

蔬菜水耕栽培の実用化に関する研究 I

夏期の高温が生育に及ぼす影響

並木隆和・西 新也・伊藤哲英
矢崎邦子・杉本則雄・高嶋四郎

TAKAKAZU NAMIKI, SHIN-YA NISHI, NORIHIDE ITO, KUNIKO YAZAKI,
NORIO SUGIMOTO, and SHIRO TAKASHIMA:

Studies on production of vegetable crops in water culture I
Effect of summer heat

要旨：夏期の高温が水耕そ菜におよぼす影響を明らかにするために、水耕ベッド内外の温度変化および高温がそ菜の生育におよぼす影響を調べ、温度を低くする方法につき考察した。

夏の高温条件を実験室内で再現して温度を測定したところ、水耕ベッドの表面では55℃を超えたが、ベッド内では30℃内外、最高は36℃であった。発泡ポリスチレン板および黒寒冷紗の使用によりベッド内の温度は30℃以下に保つことができた。間欠循環方式では、ベッド内の温度は液の出入れとともに著しく変化するが、湛水方式では変化がゆるやかで、前者の平均の温度を示した。

40℃以上のベッド内温度に5時間おいたキュウリの根は呼吸量がいちじるしく低下した。水温を22℃と28℃に保ってトマト苗の栄養吸収量を比較したが、28℃区は22℃に劣らなかった。

寒冷紗を用いて日照量を制限した場合、ハツカダイコン、キクナ、ミツバでは30～35%の日照量制限が、順調な生育をする限度であることがわかった。

I 緒 言

最近各地で普及の度を増しつつあるそ菜の水耕栽培は、普通の土耕に較べて種々の特殊性がある。特殊性の中で重要な点の一つは、根をとりまく環境が土壌に保護されることなく、外界の影響に直接さらされていることであろう。土壌中の微生物による肥料成分の変化や、粘土コロイドによる緩衝作用のないことは水耕栽培の肥料管理を非常に特殊なものにしている。すなわち、そのまま根に吸収されるような形態、濃度で肥料を与えなければならない。根による吸収、蒸発などで肥料のバランス、濃度が変化すれば、ただちに必要な範囲内にまでなおしてやらなければならない。

土壌は、断熱効果、変化の少ない地熱、水の蒸発によって気化熱を失なうことなどにより、根の周囲の温度を一定範囲内に保ち、冬の低温、夏の高温から植物の根をまもる力が大きい。水耕では、栽培ベッドの材質、構造により多少の差はあっても、一般にこのような効果は期待できない。したがって水耕の場合は、気

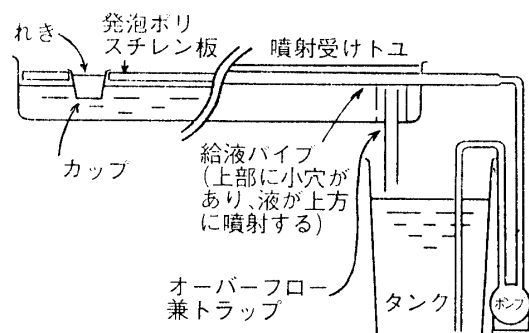
温の変化にともなって低温、高温となり、そ菜の生育に影響をおよぼすと考えられる。冬期の保温に関しては土耕の場合と同様、十分な対策のとられている場合が多いが、夏期の高温については十分な考慮のはられていないことが多い。

最近、夏期の高温時にそ菜の生育がきわめて悪い場合がみうけられ、その原因の一つとして、水耕ベッド内の温度上昇があげられているので、この問題につき二・三の実験を行なったものである。

II 実験材料および実験方法

供試したそ菜は、キュウリ（つばさ）、トマト（大型福寿）、ハツカダイコン（コメット）、キクナ（大葉春菊）、ミツバ（白茎みつば）である。キュウリとトマトは砂に播種し、発芽後水耕ベッドのれき部分に移植したが、他の種類は直接れきに播種した。

実験に供試した水耕ベッドは、プラスチック成型またはビニールシートで裏打ちをしたベニヤ板製で第1図にその構造を模式的に示す。



第1図 供試用水耕装置(湛水循環方式)

特に記す場合を除いて、20ℓ/min.の能力をもつポンプを60分に5分ないし30分に5分動かして培養液を循環させた。水耕ベッド内に常時培養液を満たしておいて循環させる湛水方式と、給液が終わるとともに排水する間欠方式の両方を採用した。ベッドの上面は小穴を無数にあけた厚さ1mmの塩化ビニール板に、れきを約2cmの厚さにしいたものをおく区と、厚さ2.5cmの発泡ポリスチレン板でおい、この板に丸穴をあけて、れきの入ったプラスチックカップをはめこむ区とした。両区ともそ菜はれきの部分に植えた。

