Wzrost roślin na azotanach lub na solach amonowych w zależności od stopnia natlenienia podłoża

*Das Wachstum der Pflanzen auf Nitraten beziehungsweise auf Ammonsalzen
in Abhängigkeit von der Sauerstoffversorgung des Substrats*

J. STABROWSKA

WSTĘP

Zagadnieniem przyswajania azotu przez roślinę zajmowano się już w drugiej połowie XIX wieku. Przede wszystkim poszukiwano związków azotu najkorzystniejszych dla roślin. Poglądy zmieniały się w bardzo szerokich granicach, zanim utrwalił się pogląd, że należy brać pod uwagę tylko sole amonowe i azotany.

Prianisznikow (1899—1935) zgodnie z badaniem Mazé (1889) wykazał, że jednym z ważniejszych czynników, od których zależy wartość odżywcza soli amonowych lub azotanów, jest pH pożywki. W środowisku słabo kwaśnym — przy pH 5,0 — azotany mają przewagę nad solami amonowymi, przeciwnie zaś w środowisku obojętnym — przy pH 7,0 — jon amonowy może przewyższać azotany.

Według Prianisznikowa (1899—1935) i Chibnalla (1939) na stosunek roślin do soli amonowych lub azotanów wpływa również ilość węglowodanów w roślinie. Węglowodany służą jako źródła szkieletu węglowego w tworzeniu azotowych związków organicznych. Przy braku węglowodanów dalsza przeróbka soli amonowych na aminy zostaje zahamowana, przy czym nagromadzający się amoniak może spowodować zatrucie rośliny; nagromadzenie azotanów jest znacznie mniej niebezpieczne. Z tego też względu przy zasilaniu gleby większą ilością soli amonowych siewki roślin ubogie w węglowodany, np. buraków cukrowych, mogą reagować ujemnie, nawet przy zneutralizowaniu kwasowości fizjologicznej tych soli przy pomocy węglanu wapnia, podczas gdy siewki zbóż posiadające nadmiar węglowodanów w tym wypadku rosną dobrze.

Intensywność przyswajania azotanów i soli amonowych zależy także od gatunku i okresu rozwoju rośliny.

Ogólnie można powiedzieć, że azotany i sole amonowe w ich optymalnych warunkach fizjologicznych są mniej więcej jednakowo skuteczne w działaniu. Jednak istnieją dane, zwracające uwagę na to, że w warunkach słabego przewietrzania azotany działają lepiej niż sole amonowe, ponieważ tlen azotanów może częściowo zlagodzić niedobór tlenu w podłożu. Arnon (1937) stwierdził wyraźną poprawę siewek jęczmienia przy przewietrzaniu roztworów zawierających jon amonowy. Natomiast przewietrzanie pożywek zawierających azotany daje mniejszy efekt. Badanie Gumińskiego i współpracowników (1957) nad przemianą gazową korzeni wykazały, że w doświadczeniach krótkotrwałych kukurydza, pszenica i pomidory intensywniej oddychają w obecności azotanów, aniżeli w obecności soli amonowych. Według tych badaczy korzenie kukurydzy nie ujawniły spadku intensywności oddychania w warunkach silnego ograniczenia tlenu w roztworze. Natomiast pomidory wykazały w tych warunkach silny spadek intensywności oddychania, ale tylko wówczas, gdy azot podany był w formie amonowej; w wypadku zastosowania azotu w formie azotanowej spadek intensywności oddychania przy braku tlenu nie następował.

Wobec tego należało przebadać, czy istnieje zależność pomiędzy różnicą we wzroście różnych roślin na azotanach bądź na solach amonowych, a ich wrażliwością na niedostatek tlenu w podłożu. Równoległe z tym wypadaloby stwierdzić, czy utleniające działanie azotanów może kompensować niedostatek tlenu w dłuższych doświadczeniach vegetacyjnych.

Przebadanie tych zależności stało się celem niniejszej pracy.

METODYKA BADAN

Doświadczenia przeprowadzono w szklarni Ogrodu Botanicznego w roku 1956. Do badań użyto następujących roślin: kukurydzy, pomidorów, buraków, kapusty, pszenicy, jęczmienia i żyta.

Wymienione rośliny kielkowano w piasku, następnie jednotygodniowe siewki przenoszono do słoï, gdzie pozostawały one zanurzone w pożywce po szyję korzeniową w ciągu trzech tygodni.

Stosowano porównawczo pożywki z solami amonowymi i azotanami o pH 6,0 oraz 6,6 i 7,6. Dodatkiem HCl lub NaOH regulowano początkowe pH pożywki. Celem utrzymania pH roztworu na mniej więcej stałym poziomie w czasie vegetacji roślin dodawano do pożywki amonowej 0,33 g CaCO_3 na litr roztworu.

Wyjściową pożywką była pożywka według Hampe i Truffaut (1938, 1939) sporządzona na wodzie wodociągowej, stosowana z powodze-

niem w licznych doświadczeniach przeprowadzonych przez pracowników Wrocławskiego Instytutu Botanicznego. Po przeliczeniu otrzymano następujący skład pożywek:

a) Pożywka azotanowa: $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ — 0,335 g; MgSO_4 — 0,284 g; KNO_3 — 0,698 g; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ — 0,774 g; FeCl_3 — 0,112 g; KJ — 0,00284 g; ZnSO_4 — 0,00056 g; H_3BO_3 — 0,00056 g; MnSO_4 — 0,00056 g na litr wody wodociągowej.

b) Pożywka amonowa: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ — 0,942 g; $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ — 0,124 g; MgSO_4 — 0,284 g; K_2SO_4 — 0,589 g; FeCl_3 — 0,112 g; KJ — 0,00284 g; ZnSO_4 — 0,00056 g; H_3BO_3 — 0,00056 g; MnSO_4 — 0,00056 g na litr wody wodociągowej.

Skontrolowano zawartość azotu w pożywkach. W litrze pożywki azotanowej stwierdzono 190,5 mg, a w amonowej — 191,0 mg azotu.

W każdym doświadczeniu były 4 kombinacje: kultury wodne z solami amonowymi wietrzone i nie wietrzone oraz kultury wodne z azotanami także wietrzone i nie wietrzone. W każdej kombinacji było 5 powtórzeń. Wietrzenia dokonywano przez codzienne ostrożne kilkakrotne przelewanie pożywki ze słoï. Rośliny wietrzone rosły w szerokich i niskich słoïach o pojemności 1 litra, nie wietrzone zaś w węższych i wyższych — o pojemności 900 ml. W ten sposób zróżnicowano kultury również pod względem warunków dyfuzji gazów. W miarę wyparowywania wody uzupełniano jej ilość w kulturach wietrzonych świeżą wodą wodociągową, w nie wietrzonych zaś — wodą wodociągową, bezpośrednio przed tym przegotowaną i ostudzoną.

W czasie doświadczenia obserwowano wzrost roślin, kontrolowano temperaturę otoczenia zwykłym termometrem oraz notowano ogólnie przebieg pogody.

Po zlikwidowaniu doświadczenia dokonywano pomiarów pH pożywek, rośliny rozdzielano na pędy i korzenie, dobrze wymyte korzenie przekładano bibułą filtracyjną i suszono w 105°C , oddzielnie pędy i korzenie, a następnie ważono. Po oddzielnym zważeniu korzeni i pędów roślin z każdego słoïa, mieszało i sproszkowano korzenie z 5 powtórzeń danego obiektu, następnie identycznie postąpiono z pędami. Z tak przygotowanego materiału brano po 3 próbki 10 mg do oznaczenia azotu całkowitego osobno w korzeniach i osobno w pędach. Rośliny z kultur amonowych spalano ze stężonym kwasem siarkowym, a rośliny z kultur azotanowych spalano z kwasem fenolosiarkowym według zmodyfikowanej metody Kjeldahla podanej przez Fiodorowa (1951). Następnie, po zobojętnieniu, azot w formie amoniaku oddestylowano w aparacie Parnasa-Wagnera i przez miareczkowanie wobec czerwieni metylowej oznaczano ilość azotu w danej próbce. Otrzymany wynik przeliczono na całość pędów lub korzeni 4 roślin (w jednym słoïu zawsze rosły 4 rośliny).

Przed założeniem poszczególnych kultur wodnych oznaczano azot całkowity w pędach i korzeniach siewek, przy czym ze względu na małą ich suchą masę do analizy brano po 20 sztuk i wynik dzielono przez 5. Różnicę pomiędzy średnią ilością azotu w pędach czy korzeniach 4 roślin (z jednego słoja) po zlikwidowaniu doświadczenia i średnią ilością azotu w pędach czy korzeniach 4 siewek przed doświadczeniem przyjęto jako przyrost azotu całkowitego w tych częściach roślin. Przyrost azotu całkowitego w całych roślinach otrzymano po zsumowaniu ilości azotu całkowitego w poszczególnych częściach roślin.

W pożywkach azot amonowy oznaczano kolorymetrycznie przy pomocy odczynnika Nesslera, a azot azotanowy przy pomocy kwasu fencjodwusulfonowego według metody podanej przez Czistjakowa (1953). W obu przypadkach azot oznaczano w 10 ml pożywki i przeliczano na całą zawartość słoja. Różnicę ilości azotu amonowego względnie azotanowego w pożywce przed doświadczeniem i po doświadczeniu przyjęto jako zużycie azotu przez roślinę.

We wszystkich przypadkach, uwzględniając różnicę metod, stwierdzono dość dobrą zgodność pomiędzy przyrostem azotu całkowitego w roślinach a odpowiednim ubytkiem azotu w pożywce.

Za miarę wzrostu przyjęto wagę ich suchej masy, gdyż waga świeżej masy ze względu na różną zawartość wody ulega dużym wahaniom.

Przedział ufności obliczono metodą równoległych analiz. Pomiedzy odpowiednimi obiektami obliczono współczynniki korelacji. Na podstawie obliczeń statystycznych badane rośliny podzielono na grupy (T. Rubenbauer 1946).

KULTURY WODNE

I. Kukurydza zwyczajna — (*Zea Mays* L.)

Kultury wodne o pH 7.6 — od 19.IV. do 9.V.

W czasie wegetacji temperatura wahała się od 10°C do 20°C. Na ogół dni były pochmurne, niekiedy z krótkimi przejaśnieniami.

Nie stwierdzono istotnych różnic wzrostowych kukurydzy pomiędzy poszczególnymi kombinacjami.

