Wpływ azotanów i soli amonowych na wzrost i na pobieranie azotu, fosforu i potasu przez kukurydzę po różnych okresach głodu azotowego

The effect of nitrates and ammonium salts on the growth and nitrogen, phosphorus and potassium uptake by maize plants after various periods of nitrogen starvation

J. POSKUTA

WSTĘP

Kukurydza jest rośliną szczególnie silnie reagującą na nawożenie azotowe i może stanowić pewnego rodzaju wskaźnik niedostatecznego zaopatrzenia podłoża w sole azotowe (Hoffer, Krantz 1957). Z poprzednich badań autora wynikało, że kukurydza, po różnych okresach głodu azotowego, zachowywała zdolność pobierania azotu z pożywek płynnych (Poskuta 1961). Stwierdzono również, że azotany w kulturach wodnych, przy stałym i kontrolowanym pH pożywki = 6,0, przewyższały jako źródło azotu sole amonowe. W pracy niniejszej badano wpływ azotanów i soli amonowych na wzrost kukurydzy i na pobieranie przez nią NPK po różnych okresach głodu azotowego w doświadczeniach przeprowadzonych w kulturach piaskowych, a więc w bardziej naturalnych warunkach wzrostu roślin niż w kulturach wodnych.

METODYKA BADAŃ

Doświadczenia przeprowadzono w 5 kg wazonach napełnionych piaskiem wydmyowym. Wilgotność piasku utrzymywano na poziomie 60% jego kapilarnej pojemności wodnej. Wazony podlewano wodą destylowaną. Zastosowano pożywki używane w poprzednich badaniach, biorąc 4-krotną dawkę soli azotowych i podwójne dawki pozostałych soli (Poskuta 1961). Oprócz tego dodano do każdego wazonu po 5 mg żelaza w formie cytrynianu żelaza oraz po 4 ml roztworu mikroelementów A—Z w modyfikacji Bassalika. W suchej masie roślin oznaczono azot metodą Kjeldahla, fosfor kolorymetrycznie metodą Fiske i Subbarow, a potas wagowo (Jermakow, Arasimowicz, Amirnowa-Ikonnikowa, Murri, 1952). Ustalono następujący schemat doświadczeń:

- I. Azot dodano w formie $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
 1. Pożywka pełna
 2. Azot dodano po 30 dniach wegetacji roślin
 3. Azot dodano po 60 dniach wegetacji roślin
 4. Azot dodano po 90 dniach wegetacji roślin
 5. Bez azotu.

- II. Azot dodano w formie $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ — idem.

Rośliną doświadczalną była kukurydza odmiany „Małopolanka”. W każdym wazonie rosły 2 rośliny. Zastosowano 6-krotne powtórzenia. W roku 1959, po okresach głodu azotowego, dwukrotnie wnoszono odpowiednie ilości soli azotowych w roztworze, w odstępach 15-dniowych. W 1960 r. wnoszono do wazonów jednorazowo całą dawkę azotu. Doświadczenia trwały 140 dni.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Zarówno w 1959 r., jak i 1960 wazony obsiano 28.IV. podkiełkowanymi nasionami. Już po 3 tygodniach od chwili obsiania wazonów obserwowano wyraźne symptomy niedoboru azotu na roślinach rosnących na podłożach bez N. Wzrost roślin był zahamowany, łodygi i liście zabarwione były antocjanami. Ogólnie rzecz biorąc, symptomy te były podobne do obserwowanych na roślinach rosnących w kulturach wodnych (Poskuta 1961).

Już w kilka dni po dodaniu azotu do piasku roślinom, które 30 dni rosły na podłożach bez azotu obserwowano, że te rośliny szybko się zazieleniły i intensywnie rosły. Wniesienie azotu do podłoża po 60 dniach głodu azotowego dało znacznie mniejszy efekt. Wzrost tych roślin był znacznie słabszy niż roślin, którym dodano azot po 30 dniach głodu azotowego. Najślabszy wzrost roślin obserwowano po wniesieniu N po 90 dniach głodu azotowego, chociaż i te rośliny zazieleniły się i wyraźnie korzystnie różniły od roślin, którym azotu w ogóle nie dodano.