培養液は園試れき耕用処方1例を用いた。原液に対する微量要素の混合割合は第1表に示す。ハツカダイ

第1表 微量要素の混合原液の調節に必要な薬品とその使用量 単位:g

薬品	使用量(原液10ℓ分)
H_3BO_3	300
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	22
$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	200
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	5
Na_2MoO_3	2

培養液 1000ℓ あたり混合原液 100ml を投入
培養液 1000ℓ あたりキレート鉄 25g を投入

コン, キクナ, ミツバにはその50%濃度のものを用いた。培養液の成分分析には, NO_3-N : フェノール硫酸法, P: バナドモリブデンイエロー法, K: 炎光法, Ca, Mg: キレート滴定法を用いた。

輻射エネルギーの測定にはゴルチンスキー日射計を用い, 日照量の比較には群落相対照度計を用いた。

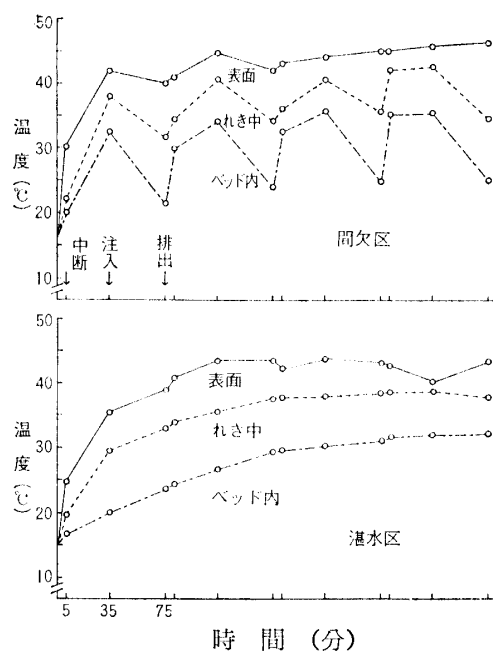
根の呼吸量測定には, 切りとった根につき, $30 \pm 2^\circ C$ に保ったワールブルグ検圧計で20分の空振りの後, 10分間隔で60分間測定し, 根の O_2 吸収量を $\mu l/g/h$ で表わした。

III 実験結果

1. 実験室における高温の観察

水耕ベッドの内外で温度がどのように分布し, そ菜

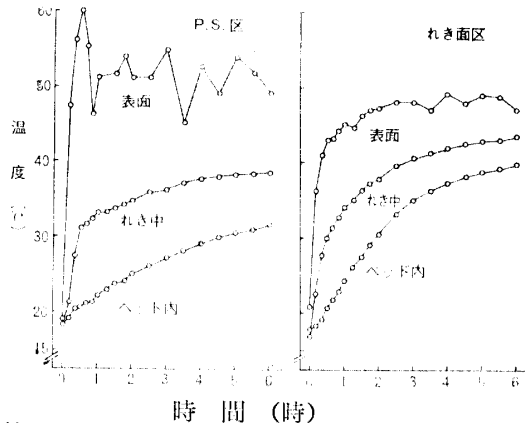
の生育特に根がどのように影響されるかを調べるために, 実験室内で, 夏期的高温を再現して実験を行なった。実験室内に設置したガラス製恒温器内にポリスチレン製水耕ベッド (90×30×10cm) をおき, 上方より500Wの白熱灯4個で照射し, 白熱灯の高さを加減して水耕ベッドれき面での副射エネルギーを $11.4mV/cm^2/min.$ (ゴルチンスキー日射計により測定) = 約 $1.6cal/cm^2/min.$ に保ち, 通風を調節して気温を $40 \pm 2^\circ C$ に保った。水耕ベッドは湛水量14ℓ。環流量2.5ℓ。ポンプ能力0.25ℓ/min. で培養液を湛水循環させる湛水方式と, 注入40分, 排水5分, 中断30分, 合計75分を1サイクルとして間欠的に給水する方式とを用いた。第2図に示す如く, 湛水方式ではれき中, ベッド