Analizy wykazały, że ubytek azotu azotanowego był nieco większy w kulturach wietrzonych (średnio 20,3 mg) niż w kulturach nie wietrzonych (średnio 16,8 mg, przedział ufności 2,05). Natomiast nie stwierdzono istotnych różnic ubytku azotu amonowego pomiędzy kulturami wietrzy-

nymi i nie wietrzonymi. Stwierdzono większy przyrost azotu w pędach niż w korzeniach tak w kulturach azotanowych, jak i w kulturach amonowych. Ogólnie zanotowano prawie dwa razy większy ubytek w pożywkach jak również przyrost w roślinach azotu amonowego niż azotanowego. Jednak większy przyrost azotu amonowego w roślinach z kultur amonowych nie wpłynął na produkcję ich suchej masy. Dane liczbowe zestawiono w tabeli I.

Tabela 1

Wzrost kukurydzy na pożywce azotanowej i amonowej od 19.IV—9.V

Das Wachstum des Maises auf Nitrat- oder Ammonnährlösung von 19.IV—9.V

		Średni ciężar suchej masy 4 roślin (z 1 słoja) w g Das mittlere Gewicht der Trockensubstanz von 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in g			Średni ubytek azotu w pożywce (z 1 słoja) w mg Die mittlere Abnahme des Stick- stoffs in der Nähr- lösung (aus ei- nem Ge- fäß) in mg	Średni przyrost azotu całkowitego w 4 roślinach (z 1 słoja) w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in mg			Średni przyrost azotu cał- kowitego na gram suchej masy w mg Die mittle- re Zunah- me des totalen Stickstoffs in 4 Pflan- zen (aus einem Ge- fäß) auf 1 Gram Trocken- substanz in mg
		całe rośliny Ganze Pflan- zen	pędy Spross- se	korze- nie Wur- zeln		całe rośliny Ganze Pflan- zen	pędy Spross- se	korze- nie Wur- zeln	
Pożywka azotanowa	a	1,69	1,09	0,60	20,3	19,4	11,6	7,8	11,5
Nitratnähr- lösung	b	1,48	1,00	0,48	16,8	15,8	8,8	7,0	10,7
Pożywka amonowa	a	1,60	1,02	0,58	42,5	41,4	25,7	15,7	25,9
Ammonnähr- lösung	b	1,58	1,04	0,54	41,1	40,1	25,2	14,9	25,4
Przedział ufności		0,28	0,18	0,10	2,05				
Vertrauens- grenze									

a — wietrzona (gelüftet); b — nie wietrzona (nicht gelüftet).

Początkowe pH pożywek — 7,6; końcowe pH pożywki azotanowej — 7,8; amonowej — 7,4.

Anfangs pH Werte der Nährlösungen — 7,6; Ende pH Werte der Nitratnährlösung — 7,8; der Ammonnährlösung — 7,4.

Kultury wodne o pH 6.0 od 17.V. — 6.VI

W celu przekonania się, czy środowisko kwaśne nie spowoduje większych różnic wzrostowych kukurydzy, założono kultury wodne o pH 6,0 od 17.V. do 6.VI. W ciągu tego okresu były duże wahania tak temperatury (15°C—35°C), jak i oświetlenia, jednak była przewaga dni słonecznych i ciepłych.

Tabela 2

Wzrost kukurydzy na pożywce azotanowej i amonowej od 17.V—6.VI
Das Wachstum des Maises auf Nitrat- oder Ammonnährlösung von 17.V—6.VI

		Średni ciężar suchej masy 4 roślin (z 1 słoja) w g Das mittlere Gewicht der Trockensubstanz von 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in g			Średni ubytek azotu w pożywce (z 1 słoja) w mg Die mittlere Abnahme des Stick- stoffs in der Nähr- lösung (aus ei- nem Ge- fäß) in mg	Średni przyrost azotu całkowitego w 4 roślinach (z 1 słoja) w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in mg			Średni przyrost azotu cał- kowitego na gram suchej masy w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflan- zen (aus einem Ge- fäß) auf 1 Gram Trocken- substanz in mg
		całe rośliny Ganze Pflan- zen	pędy Sprosse	korze- nie Wur- zeln		całe rośliny Ganze Pflan- zen	pędy Sprosse	korze- nie Wur- zeln	
Pożywka azotanowa Nitratnähr- lösung	a	1,93	1,27	0,66	23,2	22,1	15,4	6,7	11,5
	b	1,84	1,25	0,59	20,4	19,4	11,9	7,5	10,5
Pożywka amonowa Ammonnähr- lösung	a	1,98	1,39	0,59	44,0	43,1	26,5	16,2	21,8
	b	1,22	0,81	0,41	27,0	26,2	15,5	10,7	21,5
Przedział ufności Vertrauens- grenze		0,29	0,23	0,06	1,19				

a — wietrzona (gelüftete); b — nie wietrzona (nicht gelüftete).

Początkowo pH pożywek — 6,0; końcowe pH pożywki azotanowej — 6,2; amonowej — 5,8.

Anfangs pH Werte der Nährlösungen — 6,0; Ende pH Werte der Nitratnährlösung — 6,2; der Ammonnährlösung — 5,8.

Rośliny z kultur azotanowych wietrzonych (średnio 1,93 g s.m.) i nie wietrzonych (średnio 1,84 g s.m.) były wzrostem podobne do roślin z kultur amonowych wietrzonych (średnia s.m. 1,98 g, przedział ufności 0,29). Wyraźne różnice wzrostowe zanotowano w kulturach nie wietrzonych na korzyść pożywki azotanowej (średnio 1,84 g suchej masy roślin z kultur azotanowych i 1,22 g suchej masy roślin z kultur amonowych przy przedziale ufności 0,29).

Tabela 3

Wzrost kukurydzy na pożywce azotanowej i amonowej od 28.V.—18.VI.

Das Wachstum des Maises auf Nitrat- oder Ammonnährlösung von 28.V.—18.VI.

		Średni ciężar suchej masy 4 roślin (z 1 słoja) w g Das mittlere Gewicht der Trockensubstanz von 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in g			Średni ubytek azotu w pożywce (z 1 słoja) w mg Die mittlere Abnahme des Stick- stoffs in der Nähr- lösung (aus ei- nem Ge- fäß) in mg	Średni przyrost azotu całkowitego w 4 roślinach (z 1 słoja) w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in mg			Średni przyrost azotu cał- kowitego na gram suchej masy w mg Die mittlere Zunah- me des totalen Stickstoffs in 4 Pflan- zen (aus einem Ge- fäß) auf 1 Gram Trocken- substanz in mg
		całe rośliny Ganze Pflan- zen	pędy Spross- se	korze- nie Wur- zeln		całe rośliny Ganze Pflan- zen	pędy Spross- se	korze- nie Wur- zeln	
Pożywka azotanowa	a	2,93	2,01	0,92	35,2	34,1	23,1	10,3	11,6
Nitratnähr- lösung	b	2,76	1,87	0,89	33,1	32,0	30,4	11,6	11,6
Pożywka amonowa	a	2,45	1,76	0,69	65,1	64,1	44,1	19,2	26,2
Ammonnähr- lösung	b	2,05	1,44	0,61	52,0	50,8	35,9	14,9	24,8
Przedział ufności Vertrauens- grenze		0,55	0,42	0,13	1,42				

a — wietrzona (gelüftet); b — nie wietrzona (nicht gelüftet).

Początkowe pH pożywek — 6,6; końcowe pH pożywki azotanowej — 6,8; amonowej — 6,4.

Anfangs pH Werte der Nährlösungen — 6,6; Ende pH Werte der Nitratnährlösung — 6,8; der Ammonnährlösung — 6,4.

W środowisku słabo kwaśnym stwierdzono istotną różnicę ubytku azotu azotanowego pomiędzy kulturami wietrzonymi (średnio 23,2 mg) i nie wietrzonymi (średnio 20,4 mg, przedział ufności 1,19). W pożywce amonowej znaleziono około 1,5 razy większy ubytek azotu amonowego w kulturach wietrzonych (średnio 44,0 mg) niż w kulturach nie wietrzonych (średnio 27,0 mg, przedział ufności 1,19). Także i w tym doświadczeniu stwierdzono znacznie intensywniejsze pobieranie azotu amonowego niż azotanowego i to zarówno w kulturach wietrzonych, jak i nie wietrzonych. Podobnie też jak w poprzednim doświadczeniu nie znalazło to odbicia w produkcji suchej masy. Wyniki zebrano w tabeli 2.

Kultury wodne o pH 6.6 od 28.V. — 18.VI

W okresie wegetacji było na ogół ciepło (20°C — 35°C) i słonecznie.

Przy pH 6,6 również nie stwierdzono istotnych różnic wzrostowych pomiędzy roślinami rosnącymi na pożywce azotanowej wietrzonej (średnia s.m. 2,93 g) i nie wietrzonej (średnia s.m. 2,76 g) oraz amonowej wietrzonej (średnia s.m. 2,45 g, przedział ufności 0,55). Nie stwierdzono też istotnej różnicy pomiędzy kulturami amonowymi wietrzonymi (średnia s.m. 2,45 g) i nie wietrzonymi (średnia s.m. 2,05 g, przedział ufności 0,55). Podobnie jak w doświadczeniu poprzednim zanotowano wyraźne różnice wzrostowe w kulturach nie wietrzonych na korzyść pożywki azotanowej (średnio 2,76 g suchej masy roślin z kultur azotanowych i 2,05 g suchej masy roślin z kultur amonowych, przy przedziale ufności 0,55).

W środowisku prawie obojętnym (pH 6,6) także stwierdzono istotne różnice tak ubytku azotu azotanowego, jak i przyrostu azotu całkowitego w odnośnych roślinach pomiędzy kulturami wietrzonymi i nie wietrzonymi. Na pożywkach amonowych różnice te były jeszcze znacznie większe. Podobnie jak w poprzednich doświadczeniach ogólnie przyrost azotu całkowitego w roślinach z kultur amonowych był znacznie większy niż w roślinach z kultur azotanowych. Rezultaty analiz zebrano w tabeli 3.

Kultury wodne o pH 6.6 od 5.IX. — 26.XI

Kukurydzę hodowano także w okresie jesiennym. Wrzesień był pogodny i ciepły, temperatura wahała się od 10°C do 27°C .

Kukurydza rosła jednakowo dobrze we wszystkich kulturach. (Nie stwierdzono istotnych różnic wzrostowych.)

I tu także w suchej w przybliżeniu jednakowej masie znaleziono więcej azotu całkowitego w roślinach z kultur amonowych niż azotanowych. Większy przyrost azotu amonowego nie wpłynął jednak na zwiększenie produkcji suchej masy kukurydzy. Wyniki zebrano w tabeli 4.

Tabela 4

Wzrost kukurydzy na pożywce azotanowej i amonowej od 5.IX—26.IX.
Das Wachstum des Maises auf Nitrat- oder Ammonnährlösung von 5.IX.—26.IX.