Wyniki doświadczeń dotyczące suchej masy roślin przedstawiono w tabeli 1. Można z nich wyciągnąć następujące wnioski:

Masa roślin, które rosły na podłożach z azotem w formie azotanowej, była we wszystkich przypadkach nieco wyższa niż masa roślin z podłoża z azotem w formie amonowej. Największe różnice notowano w kombinacji z pożywkami pełnymi, mniejsze po trzydziestu dniach i najmniejsze po 60 oraz 90 dniach głodu azotowego. Zwraca uwagę fakt, że plon roślin doświadczenia z 1959 r. był nieco wyższy niż z roku 1960.

Po 30 dniach głodu azotowego masa roślin obniżyła się w przybliżeniu o 40% w obu doświadczeniach w stosunku do plonu z pożywką pełną, niezależnie od formy azotu. Po 60 dniach głodu azotowego masa roślin wynosiła ok. 25%, a po 90 dniach tylko 10—15% masy roślin z pożywek pełnych. Jednakże, trzeba podkreślić, że nawet po 90 dniach głodu

azotowego wniesienie azotu do podłoża zwiększyło plon o 40—80% w stosunku do podłoży bezazotowych. Zwraca uwagę bardzo wysoki współczynnik transpiracji u roślin rosnących na podłożach bez azotu. Współczynnik ten ulega obniżeniu wraz ze skróceniem okresu głodu azotowego. Wskazuje to, że wykorzystanie wody przez rośliny na wyprodukowanie 1 g suchej masy jest tym wydajniejsze, im lepiej rośliny zaopatrywane są w azot. Należy zaznaczyć, że głód azotowy wywiera wpływ także na rozwój roślin. U roślin pozbawionych N w podłożu, pojawiały się coraz to nowe liście, jednakże nigdy nie dochodziło do kłoszenia się roślin. Dodanie azotu nawet po 90-dniowym głodzie N spowodowało, że rośliny te wykłosiły się i nawet zakwitły, nasion jednakże nie wytworzyły. Po 30-dniowym głodzie azotowym rośliny wykłosiły się jednocześnie z roślinami rosnącymi na podłożach z pożywką pełną. Po 60 dniach głodu azotowego rośliny wykłosiły się i zakwitły o 10 dni później niż rośliny z pożywek pełnych.

Pobieranie azotu, fosforu i potasu przez kukurydzę po różnych okresach głodu azotowego

W tabeli 2 przedstawione są dane o ilościach pobranego azotu przez rośliny z wazonu. Z tabeli wynika, że we wszystkich kombinacjach doświadczeń rośliny pobrały więcej azotu z azotanów niż z soli amonowych. Głód azotowy bardzo silnie odbił się na pobieraniu N z obu jego form. Po 60 dniach rośliny pobrały już tylko ok. 20% azotu z azotanów i 12—14% azotu z siarczanu amonu. Po 90 dniach procent pobranego azotu mieści się w granicach 10—13%. Wydaje się, że wyniki te mogą być interesujące dla fizjologa z punktu widzenia możliwości asymilacji azotu przez rośliny po tak długotrwałym głodzie azotowym. Jeżeli weźmiemy pod uwagę to, że dodanie azotu do podłoża nawet po 90 dniach wegetacji roślin na podłożach bez azotu, spowodowało wykłoszenie się roślin i nawet ich zakwitnięcie, to musimy uznać nadzwyczajną zdolność roślin do wegetacji w trudnych warunkach, wobec braku soli azotowych w podłożu i pobieranie tych soli przez rośliny z chwilą kiedy się one w nim znalazły.

Tabela 3 przedstawia dane o ilościach pobranego fosforu przez rośliny. Stosunkowo niewielki ujemny wpływ na pobieranie fosforu przez rośliny spowodował 30-dniowy głód azotowy. Natomiast 60-dniowy i zwłaszcza 90-dniowy głód azotowy zahamował pobieranie tego pierwiastka w stopniu nawet większym niż azotu. Azotany tylko w nieznacznym stopniu podwyższyły ilości pobranego fosforu przez rośliny w stosunku do azotu w formie amonowej.

