Wpływ przewietrzania pożywki azotanowej względnie amonowej na wzrost pomidorów w obecności humianu, EDTA oraz miedzi i manganu

*Effect of aeration of nitrate and ammonium salt nutrient solutions together with the
addition of humate, EDTA, copper and manganese on tomato growth*

J. STABROWSKA i J. DZIEWULSKA

WSTĘP

Wpływ czynników zewnętrznych znacznie silniej zaznacza się przy odżywianiu roślin solami amonowymi niż azotanami. Liczne badania wykazały, że azot amonowy może być przyswajany przez wiele gatunków roślin tylko w dość wąskim zakresie pH podłoża (5,5—7,5), natomiast przyswajanie azotu azotanowego może zachodzić w szerokich granicach pH (4—8). (Pirschle, 1929 a, b, 1931 a; Nightingale, 1937; Priąniznikow, 1951). Również niedostatek tlenu w podłożu o wiele silniej ogranicza przyswajanie jonu amonowego niż azotanowego. Arnon (1937) stwierdził wyraźną poprawę we wzroście siewek jęczmienia przy przewietrzaniu roztworów zawierających sole amonowe. Natomiast mniejszy efekt otrzymano przy przewietrzaniu pożywki azotanowej. Badania Gumińskiego i współpr. (1957) nad przemianą gazową korzeni wykazały, że w doświadczeniach krótkotrwałych — w warunkach silnego ograniczenia tlenu w roztworze — pomidory intensywniej oddychają w obecności azotanów aniżeli w obecności soli amonowych. Przy zastosowaniu soli amonowych pomidory wykazały w tych warunkach silny spadek intensywności oddychania. Natomiast w wypadku zastosowania azotu w formie azotanowej nie następował spadek intensywności oddychania przy braku tlenu. Korzenie kukurydzy przejawiały zdolność do oddychania beztlenowego i forma azotu w podłożu nie wpływała na wydzielanie przez nie dwutlenku węgla. Stabrowska (1959) w swoich badaniach nad wzrostem roślin w pożywkach zawierających azotany względnie sole amonowe w zależności od stopnia natlenienia podłoża wykazała, że pomidory są o wiele wrażliwsze niż kukurydza na przewietrzanie pożywek, jak również na formę azotu. Azotany mogą więc kompensować niedostatek tlenu w podłożu w doświadczeniach krótkotrwa-

łych (Gumiński i współpr., 1957), natomiast w kulturach długotrwałych tego się nie obserwuje (Stabrowska, 1959).

Gumiński (1950) zauważył, że w nie wietrzonych kulturach wodnych dodatek humianu sodu znacznie poprawiał wzrost pomidorów. W warunkach dobrego przewietrzania pożywki nie stwierdzono wpływu humianu. Autor przypuszczał, że humian w pewnym stopniu kompensował niedostatek tlenu w podłożu. Późniejsze badania Gumińskiego i współpr. (1955) wskazywały, że humian sodowy częściowo jak gdyby zastępuje tlen przy oddychaniu korzeni.

Jednak następnie Gumiński i współpr. (1965) oraz Czerwiński (1967) stwierdzili, że w nie wietrzonych kulturach siewek pomidorów czynnikiem ograniczającym wzrost roślin i wywołującym chlorozę jest żelazo, które wytrąca się w formie fosforanu lub wodorotlenku żelaza. Dobra vegetacja w kulturach wodnych przewietrzanych polega raczej na udostępnieniu roślinom żelaza, a nie natlenieniu pożywki. Analizy powierzchniowych warstw pożywki wykazały, że humian stabilizuje żelazo w roztworze. Humian więc utrzymuje żelazo w roztworze, a nie zastępuje tlenu. Podobne własności jak humian ma EDTA (kwas wersenowy), (Gumiński i współpr. 1962). W kulturach wodnych nie wietrzonych zarówno humian, jak i wersenian zapobiegają wytrącaniu żelaza w formie osadu.

Z powyższych rozważań wyłoniło się pytanie, czy lepsza vegetacja roślin rosnących w pożywce azotanowej niż amonowej związana jest ze stopniem natlenienia pożywki, czy też z dostępnością żelaza? A może oba czynniki skorelowane są z wykorzystaniem formy azotu? Na te pytania starano się odpowiedzieć w niniejszej pracy, stosując kombinacje z różnym sposobem wietrzenia, jak również z różnym stopniem udostępnienia roślinom żelaza. Przez mieszanie osadu bagietką szklaną powodowano rozmieszczenie żelaza w całej objętości naczynia. Natomiast przez wietrzenie kultur motorkiem dostarczano do podłoża przede wszystkim tlenu, ale również, chociaż w mniejszym stopniu, poruszano osad.

Poza tym dodając do pożywki humianu względnie EDTA badano, jaki będzie wpływ tych substancji na wzrost pomidorów, szczególnie w kulturach nie wietrzonych.

Opierając się na spostrzeżeniach Arnona (1937) i Poskuty (1961), stwierdzających wyraźną poprawę we wzroście jęczmienia i kukurydzy po dodaniu drobnych ilości miedzi i manganu do pożywki amonowej nie przewietrzanej, przeprowadzono analogiczne doświadczenia z wymienionymi składnikami w celu przebadania wpływu tych substancji na wzrost pomidorów.

METODY

Doświadczenia przeprowadzono w szklarni Ogrodu Botanicznego we Wrocławiu na wiosnę i w lecie 1967 r. metodą kultur wodnych. Obiektem badań były pomidory. Porównawczo stosowano pożywki z azotanami i solami amonowymi o następującym składzie:

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 na litr wody destylowanej.

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 na litr wody destylowanej.

Do obu pożywek dodawano po 1 ml na 1000 ml pożywki stężonego zmodyfikowanego roztworu mikroelementów A—Z Hoaglanda o składzie: H_3BO_3 — 0,61 g; AlCl_3 — 0,78 g; LiCl — 0,028 g; KBr — 0,028 g; $\text{SnCl}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — 0,028 g; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — 0,056 g; KJ — 0,028 g; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,055 g; $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ — 0,056 g; $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ — 0,39 g; $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ — 0,056 g; $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ — 0,055 g na 1000 ml wody podwójnie destylowanej.

Dodatkiem 0,1 n HCl lub 0,1 n NaOH ustalano początkowy odczyn pożywek na pH 6,6. Pożywka amonowa szybko ulega zakwaszeniu. Wobec tego, w celu utrzymania pH roztworu na mniej więcej stałym poziomie, dodawano do pożywki amonowej 0,33 g CaCO_3 na litr pożywki. Pożywki rozlewano do słoików o pojemności 1000 ml. Po 6 godzinach od momentu rozlania pożywek (tak aby korzenie z kultur nie wietrzonych nie dotykały osadu) wkładano do słoików jednotygodniowe siewki pomidorów, wykielkowane na krążkach gipsowych w wodzie destylowanej. Do doświadczeń wybierano siewki jednakowej wielkości biorąc pod uwagę dobrze rozwinięte dwa pierwsze liście. Siewki pozostawały zanurzone w pożywce po szyjkę korzeniową przez cały okres rozwoju. Początkowo rosły cztery rośliny. Po czterech dniach usuwano jedną i do końca doświadczenia pozostawiono po trzy rośliny w słoju. Stosowano 5 równoległych powtórzeń. Za jedno powtórzenie uważano kulturę trzech roślin w jednym słoju.

