

MIKROELEMENTY WE WROCŁAWSKIEJ UPRAWIE HYDROPONICZNEJ

Zofia Gumińska, Jolanta Ciechanowska, Bogumiła Skibicka

Ogród Botaniczny Uniwersytetu Wrocławskiego

Opracowując pożywkę do wrocławskiej uprawy hydroponicznej [3] stwierdzono, że w okresie letnim korzystnie działa 10-krotnie większa dawka siarczanu miedzi, kwasu bornego lub molibdenianu sodowego niż podstawowa dawka pożywki hydroponicznej. W pracy Z. Gumińskiej i T. Nowaka [4] stwierdzono, że wykonanie w lecie 15 opryskiwań pożywką z 10-krotną dawką 5 mikroelementów wywołało wzrost plonu owoców, jak też zawartości kapsaicyny w hydroponicznej uprawie pieprzowca rocznego (*Capsicum annum* L.). Nowak [9], badając wpływ 5 mikroelementów i różnych kombinacji poszczególnych składników w pożywce dokorzeniowej, uzyskał największą wydajność kapsaicyny z rośliny po zastosowaniu wzmożonej 10 razy dawki miedzi i boru łącznie.

Osmelak [10] stosując opryskiwanie poszczególnymi mikroelementami oraz całkowitą pożywką w uprawie goździka szklarniowego przy optymalnym jego nawożeniu dokorzeniowym uzyskała wzrost plonu po zastosowaniu do opryskiwania 10-krotnie większej dawki 5 mikroelementów.

W 1976 r. we współpracy z Instytutem Technologii Nafty i Węgla Brunatnego Politechniki Wrocławskiej badano aktywność chelatów: miedzi, manganu i cynku, sporządzonych przez D. Augustyn i współpracowników na bazie humianów z węgla brunatnego. Ponieważ wpływ miedzi i manganu w dużej mierze zależy od zawartości czynnego żelaza w roślinie, celem niniejszej pracy było zbadanie przydatności 4 preparatów chelatów żelazo-huminowych oraz ich interakcji z chelatami miedzi, cynku i manganu. Technologia tych chelatów jest przedmiotem opracowań D. Augustyn i współpracowników i będzie stanowić osobną publikację.

We wszystkich nowoczesnych pożywkach żelazo stosuje się w formie chelatowej. Można tu przytoczyć kilka nazwisk autorów prac z Międzynarodowego Kongresu Badaczy Upraw Hydroponicznych w 1976 r., a mia-

nowicie: M. Tropea, P. I. J. A. Verner, A. J. Cooper, M. J. Maher, P. Lüders, P. Morord, M. Carcia oraz J. L. Larsen. Wymienieni autorzy używają chelatu żelaza sporządzonego z EDTA lub jego pochodnych. EDTA wywiera jednak niekorzystny wpływ na rośliny; Wallace [13] stwierdził, że chelat żelaza w formie Fe EDDHA jest dużo mniej toksyczny aniżeli z EDTA.

Posługiwanie się chelatami żelaza wynikało z konieczności, gdyż przy wysokim poziomie nawożenia fosforowego żelazo bez połączeń chelatowych zostaje wytrącone, a rośliny ulegają chlorozie. Gumiński i wsp. [5] stwierdził, że humian w pożywce ułatwia wykorzystanie żelaza; podobne wyniki uzyskał w swej pracy Czerwiński [2]. W pracy Z. Gumińskiej i M. Gracz-Nalepki [3] wykazano, że humian działa korzystnie przy niedostatku żelaza oraz łagodzi, a nawet niweluje toksyczne działanie jego nadmiaru. Celowe wydawało się zatem wyprodukowanie chelatów żelazowo-huminowych z węgla brunatnego, które nie działałyby toksycznie.

METODYKA DOSWIADCZEN

Wszystkie doświadczenia prowadzono w kulturach wodnych, do których użyto słoje jednolitrowych, pomalowanych czarną i białą farbą. Rośliny-siewki pomidorów odmiany Open Air umieszczano w otworach wieczek plastikowych nakładanych na słoje. Jedno powtórzenie stanowiły 3 lub 2 rośliny w jednym słoju; w każdej kombinacji było 6 powtórzeń. Wszystkie słoje w doświadczeniach były codziennie przewietrzane za pomocą motorka elektrycznego i rurek szklanych o zakończeniach z kostek porowatych używanych do przewietrzania akwariów. Doświadczenia prowadzono przez 4 tygodnie w czerwcu, lipcu, sierpniu 1976 i 1977 r. Nasiona pomidorów kiełkowano na gazie w krystalizatorach, w temperaturze 20-23°C. W stadium dwu dobrze wykształconych liści rośliny wkładano do kultur wodnych.