W tabeli 4 przedstawione są dane o ilościach pobranego potasu przez rośliny. Już 30-dniowy głód azotowy obniża prawie o połowę ilość pobra-

T a b e l a 4 - T a b l e 4

Pobieranie potasu przez kukurydzę po różnych okresach głodu azotowego

Potassium uptake by maize plants after different periods of nitrogen starvation

Głód N w dniach N starvation in days	mg K w suchej masie - mg K in dry matter									
	azot dodano w formie $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ - nitrogen added in form $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$					azot dodano w formie $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - nitrogen added in form $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$				
	1959					1960				
	pędy shoots	korzenie roots	K całkowity K total	pędy shoots	korzenie roots	K całkowity K total	pędy shoots	korzenie roots	K całkowity K total	korzenie roots
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1960
Pożywka pełna Full culture solution	595,3	238,7	834,0	570,1	223,4	795,5	412,6	139,4	552,0	400,4
30	352,2	98,4	450,6	343,7	83,6	427,3	312,3	92,0	402,3	305,2
60	212,4	40,2	252,6	207,4	35,1	242,5	119,8	28,8	148,6	115,2
90	48,0	21,9	69,9	42,6	19,6	63,2	42,0	20,6	62,6	41,3
Bez N Without N	12,1	3,9	16,0	10,6	2,7	13,3	-	-	-	-

Tabela 5

Procentowa zawartość N, P, K w kukurydzy
Percentage content N, P, K in maize plants

Głód N w dniach N starvation in days	% N								% P			
	azot dodano w formie $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nitrogen added in form $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$				azot dodano w formie $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ nitrogen added in form $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$				azot dodano w formie $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nitrogen added in form $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$			
	1959		1960		1959		1960		1959		1960	
	pędy shoots	korze- nie roots	pędy shoots	korze- nie roots	pędy shoots	korze- nie roots	pędy shoots	korze- nie roots	pędy shoots	korze- nie roots	pędy shoots	korze- nie roots
Pożywka pełna Full culture solution	0,79	0,61	0,73	0,61	0,80	0,78	0,97	0,70	0,57	0,41	0,54	0,52
30	1,06	0,62	1,10	0,65	0,80	0,70	0,88	0,63	0,62	0,54	0,71	0,58
60	0,88	1,05	0,84	1,27	0,66	0,86	0,63	1,07	0,47	0,37	0,43	0,43
90	1,08	1,10	1,30	1,14	1,10	1,30	1,10	1,40	0,43	0,42	0,50	0,46
Bez N Without N	0,27	0,29	0,23	0,23	-	-	-	-	0,24	0,26	0,20	0,22

nego przez rośliny potasu w stosunku do pożywki pełnej. 60-dniowy i zwłaszcza 90-dniowy głód azotowy jeszcze bardziej pogłębia te różnice.

Z tabeli tej wynika również, że potas w obecności azotanów był intensywniej pobierany przez kukurydzę niż w doświadczeniach z amonową formą azotu.

W tabeli 5 przedstawione są procentowe zawartości NPK w roślinach. Dane cyfrowe wykazują, że wniesienie azotu do podłoża po wymienionych okresach głodu azotowego spowodowało 3-5-krotne podwyższenie procentowej zawartości azotu i potasu oraz w przybliżeniu 2-krotne fosforu, w stosunku do roślin, które azotu nie otrzymały. Natomiast zarówno formy azotu, jak i długość okresu głodu azotowego, nie wywarły widocznego wpływu na % zawartość badanych pierwiastków w roślinach.

Przedstawione w pracy dane wykazują, jak duży wpływ wywiera głód azotowy na wzrost i rozwój roślin oraz na pobieranie przez nie azotu, fosforu, potasu i wody (współczynnik transpiracji).