W każdym doświadczeniu kultury tak azotanowe, jak i amonowe różnicowano pod względem stopnia natlenienia pożywek otrzymując trzy serie. Jedną serię stanowiły kultury nie wietrzzone (pożywki w ogóle nie poruszano), drugą wietrzono pompką ssąco-tłoczącą (motorkiem akwaryjnym), która dostarczała powietrza (każdy słoik dwa razy dziennie po 5 minut o godzinie 9.00 i 16.00), trzecią mieszano szklaną bagietką (także dwa razy dziennie o tej samej porze).

Poza tym do obu pożywek w odpowiednich szeregach obiektów doświadczalnych dodawano humianu sodu w ilości 100 mg/l, EDTA — 10 mg/l lub 100 mg/l, 0,05 mg Cu/l w formie $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ oraz 0,5 mg

Mn/l w formie $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Ubytek wody w kulturach wietrzonych uzupełniano świeżą wodą destylowaną, a w nie wietrzonych (ostrożnie, aby nie mieszać osadu) wodą destylowaną bezpośrednio przed tym przygotowaną i ostudzoną. W czasie doświadczenia obserwowano wzrost roślin, kontrolowano temperaturę otoczenia oraz notowano ogólnie przebieg pogody.

Doświadczenia likwidowano mniej więcej po 16 dniach wzrostu roślin, tj. w czasie wyraźnie zarysowanych różnic we wzroście pomiędzy poszczególnymi kombinacjami. Po zlikwidowaniu doświadczenia oznaczano końcowe pH pożywek, a rośliny rozdzielano na pędy i korzenie. Korzenie dobrze przemyto wodą destylowaną. Oddzielnie pędy i korzenie przekładano bibułą filtracyjną. Materiał roślinny zabijano w temperaturze 90°C , a następnie suszono do stałej wagi w suszarce elektrycznej w temperaturze 60°C . Po dodaniu suchej masy pędów i korzeni roślin otrzymano suchą masę całej rośliny, którą przyjęto za miarę wzrostu.

Przed założeniem kultur wodnych oznaczano azot całkowity w pędach i korzeniach siewek mikrometodą w aparacie Wagnera-Parnasa. Ze względu na ich małą masę, do analizy brano po 15 sztuk i wynik dzielono przez 5. Z powodu nie wystarczającej do analizy ilości materiału roślinnego z jednego powtórzenia, po wysuszeniu roślin badanych, dokładnie zmieszano i sproszkowano tak pędy, jak i korzenie z 5 powtórzeń danego obiektu. Z tak przygotowanego materiału brano po 3 próbki 10 mg z korzeni i 100 mg z pędów do oznaczenia azotu ogólnego. W celu redukcji ewentualnych azotanów, rośliny z kultur amonowych spalano ze stężonym kwasem siarkowym, a rośliny z kultur azotanowych w stężonym kwasie siarkowym z kwasem salicylowym rozpuszczonym w proporcji 60 g kwasu salicylowego na 1000 ml kwasu siarkowego. Ilość azotu całkowitego — tak pędów, jak i korzeni — przeliczano na całość tych części znajdujących się w jednym słoju. Różnicę pomiędzy średnią ilością azotu w pędach czy korzeniach 3 roślin po zlikwidowaniu doświadczenia i średnią ilością azotu w pędach czy korzeniach 3 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.

Przedział ufności obliczono metodą zmiennych niezależnych.

PRZEBIEG DOŚWIADCZEŃ

I. Doświadczenie z humianem sodu (28.IV. — 14.V.).

Zastosowano następujące kombinacje: 1. Pożywka azotanowa — kontrola, 2. Pożywka azotanowa + 100 mg humianu sodu na litr pożywki, 3. Pożywka amonowa — kontrola, 4. Pożywka amonowa + 100 mg humianu sodu na litr pożywki. Każdą z tych kombinacji podzielono na

trzy serie: 1. seria — nie wietrzona, 2. — wietrzona motorkiem, 3. — mieszana pałeczką.

W okresie wegetacji roślin przeważały dni upalne, temperatura wahała się od 18° do 33°C. Po 16 dniach, gdy wyraźnie zarysowały się różnice we wzroście pomiędzy poszczególnymi kombinacjami, doświadczenie zlikwidowano. Wyniki suchej masy, którą przyjęto za miarę wzrostu roślin, zebrano w tabeli 1.

Tabela 1 - Table 1

Wpływ humianu na wzrost pomidorów rosnących na azotanach lub solach amonowych /28.IV.-14.V./
Effect of humate on the development of tomato plants growing on nitrates or ammonium salts /28.IV.-14.V./

Sposób wietrzenia pożywki Way of aeration of nutrient solution	Pożywka Nutrient solution	Średni ciężar suchej masy 3 roślin /z 1 sioja/ w mg. Average weight of dry matter of 3 plants /from one jar/in mg.					
		Pożywka azotanowa Nutrient solution containing nitrates			Pożywka amonowa Nutrient solution containing ammonium salts		
		całe rośliny whole plants	pędy shoots	korzenie roots	całe rośliny whole plants	pędy shoots	korzenie roots
Wietrzone motorkiem Aerated by using a small motor	- humian - humate	553,8	475,4	78,4	242,1	213,2	28,9
	+ humian + humate	621,4	537,1	84,3	256,5	217,2	39,3
Mieszane pałeczką Stirred by a glass stick	- humian - humate	575,6	522,5	69,1	202,0	172,2	29,7
	+ humian + humate	779,9	684,2	95,7	224,9	185,8	39,1
Nie wietrzone Non aerated	- humian - humate	178,3	154,6	23,7	81,9	69,6	12,3
	+ humian + humate	548,3	483,7	64,6	207,0	174,2	32,8
Przedział ufności Confidence interval /P=0,05/		117,4	99,9	17,5	38,9	37,5	1,4

Początkowe pH pożywek - 6,6; końcowe pH pożywek azotanowej - 6,7; amonowej - 6,2.

Initial pH of nutrient solutions - 6,6; final pH of the nutrient solution containing nitrates - 6,7; containing ammonium salts - 6,2.

Bez względu na to, czy pożywka zawierała humian, czy nie, wzrost pomidorów był lepszy w kulturach azotanowych niż amonowych i tak w seriach wietrzonych, jak i nie wietrzonych. Rośliny z kultur amonowych przewietrzanych były drobniejsze, ale bardziej zielone niż odpowiednie rośliny z kultur azotanowych. Najgorszy wzrost roślin był na pożywce amonowej nie wietrzonej bez humianu. Rośliny tu były chlorotyczne i karłowate. Zaobserwowano przy tym, że korzenie roślin rosnących na pożywce azotanowej były długie i rosły w głąb pożywki, a na pożywce amonowej były krótsze i wykształcone bardziej powierzchniowo.

Na pożywce azotanowej bez humianu, w serii mieszanej pałeczką, wzrost pomidorów był wizualnie nieco lepszy (rośliny były bardziej zielone, korzenie dłuższe, liście większe) niż w serii wietrzonej motorkiem. Nie znalazło to jednak odbicia w suchej masie ponieważ różnica mieści się w granicach błędów. Dla roślin rosnących w kulturach azotanowych wietrzenie motorkiem było równie skuteczne, jak mieszanie pałeczką.

