溶存酸素濃度の過飽和状態が 養液栽培トマトの生育および養分吸収におよぼす影響

田中剛毅・山下洋平・中林和重

明治大学農学部 214-8571 神奈川県川崎市多摩区東三田 1-1-1

Effect of Supersaturation of Dissolved Oxygen on the Growth of Tomato Plants and Nutrient Uptake in Hydroponic Culture

Gouki TANAKA, Youhei YAMASHITA and Kazushige NAKABAYASHI

*Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture, Meiji University,
1-1-1 Higashimita, Tama, Kawasaki 214-8571, Japan*

Abstract

The concentration of dissolved oxygen in a culture solution is one of the most important environmental factors affecting the growth of the tops and roots of plants under hydroponic culture. In particular, the roots of tomatoes readily absorb oxygen in the solution, and are thus sensitive to the concentration of dissolved oxygen. Thus, the effects of dissolved oxygen concentration on the morphology and growth of roots, water uptake rate and nutrient uptake were investigated. In hydroponic culture, the supply of dissolved oxygen is essential. Previously, we reported that supersaturation of dissolved oxygen in culture solution promoted the uptake of phosphate. In the present study, we found that supersaturation of dissolved oxygen in culture solution low in nitrogen and phosphate led to an increase in plant height, fresh weight of stems and leaves and root weight. It also increased the phosphorus concentration in the sap, stems, leaves and fruits of tomato plants.

Keywords: dissolved oxygen, phosphorus concentration, hydroponic culture, tomato plants

緒 言

養液栽培において培養液中の溶存酸素濃度は植物の地上部および地下部の生育にとって重要な環境要因の1つである¹⁾。特にトマトの根は、培養液中の酸素要求性が高い性質があり²⁾、溶存酸素濃度に比較的敏感である。したがって、養液栽培では溶存酸素の効率的な供給が必要不可欠である。今までに溶存酸素濃度の高低と植物の根の形態や生育^{3,4,5)}、吸水速度⁶⁾、養分吸収⁷⁾に関する研究がされている。我が研究室でも、培養液中の溶存酸素濃度の過飽和状態が、トマトの地下部におよぼす影響に

ついて研究しており⁸⁾、それに伴った地上部への影響を課題としてきた。本報告では培養液中の溶存酸素濃度の過飽和状態が、養液栽培トマトの生育、養分吸収および果実の収量におよぼす影響について検討したので報告する。

材料および方法

1. 試験方法

(1) 試験区

4要因2水準の直交表による実験計画法⁹⁾で行った (Table 1)。即ち、培養液への酸素添加の有無について2水準、培養液の窒素濃度について標準濃度と低濃度の2水準、培養液のリン濃度について標準濃度と低濃度の

2000年6月27日受付

2000年11月10日受理

Table 1 Orthogonal table

O ₂ gas	Nitrate concentration	Phosphate concentration	Heater
supplemented	standard	standard	E
			NE
	low	low	E
			NE
	low	standard	E
			NE
not supplemented	standard	standard	E
			NE
	low	low	E
			NE
	low	standard	E
			NE

E; equipped, NE; not equipped

Table 2 Nitrate and phosphate concentrations (me/L)

Fertilizer	Standard	Low
Nitrate		
Ca(NO ₃) ₂ ·4 H ₂ O	5	2
KNO ₃	2.5	1
total	7.5	3
Phosphate		
KH ₂ PO ₄	1.5	0.6

2水準，加温装置使用の有無について2水準を設け，これらの要因の組み合わせにより16種の試験区を設定した。施肥設計はCarol Reiss¹⁰⁾の処方に基づいて行った (Table 2)。栽培期間中の加温装置使用区の培養液温度

は25℃に設定し，加温装置未使用区の培養液温度は10～15℃であった。酸素添加には医療用酸素ボンベ(純度99%)を使用し，栽培ベットからポンプで培養液を吸い上げ(3.0 L/min)，栽培ベットに戻す途中で添加した (Fig. 1)。培養液循環の際に行う酸素添加は，光合成が行われる間に溶存酸素の過飽和状態が根部に影響を及ぼすことを考慮し7:00～9:00, 11:00～13:00, 17:00～19:00と昼間1日3回行い，1回の酸素添加は各試験区15分，酸素添加量は0.8 L/分とした。なお空気の供給にはエアープンプを用い，酸素添加区では添加時間を除いて1日中，酸素無添加区では1日中行った。