第2図 夏期高温条件下における湛水ベッドと間欠ベッドの温度変化

内ともに温度は漸次上昇し, れき中で $38^\circ C$, ベッド内で $32^\circ C$ になる。間欠方式ではれき中, ベッド内とも間欠給水のサイクル (注入, 排水, 中断) によってはげしく温度が変化した。すなわち注入により下降してれき中で $35^\circ C$, ベッド内で $24^\circ C$ となり, 排水とともに上昇して中断時に最高に達し, れき中で $42^\circ C$, ベッド内で $36^\circ C$ になるというサイクルをくりかえした。

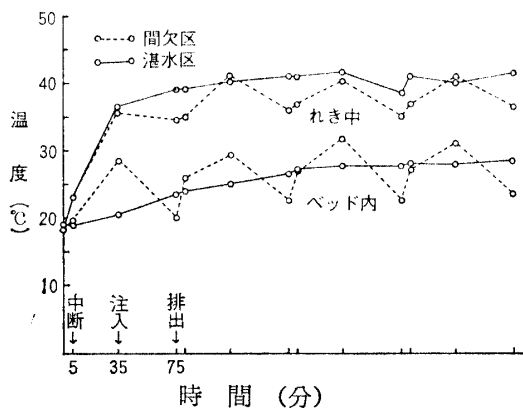
湛水方式では, ベッド上面の材質を変えて比較した結果は第3図に示す。厚さ2.5cmの発泡ポリスチレン板で上面をおおい, この板に丸穴をあけて, れきの入ったプラスチックカップをはめこんだベッド (P.S. 区) では, 表面の温度は最高 $60^\circ C$, 平均 $51^\circ C$ を示したが, ベッド内の温度は上昇がゆるやかで, 最高 $32^\circ C$ であった。他方, ベッドの上面に小穴を無数にあけた厚さ1mmの塩化ビニール板をおき, 一面にれきを約2cmの厚さにしいたベッド (れき面区) では, 表面温度は変



第3図 夏期高温条件下の湛水ベッド上面の材質による温度変化の差

化が少なく、最高約48°Cであったが、れき中、ベッド内の温度は上昇が早く、ベッド内でも最高約40°Cに達した。以上の結果からP.S.の断熱効果を利用して根の温度を相当低く保ちうる事が認められた。

同じ条件下で、れき面上約14cmの位置に黒寒冷紗を1枚張ると、れき表面上の輻射エネルギーは6.4mV/cm²/min. \approx 0.9cal/cm²/min. となり、温度の変化は第4図に示すようになった。また、間欠区では温度の



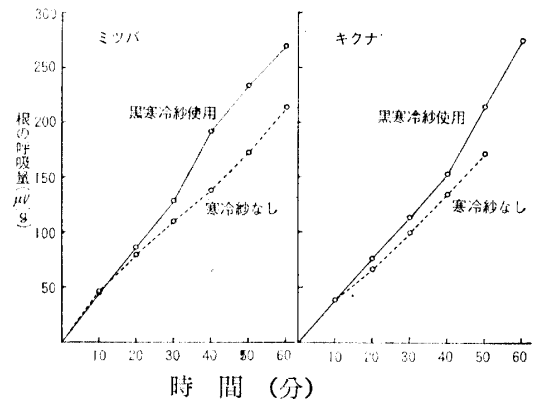
第4図 夏期高温条件下で黒寒冷紗を使用した場合の温度変化

変化ははげしく、約23°Cと32°Cの間を上下した。この様に、黒寒冷紗を1枚使用することにより、湛水区、間欠区ともにベッド内の温度は約4°C低くなった。

2. 高温とそ菜の呼吸との関係

水耕ベッド内の温度は種々の方法により、かなり低く保つことができるが、場合によっては40°C以上にまで上昇することが考えられる。このような高温にさらされた場合にそ菜の生育にいかなる影響を受けるかを調べるために、ベッド内の温度の影響を最も受けやすい根の呼吸量を測定した。

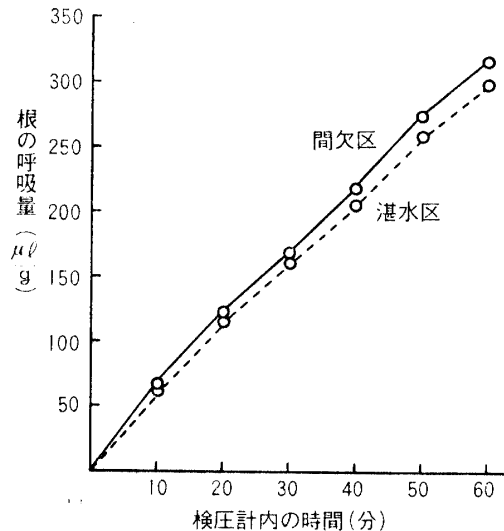
ミツバとキクナの苗を水耕ベッドに植えて、黒寒冷紗を用いた区と用いない区につき、5時間高温条件においた後、根の一部を切り取ってワールブルグ検圧計にかけた結果を第5図に示す。黒寒冷紗でれき面および植物体をおおうことにより、ベッド内温度が下がったために、その後の呼吸量はおおわなかった区よりも



