

施設イチゴの多段式養液少量循環栽培に関する研究(4)

誌名	滋賀県農業試験場研究報告
ISSN	0388855X
著者	大谷, 博実 大谷, 広之
巻/号	30号
掲載ページ	p. 17-24
発行年月	1989年3月

施設イチゴの多段式養液少量循環栽培に関する研究 (第4報)

培養液温およびアンモニア態窒素添加が生育、収量
に及ぼす影響

大谷博実・大谷広之*

A Newly Developed Cultivation Method for Strawberry (*Fragaria grandiflora*) Setting under Structure and Circulating Small Amounts of Nutrient Solution

(4) Effects of solution temperature and ammonium nitrogen
addition on the growth and yield

Hiromi ŌTANI and Hiroyuki ŌTANI

N・F・T利用による多段式養液少量循環栽培の生産性向上をはかるため、夜間における培養液温ならびにアンモニア態窒素（以下 $\text{NH}_4\text{-N}$ と略す）添加が生育、収量に及ぼす影響について検討した。

夜間の培養液温は、比較的低温に強い‘宝交早生’では 10°C （液温幅 $10\sim 12^\circ\text{C}$ ）が生育も安定し、初期収量ならびに全期収量も高まった。一方しゃ光条件下における $\text{NH}_4\text{-N}$ の添加は、 0.5 me/l に比べ 1.0 および 1.5 me/l で 20% の収量低下を、無しゃ光下では 0.5 me/l に比べ 1.0 me/l で 20% 、 1.5 me/l で 40% の大幅な収量低下となり、とくに 1.5 me/l の添加では明らかに生育阻害が認められた。

I 結 言

前報^{6) 7)}で、多段式養液少量循環栽培（以下多段栽培と略記する）における段別の液温は、ハウス内気温の影響を受け、上位1段では昼間のハウス内気温に比べ $5\sim 6^\circ\text{C}$ 、下位4段では $2\sim 3^\circ\text{C}$ 低く経過することを、また夜間では、ハウス内気温に比べ上位1段では 2°C 高く保持したが、下位4段ではハウス内気温と同じ温度で推移することを明らかにした。このようにN・F

・Tによる多段栽培では、昼間のハウス内気温に応じて培養液温の上昇が認められ、イチゴの吸肥等に大きく影響しているものと思われる。しかしながら、降雪や曇天の続く日照地帯では、昼間の温度上昇がみられないだけでなく、夜間も低下することから、吸肥能力の低下が懸念され、特に夜間における培養液の加温が必要と思われるが、品種の吸肥特性に合った液温管理の研究事例がきわめて少ないのが現状である。

さらにか日照条件下での多段栽培では、下位段の日

* 元湖北分場専門員

射量不足による生育、収量性に問題がみられることから、イチゴの同化能力に合った培養液組成、特にNH₄-Nの添加効果についても検討したので、その概要を報告する。

本報告を取りまとめるにあたり、滋賀農試湖北分場長森茂樹博士ならびに湖西分場長川村戈十二氏、野菜係長吉沢克彦氏の各氏から御助言、御指導とあわせて本稿の御校閲を賜った。ここに深く感謝の意を表する。

I 材料および方法

1. 培養液温とイチゴの生育、収量

試験は前報⁷⁾と同じ間口5.4m、奥行2.0mの南北棟ビニールハウス内で実施し、換気は3相3線式200V(0.4kw)の換気扇を用いて、ハウス内気温が25℃以上になれば換気を行った。また暖房には、32,000kcal/h(0.2kW)の暖房機を用い、最低気温が6℃以下になれば作動するよう、それぞれサーモスタットで制御した。さらに夜間は保温のために二層カーテン(一、二層とも0.05mmポリエチレンフィルム)で被覆した。用いた装置は前報試験⁷⁾2と同じく、写真に示すように、地表から30cmの高さに19mmφの鉄パイプ製の棚を組み、この上に幅90cm、長さ180cmの合板を敷き、更に高さ10cm、幅15cm、長さ180cmの養液管(黒色可塑性シート)を30cm間隔で3列に配置