(2) 栽培概要

栽培は明治大学生田校舎内のガラス温室で行ない，栽培期間中の室温は25～30℃に管理した。供試作物にはトマト(学名 *Lycopersicon esculentum* MILL.)のチェリゴールド(トキタ種苗株式会社製)を使用した。1998年9月8日にパーミキュライトの播種床に播種し，子葉が展開し，本葉が見え始めた9月14日にポリエステル製ポット((CLP 7575 C)東洋紡績株式会社製)に仮植し，10月12日にたん液式水耕栽培の栽培ベット(90 cm×36.5 cm×25 cm，標準培養液20 L)に3株ずつ定植した。窒素濃度，リン濃度の低濃度水準への変更は10月28日に行い，同時に酸素添加も開始した。摘心は第7果房上葉2枚を残して随時行い，摘果は行わなかった。収穫は随時行い，栽培は1999年2月22日に終了した。なお，栽培ベット内部の培養液の交換は3週間に1度の割合で合

Fig. 1 O₂ gas added system

計6回行った。

2. 調査および試験方法

(1) 培養液の溶存酸素濃度

培養液の溶存酸素濃度測定には溶存酸素計((OM-12)株式会社堀場製作所製)を用いた。電極は栽培ベツト中央に設置した。なお、電極の設置位置による溶存酸素濃度の差はみられなかった。

(2) 生育および収量調査

栽培終了時の草丈、茎葉生重量および根乾重量を調査した。果実の生収量測定は収穫時に行い、合計を果実総収量とした。

(3) 吸水量

栽培期間中の培養液損失量を吸水量とした。なお培養液損失がおこると培養液は自動的に補充され、栽培ベツトの液面を常に一定に保つようにした。

(4) 汁液分析方法

汁液分析は1998年12月11日に行った。汁液分析には第5果房直下の葉柄を搾汁後、濾過を行い得られた濾液を用い、硝酸態窒素は簡易比色計((RQflex)MERCK社製)で定量した。カリウム、カルシウム、マグネシウムについては原子吸光光度法で、リンはICP発光分光分析法で定量した。

(5) 植物体成分分析方法

葉茎部は通風乾燥機(70℃, 24hr)で、果実は真空凍結乾燥機で乾燥した。その後それぞれの試料をケルダール分解し、全窒素を水蒸気蒸留法¹¹⁾で定量した。カリウム、カルシウム、マグネシウムについては原子吸光光度法で、リンはバナドモリブデン酸による比色法¹²⁾で定量した。

結果および考察

1. 酸素添加による溶存酸素濃度の変化

1998年12月9～10日の溶存酸素濃度の経時変化をFig. 2に示した。溶存酸素培養液の溶存酸素濃度は加温装置使用区では酸素添加により増加し、酸素添加直後に過飽和状態となった。加温装置未使用区では酸素添加により日中は過飽和状態を保ち続けた。また加温装置使用区では、加温装置未使用区よりも水温が高いため、溶存酸素濃度は低くなり¹⁾、この溶存酸素濃度の変化は、栽培期間中どの日も同様であった。なお溶存酸素濃度の過飽和状態とは飽和値(25℃, 8.4 ppm)¹⁾を超えた濃度のものを定義した。

2. 生育および収量調査

生育および収量調査結果をTable 3に示した。

草丈は酸素添加の有無により影響された。即ち、酸素無添加区で平均151 cmであったのに対し、酸素添加区では平均168 cmと比較的高い傾向があった(分散比1.91, 信頼度77%)。

茎葉生重量は酸素添加の有無により影響された。即ち、酸素無添加区で平均1747 gであったのに対し、酸素添加区では平均2003 gと比較的高い値となる傾向があった(分散比2.32, 信頼度81%)。