W obu tych seriach stwierdzono o wiele większy wzrost roślin niż w serii nie wietrzonej. Dla roślin rosnących w kulturach amonowych wietrzenie motorkiem było korzystniejsze niż mieszanie pałeczką, co znalazło odbicie w istotnej różnicy suchej masy pędów. W pożywkach bez humianu nie przewietrzanych rośliny rosły bardzo słabo.

W kulturach nie wietrzonych humian wyraźnie stymulował wzrost siewek pomidorów rosnących tak na pożywkach azotanowych, jak też amonowych. W serii nie wietrzonej wzrost siewek był najlepszy na pożywce azotanowej z dodatkiem humianu, ponadto był lepszy w porównaniu z kombinacją amonową wietrzoną motorkiem czy mieszaną pałeczką. W kulturach nie wietrzonych amonowych z dodatkiem humianu pomidory rosły znacznie lepiej niż rośliny rosnące na pożywce amonowej bez humianu. W kulturach wietrzonych wpływ humianu był bardzo mały (tab. 1).

Tabela 2 - Table 2

Wpływ humianu na zawartość azotu całkowitego w pomidorach rosnących na azotanach lub solach amonowych
/28.IV. - 14.V./
Effect of humate on total nitrogen content in tomato plants growing on nitrates or ammonium salts
/28.IV. - 14.V./

Sposób wietrzenia pożywki Way of aeration of nutrient solution	Pożywka Nutrient solution	Średni przyrost azotu całkowitego w 3 roślinach /z 1 słoja/ w mg Average increase in total nitrogen in 3 plants /from one jar/ in mg					
		Pożywka azotanowa Nutrient solution containing nitrates			Pożywka amonowa Nutrient solution containing ammonium salts		
		całe rośliny whole plants	pędy shoots	korzenie roots	całe rośliny whole plants	pędy shoots	korzenie roots
Wietrzone motorkiem Aerated by using a small motor	- humian - humate	24,9	22,0	2,9	12,0	10,7	1,3
	+ humian + humate	28,9	25,9	3,0	16,5	15,1	1,4
Mieszane pałeczką Stirred by a glass stick	- humian - humate	24,2	21,3	2,9	11,3	9,9	1,4
	+ humian + humate	33,0	29,4	3,6	14,0	12,6	1,4
Nie wietrzone Nonareated	- humian - humate	8,4	7,0	1,3	2,2	2,0	0,2
	+ humian + humate	25,5	23,0	2,4	9,5	8,3	1,2

Tabela 2 przedstawia przyrost azotu całkowitego w omawianych wyżej roślinach. Wynika z niej, że przyrost azotu całkowitego był większy w roślinach z kultur azotanowych niż amonowych. Nie stwierdzono istotnej różnicy w przyroście azotu całkowitego pomiędzy odpowiednimi kombinacjami serii wietrzonej motorkiem i mieszaną pałeczką. Dodatek humianu wpływał na przyrost azotu całkowitego w roślinach. Wpływ ten w kulturach wietrzonych był mniejszy, natomiast w kulturach nie wietrzonych był bardziej wyraźny.

II. Doświadczenie z EDTA (19.VII. — 2.VIII).

Stosowano następujące kombinacje: 1. Pożywka azotanowa — kontrola, 2. Pożywka azotanowa + 10 mg EDTA na litr pożywki, 3. Pożywka

azotanowa + 100 mg EDTA na litr pożywki, 4. Pożywka amonowa — kontrola, 5. Pożywka amonowa + 10 mg EDTA na litr pożywki, 6. Pożywka amonowa + 100 mg EDTA na litr pożywki. Każdą z tych kombinacji podobnie jak w doświadczeniu 1 podzielono na 3 serie.

W czasie trwania doświadczenia przeważały dni upalne, temperatura wahała się od 26° do 35°C. Ogólnie wzrost roślin był dobry. Doświadczenie zlikwidowano po 16 dniach (różnice we wzroście zarysowały się bardzo wyraźnie). Wyniki suchej masy podano w tabeli 3.

Tabela 3 - Table 3

Wpływ EDTA /10 mg i 100 mg/ litr pożywki/ na wzrost pomidorów rosnących na azotanach lub solach amonowych /19.VII-2.VIII/
 effect of EDTA /10 mg i 100 mg/1 nutrient solution/ on the development of tomato plants growing on nitrates or ammonium salts /19.VII-2.VIII/

Sposób wietrzenia pożywki Way of aeration of nutrient solution	Pożywka Nutrient solution	Średni ciężar suchej masy 3 roślin /z 1 słoja/ w mg. Average weight of dry matter of 3 plants /from one jar/ in mg					
		Pożywka azotanowa Nutrient solution containing nitrates			Pożywka amonowa Nutrient solution containing ammonium salts		
		całe rośliny whole plants	pędy shoots	korzenie roots	całe rośliny whole plants	pędy shoots	korzenie roots
Wietrzone motorkiem Aerated by using a small motor	- EDTA	760,2	669,2	91,0	201,7	168,0	33,7
	+ 10 mg EDTA	745,7	660,1	85,6	149,0	123,5	25,6
	+ 100 mg EDTA	491,2	451,7	32,6	54,5	42,5	10,8
Mieszane pałeczką Stirred by a glass stick	- EDTA	762,4	670,2	92,2	146,4	117,7	28,7
	+ 10 mg EDTA	725,2	648,9	76,3	125,7	104,3	21,4
	+ 100 mg EDTA	492,6	454,3	41,3	120,0	100,3	19,7
Nie wietrzone Nonaerated	- EDTA	358,8	18,5	34,0	74,1	60,9	10,2
	+ 10 mg EDTA	998,3	901,1	97,2	83,5	70,3	13,4
	+ 100 mg EDTA	583,8	545,4	38,4	83,8	70,4	11,4
Przedział ufnosci Confidence interval /P=0,05/		158,9	152,0	6,9	24,0	9,0	15,0

Początkowe pH pożywek - 6,6; końcowe pH pożywki azotanowej - 6,6; amonowej - 6,1

Initial pH of nutrient solutions - 6,6; final pH of the nutrient solution containing nitrates - 6,6; - ammonium salts - 6,1.

Podobnie jak w doświadczeniu 1 wzrost roślin był lepszy na pożywkach azotanowych niż amonowych (różnice w przyroście suchej masy są istotne). W kulturach azotanowych wietrzenie motorkiem i mieszanie pałeczką dało efekt podobny (różnice w przyroście suchej masy pomiędzy odpowiednimi kombinacjami mieszczą się w granicach błędów). Dla kultur amonowych wietrzenie motorkiem było korzystniejsze niż mieszanie pałeczką.