Jako podstawowej pożywki zarówno do nawożenia dokorzeniowego, jak i dolistnego użyto substancji chemicznie czystych, stosując roztwór o następującym składzie:

	w g/dcm ³		w mg/dcm ³
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ · H ₂ O	0,25	H ₃ BO ₃	0,6
H ₃ PO ₄	0,52 ml/dcm ³	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0,6
KNO ₃	0,7	MnSO ₄ · 7H ₂ O	0,6
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	0,7	CuSO ₄ · 5H ₂ O	0,6
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0,3	Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0,6
Fe ₂ (SO ₄) ₃ · nH ₂ O	0,1		

pH pożywki wynosiło około 6,5 — do alkalizacji użyto NaOH. Do doświadczeń nad badaniem aktywności biologicznej chelatów żelazowych

użyto wody wodociągowej o zawartości 0,3-0,5 mg Fe/l wg danych Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej. Do opryskiwania i do doświadczeń z mikroelementami (Cu, Zn i Mn) oraz do doświadczeń mających na celu zbadać interakcji chelatów żelazowych z ww chelatami mikroelementów użyto wody destylowanej w szkle. Po zakończeniu doświadczeń rośliny suszono w 105°C i ważono suchą masę każdego powtórzenia (łącznie korzeń i część nadziemną).

Dawki poszczególnych chelatów żelaza były tak dobrane, że zawartość w nich Fe równa była zawartości żelaza w 0,1 g $\text{FeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, jako dawce podstawowej pożywki. Mniejsze dawki chelatów stanowiły 1/2 i 1/10 tych substancji. Ponadto zastosowano czwartą dawkę, w której ilość chelatu żelaza odpowiadała dawce humianu sodowego. Dawki chelatów miedzi, cynku i manganu stanowiły zawartość tego pierwiastka w 0,6 mg soli tych mikroelementów użytych w podstawowej pożywce. Ponadto w doświadczeniach użyto 10 razy większej ich dawki, 1/5 i 1/10.

OMÓWIENIE WYNIKÓW DOŚWIADCZEŃ

W pierwszym doświadczeniu (tab. 1) zmieniono w pożywce tylko sole poszczególnych mikroelementów na chelaty. Dokorzeniowe stosowanie mikroelementów wykazało korzystne działanie 10-krotnie większej dawki miedzi w postaci siarczanu; forma chelatowa działała ujemnie. W wypadku manganu optymalna okazała się dawka podstawowa wynosząca 0,6 mg, lecz w formie chelatu. Przy badaniu działania cynku okazało się,

Tabela 1

Wpływ różnych dawek soli i chelatów: miedzi, manganu i cynku w nawożeniu dokorzeniowym w pożywce hydroponicznej na suchą masę pomidorów. Czas trwania doświadczenia 12 VI — 9 VII
Średnie z 6 powtórzeń; 1 powtórzenie = 2 rośliny

Dawki w mg/l mikroelementu i jego forma	Sucha masa w mg					
	pełne naświetlenie			zacienienie		
	miedź	mangan	cynk	miedź	mangan	cynk
0,6 siarczan	1505	1615	892	380	608	470
0,6 chelat	1100	2320	989	416	790	457
6,0 siarczan	3205	882	431	305	327	338
6,0 chelat	1496	1655	989	382	750	350
0,12 siarczan	1300	1226	577	497	655	315
0,12 chelat	800	2000	698	417	565	437
0,06 siarczan	784	1302	545	435	637	327
0,06 chelat	894	1840	664	436	533	330
Przedział ufności $\text{NIR}_{0,05}$	34	16	70	11	9	25

że identycznie działała dawka podstawowa jak 10-krotnie większa. We wszystkich dawkach lepiej działał chelat aniżeli siarczan cynku. To samo doświadczenie przeprowadzone w zacienionej części szklarni, przy około 50% niższym natężeniu światła wykazało, że w wypadku miedzi optymalną była 1/5 dawki podstawowej w formie siarczanu, mangan optymalnie działał w dawce podstawowej w formie chelatowej, cynk zaś dał optymalny wynik w dawce podstawowej bez chelatu.