根乾重量は酸素添加の有無に影響され、酸素無添加区で平均37.4 gであったのに対し、酸素添加区では平均48.1 gと高い値であった(分散比20.81, 信頼度99%)。また、窒素施肥濃度にも影響された。即ち、窒素標準濃度区は42.0, 35.4 gで平均38.7 gであったのに対し、窒素低濃度区では54.1, 39.3 gで平均46.7 gと高い値であった(分散比11.44, 信頼度98%)。さらに、加温装置使用の有無により影響された。即ち、加温装置未使用区は23.2, 34.5, 49.6, 49.9, 28.5, 35.2, 37.9, 39.6 gで平均37.3 gであったのに対し、加温装置使用区では52.9, 57.5, 66.8, 50.0, 45.9, 32.2, 46.2, 33.5 gで平均48.1 gと高い値であった(分散比21.39, 信頼度99%)。

果実の収量は、要因ごとの有意な差がみられず全平均1089 gであった。

吸水量は、要因ごとの有意な差はみられず全栽培期間を通して1株あたり平均99.2 Lであった。ただし、窒素低濃度区では酸素添加の有無により影響され酸素添加区の吸水量は増加する傾向があった。

これらの結果から酸素添加による溶存酸素の過飽和状態が、地上部および地下部の生育を促進させたと考えられた。また、地下部に関しては、窒素欠乏によるストレ

Fig. 2 Dissolved O₂ concentration fluctuations within a day

Table 3 Effect of supersaturation of dissolved oxygen on growth and water uptake in tomato plants in hydroponic culture

Test items				Growth and yield				
O ₂ gas	Nitrate concentration	Phosphate concentration	Heater	Height (cm)	Weight (g)/plant			Water uptake (L)
					Stem and leaves	Roots	Fruit	
supplemented	standard	standard	E	163	2378	52.9	1175	120.4
			NE	119	1028	23.2	1037	66.1
		avg.		141	1703	38.0	1106	93.3
		low	E	188	2462	57.5	1614	130.3
			NE	125	1346	34.5	723	80.7
		avg.		157	1904	46.0	1169	105.5
	avg.		149	1804	42.0	1137	99.4	
	low	standard	E	185	2560	66.8	1178	140.4
			NE	215	2495	49.6	1152	139.0
		avg.		200	2528	58.2	1165	139.7
		low	E	134	1512	50.0	622	89.8
			NE	213	2241	49.9	1337	87.8
		avg.		174	1877	49.9	980	88.8
	avg.		187	2202	54.1	1072	114.3	
	avg.			168	2003	48.1	1105	106.8
not supplemented	standard	standard	E	190	2714	45.9	1719	145.0
			NE	133	1131	28.5	695	54.6
		avg.		162	1923	37.2	1207	100.0
		low	E	134	1755	32.2	857	86.0
			NE	155	1778	35.2	1447	88.0
		avg.		145	1767	33.7	1152	87.0
	avg.		153	1845	35.4	1180	93.4	
	low	standard	E	143	1370	46.2	608	87.0
			NE	158	1924	37.9	994	87.6
		avg.		151	1647	42.0	801	87.3
		low	E	124	1237	33.5	729	84.5
			NE	172	2066	39.6	1543	99.6
		avg.		148	1652	36.5	1136	92.1
	avg.		149	1649	39.3	969	89.7	
	avg.			151	1747	37.4	1074	91.5
E; equipped, NE; not equipped								

E; equipped, NE; not equipped

ス¹³⁾を回避するために発達が促進され、その結果吸水量も増加したと推察される。収量については、試験要因による有意な差があらわれなかった。一般的なトマトのハウス促成栽培では果実の摘果を行う^{14,15)}が、今回の栽培では摘果を行わなかった。これは摘果をすることにより硝酸態窒素、カルシウム、マグネシウムの吸収量が多くなる¹⁶⁾ため養分吸収量について栽培条件を一定にする目的のためである。