第5図 夏期高温処理中の黒寒冷紗使用がミツバ・キクナの根の呼吸量におよぼす影響

高い値を示した。

キュウリ苗を用いて、湛水ベッドと間欠ベッドの比較を行なった。この場合はいずれも黒寒冷紗を一枚使用したが、第6図に示すように根の呼吸量にほとんど差異は認められなかった。

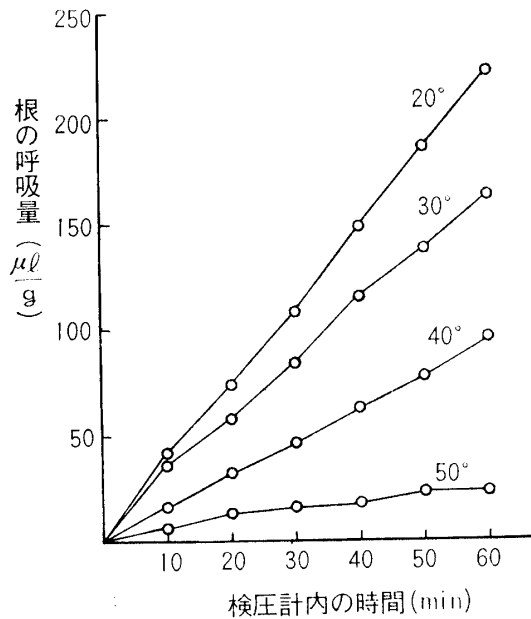


第6図 湛水ベッドと間欠ベッドで夏期高温処理を受けたキュウリ根の呼吸量

根の周囲の温度と、根の呼吸量との関係をより詳しく調べるために、キュウリ苗を20°, 30°, 40°, 50°Cの培養液に5時間浸した後、各区の根の呼吸量を測定した。第7図に示すごとく、呼吸量は処理温度が高くなるとともに低い値を示した。30°C区では減少は比較的少ないのに対し、40°C区および50°Cは減少はいちじるしく、50°C区では呼吸量は0に近かった。50°C区の根は外見的には生きていたようであったが、その後低温にもどしても回復しなかった。

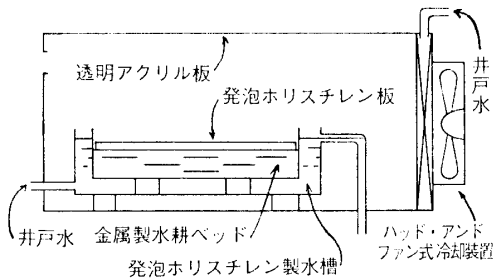
3. 根の温度とトマト苗の栄養吸収

水耕ベッドの構造、材質などを考慮することにより、ベッド内の温度を30°C前後に保ち得ることが明らかになったが、この温度がそ菜の生育にとって適当なものであるか、もっと低くする方がよいのかを調べるための予備実験として、気温と水温を別々に下げてト



第7図 培養液に5時間浸した後の
キュウリ根の呼吸量

マト苗を栽培した。気温を下げるためには、パッド・アンド・ファン方式を用い、水温を下げるためには、水耕ベッドを二重にして、外側に井戸水を流した。実験区の設定と温度は次の通りである。



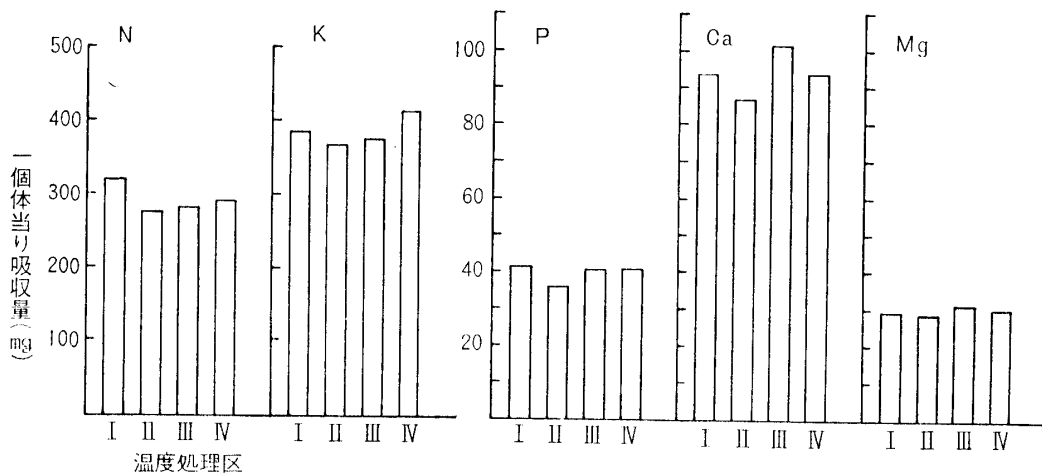
第8図 パッド・アンド・ファン方式による室温制御
と井戸水による培養液冷却の方法