STRESZCZENIE I WNIOSKI

W latach 1959—60 przeprowadzono badania nad wpływem azotanów i soli amonowych na wzrost kukurydzy i na pobieranie azotu, fosforu i potasu po różnych okresach głodu azotowego. Stwierdzono, że rośliny

Table 5

po różnych okresach głodu azotowego
after various periods of nitrogen starvation

% P				% K							
azot dodano w formie $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ nitrogen added in form $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$				azot dodano w formie $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nitrogen added in form $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$				azot dodano w formie $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ nitrogen added in form $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$			
1959		1960		1959		1960		1959		1960	
pędy shoots	korze- nie roots	pędy shoots	korze- nie roots	pędy shoots	korze- nie roots	pędy shoots	korze- nie roots	pędy shoots	korze- nie roots	pędy shoots	korze- nie roots
0,46	0,50	0,52	0,38	0,58	1,36	0,50	1,44	0,54	1,19	0,65	1,20
0,64	0,62	0,69	0,58	0,54	1,04	0,66	1,12	0,62	1,15	0,71	1,30
0,35	0,29	0,32	0,30	0,82	1,00	0,90	1,17	0,60	0,84	0,66	0,95
0,45	0,42	0,48	0,39	0,43	0,87	0,51	0,98	0,42	0,93	0,50	0,96
-	-	-	-	0,20	0,28	0,18	0,20	-	-	-	-

kukurydzy po 30, 60 i 90 dniach głodu azotowego wykazywały jeszcze zdolność do pobierania tego pierwiastka z podłoża. Rośliny rosnące na podłożach pozbawionych azotu nigdy nie wykłaskały się; dodanie azotu nawet po 90 dniach spowodowało wykłoszenie się roślin i nawet ich zakwitnięcie. Masa roślin, które rosły na podłożach z azotem azotanowym, była nieznacznie wyższa w stosunku do masy roślin, którym dodano azot w formie amonowej. Ilości pobranego azotu, fosforu i potasu w mg były wyższe, kiedy dodano azot w formie azotanowej niż amonowej. Procentowa zawartość w roślinach NPK po dodaniu azotu po wymienionych okresach głodu azotowego zwiększyła się kilkakrotnie w stosunku do procentowej zawartości tych pierwiastków w roślinach, które azotu nie otrzymały.

Cenne uwagi podczas wykonywania pracy zawdzięczam ś.p. Prof. dr K. Basalikowi.

Kierownikowi Katedry Fizjologii Roślin U.W. Panu Prof. dr P. Strebeyko dziękuję za krytyczne uwagi podczas opracowywania wyników pracy.

SUMMARY

In the years 1956—1960 experiments on the influence of nitrates and ammonium salts on the growth of maize as well as on the intake of nitrogen, phosphorus and potassium after different periods of nitrogen starvation were carried out. After 30, 60 and 90 days of nitrogen starvation the maize plants were still able to take this element from the medium. Plants grown on media without nitrogen never formed ears but the addition of nitrogen even after 90 days caused ear formation and flowering. The mass of plants grown in media with nitrate nitrogen was slightly higher than of plants grown on ammonium nitrogen. When the nitrogen was added as nitrate the amounts of taken nitrogen, phosphorus and potassium in mg were higher as compared with the case when ammonium nitrogen was used. The percent of NPK in plants after the addition of nitrogen after mentioned periods of nitrogen starvation was many times higher than in plants which did not receive nitrogen.

I am sincerely obliged to the late Professor K. Bassalik for guidance during this work. To the head of the Plant Physiology Department Professor P. Strebeyko. I wish to thank for critical remarks during the preparation of the experimental results.

*Department of Plant Physiology,
Warsaw University*

(Received: 5.II.1964)

LITERATURA

- Hoffer G. N., Krantz B. A., 1957, *Priznaki gołodania rastieni* (Tłum. ros. z ang.) Sielchozizdat, Moskwa.
- Jermakow A. I., Arasimowicz W. W., Smirnowa-Ikonnikowa M. I., Murri I. K., 1952. *Biochimizieskije mietody analiza rastienij*, Sielchozizdat, Moskwa.
- Poskuta J., 1961. Nowe aspekty soli azotanów względnie soli amonowych jako źródeł azotu dla rośliny, *Acta Soc. Bot. Pol.* 30: 195—262.