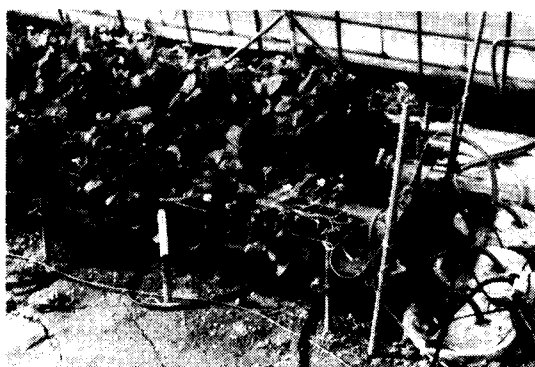


写真 試験装置の概要

した。また培養液の循環は、地下に埋設したワグネルポット(14ℓ)からポンプアップによって、毎分500ccを給液し、最後にワグネルポットにもどる循環方式とした。使用したポンプはビーバーポンプ(揚水量10ℓ/min)である。液の流れを一定にするため、装置には1,000分の5の勾配をつけた。

培養液温は無加温区、10℃区および15℃区の3区を設け、液温の加温は農電ケーブル(100V、250W、31m)を用い、14ℓ容ワグネルポット内に設置した。

なお品種は“宝交早生”を供試し、1985年9月19日にパーライト育苗によるポット苗を水洗後、株間20cm間隔に定植した。試験は1区8株2区制で行った。培養液濃度は山崎処方1.0単位(第1表)を用いた。ジベレリン処理は10月25日、電照は10月28日から間欠

第1表 山崎処方標準液(1.0単位)

Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	336 ^{mg} /ℓ	Fe-EDTA	16
KNO ₃	303	H ₃ BO ₃	1.2
NH ₄ H ₂ PO ₄	57	MnCl ₂ · 4H ₂ O	
MgSO ₄ · 7H ₂ O	123		0.72

照明により、夕方17時から翌朝5時まで1時間に10分間の点灯を12回行った。

培養液の分析項目と分析法については、硝酸態窒素はフェノール硫酸法、リン酸はメタバナジン酸法、カリは炎光光度法、また石灰、苦土は原子吸光光度法によって測定した。

2. NH₄-Nの添加とイチゴの生育、収量

供試したハウスおよび装置は試験1と同じで、処理区はNH₄-N 0.5me/ℓ(山崎処方1.0単位)に対し、1.0および1.5me/ℓとした。さらに黒寒冷しゃ⁸⁾300を用い、しゃ光処理条件下の検討もあわせて行った。なおNH₄-Nの添加には、硫酸アンモニウムを用いた。

供試品種および試験規模は試験1に準じ、定植は1986年9月19日、株間は20cm間隔とした。ジベレリンおよび電照処理、ハウス内の昼夜温度管理は試験1に準じて行った。

II 結果

1. 培養液温とイチゴの生育、収量

試験期間中の最高気温は、20~25℃の範囲で、また最低気温は6~7℃の範囲で推移した。夜間の培養液温は設定夜温15℃では12~15℃、10℃では10~12℃、無加温区では7~8℃の液温幅で推移した。

夜間の培養液温の違いが、イチゴの生育に及ぼす影響を明らかにするため、11月26日と翌年の2月26日

第2表 培養液の加温が生育に及ぼす影響 (1区8株2区平均)

調査項目	11月26日			2月26日		
	葉柄長 (cm)	葉長 (cm)	葉幅 (cm)	葉柄長 (cm)	葉長 (cm)	葉幅 (cm)
無加温区	12.5	11.6	7.7	13.6	11.2	7.6
10℃区	12.2	11.6	8.0	13.8	10.9	7.3
15℃区	14.2	12.1	8.0	14.7	11.4	7.7

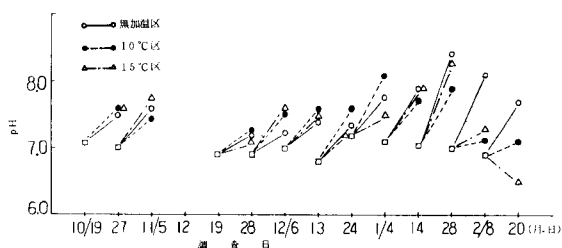
第3表 培養液の加温が収量に及ぼす影響 (1区8株2区平均)