W kulturach azotanowych nie wietrzonych dodatek do podłoża tak 10 mg EDTA, jak i 100 mg EDTA stymulował wzrost roślin w stosunku do odpowiedniej kontroli. Jednak przy większej dawce EDTA wpływ stymulujący był mniejszy. Wpływ EDTA uwidocznił się silniej w pędach niż w korzeniach. Pędy roślin na pożywce azotanowej z dodatkiem 10 mg EDTA w kulturach nie wietrzonych były najlepsze w porównaniu ze wszystkimi pozostałymi kombinacjami i seriami (różnice w przyroście

suchej masy są istotne). W analogicznych kulturach amonowych dodatek EDTA — bez względu na wielkość dawki — w bardzo małym stopniu poprawiał wzrost roślin w porównaniu z odpowiednią kontrolą. W seriach wietrzonych (mieszanych pałeczką i wietrzonych motorkiem) w kulturach azotanowych dawka 10 mg EDTA nie dała istotnego efektu w porównaniu z odpowiednią kontrolą, a dawka 100 mg wyraźnie hamowała wzrost roślin. W kulturach amonowych wietrzonych motorkiem dawka 10 mg EDTA hamowała wzrost roślin, a dawka 100 mg EDTA wyraźnie działała szkodliwie w stosunku do kontroli. W kulturach amonowych, mieszanych pałeczką, wpływ dodatku EDTA do podłoża był nieznaczny w stosunku do odpowiedniej kontroli.

Przyrost azotu całkowitego w roślinach podano w tabeli 4.

Tabela 4 - Table 4
Wpływ EDTA /10 mg i 100 mg/l pożywki/ na zawartość azotu całkowitego w pomidorach rosnących na azotanach lub na solach amonowych /19.VII. - 2.VIII./
Effect of EDTA /10 mg i 100 mg/nutrient solution/ on total nitrogen content in tomato plants growing on nitrates or ammonium salts /19.VII.-2.VIII./

Sposób wietrzenia pożywki Way of aeration of nutrient solution	Pożywka Nutrient solution	Średni przyrost azotu całkowitego w 3 roślinach /z 1 sioja/ w mg. Average increase in total nitrogen in 3 plants /from one jar/ in mg					
		Pożywka azotanowa Nutrient solution containing nitrates			Pożywka amonowa Nutrient solution containing ammonium salts		
		całe rośliny whole plants	pędy shoots	korzenie roots	całe rośliny whole plants	pędy shoots	korzenie roots
Wietrzone motorkiem Aerated by using a small motor	- EDTA	42,1	38,2	3,9	11,6	9,9	1,7
	+ 10 mg EDTA	43,5	38,9	3,6	8,7	7,2	1,5
	+ 100 mg EDTA	28,6	25,2	1,6	2,5	2,8	0,7
Mieszane pałeczką Stirred by a glass stick	- EDTA	38,8	34,9	3,9	7,3	5,9	1,4
	+ 10 mg EDTA	38,4	35,1	3,3	7,0	5,8	1,2
	+ 100 mg EDTA	21,0	19,3	1,7	4,0	3,0	1,0
Nie wietrzone Nonaerated	- EDTA	6,3	5,4	0,9	2,4	2,0	0,4
	+ 10 mg EDTA	57,9	53,1	4,8	5,5	4,8	0,7
	+ 100 mg EDTA	32,2	31,3	1,6	2,2	4,7	0,5

W kulturach azotanowych średni przyrost azotu całkowitego był większy niż w odpowiednich kulturach amonowych. W serii nie wietrzonych w kulturach azotanowych dawka tak 10 mg, jak i 100 mg EDTA zwiększała przyrost azotu całkowitego w roślinach w stosunku do odpowiedniej kontroli. Jednak efekt dawki 100 mg EDTA był mniejszy niż 10 mg EDTA. W nie wietrzonych kulturach amonowych dawka 10 mg EDTA i 100 mg EDTA działała identycznie i stymulująco w stosunku do odpowiedniej kontroli. Wpływ ten był mniejszy niż w kulturach azotanowych. W kulturach azotanowych wietrzonych motorkiem i mieszanych pałeczką dawka 10 mg EDTA nie miała żadnego wpływu, a dawka 100 mg EDTA w porównaniu z odpowiednią kontrolą wyraźnie zmniejszała przyrost azotu całkowitego w roślinach. W kulturach amonowych mieszanych pałeczką wpływ wymienionych dawek EDTA był podobny jak w analogicznych kulturach azotanowych. W kulturach amonowych

wietrzonych motorkiem dodatek EDTA do pożywki zmniejszał przyrost azotu całkowitego w roślinach. Wpływ odpowiedniej dawki EDTA był różny w kulturach azotanowych i amonowych. Wpływ poszczególnych dawek EDTA na przyrost azotu ogólnego w siewkach pomidorów był analogiczny do działania tych dawek na przyrost odpowiedniej suchej masy.

III. Doświadczenie z Mn i Cu (8.VII. — 24.VII.).

W tym doświadczeniu stosowano następujące kombinacje: 1. Pożywka azotanowa — kontrola, 2. Pożywka azotanowa + 0,05 mg Cu na litr pożywki (w formie $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), 3. Pożywka azotanowa + 0,5 mg Mn na litr pożywki (w formie $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), 4. Pożywka amonowa — kontrola, 5. Pożywka amonowa + 0,05 mg Cu na litr pożywki (w formie $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), 6. Pożywka amonowa + 0,5 mg Mn na litr pożywki (w formie $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). Każdą z tych kombinacji podobnie jak w poprzednich doświadczeniach podzielono na 3 serie.

W czasie trwania doświadczenia przeważały dni słoneczne, temperatura wahała się od 23° do 35°C . Doświadczenie zlikwidowano również po 16 dniach. Wyniki suchej masy roślin zebrano w tabeli 5.

Tabela 5 - Table 5

Wpływ 0,05 mg Cu /w formie $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ / i 0,5 mg Mn /w formie $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ / na litr pożywki na wzrost pomidorów rosnących na azotanach lub na solach amonowych /8.VII. - 24.VII./
Effect of addition of 0,05 mg of Cu /given in form of $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ / and of 0,5 mg Mn /given in form of $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ / to 1 liter of nutrient solution on the development of tomato plants growing on nitrates or ammonium salts /8.VII. - 24.VII./

Sposób wietrzenia pożywki Way of aeration of nutrient solution	Pożywka Nutrient solution	Średni ciężar suchej masy 3 roślin /z 1 słoja/ w mg Average weight of dry matter of 3 plants /from one jar/in mg					
		Pożywka azotanowa Nutrient solution containing nitrates			Pożywka amonowa Nutrient solution containing ammonium salts		
		całe rośliny whole plants	pędy shoots	korzenie roots	całe rośliny whole plants	pędy shoots	korzenie roots
Wietrzone motorkiem Aerated by using a small motor	- Cu, - Mn	374,5	330,6	43,9	143,4	121,8	21,6
	+ Cu	397,6	330,5	47,0	147,0	124,4	23,0
	+ Mn	413,6	360,2	22,0	148,2	122,1	22,2
Mieszane pałeczką Stirred by a glass stick	- Cu, - Mn	413,5	370,0	43,5	128,3	108,2	20,1
	+ Cu	429,7	385,5	44,2	138,2	114,2	24,0
	+ Mn	427,8	392,0	45,8	140,2	115,9	24,4
Nie wietrzone Nonaerated	- Cu, - Mn	157,0	132,8	24,2	61,7	48,9	12,8
	+ Cu	182,9	156,8	25,0	112,9	96,4	16,2
	+ Mn	197,4	168,0	29,4	115,7	97,8	17,2
Przedział ufności Confidence interval /P=0,05/		24,8	20,0	4,8	3,2	1,2	2,0

Początkowe pH pożywek - 6,6; końcowe pH pożywki azotanowej - 6,6; - amonowej 6,3.