W następnym doświadczeniu (tab. 2) eliminowano z pożywki badany mikroelement, a dostarczano go co 3 dni dolistnie w różnych dawkach

Tabela 2

Wpływ soli i chelatów mikroelementów podawanych dolistnie z wodą i łącznie z pożywką, na suchą masę pomidorów, przy równoczesnym wyłączeniu danego mikroelementu z nawożenia dokorzeniowego (od 12 VI do 9 VII). Średnie z 6 powtórzeń; 1 powtórzenie = 2 rośliny

Dawki w mg i forma mikroelementu	Sucha masa w mg					
	pełne naświetlenie			zacienienie		
	miedź	mangan	cynk	miedź	mangan	cynk
Kontrola 1, H ₂ O	741	1566	824	348	557	442
H ₂ O+0,6 siarczan	2415	1732	1127	674	600	400
H ₂ O+0,6 chelat	1779	2230	1110	615	515	435
H ₂ O+6,0 siarczan	2513	2040	1225	553	560	402
H ₂ O+6,0 chelat	1656	2242	1033	601	480	422
H ₂ O+0,12 siarczan	1655	2023	887	504	473	472
H ₂ O+0,12 chelat	2385	1075	897	604	608	505
Kontrola 2, pożywka	1321	893	1094	611	560	433
Pożywka+0,6 siarczan	1451	1185	1243	416	540	312
Pożywka+0,6 chelat	1970	940	1314	504	530	385
Pożywka+6,0 siarczan	1354	700	1417	447	501	338
Pożywka+6,0 chelat	1887	1070	1241	519	545	417
Pożywka+0,12 siarczan	1321	860	640	695	640	337
Pożywka+0,12 chelat	1765	1057	410	543	410	500
Przedział ufności NIR _{0,05}	49,6	76,7	94,7	9,9	13,8	27,6

soli lub chelatów. Kontrolę stanowiło opryskiwanie wodą. W wypadku dolistnego nawożenia miedzią najlepiej podziałała 10-krotna dawka siarczanu miedzi, chelat podziałał lepiej od samej soli tylko w dawce 1/5 miedzi. Mangan lepiej działał w formie chelatowej, przy czym nie było różnic w dawce podstawowej i 10 razy większej. W dolistnym dokarmianiu cynkiem optimum uzyskano stosując ZnSO₄; w dawce 10 razy większej chelat działał gorzej. Po zacienieniu optymalna była podstawowa dawka miedzi w formie siarczanu oraz 1/5 manganu i 1/5 cynku w formie chelatowej.

Te same doświadczenia przeprowadzone łącznie z nawożeniem dolistnym podstawową pożywką wykazały w wypadku miedzi i manganu gorsze wyniki aniżeli z wodą, jedynie 10-krotna dawka cynku w formie siarczanu dała wynik lepszy z pożywką aniżeli z wodą. Po zaciemieniu optymalna była dawka 1/5 siarczanu miedzi i manganu oraz 1/5 dawki cynku w formie chelatu.

Celem następnego doświadczenia było zbadanie efektywności 4 chelatów żelazowych przedstawionych przez D. Augustyn i współpracowników w porównaniu z działaniem chelatu LS Fe II, sporządzonym na bazie kwasów lignino-sulfonowych. Postanowiono zbadać porównawczo również nawożenie siarczanem żelazowym i żelazawym w 3 dawkach oraz 2 humianów, które były formą wyjściową w technologii chelatów. Dawka humianów wynosiła 0,1 g suchej substancji na 1 l; ustalono ją jako

Tabela 3

Wpływ różnych form i dawek żelaza oraz humianu na suchą masę pomidorów w nawożeniu dokerzeniowym. Średnie z 6 powtórzeń; 1 powtórzenie = 3 rośliny. 2 IV—11 VI