3. 汁液中の無機成分濃度

汁液中の無機成分濃度を Table 4 に示した。

1) 硝酸態窒素

汁液中の硝酸態窒素濃度は窒素施肥濃度に影響された。即ち、窒素低濃度区は 0.068, 0.059% で平均 0.064%

であったのに対し、窒素標準濃度区では 0.158, 0.127% で平均 0.143% と高かった(分散比 12.42, 信頼度 98%)。

2) リン

汁液中のリン濃度は酸素添加の有無に影響された。即ち、酸素無添加区で平均 0.028% であったのに対し、酸素添加区では平均 0.035% と高い傾向があった(分散比 2.37, 信頼度 81%)。また、リン施肥濃度にも影響された。即ち、リン低濃度区は 0.034, 0.040, 0.020, 0.009% と平均 0.026% であったのに対し、リン標準濃度区では 0.033, 0.035, 0.051, 0.031% 平均 0.038% と高い傾向があった(分散比 5.68, 信頼度 93%)。

更に、リン施肥濃度と酸素添加の有無との組み合わせ

Table 4 Effect of supersaturation of dissolved oxygen on inorganic composition of plant sap

O ₂ gas	Test items		Heater	Content (%) of plant sap				
	Nitrate concentration	Phosphate concentration		N	P	K	Ca	Mg
supplemented	standard	standard	E	0.090	0.033	0.322	0.081	0.029
			NE	0.136	0.032	0.511	0.167	0.037
		avg.		0.113	0.033	0.417	0.124	0.033
		low	E	0.249	0.051	0.506	0.171	0.065
			NE	0.158	0.017	0.518	0.156	0.061
		avg.		0.203	0.034	0.512	0.163	0.063
	avg.			0.158	0.033	0.464	0.144	0.048
	low	standard	E	0.059	0.037	0.314	0.169	0.045
			NE	0.045	0.032	0.546	0.239	0.060
		avg.		0.052	0.035	0.430	0.204	0.053
		low	E	0.102	0.039	0.438	0.222	0.063
			NE	0.068	0.041	0.500	0.283	0.067
		avg.		0.085	0.040	0.469	0.252	0.065
not supplemented	avg.			0.068	0.037	0.450	0.228	0.059
	standard	standard	E	0.158	0.063	0.451	0.168	0.052
			NE	0.102	0.039	0.366	0.159	0.031
		avg.		0.130	0.051	0.409	0.164	0.041
		low	E	0.090	0.023	0.333	0.178	0.042
			NE	0.158	0.017	0.490	0.218	0.057
		avg.		0.124	0.020	0.412	0.198	0.049
	avg.			0.127	0.035	0.410	0.181	0.045
	low	standard	E	0.058	0.039	0.455	0.195	0.047
			NE	0.021	0.024	0.474	0.171	0.043
		avg.		0.040	0.031	0.465	0.183	0.045
		low	E	N.D.*	0.007	0.366	0.108	0.022
			NE	0.079	0.011	0.583	0.227	0.059
		avg.		0.079	0.009	0.475	0.168	0.040
avg.	avg.			0.059	0.020	0.470	0.175	0.043
	avg.			0.093	0.028	0.440	0.178	0.044

E; equipped, NE; not equipped *N.D.=Not Detectable

における汁液中のリン濃度は、リン標準濃度、酸素添加区では0.033, 0.035%で平均0.034%, リン標準濃度、酸素無添加区では0.051, 0.031%で平均0.041%, リン低濃度、酸素添加区では0.034, 0.040%で平均0.037%, リン低濃度、酸素無添加区では0.020, 0.009%で平均0.015%となり、溶存酸素の過飽和状態により、リン低濃度区の汁液中リン濃度がリン標準濃度区と同等の値となった(分散比9.44, 信頼度97%)。

3) カリウム

汁液中のカリウム濃度は加温装置使用の有無に影響された。即ち、加温装置使用区は0.322, 0.506, 0.314, 0.438, 0.451, 0.333, 0.455, 0.366%と平均0.398%であったのに対し、加温装置未使用区では0.511, 0.518, 0.546, 0.500, 0.366, 0.490, 0.474, 0.583%で平均

0.499%と高い傾向があった(分散比5.00, 信頼度92%)。

4) カルシウム

汁液中のカルシウム濃度は要因による有意な差はみられず全平均0.182%であった。

5) マグネシウム

汁液中のマグネシウム濃度は酸素添加の有無により影響された。即ち、酸素無添加区で平均0.044%であったのに対し、酸素添加区では平均0.053%と高い傾向があった(分散比2.57, 信頼度83%)。