項目	時期別収量						合計収量		1株当たり	
	1月	2月		3月		個重 (g)	個数	個重 (g)	指数	
無加温区	17	255	70	783	194	1,187	281	2,225	35	278 (100)
10℃区	26	389	108	1,081	263	1,510	397	2,980	49	373 134
15℃区	14	197	101	1,066	262	1,463	377	2,726	47	341 123

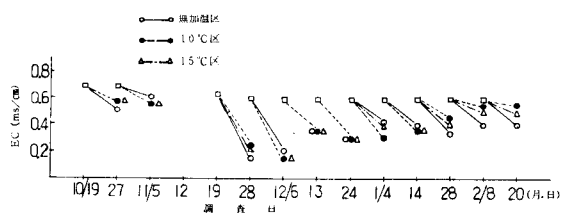
の2回調査を行った。この結果、11月26日では葉柄長および葉長は無加温区および10℃区の間に差はみられないものの、15℃区では生育が旺盛となり、明らかに差が認められた(第2表)。さらに2月26日も同様の傾向がみられ、15℃区の生育は終始旺盛であった。

収穫時期は、10℃区および15℃区で11月11日から、無加温区では14日から収穫始期となった。月別収量を第3表に示したが、1月では10℃区が収穫個数、収量ともに多く、ついで無加温区、15℃区となった。15℃区では生育が旺盛で、過繁茂となり、このことが果実肥大を抑制したものと推察される。しかし2月以降は1月とは傾向を異にし、無加温区が最も低収となり、15℃区は10℃区とほぼ同等の収量を得た。株当りの収量は、無加温区の収量を100とした場合、10℃区では134、15℃区では123となり、加温による増収効果が認められた。

つぎに培養液のpH変動を第1図に示した。10℃区では12月13日から1月14日にかけて、また無加温区、15℃区では1月14日頃から一時期上昇幅が大きい傾向を示した。このような培養液のアルカリ性化は、生育が良好で、 NO_3^- や H_2PO_4^- などのアニオンの吸収が、 Ca^+ や Mg^{2+} などの吸収よりも多いことが原因の一つと考えられる。ただ15℃区ではその後の変動幅が小さくなり、2月8日頃からはむしろ低下の傾向に



第1図 pHの変化



第2図 ECの変化

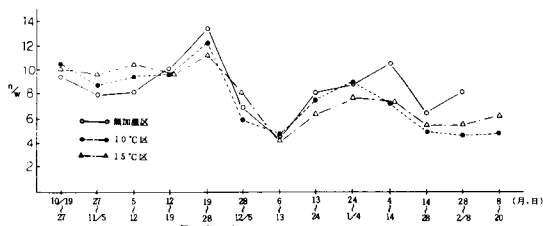
あった。

またECは、各処理区とも生育前期では変動幅は小さかったが、果実肥大期の11月下旬から12月上旬に

かけて変動幅が大きくなり、ECの低下幅が大きかった。その後12月下旬から1月中旬にかけて処理間差は認められなくなったが、1月下旬から2月になると無加温区の低下幅が大きくなる傾向を示した(第2図)。

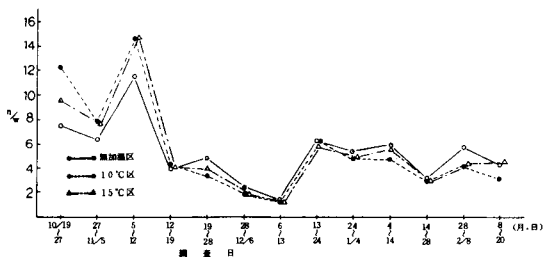
さらに各要素の吸肥特性を、山崎らが提唱している吸成分組成・濃度(n/w比・nはme単位で示す各吸成分量、wは吸収、蒸発散による減水ℓ)により求めた。ただし12月6日から13日の測定期間については揚水ポンプに故障が生じたので、この期間の数値を除外して算出した。

硝酸態窒素の吸収量は、無加温区で平均8.8、10℃区で7.9、15℃区では8.1me/ℓとなり、みかけの吸収濃度は無加温区で明らかに高い傾向を示した(第3図)。



第3図 NO₃-Nの吸収濃度(n/w)の変化(me/ℓ)