Dawki w g/l	Sucha masa w mg	Dawki w g/l	Sucha masa w mg
1. Kontrola bez Fe	360	22. Chelat W Fe II 14,24	1283
2. Humian W 0,1	406	23. Chelat W Fe II 7,12	1083
3. Humian WN 0,1	391	24. Chelat W Fe II 1,42	683
4. FeSO ₄ 0,1	1206	25. Chelat W Fe II 0,1	433
5. FeSO ₄ 0,05	991	26. Chelat WN Fe II 7,4	1058
6. FeSO ₄ 0,01	450	27. Chelat WN Fe II 3,7	1691
7. FeSO ₄ 0,1 + hum. W	1441	28. Chelat WN Fe II 0,74	991
8. FeSO ₄ 0,05 + hum. W	1151	29. Chelat WN Fe II 0,1	433
9. FeSO ₄ 0,01 + hum. W	641	30. Chelat W Fe III 11,5	957
10. FeSO ₄ 0,1 + hum. WN	1358	31. Chelat W Fe III 5,75	741
11. FeSO ₄ 0,05 + hum. WN	938	32. Chelat W Fe III 1,15	458
12. FeSO ₄ 0,01 + hum. WN	460	33. Chelat W Fe III 0,1	130
13. Fe ₂ (SO ₄) ₃ 0,1	1466	34. Chelat WN Fe III 7,7	816
14. Fe ₂ (SO ₄) ₃ 0,05	575	35. Chelat WN Fe III 3,85	983
15. Fe ₂ (SO ₄) ₃ 0,01	113	36. Chelat WN Fe III 0,77	1150
16. Fe ₂ (SO ₄) ₃ 0,1 + hum. W	1421	37. Chelat WN Fe III 0,1	150
17. Fe ₂ (SO ₄) ₃ 0,05 + hum. W	691	38. Chelat LS Fe II 0,2	400
18. Fe ₂ (SO ₄) ₃ 0,01 + hum. W	341	39. Chelat LS Fe II 0,1	675
19. Fe ₂ (SO ₄) ₃ 0,1 + hum. WN	1091	40. Chelat LS Fe II 0,02	266
20. Fe ₂ (SO ₄) ₃ 0,05 + hum. WN	366		
21. Fe ₂ (SO ₄) ₃ 0,01 + hum. WN	141		
Przedział ufności NIR _{0,05}	68,0		

Humian W — z węgla brunatnego.

Humian WN — z węgla „brunatnego” nitrowany.

Odpowiednie chelaty żelaza 2 i 3 wartościowego na bazie tych humianów,

Chelat LS Fe II — lignino-sulfonowy.

optymalną w innych dawniejszych doświadczeniach [3, 5]. W tym dokorzeniowym nawożeniu (tab. 3), w którym w kontroli w wodzie wodociągowej ilość żelaza wynosiła 0,3-0,5 mg, najlepiej działał chelat WN Fe II w dawce 3,7 g s.m., odpowiadającej 0,05 g/l $\text{FeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Chelat LS Fe II okazał się nieefektywny.

Następnie przeprowadzono 2 doświadczenia, stosując wszystkie badane związki w nawożeniu dolistnym. Okazało się, że jeśli wyeliminowano całkowicie żelazo z nawożenia dokorzeniowego nie udało się tego braku skompensować nawożeniem dolistnym. W związku z tym założono doświadczenie z zastosowaniem 1/10 dawki siarczanu żelazowego do pożywki, tzn. w dawce 0,01 g/l, a następnie niedobór żelaza uzupełniono, stosując 8 opryskiwań co 3 dni, używając tych samych związków, co w doświadczeniu poprzednim, dokorzeniowym.

Dane zestawione w tabeli 4 wykazują, że najlepiej podziałał oprysk siarczanem żelazowym z dodatkiem humianu WN we wszystkich daw-

Tabela 4

Wpływ różnych form i dawek żelaza oraz humianu stosowanych w 8 opryskach (co 3 dni) na suchą masę pomidorów, przy 0,01 g/l $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ w nawożeniu dokorzeniowym.