		Średni ciężar suchej masy 4 roślin (z 1 słoja) w g Das mittlere Gewicht der Trockensubstanz von 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in g			Średni ubytek azotu w pożywce (z 1 słoja) w mg Die mittlere Abnahme des Stick- stoffs in der Nähr- lösung (aus ei- nem Ge- fäß) in mg	Średni przyrost azotu całkowitego w 4 roślinach (z 1 słoja) w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in mg			Średni przyrost azotu cał- kowitego na gram suchej masy w mg Die mittlere Zunah- me des totalen Stickstoffs in 4 Pflan- zen (aus einem Ge- fäß) auf 1 Gram Trocken- substanz in mg
		całe rośliny Ganze Pflan- zen	pędy Spross- se	korze- nie Wur- zeln		całe rośliny Ganze Pflan- zen	pędy Spross- se	korze- nie Wur- zeln	
Pożywka azotanowa	a	1,80	1,11	0,69	22,5	21,9	13,0	8,9	12,2
Nitratnähr- lösung	b	1,75	1,09	0,66	20,6	19,8	12,5	7,3	11,3
Pożywka amonowa	a	1,77	1,10	0,67	46,4	45,7	27,8	17,8	25,8
Ammonnähr- lösung	b	1,72	1,08	0,64	43,3	42,8	26,5	16,3	24,9
Przedział ufności Vertrauens- grenze		0,18	0,14	0,04	1,9				

a — wietrzona (gelüftete); b — nie wietrzona (nicht gelüftete).

Początkowe pH pożywek — 6,6; końcowe pH pożywki azotanowej — 6,8; amonowej — 6,4.

Anfangs pH Werte der Nährlösungen — 6,6; Ende pH Werte der Nitratnährlösung — 6,8;
der Ammonnährlösung — 6,4.

Jak wynika ze stosunków odpowiednich suchych mas (tabela 5) kukurydza na ogół słabo reagowała na niewietrzenie pożywki i podobnie rosła na azotanach, jak i na solach amonowych. PH 6,0 pożywki i wysoka temperatura spowodowały nieco większe odchylenia. W kulturach wodnych kukurydzy, gdy było ciepło (wysoka temperatura) lepiej rosły rośliny na azotanach niż na solach amonowych w warunkach ograniczenia tlenu w podłożu (tabela 2 i 3), natomiast gdy było chłodniej, te różnice

wzrostowe zanikały (tabela 4). Przy wysokiej temperaturze na pożywce amonowej o pH 6,0 kukurydza rosła lepiej w kulturach wietrzonych w porównaniu z kulturami nie wietrzonymi.

Tabela 5

Stosunki odpowiednich suchych mas kukurydzy
Die Verhältnisse entsprechender Trockensubstanz des Maises

Okres wegetacji Vegetations- periode	Temperatura Temperatur	pH	A		B	
			Kultury wietrzzone Gelüftete Kulturen	Kultury nie wietrzzone Nichtgelüf- tete Kulturen	Kultury azotanowe Nitrat- kulturen	Kultury amonowe Ammon- kulturen
17.V.—6.VI.	15°—35°C	6,0	0,97	1,50	1,04	1,62
28.V.—18.VI.	20°—35°C	6,6	1,20	1,35	1,06	1,20
5.IX.—26.IX	10°—27°C	6,6	1,02	1,02	1,03	1,03
19.IV.—9.V.	10°—20°C	7,6	1,06	0,93	1,14	1,01

$A = \frac{\text{sucha masa roślin z kultur azotanowych}}{\text{sucha masa roślin z kultur amonowych}}$
Trockensubstanz der Pflanzen aus Nitrakulturen
Trockensubstanz der Pflanzen aus Ammonkulturen;

$B = \frac{\text{sucha masa roślin z kultur wietrzonych}}{\text{sucha masa roślin z kultur nie wietrzonych}}$
Trockensubstanz der Pflanzen aus gelüfteten Kulturen
Trockensubstanz der Pflanzen aus nichtgelüfteten Kulturen

Bez względu na stosowane pH pożywki i warunki zewnętrzne u kukurydzy przyrost azotu całkowitego w roślinach był większy w kulturach amonowych w stosunku do kultur azotanowych. Jednak ilość pobranego azotu amonowego większa niż azotanowego wcale nie zwiększyła suchej masy roślin.

We wszystkich kulturach wodnych kukurydza z kultur amonowych była zieleniejsza niż kukurydza z kultur azotanowych. Wygląd chlorotyczny kukurydzy w kulturach azotanowych nasunął myśl, że żelazo dawane do pożywek w formie chlorku żelaza było źle przyswajalne przez tę roślinę, co być może powodowało jej chlorozę. Jednak przeprowadzone doświadczenia z zastosowaniem żelaza w formie cytrynianu żelazowego, gdy zapewniono optymalne stężenie soli żelazowej równomiernie w całym roztworze, nie rozwiązało zagadnienia różnicy pomiędzy intensywnością zieleni w kulturach azotanowych i amonowych.

Z badań Johnsona i współpracowników (1952) wynika, że kukurydza musi pobierać molibden z gleby z powodu znikomo małej jego

Tabela 6

Wzrost kukurydzy na pożywce azotanowej i amonowej od 21.IX.—10.X
 Das Wachstum des Maises auf Nitrat- oder Ammonnährlösung von 21.IX.—10.X

			Średni ciężar suchej masy 4 roślin (z 1 słoja) w g Das mittlere Gewicht der Trockensubstanz von 4 Pflanzen (aus einem Gefäss) in g			Średni ubytek azotu w pożywce (z 1 słoja) w mg Die mittlere Abnahme des Stickstoffs in der Nährlösung (aus einem Gefäss) in mg	Średni przyrost azotu całkowitego w 4 roślinach (z 1 słoja) w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflanzen (aus einem Gefäss) in mg			Średni przyrost azotu całkowitego na gram suchej masy w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflanzen (aus einem Gefäss) auf 1 Gram Trockensubstanz in mg
			całe rośliny Ganze Pflanzen	pędy Sprosse	korzenie Wurzeln		całe rośliny Ganze Pflanzen	pędy Sprosse	korzenie Wurzeln	
Pożywka azotanowa Nitratnährlösung	bez Mo ohne Mo	a	1,49	0,92	0,57	18,1	17,4	10,9	6,5	11,7
		b	1,39	0,90	0,49	16,1	15,2	9,9	5,3	10,9
	+1 mg Mo na litr pożywki +1mg Mo auf 1 liter Nährlösung	a	1,47	0,91	0,56	19,4	18,5	11,5	7,0	12,6
		b	1,39	0,89	0,50	18,9	18,1	11,2	6,9	13,0
	+2mg Mo na litr pożywki +2mg Mo auf Liter Nährlösungs	a	1,69	1,01	1,61	24,7	24,1	15,0	9,1	14,9
		b	1,55	0,95	0,60	24,2	23,4	14,1	9,3	15,1
Pożywka amonowa	a	1,45	0,95	0,50	36,1	35,4	23,5	11,9	24,4	
Ammonnährlösung	b	1,40	0,90	0,50	34,6	33,9	21,9	12,0	24,2	
Przedział ufności Vertrauensgrenze			0,21	0,13	0,08	1,75				

a — wietrzona (gelüftete); b — nie wietrzona (nicht gelüftete)

Do pożywki azotanowej dodano molibdenu. Man gab Molybdänium in die Nitratnährlösung
 Początkowe pH pożywek — 6,6; końcowe pH pożywki azotanowej — 6,8; amonowej — 6,4

Anfangs pH Werte der Nährlösungen — 6,6; Ende pH Werte der Nitratnährlösung — 6,8;
 der Ammonnährlösung — 6,4

ilości w nasionach, a dużego zapotrzebowania w okresie wegetacji. Wobec tego założono jeszcze kultury wodne z dodatkiem molibdenu do pożywki azotanowej. Zastosowano 4 kombinacje:

1. Pożywka azotanowa bez dodatku molibdenu.
2. Pożywka azotanowa + 1 mg Mo na litr pożywki.
3. Pożywka azotanowa + 2 mg Mo na litr pożywki.
4. Pożywka amonowa bez dodatku molibdenu.

Kukurydza, z wyjątkiem kultur azotanowych wietrzonych, z dodatkiem 2 mg molibdenu na litr pożywki, w przybliżeniu jednakowo rosła we wszystkich kulturach (nie stwierdzono istotnych różnic wzrostowych). Rośliny z kultur amonowych, tak wietrzonych jak i nie wietrzonych, były zieleniejsze niż rośliny z kultur azotanowych bez dodatku molibdenu. Kukurydza z kultur amonowych i kukurydza z kultur azotanowych z dodatkiem molibdenu (1 mg Mo lub 2 mg Mo na litr pożywki) wyglądały jednakowo pod względem intensywności zieleni. Molibden usunął chlorozę na pożywce azotanowej.

Analizy wykazały większy ubytek azotu w pożywce azotanowej z dodatkiem 2 mg Mo na litr roztworu i to tak w kulturach wietrzonych, jak i nie wietrzonych w stosunku do poszczególnych pozostałych kultur azotanowych. Jednak największy ubytek azotu stwierdzono w pożywkach amonowych. Nie stwierdzono zaś istotnych różnic ubytku azotu pomiędzy odpowiednimi kulturami wietrzonymi i nie wietrzonymi (tabela 6).

II. Pomidor (*Solanum lycopersicum* L.)

Kultury wodne o pH 6.0 od 8.V. – 1.VI

W okresie wegetacji pierwszy tydzień był pochmurny z małymi przejaśnieniami (20°C—25°C), a następnie wszystkie dni były słoneczne (24°C—32°C).

Najlepszy w ogóle wzrost pomidorów obserwowano w kulturach azotanowych wietrzonych (średnia s.m. 1,15 g), zaś w kulturach nie wietrzonych azotanowych zanotowano o wiele lepszy wzrost (średnia s.m. 0,43 g) niż w kulturach amonowych wietrzonych (średnia s.m. 0,10 g, przedział ufności 0,0034). Najslabszy wzrost pomidorów obserwowano w kulturach amonowych nie wietrzonych. Poza tym zarówno na pożywce azotanowej, jak i amonowej pomidory rosły lepiej w kulturach wietrzonych niż nie wietrzonych.