リン酸の吸収量は、出ら、開花時の11月12日までは無加温区の8.4に対し、10℃区は11.5、15℃区で10.7me/ℓとそれぞれ加温によりみかけの吸収濃度は高く推移したが、12日以降の平均では無加温区4.7、10℃区で3.9および15℃区で4.2me/ℓ



第4図 Pの吸収濃度(n/w)の変化(me/ℓ)

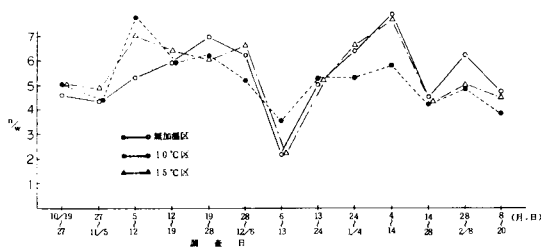
となり、無加温区がわずかに高まった。

カリの吸収量については、11月中旬の出ら、開花時と、果実の収穫始期にピークが認められ、全期を通してみると無加温区で5.6、10℃区で5.3、15℃区で5.8me/ℓとなり、15℃区でやや高まる傾向を示した(第5図)。

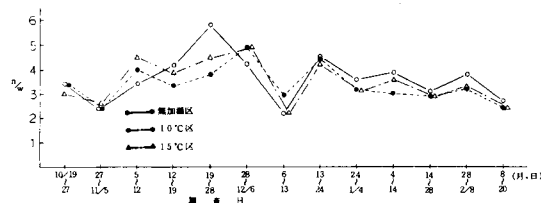
石灰の吸収量は、全期を通して無加温区で3.8、10℃区で3.4、15℃区では3.6me/ℓとなり、無加温区がわずかに高い傾向であった(第6図)。

苦土の吸収量は、全期を通して無加温区2.0、10℃区で1.8および15℃区では1.9me/ℓで、処理間差は認められなかった(第7図)。

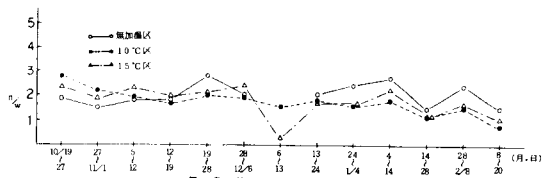
また株当たり吸液量(cc/株・日)をみると、開花期までは無加温区がわずかに多い傾向であったが、果実肥大期の11月中旬~1月中旬では10℃区で77cc、15℃区で69cc、無加温区で62ccとなり、10℃区の吸液量が多かった。特に1月中旬~2月下旬の収穫期では、10℃区が90cc、15℃区77cc、無加温区63ccとなり、10℃区と無加温区に27ccの吸液量の差が認められた(第8図)。



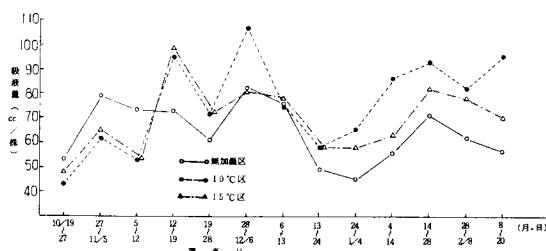
第5図 Kの吸収濃度(n/w)の変化(me/ℓ)



第6図 Caの吸収濃度(n/w)の変化(me/ℓ)



第7図 Mgの吸収濃度 (n/w) の変化 (me/l)



第8図 培養液と吸液量 (cc/株・日) の変化

第4表 NH₄-Nの添加が生育に及ぼす影響 (1区8株2区平均)

処 理	調 査 項 目	展 開 葉 第 3 葉 (11/17)			葉 数	展 開 葉 第 3 葉 (12/19)		
		葉柄長 (cm)	葉 長 (cm)	葉 幅 (cm)		葉柄長 (cm)	葉 長 (cm)	葉 幅 (cm)
40% し ゃ 光	NH ₄ -N 0.5 ml/l	9.9	8.9	6.6	7.6	11.8	10.0	7.3
	" 1.0	10.2	9.1	6.5	8.1	10.0	8.8	6.7
	" 1.5	8.7	8.5	6.0	7.8	8.9	8.6	6.4
無し ゃ 光	NH ₄ -N 0.5 ml/l	7.7	9.7	6.8	8.5	10.5	10.5	6.5
	" 1.0	7.8	8.7	6.7	8.8	9.9	9.5	6.9
	" 1.5	6.9	8.3	6.0	7.4	8.2	8.6	6.0