Initial pH of nutrient solutions - 6,6; final pH of the nutrient solution containing nitrates - 6,6;
- - ammonium salts - 6,3.

Podobnie jak w poprzednich doświadczeniach, bez względu na to, czy w podłożu był dodatek miedzi bądź manganu, czy nie, ogólnie biorąc wzrost roślin był lepszy na pożywkach azotanowych niż amonowych zarówno w kulturach wietrzonych, jak i nie wietrzonych. Rośliny z kultur amonowych w serii wietrzonej motorkiem i mieszanej pałeczką były drobniejsze, ale bardziej zielone niż odpowiednie rośliny z kultur azota-

nowych. Najgorzej rosły pomidory z kultur amonowych nie wietrzonych bez Mn i Cu; były one chlorotyczne i karłowate.

W kulturach nie wietrzonych dodatek manganu lub miedzi wyraźnie stymulował wzrost siewek pomidorów rosnących na pożywkach amonowych w stosunku do odpowiedniej kontroli. W kulturach azotanowych nie wietrzonych wpływ Cu lub Mn był mniejszy, przy czym w warunkach ograniczenia tlenu w podłożu wzrost roślin na pożywce z dodatkiem Mn był lepszy niż z dodatkiem Cu.

W kulturach azotanowych mieszanych pałeczką dodatek Mn lub Cu do pożywki nie poprawiał wzrostu pomidorów w stosunku do odpowiedniej kontroli. Natomiast w kulturach azotanowych wietrzonych motorkiem tylko Mn poprawiał wzrost pomidorów w stosunku do odpowiedniej kontroli. W kulturach amonowych zarówno wietrzonych motorkiem, jak i mieszanych pałeczką dodatek Mn lub Cu do pożywki stymulował wzrost roślin w porównaniu do odpowiedniej kontroli. Nadto w wyżej wymienionych kulturach nie stwierdzono różnic we wzroście pomiędzy roślinami rosnącymi na pożywce z dodatkiem Mn, jak również z dodatkiem Cu.

W tabeli 6 zebrano wyniki przyrostu azotu całkowitego w omawianych wyżej roślinach.

Tabela 6 - Table 6

Wpływ 0,05 mg Cu /w formie $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ / i 0,5 mg Mn /w formie $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ / na 1 liter pożywki na zawartość azotu całkowitego w pomidorach rosnących na azotanach lub na solach amonowych /8.VII. - 24.VII./

Effect of addition of 0,05 mg of Cu /given in form of $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ / and of 0,5 mg Mn /given in form of $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ / to 1 liter of nutrient solution on the total nitrogen content in tomato plants growing on nitrates or ammonium salts /8.VII.-24.VII./

Sposób wietrzenia pożywki Way of aeration of nutrient solution	Pożywka Nutrient solution	Średni przyrost azotu całkowitego w 3 roślinach /z 1 słoja/ w mg Average increase in total nitrogen in 3 plants /from one jar/ in mg					
		Pożywka azotanowa Nutrient solution containing nitrates			Pożywka amonowa Nutrient solution containing ammonium salts		
		całe rośliny whole plants	pędy shoots	korzenie roots	całe rośliny whole plants	pędy shoots	korzenie roots
Wietrzone motorkiem Aerated by using a small motor	-Cu, -Mn	19,9	18,1	1,8	9,4	7,8	1,6
	+Cu	20,9	18,4	2,5	9,5	7,8	1,7
	+Mn	22,3	19,4	2,9	10,3	8,5	1,8
Mieszane pałeczką Stirred by a glass stick	-Cu, -Mn	21,8	19,9	1,9	8,8	7,4	1,4
	+Cu	22,6	20,5	2,1	9,2	7,5	1,7
	+Mn	23,5	21,5	2,3	9,9	8,0	1,9
Nie wietrzone Nonaerated	-Cu, -Mn	6,0	4,6	1,4	3,1	2,3	0,8
	+Cu	8,3	6,8	1,5	7,9	6,9	1,0
	+Mn	9,0	7,2	1,7	9,2	8,0	1,2

Przyrost azotu całkowitego w roślinach z kultur azotanowych był większy niż w odpowiednich roślinach z kultur amonowych. Zarówno na pożywce azotanowej, jak i amonowej wietrzenie motorkiem i mieszanie pałeczką wyraźnie zwiększało przyrost azotu ogólnego w roślinach w porównaniu z przyrostem azotu w roślinach rosnących w warunkach ograniczenia tlenu.

Dodatek Mn lub Cu do pożywki azotanowej nieznacznie zwiększał przyrost azotu całkowitego w roślinach w porównaniu z odpowiednią

Tabela 7 - Table 7

Wpływ CaSO_4 i CaCO_3 na wzrost pomidorów rosnących na azotanach lub solach amonowych /8.X.-29.X./
 Effect of CaSO_4 and CaCO_3 of the development of tomato plants growing on nitrates or ammonium salts /8.X.-29.X./

Sposób wietrzenia pożywki Way of aeration of nutrient solution	Pożywka Nutrient solution	Średni ciężar suchej masy 3 roślin /z 1 słoja/ w mg Average weight of dry matter of 3 plants /from one jar/ in mg						
		Pożywka amonowa Nutrient solution containing ammonium salts			Pożywka Nutrient solution	Pożywka azotanowa Nutrient solution containing nitrates		
		całe rośliny whole plants	pędy shoots	korzenie roots		całe rośliny whole plants	pędy shoots	korzenie roots
Wietrzone motorkiem Aerated by using a small motor	+ CaSO_4 - humian - humate	100,2	76,5	23,7	- humian humate	241,2	209,7	31,5
	+ CaSO_4 + humian + humate	124,2	93,9	30,3	+ humian + humate	231,0	182,7	48,3
	+ CaCO_3 - humian - humate	135,3	105,6	29,7				
	+ CaCO_3 + humian + humate	159,3	126,3	33,0				
Mieszane pałeczką Stirred by a glass stick	+ CaSO_4 - humian - humate	97,2	75,0	22,2	- humian - humate	273,6	223,5	40,1
	+ CaSO_4 + humian + humate	106,8	88,2	18,6	+ humian + humate	227,7	190,2	37,5
	+ CaCO_3 - humian - humate	91,5	69,0	22,5				
	+ CaCO_3 + humian + humate	102,0	75,0	27,0				
Nie wietrzone Nonaerated	+ CaSO_4 - humian - humate	71,7	50,7	21,0	- humian - humate	104,7	79,2	25,5
	+ CaSO_4 + humian + humate	124,7	98,1	25,6	+ humian + humate	166,8	134,7	32,1
	+ CaCO_3 humian humate	63,9	47,1	16,8				
	+ CaCO_3 + humian + humate	111,9	87,9	24,0				
Przedział ufności Confidence interval /P=0,05/		12,8	10,2	2,6		25,8	18,6	7,2

Początkowe pH pożywek - 6,6; końcowe pH pożywki azotanowej - 6,7; amonowej z CaSO_4 i bez humianu - 5,6; pozostałych amonowych - 6,4.