Średnie z 6 powtórzeń; 1 powtórzenie = 3 rośliny. 28. VII—26. VIII

Dawki w g/l	Sucha masa w mg	Dawki w g/l	Sucha masa w mg
1. Kontrola — H_2O destylowana	1035	22. Chelat W Fe II 14,24	1456
2. Humian W 0,1	1196	23. Chelat W Fe II 7,12	1293
3. Humian WN 0,1	988	24. Chelat W Fe II 1,43	1840
4. FeSO_4 0,1	908	25. Chelat W Fe II 0,1	1523
5. FeSO_4 0,05	1461	26. Chelat WN Fe II 7,4	1470
6. FeSO_4 0,01	1488	27. Chelat WN Fe II 3,7	1526
7. FeSO_4 0,1+hum. W 0,1	1261	28. Chelat WN Fe II 0,74	1378
8. FeSO_4 0,05+hum. W 0,1	1348	29. Chelat WN Fe II 0,1	1403
9. FeSO_4 0,01+hum. W 0,1	2295	30. Chelat W Fe III 11,5	1401
10. FeSO_4 0,1+hum. WN 0,1	2456	31. Chelat W Fe III 5,75	1368
11. FeSO_4 0,05+hum. WN 0,1	2363	32. Chelat W Fe III 1,15	1058
12. FeSO_4 0,01+hum. WN 0,1	2425	33. Chelat W Fe III 0,1	1376
13. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 0,1	2410	34. Chelat WN Fe III 7,7	1791
14. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 0,05	2085	35. Chelat WN Fe III 3,85	1253
15. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 0,01	1908	36. Chelat WN Fe III 0,77	1466
16. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 0,1+hum. W 0,1	2045	37. Chelat WN Fe III 0,1	1653
17. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 0,5+hum. W 0,1	1500	38. Chelat LS Fe II 0,2	1550
18. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 0,01+hum. W 0,1	1565	39. Chelat LS Fe II 0,1	1405
19. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 0,1+hum. WN 0,1	2068	40. Chelat LS Fe II 0,02	1583
20. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 0,05+hum. WN 0,1	1966		
21. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 0,01+hum. WN 0,1	1438		
Przedział ufności $\text{NIR}_{0,05}$	299		

Objaśnienia jak w tabeli 3.

kach oraz siarczanem żelazowym w dawce 0,1 g/l. Chelaty działały słabiej, przy czym najlepszy efekt dał chelat W Fe II w 1/10 dawki.

Następne doświadczenie (tab. 5) miało na celu zbadanie współzależności wszystkich chelatów żelazowych z chelatami miedzi, manganu i cynku w pożywce hydroponicznej, w nawożeniu dokorzeniowym. Wszystkie chelaty żelazowe zastosowano w największej dawce stosowanej w poprzednich doświadczeniach, tzn. w takiej dawce, ile czystego żelaza znajdowało się w 0,1 g $\text{FeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Wysokość dawek chelatów miedzi, manganu i cynku była taka, ile czystego mikroelementu znajdowało się w dawce 0,6 mg jego soli. Wysokość dawek wynosiła: chelat Cu 57,8 mg/l, chelat Mn 89,1 mg/l i chelat Zn 96,9 mg/l. Całe doświadczenie przeprowadzono na wodzie destylowanej. Żelazo i użyte mikroelementy zastępowano chelatami tych pierwiastków.

Tabela 5

Wpływ chelatów żelazowych, miedziowych, manganowych i cynkowych stosowanych dokorzeniowo na suchą masę pomidorów (16 VI — 13 VII). Średnie z 6 powtórzeń;
1 powtórzenie = 3 rośliny

Dawki w g/l	Sucha masa w mg	Dawki w g/l	Sucha masa w mg
1. Kontrola — pełna pożywka	796	25. W Fe II+Cu+Mn	2383
2. W Fe II 14,24	1167	26. WN Fe II+Cu+Mn	1283
3. WN Fe II 7,4	605	27. W Fe III+Cu+Mn	1350
4. W Fe III 11,5	625	28. WN Fe III+Cu+Mn	762
5. WN Fe III 7,7	460	29. LS Fe II+Cu+Mn	1924
6. LS Fe II 0,2	2610	30. W Fe II+Cu+Zn	1555
7. Cu 57,8 (mg/l)	1072	31. WN Fe II+Cu+Zn	911
8. Mn 89,1 (mg/l)	1405	32. W Fe III+Cu+Zn	751
9. Zn 96,9 (mg/l)	746	33. WN Fe III+Cu+Zn	365
10. W Fe II+Cu	2755	34. LS Fe II+Cu+Zn	2023
11. WN Fe II+Cu	1378	35. W Fe II+Mn+Zn	1498
12. W Fe III+Cu	1333	36. WN Fe II+Mn+Zn	851
13. WN Fe III+Cu	816	37. W Fe III+Mn+Zn	993
14. LS Fe II+Cu	2510	38. WN Fe III+Mn+Zn	600
15. W Fe II+Mn	2397	39. LS Fe II+Mn+Zn	2208
16. WN Fe II+Mn	1299	40. W Fe II+Cu+Mn+Zn	1760
17. W Fe III+Mn	1275	41. WN Fe II+Cu+Mn+Zn	938
18. WN Fe III+Mn	683	42. W Fe III+Cu+Mn+Zn	670
19. LS Fe II+Mn	1668	43. WN Fe III+Cu+Mn+Zn	517
20. W Fe II+Zn	1701	44. LS Fe II+Cu+Mn+Zn	2778
21. WN Fe II+Zn	1173		
22. W Fe III+Zn	1098		
23. WN Fe III+Zn	715		
24. LS Fe II+Zn	2078		
Przedział ufności NIR _{0,05}	126		

