrym zahamowaniu wzrostu. Zahamowanie biosyntezy białka wynika prawdopodobnie z niedostatecznej zawartości kationów i anionów organicznych w komórkach, które są głównymi osmotykami odpowiedzialnymi za utrzymanie ciśnienia turgorowego w roślinach. W takich przypadkach jak podaje Chailou i wsp. (5) i Salsac i wsp. (cyt. za 5) ich funkcje przejmują aminokwasy, które automatycznie są wyłączone z przemian prowadzących do syntezy białek.

Na nieprawidłowy przebieg metabolizmu azotowego w roślinach rzepaku żywionych $N-NH_4$ wskazuje obecność znacznych ilości proliny. Jest to bowiem aminokwas sygnalizujący zakłócenia w syntezie związków azotowych. W przypadku kukurydzy nie stwierdzono obecności proliny, co by świadczyło, że tok przemian azotowych przy żywieniu amonowym tej rośliny przebiegał prawidłowo.

PIŚMIENNICTWO

1. Ahmed A. Ali, Motoki Ikeda, Yoshio Yamada: Absorption, translocation and assimilation of ammonium- and nitrate - nitrogen in rice plants as affected by the supply of potassium, calcium and magnesium. J. Fac. Agr., Kyushu Univ., 30:113-124, 1985.
2. Allen S., Smith J. A. G.: Ammonium nutrition in *Ricinus communis*: Its effect on plant growth and the chemical composition of the whole plant, xylem and phloem saps. J. Exp. Bot. 37: 184, 1599-1610, 1986.
3. Barker A. V., Volk R. J., Jackson W. A.: Root environment acidity as a regulatory factor in ammonium assimilation by the bean plant. Plant Physiol., 41: 1193-1199, 1966.
4. Breteler H.: A comparison between ammonium and nitrate nutrition of young sugar beet plants grown in nutrient solutions at constant acidity. 1. Production of dry matter, ionic balance and chemical composition. Nether. J. Agric. Sci. 21: 227-244, 1973.
5. Chaillou S., Morot-Gaudry J. F., Lesaint C., Salsac L., Jolivet E.: Nitrate or ammonium nutrition in French bean. Plant and Soil 91: 363-365, 1986.
6. Cookson C., Hughes H., Coombs J.: Effects of combined nitrogen on anapleurotic carbon assimilation and bleeding sap composition in *Phaseolus vulgaris* L. Planta 148: 338-345, 1980.
7. Cox W. J., Reisenauer H. M.: Growth and ion uptake by wheat supplied nitrogen as nitrate or ammonium, or both. Plant and Soil, 38: 363-380, 1973.
8. Egmond F.: The ionic balance of the sugar-beet plant. Doctoral Thesis. Wageningen, 1-7, 1975.
9. Harada T., Takaki H., Yamada Y.: Effect of nitrogen source on the chemical components in young plants. Soil Sci. and Plant Nutr. 14: 47-55, 1968.
10. Jungk A.: Interactions of nitrogen concentration $/NH_4$, NH_4NO_3 and NO_3 / and pH of nutrient solution on growth and ionic balance of tomato plants. Gartenbauwissenschaft 35: 13-28, 1970.
11. Kirkby E. A.: Influence of ammonium and nitrate nutrition on the cation-anion balance and nitrogen and carbohydrate metabolism of white mustard plants grown in dilute nutrient solutions. Soil Sci. 105: 133-141, 1968.
12. Maynard O. N., Barker A. V.: Studies on the tolerance of plants to ammonium nutrition. J. Am. Soc. Hort. Sci. 94: 235-239, 1969.
13. Maynard O. N., Barker A. V., Lachman W. H.: Influence of potassium on the utilization of ammonium by tomato plants. J. Am. Soc. Hort. Sci. 92: 537-542, 1968.
14. Mehner J., Mohr H.: Ammonium toxicity: Description of the syndrome in *Sinapis alba* and the search for its causation. Physiol. Plant. 77: 545-554, 1989.
15. Pili W. G., Lambeth V. N.: Effects of ammonium and nitrate nutrition with and without pH adjustment on tomato growth, ion composition, and water relations. J. Am. Soc. Hort. Sci. 102: 78-81, 1977.

16. Uziak Z., Borowski E., Bładowski Z.: Stan równowagi jonowej w roślinach rzepaku jarego i kukurydzy przy zróżnicowanym stosunku $N-NO_3$ i $N-NH_4$ w środowisku odżywczym. *Polish J. Soil Sci.* 24, 1. /Praca przyjęta do druku/, 1991.
17. Van Tuil H. D. W.: Organic salts in plants in relation to nutrition and growth. *Agric Research Report*. Wageningen 657: 1-83, 1965.
18. de Wit C. T., Dijkshoorn W., Noggle J. C.: Ionic balance and the growth of plants. *Agric Research Report*. Wageningen 69. 15, 1-68, 1963.

SUMMARY

In controlled conditions, in the water cultures the studies investigated the influence of feeding $N-NO_3$ or $N-NH_4$ on the content of cations and inorganic and organic anions as well as free albuminous aminoacids in 4-weeks old plants of maize and spring rape. The studies confirmed an unfavourable influence of ammonium on the rape growth and a lack of negative reaction of maize to this form of nitrogen.

The rape fed with $N-NH_4$ contained clearly fewer cations in relation to the plants fed with nitrates, twice as much inorganic anions, and over 6 times fewer organic anions ($R-COO$). The specimens of both species fed with $N-NH_4$ contained in their biomass considerably more free albuminous aminoacids than with the $N-NO_3$ feeding. At the same time, the tissues of rape fed with ammonium contained significant quantities of proline which was not found in the maize specimens. The high level of proline in the rape using $N-NH_4$ indicates some disturbance in the nitrogen metabolism and that the process of protein bio-synthesis is checked. As a result of this, the plants show very high content of free protein aminoacids with simultaneous severe delay in their growth. A weakened protein bio-synthesis can also result from insufficient content of cations and organic anions, which are the major osmotics responsible for the maintainance of pressure in plants.