W pożywce, na której rosły pomidory, znaleziono większy ubytek azotu w kulturach azotanowych niż w kulturach amonowych, przy czym w obu kombinacjach zanotowano większy ubytek azotu w kulturach wietrzonych niż nie wietrzonych. Jednak w przeliczeniu na gram suchej

Tabela 7

Wzrost pomidorów na pożywce azotanowej i amonowej od 8.V.—I.VI
 Das Wachstum der Tomaten auf Nitrat- oder Ammonnährlösung von 8.V.—I.VI

	Średni ciężar suchej masy 4 roślin (z 1 słoja) w g Das mittlere Gewicht der Trockensubstanz von 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in g				Średni ubytek azotu w pożywce (z 1 słoja) w mg Die mittlere Abnahme des Stick- stoffs in der Nähr- lösung (aus ei- nem Ge- fäß) in mg	Średni przyrost azotu całkowitego w 4 roślinach (z 1 słoja) w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in mg			Średni przyrost azotu cał- kowitego na gram suchej masy w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflan- zen (aus einem Ge- fäß) auf 1 Gram Trocken- substanz in gm
	całe rośliny Ganze Pflanzen	pędy Sprosse	korze- nie Wurzeln			całe rośliny Ganze Pflanzen	pędy Sprosse	korze- nie Wurzeln	
Pożywka azotanowa	a	1,15	0,86	0,29	18,6	17,8	11,9	5,9	15,5
Nitratnähr- lösung	b	0,43	0,35	0,08	7,4	6,5	4,9	1,6	15,1
Pożywka amonowa	a	0,10	0,08	0,02	2,5	2,3	1,7	0,6	23,0
Ammonnähr- lösung	b	0,04	0,03	0,01	1,2	1,0	0,7	0,3	25,0
Przedział ufności Vertrauens- grenze		0,034	0,03	0,004	1,01				

a — wietrzona (gelüftet); b — nie wietrzona (nicht gelüftet).

Początkowe pH pożywek — 6,6; końcowe pH pożywki azotanowej — 6,8; amonowej — 6,4.

Anfangs pH Werte der Nährlösungen — 6,6; Ende pH Werte der Nitratnährlösung — 6,8;
 der Ammonnährlösung — 6,4.

masy stwierdzono większy przyrost azotu całkowitego w roślinach z kultur amonowych niż w roślinach z kultur azotanowych. Wyniki zebrano w tabeli 7.

Kultury wodne o pH 6.6 od 23.V. — 12.VI

W tym okresie było więcej dni słonecznych, nawet upalnych (27°C—33°C).

Rośliny z kultur azotanowych wietrzonych były wybitnie lepsze (średnia s.m. 1,93 g) niż rośliny z kultur amonowych wietrzonych (średnia s.m. 0,40g), te ostatnie jednak miały lepszy wzrost niż rośliny z kultur azotanowych nie wietrzonych (średnia s.m. 0,16 g, przedział ufności 0,08). Najgorszy wzrost pomidorów obserwowano w kulturach amonowych nie wietrzonych (średnia s.m. 0,09 g).

Tabela 8

Wzrost pomidorów na pożywce azotanowej i amonowej od 23.V.—12.VI

Das Wachstum der Tomaten auf Nitrat- oder Ammonnährlösung von 23.V.—12.VI

		Średni ciężar suchej masy 4 roślin (z 1 słoja) w g Das mittlere Gewicht der Trockensubstanz von 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in g			Średni ubytek azotu w pożywce (z 1 słoja) w mg Die mittlere Abnahme des Stick- stoffs in der Nähr- lösung (aus ein- em Ge- fäß) in mg	Średni przyrost azotu całkowitego w 4 roślinach (z 1 słoja) w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in mg			Średni przyrost azotu cał- kowitego na gram suchej masy w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflan- zen (aus einem Ge- fäß) auf 1 Gram Trocken- substanz in mg
		całe rośliny Ganze Pflan- zen	pędy Spross- se	korze- nie Wur- zeln		całe rośliny Ganze Pflan- zen	pędy Spross- se	korze- nie Wur- zeln	
Pożywka azotanowa	a	1,93	1,53	0,40	31,7	30,8	24,6	6,2	16,0
Nitratnähr- lösung	b	0,16	0,12	0,04	2,8	2,4	1,9	0,5	15,0
Pożywka amonowa	a	0,40	0,31	0,09	12,6	11,9	8,5	3,4	29,8
Ammonnähr- lösung	b	0,09	0,07	0,02	2,7	2,4	2,0	0,4	26,7
Przedział ufności Vertrauens- grenze		0,08	0,07	0,01	1,47				

a — wietrzona (gelüftet); b — nie wietrzona (nicht gelüftet).

Początkowe pH pożywek — 6,6; końcowe pH pożywki azotanowej — 6,8; amonowej — 6,4.

Anfangs pH Werte der Nährlösungen — 6,6; Ende pH Werte der Nitratnährlösung — 6,8; der Ammonnährlösung — 6,4.

W środowisku prawie obojętnym znaleziono w pożywce większy ubytek azotu azotanowego (średnio 31,7 mg) niż azotu amonowego (średnio 12,6 mg) w odpowiednich kulturach wietrzonych, natomiast w kulturach nie wietrzonych nie stwierdzono różnicy pomiędzy ubytkiem azotu azotanowego i ubytkiem azotu amonowego. Jednak na gram suchej masy stwierdzono także większy przyrost azotu całkowitego w roślinach z kultur amonowych niż w roślinach z kultur azotanowych. Wyniki analiz umieszczono w tabeli 8.

Kultury wodne o pH 7.6 od 3.V. — 24.V

W okresie wegetacji dni były pochmurne z małymi przejaśnieniami. o zmianie temperatury od 15°C do 25°C. Jeden dzień był upalny.

Wyniki co do wzrostu zupełnie podobne jak w poprzednich kulturach. Pomidory rosły lepiej na azotanach niż na solach amonowych i reagowały silnie na niewietrzenie pożywki.

W środowisku alkalicznym (pH 7,6) w warunkach ograniczenia tlenu znaleziono w przybliżeniu jednakowy ubytek azotu azotanowego i amonowego w odpowiednich pożywkach. W warunkach tlenowych natomiast stwierdzono większy ubytek azotu azotanowego (średnio 10,0 mg) niż azotu amonowego (średnio 5,5 mg, przedział ufności 1,16). Jednak i tu ogólnie stwierdzono większy przyrost azotu całkowitego na gram suchej masy roślin z kultur amonowych w porównaniu do roślin z kultur azotanowych. W tabeli 9 przedstawiono wyniki analiz.

Kultury wodne o pH 6.6 od 6.IX. — 28.IX

Założono jeszcze kultury wodne z pomidorami we wrześniu. W okresie tym było słonecznie, temperatura wahała się od 10°C do 27°C.

I w tym doświadczeniu także pomidory rosły lepiej na azotanach niż na solach amonowych. Nie stwierdzono istotnych różnic wzrostowych pomiędzy kulturami azotanowymi nie wietrzonymi (średnia s.m. 0,20 g) i kulturami amonowymi wietrzonymi (średnia s.m. 0,25 g, przedział ufności 0,0054). I tutaj pomidory mocno reagowały na niewietrzenie tak pożywki azotanowej, jak i amonowej.

Tak samo jak w poprzednich kulturach wodnych pomidory pobierały azot amonowy z podobną intensywnością co azotanowy w warunkach ograniczenia tlenu w podłożu. W warunkach tlenowych pobierały one nieco intensywniej azot azotanowy (średnio 10,7 mg) niż azot amonowy (średnio 8,5 mg, przedział ufności 1,08). Jednak i tutaj na gram suchej masy stwierdzono ogólnie większy przyrost azotu całkowitego w roślinach z kultur amonowych w stosunku do roślin z kultur azotanowych. Wyniki podano w tabeli 10.

Tabela 9

Wzrost pomidorów na pożywce azotanowej i amonowej od 3.V.—24.V
 Das Wachstum der Tomaten auf Nitrat- oder Ammonnährlösung von 3. V.—24.V

		Średni ciężar suchej masy 4 roślin (z 1 słoja) w g Das mittlere Gewicht der Trockensubstanz von 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in g			Średni ubytek azotu w pożywce (z 1 słoja) w mg Die mittlere Abnahme des Stick- stoffs in der Nahr- lösung (aus ei- nem Ge- fäß) in mg	Średni przyrost azotu całkowitego w 4 roślinach (z 1 słoja) w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in mg			Średni przyrost azotu cał- kowitego na gram suchej masy w mg Die mittle- re Zunah- me des totalen Stickstoffs in 4 Pflan- zen (aus einem Ge- fäß) auf 1 Gram Trocken- substanz in mg
		całe rośliny Ganze Pflan- zen	pędy Spross- se	korze- nie Wur- zeln		całe rośliny Ganze Pflan- zen	pędy Spross- se	korze- nie Wur- zeln	
Pożywka azotanowa	a	0,67	0,56	0,11	10,0	9,2	6,8	2,4	13,7
Nitratnähr- lösung	b	0,08	0,07	0,01	1,8	1,7	0,9	0,2	13,8
Pożywka amonowa	a	0,18	0,16	0,02	5,5	4,9	4,2	0,7	27,2
Ammonnähr- lösung	b	0,05	0,04	0,01	1,3	1,2	0,8	0,4	24,0
Przedział ufności Vertrauens- grenze		0,04	0,3	0,00	1,16				

a — wietrzona (gelüftete); b — nie wietrzona (nicht gelüftete).

Początkowe pH pożywek — 6,6; końcowe pH pożywki azotanowej — 6,8; amonowej — 6,4.

Anfangs pH Werte der Nährlösungen — 6,6; Ende pH Werte der Nitratnährlösung — 6,8;
 der Ammonnährlösung — 6,4.

Stosunki odpowiednich suchych mas (tabela 11) upoważniają do twierdzenia co następuje. Pomidory przy wszystkich stosowanych pH pożywki i przy różnych warunkach zewnętrznych reagowały silnie ujemnie na niewietrzenie pożywki zarówno w kulturach azotanowych, jak i amonowych oraz rosły wybitnie lepiej na azotanach niż na solach amonowych. Różne warunki zewnętrzne (temperatura, pH) zwiększyły tylko lub zmniejszyły różnice pomiędzy poszczególnymi kombinacjami, nie odwróciły

Tabela 10

Wzrost pomidorów na pożywce azotanowej i amonowej od 6.IX.—28.IX
 Das Wachstum der Tomaten auf Nitrat- oder Ammonnährlösung von 6.IX—28.IX

	Średni ciężar suchej masy 4 roślin (z 1 słoja) w g Das mittlere Gewicht der Trockensubstanz von 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in g			Średni ubytek azotu w pożywce (z 1 słoja) w mg Die mittlere Abnahme des Stick- stoffs in der Nähr- lösung (aus ei- nem Ge- fäß) in mg	Średni przyrost azotu całkowitego w 4 roślinach (z 1 słoja) w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in mg			Średni przyrost azotu cał- kowitego na gram suchej masy w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflan- zen (aus einem Ge- fäß) auf 1 Gram Trocken- substanz in mg
	całe rośliny Ganze Pflan- zen	pędy Spros- se	korze- nie Wur- zeln		całe rośliny Ganze Pflan- zen	pędy Spros- se	korze- nie Wur- zeln	
Pożywka azotanowa	a	0,68	0,55	0,13	10,7	10,7	8,6	15,5
Nitratnähr- lösung	b	0,20	0,17	0,03	3,2	3,0	2,4	15,0
Pożywka amonowa	a	0,25	0,19	0,06	8,5	7,4	6,4	29,6
Ammonnähr- lösung	b	0,08	0,07	0,01	2,5	2,2	1,9	27,5
Przedział ufności Vertrauens- grenze		0,54	0,05	0,004	1,08			

a — wietrzona (gelüftete); b — nie wietrzona (nicht gelüftete).