Initial pH of nutrient solutions - 6,6; final pH of the nutrient solution containing nitrates - 6,7; - of the nutrient solution containing ammonium salts with CaSO_4 and without humate - 5,6; of the remaining nutrient solution containing ammonium salts - 6,4.

kontrolą. W serii wietrzonej motorkiem i mieszanej pałeczką Mn był efektywniejszy niż Cu. Natomiast w kulturach amonowych tak wietrzonych motorkiem, jak i mieszanych pałeczką dodatek Mn lub Cu w porównaniu z odpowiednią kontrolą nie miał żadnego wpływu na przyrost azotu całkowitego w pomidorach. W kulturach amonowych tylko w warunkach ograniczenia tlenu Mn i Cu działały stymulująco w stosunku do odpowiedniej kontroli, przy czym przyrost azotu całkowitego w roślinach z kultur amonowych nie wietrzonych z dodatkiem Mn i Cu był prawie taki sam, jak przyrost azotu ogólnego w roślinach z kultur amonowych wietrzonych motorkiem i mieszanych pałeczką. Analogicznie do suchej masy w kulturach nie wietrzonych na pożywe z dodatkiem Mn lub Cu przyrosty azotu całkowitego w roślinach z kultur azotanowych i amonowych były podobne.

W przeprowadzonych badaniach w celu zbuforowania pożywki amonowej dodawano 0,33 g CaCO_3 na litr roztworu. W pożywce mogą powstawać wodorowęglany. Wiadomo, że wodorowęglany są pośrednim produktem oddychania korzeni i działają szkodliwie na rośliny. Z doświadczeń Gumińskiego i współpr. (1965) oraz Badurowej i współpr. (1967) wynika, że wodorowęglany obniżały zawartość żelaza w pożywce (w kulturach wietrzonych i nie wietrzonych). Dodatek humianu oraz przewietrzanie pożywki przeciwdziałały temu zjawisku. W kulturach wietrzonych oraz nie wietrzonych z dodatkiem humianu wzrost był normalny. Zachodzi pytanie, czy słaby wzrost roślin w kulturach amonowych nie był również spowodowany dodatkiem CaCO_3 do pożywki? W celu rozstrzygnięcia tego zagadnienia dodatkowo założono doświadczenie identyczne jak doświadczenie 1, z tym, że do pożywki amonowej wprowadzono jeszcze dodatkową kombinację z CaSO_4 .

Doświadczenie przeprowadzono w okresie jesiennym od 1.X. do 29.X. tego samego roku. W czasie wegetacji roślin dni były pochmurne z małymi przejaśnieniami o zmianie temperatury od 10° do 25°C . Trzy dni były bardzo ciepłe. Z powodu nie sprzyjających warunków wzrost pomidorów był gorszy w porównaniu z roślinami z poprzednich doświadczeń. Rośliny jednak były zupełnie zdrowe i normalne. Doświadczenie zlikwidowano po 4 tygodniach (przedłużono okres wegetacji w celu uchwycenia wyraźnej różnicy we wzroście). Wyniki przedstawiono w tabeli 7.

W tym doświadczeniu wzrost roślin był podobny jak w doświadczeniu 1. Pomidory rosły lepiej na pożywkach azotanowych niż amonowych i reagowały na wietrzenie pożywki.

Również wpływ humianu zaznaczył się podobnie jak w doświadczeniu 1. Nie stwierdzono ujemnego wpływu CaCO_3 na rośliny. Wzrost pomidorów na pożywce amonowej z dodatkiem CaCO_3 lub CaSO_4 był podobny do uzyskanego w warunkach niedostatku tlenu w podłożu, jak również w kombinacji, w której stosowano mieszanie pałeczką. Natomiast w kulturach amonowych wietrzonych motorkiem pomidory rosły lepiej na pożywce z dodatkiem CaCO_3 niż z dodatkiem CaSO_4 . Węglan wapnia działał jako bufor i utrzymywał odczyn pożywki powyżej pH 6,0. Natomiast pożywka bez CaCO_3 (z CaSO_4) i bez humianu uległa zakwaszeniu średnio do pH 5,6.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

We wszystkich przeprowadzonych doświadczeniach, bez względu na to, czy w podłożu był dodatek humianu, wersenianu, manganu lub miedzi, czy też podłoże było pozbawione tych składników, ogólnie wzrost pomidorów był lepszy na pożywce azotanowej niż amonowej zarówno w kulturach wietrzonych, jak i nie wietrzonych. To wskazuje na to, że na rozwój pomidorów korzystniej działają azotany aniżeli sole amonowe,

co jest zgodne z obserwacjami poprzednich badań Stabrowskiej (1959).

Wzrost pomidorów był uzależniony nie tylko od źródła azotu, ale również od sposobu wietrzenia pożywki. Wietrzenie motorkiem i mieszanie pałeczką tak w kulturach azotanowych, jak i amonowych wyraźnie stymulowało wzrost siewek pomidorów w porównaniu z odpowiednią kontrolą nie wietrzoną. Przy tym w kulturach azotanowych wietrzenie motorkiem i mieszanie pałeczką wpływało podobnie na wzrost pomidorów. Natomiast w kulturach amonowych było korzystniejsze wietrzenie motorkiem niż mieszanie pałeczką. Mieszanie pałeczką dostarcza roślinom jedynie żelaza ewentualnie fosforu, podczas gdy wietrzenie motorkiem, oprócz tego dostarcza do pożywki jeszcze tlenu. Fakt, że dla kultur azotanowych wystarczy tylko mieszanie pałeczką, a dla kultur amonowych korzystniejszy jest ten drugi sposób wietrzenia, przemawia za tym, że azotany są donatorem tlenu w warunkach słabego natlenienia pożywki (Gumiński i współpr., 1957; Stabrowska, 1959; Poskuta, 1961). Przy okazji na zarzuty Poskuty postawione przez niego w pracy z 1961 r. odpowiadamy, że Stabrowska (1959) nie twierdziła bynajmniej, iż korzenie kukurydzy nie są wrażliwe na niedostatek tlenu, lecz że są one mniej wrażliwe niż korzenie szeregu innych gatunków roślin. Ponieważ Poskuta nie przeprowadzał doświadczeń porównawczych, więc nie widzimy podstawy do dyskusji.

We wszystkich doświadczeniach rośliny z kultur amonowych wietrzonych były bardziej zielone niż odpowiednie rośliny z kultur azotanowych. Można to tłumaczyć tym, że jon azotanowy NO_3^- jest utleniaczem i może sprzyjać utlenieniu żelaza $\text{Fe}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^{+3}$, natomiast jon amonowy NH_4^+ jest reduktorem i może utrzymywać żelazo w formie zredukowanej, a ponieważ przypuszczalnie Fe^{+2} katalizuje syntezę chlorofilu, zatem rośliny kultur amonowych są bardziej zielone niż rośliny kultur azotanowych. Interpretacja ta jednak wymaga zbadania.