第5表 NH₄-Nの添加が収量に及ぼす影響 (1区8株2区平均)

処 理	調 査 項 目	1 月		2 月		3 月		合 計		株 当 た り	
		個	重 量 (g)	個	重 量 (g)	個	重 量 (g)	個	重 量 (g)	個	重 量 (g)
40% し ゃ 光	NH ₄ -N 0.5 ml/l	1	10	46	439	129	760	176	1209	22	151 (100)
	" 1.0	1	12	35	268	153	714	189	994	24	124 (82)
	" 1.5	4	54	55	369	132	597	191	1,020	24	128 (85)
無し ゃ 光	NH ₄ -N 0.5 ml/l	10	146	70	858	156	1,068	236	2,072	29	259 (100)
	" 1.0	7	100	62	756	138	789	207	1,645	26	206 (80)
	" 1.5	10	145	38	493	123	593	171	1,231	21	154 (59)

このように、無加温でもみかけの吸収・組成濃度からみた肥料の吸収は比較的安定して行われていることが明らかとなったが、地上部の生育および収量については培養液の加温効果が高く、比較的低温に強い‘宝交早生’を用いた栽培では、夜間の液温を1.0℃に保持するのがよいと思われた。

2. NH₄-Nの添加とイチゴの生育、収量

か日照条件下におけるNH₄-Nの添加効果を検討するため、黒寒冷しゃ井300でしゃ光した区を設け、生育の推移を調査した結果を第4表に示した。11月7日の調査では葉柄長、葉長および葉数ともにNH₄-N 1.0 me/l区の生育が良好となったが、1.5 me/l区では生育が劣り、明らかにNH₄-N添加による生育阻害が認められた。また12月19日の調査では、生育初期とは異なり、0.5 me/l (山崎処方1.0単位)の生育が良好となった。

無しゃ光区は、11月17日では1.0 me/l区までの生育は変わらず、1.5 me/l区は生育が劣った。さらに12月19日の調査では、0.5 me/l区の生育が良く、1.0 me/l区では葉幅のみすぐれ、1.5 me/l区では生育阻害が認められた。

収量調査の結果を第5表に示した。しゃ光区の収穫始期は1月28日で、NH₄-N添加処理間に差は認められなかった。収量は1月では1.5 me/l区が若干多くなったが、2月から3月では0.5 me/l区が多く、株当りの収量においても0.5 me/l区を100とした場合、1.0 me/l区で82、1.5 me/l区で85となり、NH₄-N添加区の収量は低い傾向を示した。

また無しゃ光区の収穫始期は1月22日で、各処理間の収量差はより明らかとなり、株当りの収量では0.5 me/l区を100とした場合、1.0 me/l区で80、1.5

me/lでは59となり、大幅に減収した。

抜取調査の結果を第6表に示した。しゃ光区では、1.0 me/l区が生葉重および生根重ともに良く、0.5 me/l区に比べ根重が明らかに高まったが、地上部の生育は1.0、1.5 me/l区とも葉柄長、葉長の伸びが抑制された。

無しゃ光区では、0.5および1.0 me/l区が生葉重、根重に処理間差は認められなかったが、1.5 me/l区では少ない傾向を示した。

第6表 抜取調査（8株平均）

3月28日

処 理	調査項目	生体重 (g)	生葉重 (g)	生根重 (g)	クラウン径 (mm)	展 開 葉 第 3 葉			葉 数
						葉柄長 (cm)	葉 長 (cm)	葉 幅 (cm)	
40 % しゃ光	NH ₄ -N 0.5 ml/l	41.7	23.7	18.0	13.4	12.4	10.4	7.1	17
	" 1.0	56.4	25.5	30.9	14.0	9.9	9.8	7.0	18
	" 1.5	50.0	24.3	25.7	12.7	9.3	9.0	6.4	17
無しゃ光	NH ₄ -N 0.5 ml/l	85.2	48.5	36.7	15.9	11.8	10.2	6.7	29
	" 1.0	84.0	46.4	37.6	15.9	11.5	9.9	6.7	33
	" 1.5	61.9	32.6	29.3	15.2	8.8	8.9	6.3	24