Początkowe pH pożywek — 6,6; końcowe pH pożywki azotanowej — 6,8; amonowej — 6,4.

Anfangs pH Werte der Nährlösungen — 6,6; Ende pH Werte der Nitratnährlösung — 6,3;
 der Ammonnährlösung — 6,4.

cały jednak stosunku liczbowego wyników. PH 6,0 i wysoka temperatura wybitnie sprzyjały wzrostowi pomidorów na azotanach. Pod wpływem wysokiej temperatury zwiększyły się różnice wzrostowe pomiędzy kulturami wietrzonymi i nie wietrzonymi.

PH pożywki zaważyło na intensywności pobierania azotu amonowego względnie azotanowego przez pomidory. Pomidory w środowisku prawie

obojętnym (pH 6,6) i alkalicznym (pH 7,6) pobierały azot amonowy z podobną intensywnością co azotanowy w warunkach ograniczenia tlenu w podłożu. Natomiast w środowisku słabo kwaśnym (pH 6,0) pochłaniały one lepiej azot azotanowy niż amonowy i to tak w kulturach wietrzonych, jak i nie wietrzonych. Jednak na gram suchej masy, podobnie jak i u kukurydzy, stwierdzono ogólnie większy przyrost azotu całkowitego u pomidorów rosnących w kulturach amonowych w stosunku do roślin z kultur azotanowych.

Tabela 11

Stosunki odpowiednich suchych mas pomidorów
Die Verhältnisse entsprechender Trockensubstanzen der Tomaten

Okres wegetacji Vegetations- periode	Temperatura Temperature	PH	A		B	
			Kultury wietrzone Gelüftete Kulturen	Kultury nie wietrzone Nicht gelüftete Kulturen	Kultury azotanowe Nitratkul- turen	Kultury amonowe Ammon- kulturen
8.V—1.VI	20°—32°C	6,0	11,50	10,75	12,67	2,50
23.V—12.VI	27°—33°C	6,6	4,82	1,76	12,75	4,44
6.IX—28.IX	10°—27°C	6,6	2,72	2,50	3,40	3,10
3.V—24.V	15°—31°C	7,6	3,72	1,60	8,38	3,60

$$A = \frac{\text{sucha masa roślin z kultur azotanowych}}{\text{sucha masa roślin z kultur amonowych}} = \frac{\text{Trockensubstanz der Pflanzen aus Nitratkulturen}}{\text{Trockensubstanz der Pflanzen aus Ammonkulturen}}$$

$$B = \frac{\text{sucha masa roślin z kultur wietrzonych}}{\text{sucha masa roślin z kultur nie wietrzonych}} = \frac{\text{Trockensubstanz der Pflanzen aus gelüfteter Kulturen}}{\text{Trockensubstanz der Pflanzen aus nichtgelüfteter Kulturen}}$$

Z kolei przeprowadzono badania nad pszenicą, żytem, jęczmieniem (4.IX.—24.IX), burakami i kapustą (6.IX.—28.IX) na pożywkach azotanowych i amonowych o pH 6,6. Wrzesień był na ogół pogodny i ciepły (temperatura 10°C—27°C).

III. Pszenica zwyczajna (*Triticum vulgare* Vill.)

Pszenica rosła podobnie na azotanach jak i na solach amonowych w jednakowych warunkach tlenowych. (Nie stwierdzono istotnych różnic wzrostowych.) Roślina ta reagowała na niewietrzenie pożywki i to zarówno na azotanach, jak i na solach amonowych.

Rośliny z kultur nie wietrzonych obu kombinacji były nieco chlorotyczne w porównaniu do roślin z odpowiednich kultur wietrzonych. Rośliny z kultur azotanowych wietrzonych i z kultur amonowych wietrzonych były jednakowo zielone.

Tabela 12

Wzrost pszenicy na pożywce azotanowej i amonowej od 4.IX.—24.IX
Das Wachstum des Weizens auf Nitrat-oder Ammonnährlösung von 4.IX.—24.IX

		Średni ciężar suchej masy 4 roślin (z 1 słoja) w g Das mittlere Gewicht der Trockensubstanz von 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in g			Średni ubytek azotu w pożywce (z 1 słoja) w mg Die mittlere Abnahme des Stickstoffs in der Nährlösung (aus einem Gefäß) in mg	Średni przyrost azotu całkowitego w 4 roślinach (z 1 słoja) w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in mg			Średni przyrost azotu całkowitego na gram suchej masy w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) auf 1 Gram Trockensubstanz in mg
		całe rośliny Ganze Pflanzen	pędy Sprosse	korzenie Wurzeln		całe rośliny Ganze Pflanzen	pędy Sprosse	korzenie Wurzeln	
Pożywka azotanowa	a	0,42	0,32	0,10	2,8	2,1	1,9	0,2	5,0
Nitratnährlösung	b	0,28	0,21	0,07	1,4	1,2	0,8	0,4	4,3
Pożywka amonowa	a	0,36	0,27	0,09	6,1	5,5	4,2	1,3	15,3
Ammonnährlösung	b	0,28	0,23	0,05	4,2	3,8	3,3	0,5	13,6
Przedział ufności Vertrauensgrenze		0,06	0,05	0,01	1,19				

a — wietrzona (gelüftete); b — nie wietrzona (nicht gelüftete).

Początkowe pH pożywek 6,6; końcowe pH pożywki azotanowej — 6,8; amonowej — 6,4.

Anfangs pH Werte der Nährlösungen — 6,6; Ende pH Werte der Nitratnährlösung — 6,8; der Ammonnährlösung — 6,4.

Stwierdzono istotne różnice w pobieraniu azotu i jego przyroście w suchej masie roślin pomiędzy kulturami azotanowymi wietrzonymi

i nie wietrzonymi, jak również kulturami amonowymi wietrzonymi i nie wietrzonymi. Analizy wykazały także, że przyrost azotu całkowitego w roślinach był większy w kulturach amonowych w porównaniu z kulturami azotanowymi. Jednak większy przyrost azotu amonowego nie zwiększył ich suchej masy. Rezultaty ujęto w tabeli 12.

IV. Jęczmień zwyczajny (*Hordeum vulgare* L.)

Nie stwierdzono istotnych różnic wzrostowych pomiędzy kulturami azotanowymi wietrzonymi (średnia s.m. 0,69 g) i nie wietrzonymi (średnia s.m. 0,60 g), jak również amonowymi nie wietrzonymi (średnia s.m. 0,61 g, przedział ufności 0,11). Także nie stwierdzono istotnych różnic wzrostowych pomiędzy kulturami azotanowymi wietrzonymi (średnia s.m. 0,69 g) i amonowymi wietrzonymi (średnia s.m. 0,78 g, przedział ufności 0,11). Natomiast stwierdzono istotne różnice wzrostowe na pożywkach amonowych na korzyść kultur wietrzonych. Jęczmień ogólnie słabo reagował na niewietrzenie pożywki (stosunek suchych mas roślin z kultur wietrzonych do nie wietrzonych na pożywce azotanowej wynosi 1,15, a na pożywce amonowej — 1,28). Wszystkie rośliny z kultur azotanowych i amonowych były jednakowo zielone.

Stwierdzono w przybliżeniu jednakowy ubytek azotu w pożywce azotanowej wietrzonej (średnio 4,7 mg) i nie wietrzonej (średnio 4,6 mg). Natomiast jęczmień intensywniej pobierał azot amonowy w kulturach wietrzonych (średnio 11,7 mg) w porównaniu z kulturami nie wietrzonymi (średnio 9,2 mg, przedział ufności 0,85). Ogólnie stwierdzono większy ubytek azotu amonowego niż azotanowego. Wyniki podano w tabeli 13.

V. Żyto (*Secale cereale* L.)

Żyto w kulturach azotanowych wietrzonych rosło o wiele lepiej (średnia s.m. 0,61 g) niż w kulturach amonowych wietrzonych (średnia s.m. 0,33 g, przedział ufności 0,08). Natomiast nie było różnic wzrostowych pomiędzy kulturami nie wietrzonymi azotanowymi (średnia s. m. 0,24 g) i kulturami nie wietrzonymi amonowymi (średnia s.m. 0,26 g, przedział ufności 0,08). W kulturach azotanowych żyto wyraźnie reagowało na niewietrzenie pożywki (stosunek suchej masy roślin z kultur wietrzonych do nie wietrzonych — 2,54), a w kulturach amonowych bardzo słabo (stosunek suchej masy roślin z kultur wietrzonych do nie wietrzonych — 1,32). Żyto w kulturach wietrzonych obu kombinacji było jednakowo zielone, natomiast w kulturach nie wietrzonych nieco chlorotyczne w porównaniu z roślinami z kultur wietrzonych.

Tabela 13

Wzrost jęczmienia na pożywce azotanowej i amonowej od 4.IX.—24.IX
 Das Wachstum der Gerste auf Nitrat- oder Ammonnährlösung von 4.IX.—24.IX

		Średni ciężar suchej masy 4 roślin (z 1 słoja) w g Das Gewicht der Trockensubstanz von 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in g			Średni ubytek azotu w pożywce (z 1 słoja) w mg Die mittlere Abnahme des Stickstoffs in der Nährlösung (aus einem Gefäß) in mg	Średni przyrost azotu całkowitego w 4 roślinach (z 1 słoja) w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in mg			Średni przyrost azotu całkowitego na gram suchej masy w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) auf 1 gram Trockensubstanz in mg
		całe rośliny Ganze Pflanzen	pędy Sprosse	korzenie Wurzeln		całe rośliny ganze Pflanzen	pędy Sprosse	korzenie Wurzeln	
Pożywka azotanowa	a	0,69	0,51	0,18	4,7	4,1	3,0	1,1	5,9
Nitratnähr- lösung	b	0,60	0,40	0,20	4,6	3,9	2,6	1,3	6,5
Pożywka amonowa	a	0,78	0,59	0,19	11,7	11,1	8,4	2,7	14,2
Ammonnähr- lösung	b	0,61	0,41	0,20	9,20	8,4	5,7	2,4	13,8
Przedział ufości Vertrauens- grenze		0,11	0,06	0,05	0,85				

a — wietrzona (gelüftete); b — nie wietrzona (nicht gelüftete).