汁液分析法¹⁷⁾は汁液中の可溶性無機元素の濃度を測定して栄養診断を行う。リン低濃度区の酸素添加区と、リン標準濃度区の汁液中リン濃度が同等の値となった。これは、リンに特徴的に見られた現象であった。

Table 5 Effect of supersaturation of dissolved oxygen on inorganic composition analysis of tomato plants

Test items				Content(%) of dry weight									
O ₂ gas	Nitrate concentration	Phosphate concentration	Heater	Fruit					Stem and leaves				
				N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
supplemented	standard	standard	E	2.58	0.53	2.52	0.10	0.112	2.55	0.14	4.09	3.80	0.65
			NE	2.28	0.50	2.62	0.09	0.115	2.02	0.14	4.16	3.99	0.79
		avg.		2.43	0.51	2.57	0.09	0.113	2.28	0.14	4.12	3.90	0.72
		low	E	2.30	0.46	2.39	0.08	0.102	2.18	0.14	4.08	3.40	0.69
			NE	2.50	0.44	2.35	0.10	0.109	2.53	0.14	3.95	3.38	0.68
		avg.		2.40	0.45	2.37	0.09	0.105	2.35	0.14	4.02	3.39	0.68
				2.42	0.48	2.47	0.09	0.109	2.32	0.14	4.07	3.64	0.70
	low	standard	E	2.26	0.46	2.37	0.11	0.107	2.10	0.14	3.37	4.33	0.73
			NE	2.06	0.43	2.18	0.10	0.102	1.99	0.12	3.41	3.57	0.61
		avg.		2.16	0.45	2.28	0.10	0.104	2.05	0.13	3.39	3.95	0.67
		low	E	2.63	0.49	2.50	0.16	0.115	2.24	0.11	4.17	4.28	0.77
			NE	1.91	0.40	2.35	0.10	0.101	1.61	0.09	3.71	3.45	0.70
		avg.		2.27	0.44	2.42	0.13	0.108	1.92	0.10	3.94	3.86	0.74
				2.21	0.45	2.35	0.11	0.106	1.98	0.11	3.66	3.91	0.70
	avg.			2.31	0.46	2.41	0.10	0.108	2.15	0.13	3.87	3.78	0.70
not supplemented	standard	standard	E	2.36	0.50	2.60	0.07	0.110	2.20	0.06	3.80	3.80	0.68
			NE	2.26	0.44	2.42	0.11	0.107	2.48	0.17	4.34	3.92	0.70
		avg.		2.31	0.47	2.51	0.09	0.108	2.34	0.11	4.07	3.86	0.69
		low	E	2.50	0.44	2.58	0.14	0.121	1.99	0.11	4.85	4.22	0.83
			NE	2.18	0.41	2.45	0.08	0.108	2.08	0.05	3.34	3.23	0.46
		avg.		2.34	0.42	2.51	0.11	0.114	2.03	0.08	4.09	3.72	0.64
				2.33	0.45	2.51	0.10	0.111	2.19	0.10	4.08	3.79	0.67
	low	standard	E	2.57	0.46	2.49	0.13	0.122	1.97	0.13	3.96	3.62	0.64
			NE	2.33	0.40	2.56	0.08	0.102	2.28	0.16	4.11	3.19	0.79
		avg.		2.45	0.43	2.53	0.10	0.112	2.12	0.14	4.03	3.41	0.71
		low	E	2.32	0.44	2.49	0.20	0.116	1.98	0.07	3.62	2.15	0.55
			NE	2.16	0.40	2.33	0.10	0.105	1.97	0.05	3.27	3.97	0.69
		avg.		2.24	0.42	2.41	0.15	0.111	1.97	0.06	3.44	3.06	0.62
				2.35	0.43	2.47	0.13	0.111	2.05	0.10	3.74	3.24	0.67
	avg.			2.34	0.44	2.49	0.12	0.111	2.12	0.10	3.91	3.51	0.67