IV 考 察

宇田川³⁾は、イチゴ栽培用高設N・F・Tで低温期の昼間のハウス内気温が18℃の場合、夜間の最低気温を5℃で管理すると根圏温度は7℃前後になるとし、筆者ら⁷⁾の上段の温度分布とよく一致する。しかしながら、溝液水耕のように昼夜間の根圏温度の較差が比較的小さい場合と異なり、N・F・T栽培では昼夜間の液温較差の大きいのが現状で、特に夜間における液温がイチゴの生育や吸肥特性にどのような影響を及ぼすかについては不明な点が多い。

本田⁸⁾は、‘はるのか’を用いた水耕栽培で、液温と養水分の吸収の関係について検討しているが、培養液温が9℃以下では吸水、吸肥がまったく行われず、12℃まではわずかな吸水をし、15℃までは吸水量が増加し、窒素、カリを吸収、15℃以上で窒素、カリのほかリン酸、石灰、苦土の吸収が極めて増加することを認めている。さらに宇田川⁵⁾は、高設N・F・Tによるイチゴ栽培で、11~3月の低温期における根圏温度は、その日の最低温度が16~18℃になり、日最高温度が21℃前後になるよう管理することが、収量性は

高いと概説しているが、多くの品種を用いて詳細に検討された結果から得られた結論ではない。筆者らは、N・F・Tの液温がハウス内気温の影響を敏感に受けて変化することで、従来の水耕方式とは吸肥パターンが変わるものと考え、比較的低温に強い‘宝交早生’を用い無加温で栽培した結果、12~1月にかけて昼間の最高液温が10~12℃の時、最低液温は2~4℃まで低下したが、本田が指摘した養水分の吸収がまったく行われないう状態は認められず、むしろ吸水、吸肥量にわずかな低下がみられただけで、根圏の発育などはむしろ良好であった。最低液温をどの程度に保持するのが生育、収量性に好結果を及ぼすかを明らかにするために、無加温区に対し10℃および15℃の液温区を設けて検討した結果、生育に対しては無加温区と10℃区では変わらず、15℃区では生育が旺盛となり、やや過繁茂な生育状態を示した。各要素のみかけの吸収、組成濃度(n/w比)については、硝酸態窒素、カリ、石灰および苦土については無加温区で高く、リン酸は生育前期に加温区で高い傾向を示したが、生育中~後期では無加温区で高く推移した。この

ように、N・F・Tによる栽培では、比較的低温に強い品種を用いることで、ほとんどの主要素は昼間から夜間にかけての良好な温度条件下で吸収されるものと思われ、夜間に一時的な液温の低下があっても、大きな影響を受けないものと考えられた。しかし収量性は、無加温区の収量を100とした場合、10℃区で134、15℃区では123となり、みかけの吸収、組成濃度(n/w比)の良好な無加温区よりも加温区、特に10℃区が高い結果となった。この原因については判然としないが、15℃区では生育が旺盛となり、過繁茂状態を呈したことが初期の収穫個数、収量を減少させた要因と思われる。また10℃区では、果実肥大期および収穫期における吸水、吸肥のバランスが保持されとともに、特に株当たり吸液量の増加が初期収量および全期収量に好結果を及ぼしたものと考えられた。

つぎに多段栽培においては、下位段の日照不足がイチゴの生育、収量に及ぼす影響が大きく、照度では上段を100とした場合2段が70、3段が60となり、4段になると上段の2分の1の照度まで低下し、下位段の日照不足が問題となる。またこのことが養水分の吸収にも不均衡を生じ、特に窒素栄養の吸収低下が著しく、イチゴの生育量および収量にも関与し、上段に比べ下段の収量は低下した。⁷⁾

位田⁴⁾によると、多くの野菜は硝酸態窒素を好み、水耕栽培にも硝酸態窒素が多く用いられているが、根から吸収された硝酸態窒素は根または葉などでアミノ態窒素、アンモニア態窒素などの形態を経てアミノ酸に変えられ、特に葉中での硝酸還元を光合成過程でおこる還元能にかかわることが知られているとし、低照度下ではこの働きによる葉での硝酸還元が少なく、強日照下に比べて窒素代謝が進みにくいとしている。このことから、根が稲のように酸化的であるミツバやイチゴでは、害の出ない程度のNH₄-Nの添加は弱光下での生育に及ぼす効果の高いことを認めている。