Objaśnienia jak w tabeli 3.

Wyniki zestawione w tabeli 5 wykazały, że jedynie chelat W Fe II i chelat LS Fe II działały korzystnie. Zaskakujący jest fakt, że chelat LS Fe II w doświadczeniu poprzednim (tab. 3) w tej samej dawce był bez znaczenia. Różnicę w obu doświadczeniach stanowi to, że w poprzednim doświadczeniu pożywka była sporządzona na wodzie wodociągowej, a w tym ostatnim na wodzie destylowanej.

Wszystkie chelaty żelazowe stosowane łącznie z chelatami miedzi działały korzystnie, z wyjątkiem chelatu WN Fe III. Najkorzystniej na wzrost pomidorów działał chelat W Fe II łącznie z chelatami miedzi, jak i manganu oraz razem miedzi i manganu. Chelat ten działał gorzej równocześnie z chelatem cynku. W korelacji z chelatem cynku łącznie z innymi chelatami działał korzystnie tylko chelat LS Fe II.

Omówione doświadczenia w kulturach wodnych przeprowadzane przez 4 tygodnie można traktować jako orientacyjne — mogą one stanowić podstawę dalszych doświadczeń hydroponicznych, czy wazonowych.

WNIOSKI

1. W okresie lata (wysokiego natężenia światła) korzystna jest 10 razy wyższa dawka miedzi od użytej w pożywce hydroponicznej podstawowej.
2. W wypadku stosowania miedzi tak dokorzeniowo, jak i dolistnie w wodzie najlepsze rezultaty uzyskuje się przy użyciu siarczanu miedzi, a nie chelatu, natomiast przy nawożeniu dolistnym pełną pożywką forma chelatowa miedzi jest korzystna.
3. Mangan działa lepiej zarówno dokorzeniowo, jak i dolistnie w formie chelatu aniżeli soli.
4. W razie braku cynku w podłożu zarówno dokorzeniowo, jak i dolistnie podobnie działa siarczan jak i chelat cynku.
5. Przy całkowitym braku żelaza w podłożu nie można skompensować jego braku opryskiwaniem, natomiast przy niedostatku żelaza najkorzystniej działa opryskiwanie FeSO_4 z dodatkiem humianów sodowych, a nie chelaty, dokorzeniowo zaś lepiej działają chelaty.
6. W warunkach zmniejszonego o około 50% natężenia światła zwiększenie 10-krotne dawki mikroelementów jest szkodliwe, a nawet działa korzystnie zmniejszenie do 1/5 dawki miedzi od podstawowej pożywki hydroponicznej.

LITERATURA

1. Copper A. J.: Crop production with nutrient-film technique. Proceedings. Fourth International Congress on Soilless Culture. Las Palmas 1976. International working group on soilless culture, 121-136, Wageningen 1977.