Początkowe pH pożywek — 6,6; końcowe pH pożywki azotanowej — 6,8; amonowej — 6,4.

Anfangs pH Werte der Nährlösungen — 6,6; Ende pH Werte der Nitratnährlösung — 6,8; der Ammonnährlösung — 6,4.

Z pożywki azotanowej żyto pobierało intensywniej azot w warunkach tlenowych (średnio 4,4 mg) niż w warunkach ograniczenia tlenu w podłożu (średnio 1,5 mg, przedział ufości 1,00). W pożywce amonowej zaś znaleziono tylko nieznaczne różnice ubytku azotu pomiędzy kulturami wietrzonymi (średnio 5,0 mg) i kulturami nie wietrzonymi (średnio 3,9 mg,

Tabela 14

Wzrost żyta na pożywce azotanowej i amonowej lod 4.IX.—24.IX
 Das Wachstum des Roggens auf Nitrat- oder Ammonnährlösung von 4.IX.—24.IX

		Średni ciężar suchej masy 4 roślin (z 1 słoja) w g Das mittlere Gewicht der Trockensubstanz von 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in g			Średni ubytek azotu w pożywce (z 1 słoja) w mg Die mittlere Abnahme des Stickstoffs in der Nährlösung (aus einem Gefäß) in mg	Średni przyrost azotu całkowitego w 4 roślinach (z 1 słoja) w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in mg			Średni przyrost azotu całkowitego na gram suchej masy w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) auf 1 gram Trockensubstanz in mg
		całe rośliny Ganze Pflanzen	pędy Sprosse	korzenie Wurzeln		całe rośliny Ganze Pflanzen	pędy Sprosse	korzenie Wurzeln	
Pożywka azotanowa	a	0,61	0,47	0,14	4,4	3,8	2,9	0,9	6,2
Nitratnährlösung	b	0,24	0,17	0,07	1,5	1,4	1,0	0,4	5,8
Pożywka amonowa	a	0,33	0,26	0,07	5,0	4,1	3,2	0,9	12,4
Ammonnährlösung	b	0,26	0,20	0,06	3,9	3,1	2,4	0,7	11,9
Przedział ufności Vertrauensgrenze		0,08	0,06	0,02	1,00				

a — wietrzona (gelüftet); b — nie wietrzona (nicht gelüftet).

Początkowe pH pożywek — 6,6; końcowe pH pożywki azotanowej — 6,8; amonowej — 6,4.

Anfangs pH Werte der Nährlösungen — 6,6; Ende pH Werte der Nitratnährlösung — 6,8; der Ammonnährlösung — 6,4.

przedział ufności 1,00). Jednak na gram suchej masy znaleziono większy przyrost azotu całkowitego w roślinach z kultur amonowych w porównaniu do roślin z kultur azotanowych. Wyniki podano w tabeli 14.

Vl. Burak zwyczajny (*Beta vulgaris* L.)

Buraki zachowywały się podobnie jak pomidory. Silnie ujemnie reagowały one na niewietrzenie pożywki i jednocześnie wyraźnie lepiej rosły

Tabela 15

Wzrost buraków na pożywce azotanowej i amonowej od 6.IX.—28.IX

Das Wachstum der roten Rüben auf Nitrat- oder Ammonnährlösung von 6.IX.—28.IX

		Średni ciężar suchej masy 4 roślin (z 1 słoja) w g Das mittlere Gewicht der Trockensubstanz von 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in g			Średni ubytek azotu w pożywce (z 1 słoja) w mg Die mittlere Abnahme des Stickstoffs in der Nährlösung (aus einem Gefäß) in mg		Średni przyrost azotu całkowitego w 4 roślinach (z 1 słoja) w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in mg			Średni przyrost azotu całkowitego na gram suchej masy w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) auf 1 Gram Trockensubstanz in mg
		całe rośliny Ganze Pflanzen	pedy Sprosse	korzenie Wurzeln			całe rośliny Ganze Pflanzen	pedy Sprosse	korzenie Wurzeln	
Pożywka azotanowa Nitratnährlösung	a	0,26	0,21	0,05	2,1	2,0	1,6	0,4	7,7	
	b	0,13	0,12	0,01	1,2	1,0	0,9	0,1	7,7	
Pożywka amonowa Ammonnährlösung	a	0,13	0,12	0,01	2,8	2,3	2,1	0,2	17,7	
	b	0,07	0,06	0,01	1,5	1,2	1,0	0,2	17,1	
przedział ufności Vertrauensgrenze		0,055	0,05	0,005	0,84					

a — wietrzona (gelüftet); b — nie wietrzona (nicht gelüftet).

Początkowe pH pożywek — 6,6; końcowe pH pożywki azotanowej — 6,8; amonowej — 6,4.

Anfangs pH Werte der Nährlösungen — 6,6; Ende pH Werte der Nitratnährlösung — 6,8; der Ammonnährlösung — 6,4.

na pożywcę azotanowej niż na solach amonowych. Buraki jednakowo rosły na pożywcę azotanowej nie wietrzonej (średnia s.m. 0,13 g) i amonowej wietrzonej (średnia s.m. 0,13 g). Najslabszy wzrost buraków był w kulturach amonowych nie wietrzonych (średnia s.m. 0,01 g).

Buraki pobierały z podobną intensywnością azot azotanowy co amonowy (w odpowiadających sobie warunkach tlenowych). Jednak na gram suchej masy przypada więcej azotu całkowitego w roślinach z kultur amonowych niż azotanowych i zarówno w warunkach tlenowych, jak i w warunkach ograniczenia tlenu w pożywcę. Tabela 15 streszcza wyniki analiz.

VII. Kapusta ogrodowa (*Brassica oleracea* L.)

Kapusta również lepiej rosła na pożywcę azotanowej niż na pożywcę amonowej. Nie stwierdzono istotnych różnic wzrostowych kapusty pomiędzy kulturami azotanowymi nie wietrzonymi (średnia s.m. 0,39 g) i kulturami amonowymi wietrzonymi (średnia s.m. 0,33 g, przedział ufności 0,06). Roślina ta rosła najslabiej w kulturach amonowych nie wietrzonych (średnia s.m. 0,11 g). W obu kombinacjach kapusta wyraźnie reagowała na niewietrzenie pożywki.

Analizy wykazały, że w warunkach tlenowych kapusta, podobnie jak pomidory i buraki, pobierała z podobną intensywnością azot azotanowy (średnio 8,8 mg) co amonowy (średnio 9,2 mg, przedział ufności 0,83). Jednak kapusta pobierała intensywniej azot azotanowy względnie amonowy w kulturach wietrzonych w stosunku do odpowiednich kultur nie wietrzonych. Zanotowano także większy przyrost azotu całkowitego w gramie suchej masy roślin rosnących na pożywcę amonowej niż roślin rosnących na pożywcę azotanowej. Wyniki podano w tabeli 16.

We wszystkich przypadkach stwierdzono większy przyrost azotu całkowitego w pędach niż w korzeniach. Nie znaleziono dużych różnic w przyroście azotu całkowitego na 1 g suchej masy roślin rosnących tak na azotanach jak i na solach amonowych pomiędzy odpowiednimi kulturami wietrzonymi i nie wietrzonymi. Stwierdzono natomiast większy przyrost azotu całkowitego na 1 g suchej masy roślin z kultur amonowych w stosunku do roślin z kultur azotanowych.

We wszystkich przypadkach system korzeniowy roślin z kultur amonowych był krótszy i bardziej powierzchniowo rozkrzewiony niż roślin z kultur azotanowych. Korzenie pomidorów, buraków i kapusty z kultur amonowych nie wietrzonych były najslabiej rozwinięte.

Celem porównania zachowania się prawie równocześnie rosnących roślin (wrzesień) w zależności od stopnia natlenienia podłoża w obecności azotanów i soli amonowych obliczono odpowiednie stosunki suchych mas

Tabela 16

Wzrost kapusty na pożywce azotanowej i amonowej od 6.IX.—28.IX
 Das Wachstum des Krautes auf Nitrat- oder Ammonnährlösung von 6.IX.—28.IX

		Średni ciężar suchej masy 4 roślin (z 1 słoja) w g Das mittlere Gewicht der Trockensubstanz von 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) in g			Średni ubytek azotu w pożywce (z 1 słoja) w mg Die mittlere Abnahme des Stickstoffs in der Nährlösung (aus einem Gefäß) in mg	Średni przyrost azotu całkowitego w 4 roślinach (z 1 słoja) w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflanzen (aus einem Gefäß). in mg			Średni przyrost azotu całkowitego na gram suchej masy w mg Die mittlere Zunahme des totalen Stickstoffs in 4 Pflanzen (aus einem Gefäß) auf 1 gram Trockensubstanz in mg
		całe rośliny Ganze Pflanzen	pędy Sprosse	korzenie Wurzeln		całe rośliny Ganze Pflanzen	pędy Sprosse	korzenie Wurzeln	
Pożywka azotanowa	a	0,73	0,55	0,18	8,8	8,1	6,0	2,1	11,1
Nitratnährlösung	b	0,39	0,32	0,07	4,7	4,1	3,4	0,7	10,5
Pożywka amonowa	a	0,33	0,28	0,05	9,2	8,5	7,4	1,1	25,8
Ammonnährlösung	b	0,11	0,10	0,01	3,0	27,7	2,4	0,3	24,5
Przedział ufności Vertrauensgrenze		0,06	0,05	0,01	0,83				

a — wietrzona (gelüftete); b — nie wietrzona (nicht gelüftete).

Początkowe pH pożywek — 6,6; końcowe pH pożywek azotanowej — 6,8; amonowej — 6,4.

Anfangs pH Werte der Nährlösungen — 6,6; Ende pH Werte der Nitratnährlösung — 6,8; der Ammonnährlösung — 6,4.

tych roślin oraz obliczono współczynniki korelacji pomiędzy odpowiednimi obiektami (tabela 17).

Stosunki suchej masy roślin z kultur azotanowych do suchej masy roślin z kultur amonowych określają wzrost badanych roślin na azotanach, względnie na solach amonowych.

Stosunki suchej masy roślin z kultur wietrzonych do suchej masy roślin z kultur nie wietrzonych określają wrażliwość badanych roślin na niedostatek tlenu w podłożu.