同様に池田¹⁾も、NH₄-Nに対するトウモロコシ、イチゴの生態反応について、pH、窒素濃度を変えた条件下では(NH₄+NO₃)Nの生育がよく、特にトウモロコシ、イチゴではNH₄-Nが存在することで生育が旺盛になることを認めている。そこで低照度下におけるNH₄-Nの存在が生育、収量性に及ぼす影響について、NH₄-N 0.5 me/l(山崎処方1.0単位)を基準に、1.0および1.5 me/lの添加区を設けて検討したところ、しゃ光および無しゃ光のいずれにおい

も、1.0 me/lまでの添加では生育は変わらないものの、1.5 me/lになると明らかに生育が劣る傾向を示した。収量ではしゃ光区の0.5 me/lを100とした場合、1.0 me/lでは82、1.5 me/lで83と低下し、無しゃ光では0.5 me/lの収量を100とした場合、1.0 me/lで79、1.5 me/lでは59まで大幅に低下し、特に無しゃ光で添加による悪影響が認められた。

池田²⁾らは、トマトを用いてNO₃/NH₄比を検討する中で、特に両窒素併用の効果は液温が高めの場合により強く認められ、低温では逆にNH₄害が出やすいとし、窒素形態が示す効果は根圏温度によってもかなり影響されるとしている。本試験において、しゃ光条件下でのNH₄-N 1.0 me/l 添加区の根重が増加したにもかかわらず、果実の肥大、収量等に影響が認められなかったのは、液温が十分に高くなかったためと考えられる。今後は、低照度下におけるNH₄-Nの添加とあわせて、それに好適する液温の検討が必要と考えられる。

引用文献

- 1) 池田英男、大沢孝也：施用窒素形態とそ菜の適応性(第1報)水耕栽培において硝酸、アンモニア、亜硝酸を窒素源とした果菜の生育並びに窒素同化、園学雑 47, 454~462, 1979.
- 2) ———、—————：培養液のNO₃/NH₄比と液温がトマトの生育、収量ならびに尻腐れ果発生に及ぼす影響、園学雑 57, 62~69, 1988.
- 3) 宇田川雄二：養液栽培の実際、農業電化協会、東京、99~103, 1984.
- 4) 位田藤久太郎：養液栽培における環境条件と培地調節、農及園 58, 1,049~1,053, 1983.
- 5) 宇田川雄二：イチゴ栽培の実際、農及園 62, 279~284, 1987.
- 6) 大谷博実、大谷広之、豊岡幸二：施設イチゴの多段式養液少量循環栽培に関する研究(第2報)多段栽培における養水分の吸収特性について、滋賀農試研報 27, 33~39, 1986.
- 7) ———、—————、—————：施設イチゴの多段式養液少量循環栽培に関する研究(第3報)施設内環境が生育に及ぼす影響、滋賀農試研報 27, 41~46, 1986.
- 8) 本田藤雄：生理、生態からみたイチゴの栽培技術、誠文堂新光社、東京、288~289, 1977.
- 9) 山崎肯哉、鈴木芳夫、篠原 温：そ菜の養液栽培

(水耕)に関する研究、特に培養液管理とみかけの 135～182, 1976.
吸収濃度 (n/w) に就て、東教大農紀要 22,

Summary

Effects of solution temperature during the night time and the concentration of ammonium nitrogen on the growth and yield of strawberry (*Fragaria grandiflora*) cultivated under the new circulation method were examined.

It was observed that the growth of 'HÖKŌWASE', of which growth is comparably resistant against lower temperature, was somewhat conserved around 10°C of solution temperature (ranged from 10-12°C), and that the earlier as well as summed yield were raised around the same temperature.

Optimum concentration of ammonium nitrogen on condition of shading was 1.0 me per litre, while on no shading, more decrease in the yield at the same concentration, and the plants growth was obviously inhibited by such high levels as of 1.5 me per litre.