2. Czerwiński W.: Acta Soc. Bot. Pol. 36-3, 549-554, 1967.
3. Gumińska Z., Gracz-Nalepka M.: Acta agrobot. 25-2, 89-116, 1972.
4. Gumińska Z., Nowak T.: The effect of foliage fertilizing with multi component nutrient solution in presence of chelating agents on the quality and quantity of *Capsicum annuum* L. fruits. Proceedings. Fourth International Congress on Soilless Culture. Las Palmas 1976, IWOSC, 179-184, Wageningen 1977.
5. Gumiński S., Gumińska Z., Sulej J.: J. of Exp. Bot. 16, 151-163, 1965.
6. Larsen J. E.: Experience with the Steiner nutrient solution on greenhouse tomatoes, Proceedings, Fourth International Congress on Soilless Culture. Las Palmas 1976, IWOSC, 231-235, Wageningen 1977.
7. Lüders P.: The effect of ammonium and nitrate on apple trees in sand culture, Proceedings. Fourth International Congress on Soilless Culture. Las Palmas 1976, IWOSC, 189-198, Wageningen 1977.
8. Maher H. M.: The use of hydroponics for production of greenhouse tomatoes in Ireland, Proceedings, Fourth International Congress on Soilless Culture. Las Palmas 1976, IWOSC, 161-169, Wageningen 1977.
9. Nowak T.: Acta agrobot., praca w druku.
10. Osmelak M.: Uprawa hydroponiczna goździków z dodatkowym dolistnym nawożeniem, Streszczenia referatów z konferencji Intensyfikacja produkcji goździków szklarniowych. Skierniewice 1977.
11. Tropea M.: The controlled nutrition of plants II-A new system of „vertical” hydroponics, Proceedings, Fourth International Congress on Soilless Culture. Las Palmas 1976, IWOSC, 75-83, Wageningen 1977.
12. Verwer F. L. J. A. W.: Growing horticultural crops in rockwool and nutrient film, Proceedings, Fourth International Congress on Soilless Culture. Las Palmas 1976, IWOSC, 107-119, Wageningen 1977.
13. Wallace A.: Current topics in plant nutrition, Los Angeles 1966.

3. Гумињска, И. Цехановска, Б. Скибицка

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ГИДРОПОНИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ ВО ВРОЦЛАВЕ

Резюме

В гидропонических опытах, проводимых летом 1976 и 1977 гг., исследовали влияние разных доз железа, меди, марганца и цинка, применяемых в корни и листья в виде сульфатов или хелатов, изготовленных на базе гуматов бурого угля. При высокой интенсивности света более благоприятной оказалась более высокая доза меди в сравнении с повсеместно применяемой в соответствии с составом А-Z Хогланда. В условиях же затенения, т. е. при интенсивности света на 50% ниже, более благоприятной оказалась 1/5 дозы меди и марганца по отношению к дозе Хогланда. В случае применения меди наилучшие результаты были получены при применении сульфата; единственно медь, вносимая совместно с листовой подкормкой, оказалась более эффективной при внесении в виде хелата, тогда как марганец действовал всегда лучше в виде хелата, а цинк действовал сходным образом в обоих видах.

При корневой подкормке была получена трехкратно высшая сухая масса растений при применении хелата W Fe II, одного из 4-х хелатов, изготовленных из гумата бурого угля в сочетании с хелатом меди. Подобно высокий вес сухой массы был получен в случае применения хелата W Fe II, изготовленного из лигнинно-сульфоновых кислот с прибавкой хелатов меди, марганца и цинка.

Z. Gumińska, J. Ciechanowska, B. Skibicka

MICROELEMENTS IN THE HYDROPONIC CULTURE
IN WROCLAW

Summary

In hydroponic experiments carried out in summer 1976-1977 the effect of different iron, copper, manganese and zinc doses applied into roots and leaves in form of sulphates or chelates made on the basis of humates from brown coal, was studied. At a high intensity of light favourable proved to be tenfold higher copper dose than that generally applied in accordance with the A-Z Hoagland's set. Under conditions of shadowing, i.e. at by about 50% lower light intensity, favourable proved to be the 1/5 copper and manganese dose in relation to the Hoagland's doses. In case of copper application the best results were obtained at use of the sulphate form; only copper applied jointly with foliar treatment proved to be more effective when the chelate form was used; manganese effect was always better in form of chelate; the zinc effect was similar in both forms.

At fertilizer application into roots thrice higher dry matter of plants was obtained when the W Fe II chelate, one of four chelates made from the brown coal humate, was applied jointly with the copper chelate. Similar high dry matter weight was obtained at application of the LS Fe II chelate made from lignin-sulphonic acids at addition of copper, manganese and zinc chelates.