System korzeniowy roślin z kultur amonowych był krótszy i bardziej powierzchniowo rozkrzewiony niż system korzeniowy roślin z kultur azotanowych. Korzenie roślin rosnących na pożywkach azotanowych rosły w głąb pożywki. Obserwacje te są zgodne z poprzednimi badaniami Stabrowskiej (1959). Zjawisko powierzchniowego rozkrzewienia korzeni roślin z kultur amonowych świadczyć może o aerotropizmie. Natomiast w kulturach azotanowych aerotropizm jest przewyższony przez geotropizm prawdopodobnie dlatego, że azotany jako czynnik utleniający łagodziły niedostatek tlenu w głębi pożywki.

Dodatek humianu, wersenianu (EDTA), manganu lub miedzi do pożywki poprawiał wzrost siewek pomidorów w kulturach nie wietrzonych. Zaobserwowano różnice w efektywności tych substancji. Działanie humianu było bardziej wszechstronne niż działanie wersenianu, manganu i miedzi. Humian poprawiał wzrost pomidorów nie tylko wtedy, gdy

czynnikiem w minimum było żelazo (kultury azotanowe nie wietrzone), ale także, chociaż w mniejszym stopniu, gdy czynnikiem ograniczającym był również niedostatek tlenu (kultury amonowe nie wietrzone). Efektywność wersenianu wyrażała się tylko wtedy, gdy w pożywce brakowało żelaza (kultury azotanowe nie wietrzone). Natomiast wpływ dodatku do podłoża manganu i miedzi uwidocznił się tylko w kulturach amonowych nie wietrzonych.

Działanie humianu tłumaczono różnie. Liczne badania Gumińskiego i współpr. (1950, 1953a, 1953b, 1955) sugerowały, że fizjologiczny wpływ humianu zależy od warunków oksydoredukcyjnych środowiska roślin i pojawia się w nie wietrzonych wodnych kulturach roślin. W kulturach dobrze wietrzonych humian nie wywierał dodatniego wpływu. Badania z 1955 r. dawały asumpt do przypuszczenia, że humian wnika do rośliny i jest akceptorem wodoru w procesie oddychania korzeni przy niedostatku tlenu w podłożu. Możliwość tej akcepcji tłumaczono chinonową budową związków huminowych, które mogą działać jako odwracalny układ oksydoredukcyjny.

Późniejsze badania Gumińskiego i współpr. (1965) oraz Czerwińskiego (1967) wykazywały, że czynnikiem w minimum w kulturach wodnych nie wietrzonych jest nie tyle tlen, co żelazo. Wyniki wskazywały, że korzystny wpływ humianu na wzrost siewek pomidorów w kulturach wodnych nie wietrzonych polega na udostępnieniu roślinom żelaza, które w tych warunkach staje się czynnikiem ograniczającym wzrost. Humian zapobiega wytrącaniu się żelaza z pożywki być może przez swoje własności koloidowe. Niezależnie od tego humian może utrzymywać żelazo w pożywce przez tworzenie z nim związków kompleksowych. Kation związany w ten sposób nie daje właściwych reakcji jonowych (Welcher, 1963). Czerwiński (1967) tłumaczy specyficzny efekt humianu w pożywkach zupełnie pozbawionych żelaza obecnością drobnych ilości żelaza w humianie naturalnym. Humian użyty do doświadczeń otrzymano z ziemi ogrodowej (kompostu). Nie jest wykluczone, że humian zawierał oprócz żelaza jeszcze inne mikroelementy jak np. Mn i Cu. Być może, ujawnia się wpływ tych mikroelementów zawartych w humianie.

Różnice pomiędzy efektywnością humianu i wersenianu wykazał Gumiński i współpr. (1965) w doświadczeniu z Ca badając efekt humianu, agaru-agaru i EDTA na wzrost pomidorów rosnących w kulturach wodnych wietrzonych i nie wietrzonych. Pozytywny wpływ humianu w kulturach nie wietrzonych wzrastał ze spadkiem stężenia Ca. Wpływ EDTA wzrastał ze zwiększeniem stężenia Ca. Różnice w efektywności autorzy ci tłumaczą tym, że wykorzystanie przez rośliny kationów wiązanych przez humian zależy od jego własności koagulacyjnych tych kompleksów. Związki chelatowe wersenianu nie wykazują tendencji do koa-

gulacji. Należy jeszcze podkreślić, że w warunkach niedostatku żelaza podobny efekt dają różne dawki humianu (100 mg) i wersenianu (10 mg).

Wpływ manganu i miedzi Arnon (1937) tłumaczy następująco: Miedź wchodzi w skład enzymów oddechowych takich jak oksydazy: cytochromowej, wielofenolowej oraz kwasu askorbinowego, Stymuluje więc procesy oddychania. Natomiast mangan sprzyja szczególnie procesom transaminacji. Wzmoczone utlenianie węglowodanów prowadzi do powstawania kwasów organicznych, które są potrzebne do syntezy aminokwasów; wiązany jest wtedy amoniak, który przestaje być szkodliwy dla rośliny.

Przyrost azotu całkowitego w zasadzie był podobny do przyrostu suchej masy i był zawsze większy w roślinach z kultur azotanowych niż amonowych. Również zależał od rodzaju natlenienia pożywki. Tak w kulturach azotanowych, jak i amonowych wietrzenie motorkiem i mieszanie pałeczką wyraźnie zwiększało przyrost azotu ogólnego w roślinach w porównaniu z przyrostem azotu odpowiednich roślin kontrolnych z kultur nie wietrzonych. Dodatek humianu sodu do podłoża wyraźnie zwiększał przyrost azotu całkowitego roślin z kultur nie wietrzonych tak azotanowych, jak i amonowych. Natomiast wpływ EDTA na przyrost azotu całkowitego wyraźniej uwidaczniał się na pożywce azotanowej niż amonowej. Dodatek manganu znacznie zwiększał przyrost azotu ogólnego tylko w roślinach z kultur amonowych w warunkach ograniczenia tlenu.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń można wyciągnąć następujące uogólnienia:

1. Azotany w podłożu dla pomidorów są korzystniejszą formą związków azotowych niż sole amonowe.

2. Azotany w pewnym stopniu mogą kompensować niedostatek tlenu w podłożu.

3. Dla naszych kultur wodnych azotanowych rodzaj wietrzenia nie odgrywa roli; widocznie czynnikiem ograniczającym wzrost roślin jest żelazo, a nie tlen.

4. Dla kultur amonowych korzystniejsze jest wietrzenie motorkiem, które przez poruszanie osadu nie tylko udostępnia roślinom żelazo, lecz także dostarcza tlenu dla korzeni.

5. Mieszanie pożywki daje podobny efekt jak EDTA, tzn. udostępnia roślinom żelazo.

6. Humian sodu spełnia podobną rolę jak wietrzenie pożywki motorkiem, czyli spełnia podwójną rolę, tzn. udostępnia żelazo roślinom i w pewnym stopniu zapobiega objawom niedotlenienia korzeni.

7. Miedź i mangan stymuluje wzrost roślin w znacznie większym

stopniu w kulturach amonowych nie przewietrzanych niż przewietrzanych; w pożywkach azotanowych efekt ten jest mniejszy aniżeli w amonowych i zaznacza się wyraźnie w kulturach nie wietrzonych.

8. Przyrost azotu całkowitego badanych pomidorów jest proporcjonalny do przyrostu ich suchej masy.

Pracę wykonano w Katedrze Fizjologii Roślin Uniwersytetu we Wrocławiu. Kierownikowi tej Katedry, prof. dr. S. Gumińskiemu składamy serdeczne podziękowanie za cenne rady i pomoc w pracy.