Tabela 17

Stosunki odpowiednich suchych mas badanych roślin
Die Verhältnisse entsprechender Trockensubstanzen untersuchter Pflanzen

Rośliny Pflanzen	Okres wegetacji Vegetations- periode	A		B	
		Kultury wietrzone Gelüftete Kulturen	Kultury nie wietrzone Nichtgelüf- tete Kulture	Kultury azotanowe Nitrat- kulturen	Kultury amonowe Ammon- kulturen
Pomidory	6.IX.—28.IX	2,72	2,50	3,40	3,10
Tomaten					
Kapusta	„	2,20	3,54	1,86	3,00
Kraut					
Buraki	„	2,00	1,86	2,00	1,86
rote Rüben					
Żyto	4.IX.—24.IX.	1,85	0,94	2,54	1,32
Roggen					
Pszenica	„	1,17	1,00	1,50	1,28
Weizen					
Jęczmień	„	0,89	0,98	1,15	1,28
Gerste					
Kukurydza	5.IX.—26.IX.	1,02	1,02	1,03	1,03
Mais					
		$f = 0,75$		$f = 0,41$	$f = 0,66$
		$f = 0,89$			
		$f = 0,88$			
		$f = 0,93$			

f — współczynnik korelacji pomiędzy odpowiednimi obiektami. Klamry wskazują pomiędzy jakimi obiektami obliczono poszczególne współczynniki korelacji.

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\text{sucha masa roślin z kultur azotanowych}}{\text{sucha masa roślin z kultur amonowych}} \\
 &= \frac{\text{Trockensubstanz der Pflanzen aus Nitratkulturen}}{\text{Trockensubstanz der Pflanzen aus Ammonkulturen;}} \\
 B &= \frac{\text{sucha masa roślin z kultur wietrzonych}}{\text{sucha masa roślin z kultur nie wietrzonych}} \\
 &= \frac{\text{Trockensubstanz der Pflanzen aus gelüfteten Kulturen}}{\text{Trockensubstanz der Pflanzen aus nichtgelüfteten Kulturen}}
 \end{aligned}$$

Otrzymane współczynniki korelacji (tabela 17) upoważniają do twierdzenia, że zachodzi zależność pomiędzy wzrostem badanych roślin na

azotanach lub na solach amonowych a ich wrażliwością na niedostatek tlenu w podłożu.

Na podstawie obliczeń statystycznych badane rośliny podzielono na 3 grupy:

1. Pomidory, kapusta, buraki (najsilniej azotanolubne i najwrażliwsze na tlen).
2. Żyto, pszenica, jęczmień (średnio azotanolubne i średnio wrażliwe na tlen).
3. Kukurydza (najmniej azotanolubna i najmniej wrażliwa na tlen).

Wydzielone grupy roślin różnią się między sobą stopniem wrażliwości na niedostatek tlenu w podłożu oraz wzrostem na azotanach względnie na solach amonowych.

ZESTAWIENIE WYNIKÓW

Kultury wodne z kukurydzą i pomidorami wykazały związek pomiędzy wzrostem tych roślin na azotanach, względnie na solach amonowych, a ich wrażliwością na niedostatek tlenu w podłożu.

Pomidory są silnie wrażliwe na niedostatek tlenu w podłożu i równocześnie lepiej rosną na azotanach niż na solach amonowych.

Wyraźnie różnie niż pomidory zachowuje się kukurydza. Roślina ta okazuje się mało wrażliwa na ograniczenie tlenu w pożywce i rośnie podobnie na azotanach jak i na solach amonowych.

Kultury wodne z tymi roślinami założone na pożywkach o różnych pH (6,0, 6,6 i 7,6) i w różnym czasie wykazały, że warunki zewnętrzne i stosowane pH pożywki wpływają na wzrost zarówno kukurydzy, jak i pomidorów, natomiast nie zmieniają charakteru stosunku suchej masy roślin z kultur wietrzonych do suchej masy roślin z kultur nie wietrzonych na azotanach względnie na solach amonowych oraz stosunku suchej masy roślin z kultur azotanowych do suchej masy roślin z kultur amonowych w warunkach tlenowych lub ograniczenia tlenu w podłożu. Powodowały one tylko rozszerzenie lub zwężenie tych stosunków.

Kultury wodne z innymi roślinami, wykonane we wrześniu na pożywce azotanowej i amonowej o pH 6,6 (mniej więcej w jednakowych warunkach zewnętrznych) wykazały również związek pomiędzy wzrostem tych roślin na azotanach lub na solach amonowych a ich wrażliwością na niedostatek tlenu w podłożu i ze względu na ten związek pozwoliły ugrupować badane rośliny następująco: 1. pomidory, kapusta, buraki, 2. żyto, pszenica, jęczmień, 3. kukurydza.

Kapusta i buraki zachowują się podobnie jak pomidory. Wszystkie te rośliny rosną lepiej na azotanach i silnie reagują na niewietrzenie po-

żywki. Przy tym wzrost wymienionych roślin jest podobny na azotanach w warunkach ograniczenia tlenowego jak i na solach amonowych w warunkach tlenowych.

Rośliny drugiej grupy zajmują miejsce pośrednie: zarówno ich azotanclubność, jak i wrażliwość na stopień natleniania podłoża są słabsze niż w grupie pierwszej, jednakże wyraźnie wyróżniają się od kukurydzy słabo reagującej na stopień natlenienia pożywki jak i na formę źródła azotu.

Różne zachowanie się badanych roślin w stosunku do azotanów lub soli amonowych i natlenienia pożywki można by wyjaśnić różną ilością węglowodanów w nasionach i korzeniach. Według Prianisznikowa (1899—1935) węglowodany chronią roślinę przed zatruciem amoniakiem soli amonowych, a więc rośliny bogate w cukrowce mogą lepiej korzystać z azotu amonowego niż rośliny o małym ich zapasie. Z badanych roślin najobficiej zaopatrzoną w węglowodany jest kukurydza i, jak wskazują doświadczenia, zarówno dobrze rozwija się ona na pożywce zawierającej azotany, jak i na pożywce z solami amonowymi. Przewietrzanie pożywki nie wywiera większego wpływu na stosunek suchej masy tej rośliny z kultur wietrzonych do suchej masy roślin z kultur nie wietrzonych (prawie równy jedności). Możliwe, że duże ilości węglowodanów umożliwiają jej oddychanie śródrobinowe, do pewnego stopnia wyrównujące częściowo osłabione oddychanie tlenowe. Przypuszczenie to znajduje uzasadnienie w pracy S. Gumińskiego i współpracowników (1957) nad oddychaniem pomidorów i kukurydzy stwierdzających w krótkotrwałych doświadczeniach w warunkach beztlenowych różne zachowanie się tych dwu roślin. Z chwilą przeniesienia siewek pomidorów do pożywki pozbawionej tlenu i nie zawierającej azotanów korzenie pomidorów przestają wydzielać dwutlenek węgla, natomiast w obecności azotanów wydzielanie dwutlenku węgla nie zmniejsza się. Inaczej zachowują się korzenie kukurydzy: ilość wydzielonego dwutlenku węgla przez jej korzenie jest niezależna od zawartości azotanów w pożywce i obecności tlenu, intensywność wydzielania dwutlenku węgla w pożywce pozbawionej i azotanów i tlenu jest taka sama jak w pożywce natlenionej. S. Gumiński (praca jeszcze nie opublikowana) wyjaśnia tę różnicę w zachowaniu się korzeni tym, że korzenie kukurydzy są zasobne w węglowodany, są zatem zdolne do oddychania beztlenowego, zaś korzenie pomidorów, ubogie w te związki, możliwości tej nie posiadają, mogą zatem oddychać tylko wtedy, gdy mają do rozporządzenia tlen azotanów.

Potwierdzenie hipotezy kompensacji tlenu przez azotany można znaleźć w moich doświadczeniach z kukurydzą, przeprowadzanych przy wysokiej temperaturze (tab. 2 i 3), w których nie występował hamujący

wpływ amoniaku (roślina rozporządzała dużym zapasem węglowodanów) i w których — z powodu wysokiej temperatury — uwidaczniał się wpływ niedostatku tlenu. W doświadczeniach tych wzrost kukurydzy na azotanach w kulturach wietrzonych i nie wietrzonych oraz na solach amonowych w kulturach wietrzonych był w przybliżeniu jednakowy, natomiast w warunkach ograniczenia tlenu był lepszy na azotanach niż na solach amonowych. W tym wypadku pH nie odgrywa roli, bo w następnych kulturach wodnych, o takim samym pH 6,6 i temperaturze 10°C—27°C (tab. 4), ani nie uwidoczniła się wrażliwość na niedostatek tlenu, ani nie wystąpiła azotanolubność u tej rośliny.

Natomiast wyniki moich doświadczeń świadczą, że u pomidorów w długotrwałych doświadczeniach wegetacyjnych azotany nie mogą kompensować niedostatku tlenu w pożywce. U pomidorów, przy skromnych zapasach węglowodanów i przy wysokiej temperaturze, występuje silny głód tlenu, przy czym działanie utleniające azotanów widocznie jest niewystarczające.

Tu uwydatnia się różnica pomiędzy utleniającym działaniem próchnicy stosowanej przez S. Gumińskiego (1950) a działaniem azotanów. Wydaje się, że różnica ta polega na tym, że próchnica jest układem oksydoredukcyjnym odwracalnym, azotany zaś nie. Dlatego też drobne ilości azotanów mogą kompensować niedostatek tlenu w doświadczeniach krótkotrwałych, nie mogą zaś w doświadczeniach długotrwałych, podczas gdy podobnie małe dawki próchnicy mogą być skuteczne także i w doświadczeniach wegetacyjnych.

We wszystkich wypadkach system korzeniowy z kultur amonowych był krótszy i bardziej powierzchniowo rozkrzewiony niż roślin z kultur azotanowych. Zjawisko powierzchniowego rozkrzewienia korzeni tych roślin rosnących na solach amonowych można by tłumaczyć aerotropizmem. Natomiast w obecności azotanów ten proces jest osłabiony tym, że azotany są czynnikiem utleniającym i w takim wypadku geotropizm wspomógł przez ten czynnik przewycięża aerotropizm.

Kukurydza, jęczmień i pszenica, bez względu na stopień natlenienia pożywki, pobierały intensywniej azot amonowy niż azotanowy. Żyto zachowywało się podobnie jak wymienione rośliny w warunkach ograniczenia tlenu w podłożu, a w warunkach tlenowych pobierało z podobną intensywnością jon amonowy co azotanowy. Wreszcie pomidory, buraki i kapusta bez względu na stopień natlenienia przyswajały z podobną intensywnością azot amonowy co azotanowy. Natomiast stwierdzono większy przyrost azotu całkowitego na gram suchej masy wszystkich badanych roślin z kultur amonowych w stosunku do roślin z kultur azotanowych. Pobieranie azotu amonowego na gram suchej masy wcale nie

jest miarą wykorzystania azotu przez roślinę, przeciwnie, przy słabszym wzroście rośliny stwierdzono większy przyrost azotu na gram suchej masy np. pomidorów.