E; equipped, NE; not equipped

4. 果実および茎葉部の無機成分含有率

果実および茎葉部の無機成分含有率結果を Table 5 に示した。

1) 全窒素

果実の窒素含有率は加温装置使用の有無により影響された。即ち、加温装置未使用区は 2.28, 2.50, 2.06, 1.91, 2.26, 2.18, 2.33, 2.16% で平均 2.21% であったのに対し、加温装置使用区では 2.58, 2.30, 2.26, 2.63, 2.36, 2.50, 2.57, 2.32% で平均 2.44% と高い傾向があった(分散比 5.47, 信頼度 93%)。

茎葉の窒素含有率は窒素施肥濃度により影響された。即ち、窒素低濃度区は 1.98, 2.05% と平均 2.01% であったのに対し、窒素標準濃度区では 2.32, 2.19% で平均 2.25% と高い傾向があった(分散比 3.30, 信頼度 87%)。

2) リン

果実のリン含有率は酸素添加の有無に影響された。即ち、酸素無添加区で平均 0.44% であったのに対し、酸素添加区では平均 0.46% と高かった(分散比 9.08, 信頼度 97%)。また、窒素施肥濃度にも影響された。即ち、窒素低濃度区は 0.45, 0.43% で平均 0.44% であったのに対し、窒素標準濃度区では 0.48, 0.45% で平均 0.46% と高かった(分散比 10.47, 信頼度 97%)。さらにリン施肥濃度にも影響され、リン低濃度区は 0.45, 0.44, 0.42, 0.42% で平均 0.43% であったのに対し、リン標準濃度区では 0.51, 0.45, 0.47, 0.43% で平均 0.47% と高かった(分散比 12.32, 信頼度 98%)。また、加温装置使用の有無により影響された。即ち、加温装置未使用区は 0.50, 0.44, 0.43, 0.40, 0.44, 0.41, 0.40, 0.40% で平均 0.43% であったのに対し、加温装置使用

有区では0.53, 0.46, 0.46, 0.49, 0.50, 0.44, 0.46, 0.44%で平均0.47%と高かった(分散比25.63, 信頼度99%)。

茎葉のリン含有率は酸素添加の有無にも影響された。即ち、酸素無添加区で平均0.10%であったのに対し、酸素添加区では平均0.13%と高い傾向があった(分散比3.69, 信頼度88%)。また、リン施肥濃度により影響された。即ち、リン低濃度区は0.14, 0.10, 0.08, 0.06%で平均0.10%であったのに対し、リン標準濃度区では0.14, 0.13, 0.11, 0.14%で平均0.13%と高い傾向があった(分散比6.17, 信頼度94%)。

3) カリウム

果実のカリウム含有率は要因による有意な差はみられず全平均2.45%であった。

茎葉のカリウム含有率は窒素施肥濃度により影響された。即ち、窒素低濃度区は3.66, 3.74%で平均3.70%であったのに対し、窒素標準濃度区では4.07, 4.08%で平均4.08%と高い傾向があった(分散比2.78, 信頼度84%)。

4) カルシウム

果実のカルシウム含有率は窒素施肥濃度に影響された。即ち、窒素標準濃度区で0.09, 0.10%で平均0.10%であったのに対し、窒素低濃度区では0.11, 0.13%で平均0.12%と高い傾向があった(分散比5.49, 信頼度93%)。リン施肥濃度にも影響された。即ち、リン標準濃度区は0.09, 0.10, 0.09, 0.10%で平均0.10%であったのに対し、リン低濃度区では0.09, 0.13, 0.11, 0.15%で平均0.12%と高い傾向があった(分散比5.71, 信頼度93%)。加温装置使用の有無により影響された。即ち、加温装置未使用区は0.09, 0.10, 0.10, 0.10, 0.11, 0.08, 0.08, 0.10%で平均0.10%であったのに対し、加温装置使用区では0.10, 0.08, 0.11, 0.16, 0.07, 0.14, 0.13, 0.20%で平均0.12%と高かった(分散比7.90, 信頼度96%)。

茎葉のカルシウム含有率は要因による有意な差はみられず全平均3.64%であった。

5) マグネシウム

果実のマグネシウム含有率は加温装置使用の有無により影響された。即ち、加温装置未使用区は0.115, 0.109, 0.102, 0.101, 0.107, 0.108, 0.102, 0.105%で平均0.106%であったのに対し、加温装置使用区では0.112, 0.102, 0.107, 0.115, 0.110, 0.121, 0.122, 0.116%で平均0.113%と高い傾向があった(分散比5.77, 信頼度93%)。