*Katedra Fizjologii Roślin
Uniwersytetu we Wrocławiu*

(Wpłynęło dn. 12.IV.1969 r.)

SUMMARY

Investigations on the development of tomato plants in water cultures were performed in a greenhouse of the Botanical Garden of the Wrocław University. The nutrient solutions used for comparative purposes contained either nitrates or ammonium salts. Both solutions were supplemented successively with: humate (100 mg/l), EDTA (10 mg/l and 100 mg/l), Cu (0,05 mg/l., given in the form of $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) and Mn (0,5 mg/l., given in form of $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). Of both kinds of nutrient solutions (i.e. containing either nitrates or ammonium salts) 3 types depending on the oxygen content were distinguished: 1. nonaerated cultures, 2. aerated by using a small motor, 3. stirred with a glass stick.

In all the experiments the tomato plants seemed to grow better both in aerated and nonaerated cultures in the solutions containing nitrates, than in those with ammonium salts. Aeration by means of a small motor and stirring with a glass stick distinctly stimulated the development of plants in water cultures containing nitrates and those containing ammonium salts as compared with the corresponding nonaerated control. In water cultures containing nitrates aeration by the small motor and by stirring with a glass stick had a similar effect on the development of the plants. In cultures containing ammonium salts aeration by means of the motor was found to be more advantageous than stirring with a glass stick. Addition of humate, EDTA, Cu or Mn exerted a positive effect on the development of the tomato plants in nonaerated cultures. Some differences were, however, observed in the effectiveness of the particular substances. The positive effect of humate was manifested not only in nonaerated cultures containing nitrates (i.e. when iron is the factor conditioning the growth of plants) but also, though in a smaller extent, in nonaerated cultures containing ammonium salts (thus when oxygen deficiency was the limiting factor). The effect of EDTA was manifest only in nonaerated cultures with nitrates; thus when iron was deficient. The effect of Cu and Mn added to nutrient solutions was noticeable solely in nonaerated cultures containing ammonium salts.

In view of the experiments described the following conclusions may be advanced:

1. Nitrates are for tomato plants a more advantageous form of nitrogen compounds than ammonium salts.
2. Nitrates can compensate to a certain extent the deficiency of oxygen.
3. The kind of aeration was of no consequence in the water cultures containing

nitrates, since the growth of plants is probably conditioned by iron, but not by oxygen.

4. In water cultures containing ammonium salts the aeration by means of a motor proved to be more effective, since the agitation of the sediment not only makes iron available for plants, but also supplies the roots with oxygen.

5. Stirring of nutrient solutions given an effect similar to that produced by EDTA, i.e. it makes available to plants.

6. The effect of humate is similar to that produced by aeration with the help of a motor: it makes iron available to plants, and, in a certain extent, prevents the symptoms of oxygen deficiency in the solution.

7. Copper and manganese stimulated the growth of plants in distinctly greater extent in nonaerated cultures containing ammonium salts, than in aerated ones; this effect in the cultures containing nitrates was smaller than in those with ammonium salts and was manifested distinctly in nonaerated cultures.

8. The increase of the total nitrogen content was in the investigated tomato plants in proportion with the increase of their dry weight.

LITERATURA

- Arnon D. J., 1937, Ammonium and nitrate nitrogen nutrition of barley at different seasons in relation to hydrogen-ion concentration, manganese, copper and oxygen supply, *Soil Sci.* 44: 91—113.
- Badurowa M., Gumiński S. und A. Suder-Moraw, 1967, Die Wirkung steigender Konzentrationen von Natriumhydrogenkarbonat in Wasserkulturen und die Gegenwirkung des Na-humats, *Biologia Planta (Praha)* 9 (2): 102—108.
- Czerwiński W., 1967, Znaczenie humianu sodowego w kulturach wodnych pod kątem widzenia czynnika minimum, *Acta Soc. Bot. Pol.* 36 (3): 549—555.
- Gumiński S., 1950, Badania nad warunkami i mechanizmem działania związków próchnicznych na organizm rośliny, *Acta Soc. Bot. Pol.* 20 (3): 589—618.
- Gumiński S. i Z. Gumińska, 1953a, Dalsze badania nad mechanizmem działania próchnicy na organizm rośliny, *Acta Soc. Bot. Pol.* 22 (1): 45—63.
- Gumiński S. i Z. Gumińska, 1953b, Chemiczne podstawy podobnego działania fizjologicznego próchnicy na organizm rośliny, *Acta Soc. Bot. Pol.* 22 (4): 771—785.
- Gumiński S., Czerwiński W., Unger E., i Bacowa A., 1955, Badania nad oddychaniem korzeni, Cz. I., *Acta Soc. Bot. Pol.* 24 (4): 723—731.
- Gumiński S., Czerwiński W., Unger E., i Skarbka H., 1957, Badania nad oddychaniem korzeni. Cz. II. Wpływ niektórych związków mineralnych, *Acta Soc. Bot. Pol.* 26 (3): 631—645.
- Gumiński S., Gumińska Z., Badura L., 1962, Über die direkte und indirekte Wirkung der Humusverbindungen auf den pflanzlichen Organismus vorläufige Mitteilung, *Acta Soc. Bot. Pol.* 31 (2): 265—269.
- Gumiński S., Gumińska Z., and Sulej J., 1965, Effects of humate agar-agar, and EDTA on the development of tomato seedlings in aerated and non-aerated water cultures, *J. Exp. Bot.* 16 (46): 151—162.
- Gumiński S. i Badurowa M., 1965, Znaczenie humianu sodowego w kulturze wodnej w obecności CO₂, dwuwęglanów i siarkowodoru w pożywce, *Acta Soc. Bot. Pol.* 34 (1): 83—97.
- Nightingale G. T. 1937, The nitrogen nutrition of green plants, *Bot. Rev.* 3: 85—174.
- Pirschle K., 1929a, Nitrate und Ammonsalze als Stickstoffquellen für höhere

- Pflanzen bei konstanter Wasserstoffionenkonzentration, *Planta* (Berl.) 9: 89—103.
- Pirschle K., 1929b, Nitrate und Ammonsalze als Stickstoffquellen für höhere Pflanzen bei konstanter Wasserstoffionenkonzentration. II., *Ber. Bot. Ges.* 47—92.
- Pirschle K., 1931a, Nitrate und Ammonsalze als Stickstoffquellen für höhere Pflanzen bei konstanter Wasserstoffionenkonzentration. III. *Planta* (Berl.) 14: 583—676.
- Poskuta J., 1961, Nowe aspekty roli azotanów względnie soli amonowych jako źródeł azotu dla roślin. Cz. I i II, *Acta Soc. Bot. Pol.* 30 (2): 195—262.
- Prianisznikow D. N., 1951, *Izbrannyje Soczinenia*, Izdat. AN SSRR, Moskwa.
- Stabrowska J., 1959, Wzrost roślin na azotanach lub na solach amonowych w zależności od stopnia natlenienia podłoża, *Acta Soc. Bot. Pol.* 28 (4): 589—620.
- Welcher F. J., 1958, *Analityczne zastosowanie kwasu wersenowego*, WNT, Warszawa.