Na pożywce azotanowej zawsze ujawniała się u kukurydzy chloroza. Na pożywce amonowej kukurydza była zielona. Dodatek molibdenu do pożywki azotanowej usuwał całkowicie objawy chlorozy i równocześnie sprzyjał intensywniejszemu pobieraniu azotu azotanowego przez kukurydzę. Zaobserwowane zjawisko zgodne jest z badaniami Johnsona i współpracowników (1952), które wykazały silną wrażliwość tej rośliny na niedobór molibdenu.

Przeprowadzone przeze mnie badania pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Azotany są korzystniejszym źródłem azotu niż sole amonowe dla siewek roślin silnie wrażliwych na niedostatek tlenu w podłożu.
2. Azotany i sole amonowe są równorzędnymi źródłami azotu dla siewek roślin słabo wrażliwych na ograniczenie tlenu w podłożu.
3. Azotany mogą kompensować do pewnego stopnia niedostatek tlenu w podłożu siewek niektórych roślin.
4. Jon amonowy przeważnie jest pobierany intensywniej niż jon azotanowy przez siewki roślin, jednak to nie znajduje wyrazu w zwiększeniu suchej masy tych roślin w porównaniu z roślinami rosnącymi na azotanach.
5. Na pożywce azotanowej obserwuje się w kulturach kukurydzy chlorozę; objaw ten nie występuje na pożywce amonowej. Dodatek molibdenu usuwa objawy chlorozy, jak również zwiększa intensywność pobierania azotu przez kukurydzę w kulturach azotanowych.

Pracę wykonano w Zakładzie Fizjologii Roślin im. E. Godlewskiego we Wrocławiu. Kierownikowi tego Zakładu, prof. S. Gumińskiemu składam serdeczne podziękowanie za cenne rady i pomoc w pracy. Dziękują również prof. H. Krzemieniewskiej za krytyczne uwagi w czasie pisania mojej pracy. Za pomoc przy obliczaniu statystycznym wyrażam podziękowanie doc. dr S. Brejowi.

*Zakład Fizjologii Roślin
Uniwersytetu we Wrocławiu*

(Wpłynęło dn. 10.2.1959 r.)

ZUSAMMENFASSUNG

Die Versuche wurden im Glashaus des Botanischen Gartens im Sommer 1956 durchgeführt. Zu den Untersuchungen wurden folgende Pflanzen benützt: Mais, Tomaten, rote Rüben, Kraut, Weizen, Gerste und

Roggen. Es wurden vergleichbare Nährlösungen mit Ammon- und Nitratsalzen angewendet. Ausserdem wurden in jeder Kombination die Sauerstoffbedingungen der Nährlösung auf solche Weise differiert, dass die eine Hälfte der Gefässe gelüftet wurde, die andere nicht. Die Pflanzen wurden in fast neutraler (pH 6,6), in schwach saurer (pH 6,0) und leicht alkalischer (pH 7,6) Nährlösung gezüchtet.

Die Wasserkulturen mit Mais und Tomaten zeigten einen Zusammenhang zwischen Nitratvorliebe dieser Pflanzen und ihrer Empfindlichkeit gegen Sauerstoffmangel in der Nährlösung.

Die Tomaten sind stark empfindlich gegen den Sauerstoffmangel und wachsen wesentlich besser auf Nitrat- als auf Ammonsalzen.

Deutlich verschieden verhält sich Mais. Diese Pflanze zeigt sich gegen Sauerstoffmangel in der Nährlösung wenig empfindlich und wächst ähnlich auf Nitraten, wie auf Ammonsalzen.

Die Wasserkulturen mit den oben genannten Pflanzen, die man in der Nährlösungen von verschiedenen pH (pH 6,0, 6,6, 7,6) und in verschiedenen Zeiten durchführte, zeigten, dass äussere Bedingungen und pH der Nährlösung das Wachstum von Mais, sowie der Tomaten beeinflussen. Sie ändern aber niemals das Verhältnis der Trockensubstanz der Pflanzen von gelüfteten Kulturen, zur Trockensubstanz der Pflanzen von nicht gelüfteten Kulturen, die auf Nitrat- beziehungsweise auf Ammonsalzen aufgewachsen sind. Sie ändern auch nicht das Verhältnis der Pflanzensubstanz von Nitratkulturen zu den Ammonkulturen bei Sauerstoffmangel, beziehungsweise bei Sauerstoffanwesenheit. Sie veranlassen nur eine Verbreitung, oder Verengerung dieser Verhältnisse.

Die Wasserkulturen mit anderen Pflanzen, die man in September in den Nährlösungen von pH 6,6 durchführte (bei ungefähr gleichen äusseren Bedingungen) bestätigten den Zusammenhang zwischen dem Wachstum dieser Pflanzen auf Nitrat- sowie auf Ammonsalzen und die Empfindlichkeit gegen den Sauerstoffmangel in der Nährlösung, und erlaubten eine Gruppierung der Pflanzen in folgender Weise:

- 1) Tomaten, Kraut und rote Rüben, 2) Roggen, Weizen und Gerste.
- 3) Mais.

Kraut und rote Rüben verhalten sich ähnlich wie Tomaten. Die Pflanzen der ersten Gruppe wachsen besser auf Nitraten als auf Ammonsalzen, und reagieren stark auf das Nichtlüften der Nährlösung. Das Wachstum der erwähnten Pflanzen in den nicht gelüfteten Nitratkulturen ist ähnlich diesem in den gelüfteten Ammonkulturen.

Die Pflanzen der zweiten Gruppe nehmen eine Mittelstellung ein. Ihre Vorliebe für Nitrate wie auch ihre Empfindlichkeit gegen den Grad der Sauerstoffzufuhr ist schwächer als in der ersten Gruppe; sie unterscheiden sich deutlich vom Mais, der schwach auf Sauerstoffmangel in der Nährlösung, wie auch auf die Form der Stickstoffquelle reagiert.

Mais, Gerste und Weizen nehmen, ohne Hinsicht auf Lüftungsbedingungen, intensiver Ammon- als Nitrastickstoff auf. Der Roggen verhält sich ähnlich wie die genannten Pflanzen in nicht gelüfteten Kulturen, dagegen nimmt er in gelüfteten Kulturen mit ähnlicher Intensität den Nitrat- wie Ammonstickstoff auf. Tomaten, rote Rüben und Kraut, neh-

men, ohne Hinsicht auf Lüftungsbedingungen, mit fast gleicher Intensität Nitrat- sowie Ammonstickstoff auf. Jedoch auf 1 Gram Trockensubstanz ist die Zunahme des totalen Stickstoffs in den Pflanzen in den Ammonnährlösungen grösser, als in den Nitratnährlösungen. Die grössere Intensität der Ammonstickstoffaufnahme gibt keine proportionale Trockensubstanzvergrösserung dieser Pflanzen, umgekehrt, der Nitratstickstoff gibt meistens grösseren Trockensubstanzzuwachs.

Die Versuche mit Mais zeigten eine starke Empfindlichkeit dieser Pflanzen gegen den Molybdänmangel, was schon von Johnson und seinen Mitarbeitern nachgewiesen wurde (1952). In jeder Nitratnährlösung wurde eine Chlorose sichtbar, welche bei einem Molybdänzusatz zurückging. In den Ammonnährlösungen tritt keine Chlorose ein.

Aus den durchgeführten Untersuchungen kann man folgende Schlüsse ziehen:

1. Nitrate sind eine günstigere Stickstoffquelle als Ammonsalze, für Pflanzensämlinge, welche stark empfindlich auf einen Sauerstoffmangel in der Nährlösung sind.
2. Nitrate und Ammonsalze sind gleichwertige Stickstoffquellen für Pflanzen, welche gegen eine Sauerstoffbeschränkung in der Nährlösung schwach empfindlich sind.
3. Nitrate können, in einem gewissen Grade, den Sauerstoffmangel in der Nährlösung mancher Pflanzen kompensieren.
4. Ammonstickstoff wird meistens intensiver als Nitratstickstoff aufgenommen, jedoch hat das keinen Einfluss auf Vergrösserung der Trockensubstanz in Vergleich mit Pflanzen, welche auf Nitraten wachsen.
5. In den Nitratnährlösungen beobachtet man eine Chlorose in Maiskulturen; diese Erscheinung tritt nicht in der Ammonnährlösung auf. Ein Zusatz von Molybdän beseitigt diese Chloroseerscheinung.

*Institut der Pflanzenphysiologie
Breslauer Universität*

LITERATURA

- Arnon D. J., 1937, Soil., Sci. 44:91—113.
 Chibnall A. C., 1939, Protein metabolism in the plant, New Hawen: Yale University Press.
 Czistiakow G. K., 1953, Osnowy sanitarnogo fiziko-chimiczeskogo analiza i metodiki chlorigowanija wody, Miedgiz, Moskwa.
 Fiodorow M. 1951, Rukowodstwo k prakticzskim zaniatijam po mikrobiologii, Moskwa.
 Gumiński S., 1950, Acta Soc. Bot. Pol. 20 (2):589—620.
 Gumiński S., W. Czerwiński, E. Unger i H. Skrabka, 1957, Acta Soc. Bot. Pol. 26 (3) : 631—645.
 Johnson C., C. Pearson a. P. Stout, 1952, Plant a. Soil 4: 1—178.
 Maze P., 1898, Ann. Inst. Pasteur 14:26—45.
 Prianisnikow D. N., 1899, Ber. bot. Ges. 17:151—155.

- Prianisznikow D. N., 1900, Ber. bot. Ges. 18:285—291.
Prianisznikow D. N., 1904, Ber. bot. Ges. 22:35—43.
Prianisznikow D. N., 1908, Ber. bot. Ges. 26:716—724.
Prianisznikow D. N., 1922, Ber. bot. Ges. 40:242—248.
Prianisznikow D. N., 1927, Biochem. Z. 182:204—215.
Prianisznikow D. N., 1929, Biochem. Z. 207:341—349.
Prianisznikow D. N., 1935, Soil. Sci. 1:207—209.
Ruebenbauer T., 1946, Zarys metodyki doświadczalnictwa polowego, Kraków.
Truffaut G. et P. Hampe, 1938, Nos essais de culture dans l'eau, Jardinage.
Truffaut G. et P. Hampe, 1938, Les cultures dans l'eau et la science, Jardinage.