茎葉のマグネシウム含有率は要因による有意な差はみ

られず全平均0.68%であった。

酸素添加による溶存酸素濃度の過飽和状態により、果実および茎葉のリンの含有率が增加されたが、他の無機元素の含有率には影響はなかった。また、培養液の加温により果実の窒素、リン、カルシウム、マグネシウムの含有率が増加した。

まとめ

培養液中溶存酸素濃度を過飽和状態にすることにより草丈、茎葉生重、根重量の増加の傾向があった。また汁液中、茎葉、果実のリン含有率が増加した。しかし、果実の収量には影響がなかった。これらのことより、溶存酸素濃度の過飽和状態がほうれん草など葉類の生育促進におよぼす影響の検討、溶存酸素濃度の過飽和状態がリンの吸収に及ぼす影響の検討、トマトの果実を摘果する栽培での溶存酸素濃度の過飽和状態が果実の収量におよぼす影響の検討が必要であると考えられる。

謝 辞

栽培管理および設備管理に御協力下さいました有限会社不動産の苅部誠氏に御礼申し上げます。また、原子吸光度計使用の便宜を計って下さった本学の竹迫鉦先生に御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 養液栽培研究会編：養液栽培マニュアル21, 誠分堂新光舎, pp. 162-163(1998)
- 2) 社団法人農山漁村文化協会編：野菜園芸大百科15 共通技術・先端技術, pp. 387-392(1998)
- 3) 林 圭腕, 房 薇, 岩尾俊男, 藤浦建史, 竹山光一：養液栽培システムの改善に関する研究(II) トマトの生長量と溶存酸素量及び蒸散流量との関係一, 島根大学農学部研究報告, 27: 33-37(1993)
- 4) Yoshida, S., Kitano, M., and Eguchi, H.: Growth of Lettuce Plants (*Lactuca sativa* L.) Under Control of Dissolved O₂ Concentration in Hydroponics, Biotronics 26: 39-45(1997)
- 5) 吉田 敏, 北野雅治, 江口弘美：水耕における溶存O₂濃度制御下のキュウリ植物の生育, 生物環境調節34: 223-229(1996)
- 6) 吉田 敏, 北野雅治, 江口弘美：水耕における溶存O₂濃度制御下のキュウリ植物の吸水, 生物環境調節34: 53-58(1996)
- 7) 位田藤久太郎, 小川幸持, 新井和夫：蔬菜の根の生理に関する研究, 園芸学会雑誌, 26: 171-177

- (1952)
- 8) 中林和重, 田中剛毅, 平沢公雄: 養液栽培における気泡水の利用がトマトの地下部および生育に及ぼす影響, 日本生物環境調節学会 1998 年大会講演要旨, pp. 452-453 (1998)
 - 9) 田口玄一: 実験計画法 上, 丸善, pp. 143-150 (1988)
 - 10) Carol Reiss: Experiments in Plant Physiology, Experiment 12, pp. 107-110 (1994)
 - 11) 土壤養分測定法委員会編: 土壤養分分析法, 養賢堂, pp. 171-176 (1981)
 - 12) 土壤養分測定法委員会編: 土壤養分分析法, 養賢堂, pp. 227-229 (1981)
 - 13) Walter, L.: 植物生態生理学, シュプリンガー・フェアラーク東京, pp. 233-240 (1999)
 - 14) 社団法人農山漁村文化協会編: 野菜園芸大百科 2 トマト, pp. 305-324 (1988)
 - 15) 重松 武: 促成ミニトマトの安定生産技術, 今月の農業農薬・資材・技術, 41: 55-59 (1997)
 - 16) 柘田正治, 野村真史: トマトの摘心および果実除去が根の養分吸収と酸素消費に及ぼす影響, 園芸学会雑誌, 64: 73-78 (1995)
 - 17) 藤原俊六郎, 六本木和夫, 安部清悟: 葉柄搾汁液による窒素(硝酸)栄養診断—イチゴ—, 農業技術大系 土壤施肥編 4 土壤診断・生育診断, pp. 288 (1995)