区	気 温	水 温
I	低 $22 \pm 3^{\circ}\text{C}$	低 $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$
II	{ 昼-低 22 ± 3 夜-高 30 ± 5	低 22 ± 2
III	高 30 ± 5	低 22 ± 2
IV	高 30 ± 5	点 28 ± 5

水耕ベッドは $10 \times 60 \times 15\text{cm}$ の金属製で白色塗料をぬったものを使用した。播種後9日目のトマト苗を10本ずつ植えて、28日間の栄養吸収量を培養液の分析により求めた。結果は第9図に示す。水温は低く、気温は昼低く、夜高い区が一般的に栄養吸収が悪かった。気温、水温ともに低い区がNとPの吸収が優れていたが、気温は高く、水温の高い区と低い区とを比較した場合、Caの吸収を除いて水温の高い区の方が優る場合が多かった。この実験の範囲では、トマトの育苗のためには水温は $28 \pm 5^{\circ}\text{C}$ よりも低くする必要は認められない。節間長、茎の直径で比較すると、水温の高い区は低い区よりも太く、背の低い苗になった。

4. 日照量制限とそ菜の生育

黒寒冷紗を張ることにより、水耕ベッド内や植物体の温度を低く保つことが可能であるが、これは同時に植物が受ける光線の量をも制限することを意味する。実用的な見地から、どの程度まで遮光されても、そ菜は順調に生育するかを明らかにするために、春、夏、秋の3回ハツカダイコン、キクナ、ミツバを用いて実験を行なった。 $60 \times 100 \times 15\text{cm}$ の木製ベッドの上面に小穴を無数にあげた厚さ1mmの塩化ビニール板をおき、一面にれきを約2cmの厚さにしいた。種子はれきに直播した。通風を妨げないように注意して、れき面の上方約50cmに寒冷紗を覆った。寒冷紗の種類、枚数、高さなどを調節して、日照量が制限される度合いを次のように定めた(群落相対照度計により測定)。



第9図 夏期高温育苗時に異なる気温・水温で栽培されたトマトの栄養素吸収量

寒冷紗	白1枚	10%減
	2	30
	3	35
	黒1枚	45
	2	65
	3	80

春作は5月19日に播種し、ハツカダイコンは30日、キクナは35日、ミツバは45日後に調査した。第2表に

第2表 日照量制限とそ菜の生育(春作)

		日照量制限度(%)			
		0	10	30	35
ハツカ ダイコン	根重(g)	10.2	8.2	9.6	7.5
	地上部の乾物率(%)	5.0	4.8	4.9	5.1
	地下部の乾物率(%)	6.0	5.4	5.5	5.2
キクナ	全重量(g)	5.5	3.8	3.2	3.9
	乾物率(%)	5.0	4.5	5.2	4.7
ミツバ	全重量(g)	1.8	1.9	1.6	1.4
	乾物率(%)	9.1	17.1	20.4	23.7

示すように、日照量制限の度合いが大きくなるに従い、そ菜の生育は悪くなる傾向はあるが、35%までの日照量制限では実用的に栽培は可能であると考えられる。夏作は7月15日に播種し、ハツカダイコンは35日、キクナは65日後に測定した。この実験では日照量を強く制限したためそ菜の生育が著しく悪く、ハツカダイコンは対照区のみが生育した。キクナでは充分生育したのは対照区と45%区のみであった。(第3表)

第3表 日照量制限とそ菜の生育(夏作)

		日照量制限度(%)			
		0	45	65	80
ハツカ ダイコン	根重(g)	11.2	0	0	0
	地上部重量(g)	27.8	0	0	0
	全重量(g)	11.6	4.8	0.8	0
キクナ	地下部の乾物率(%)	6.6	5.4	4.8	0
	地上部の乾物率(%)	4.9	4.5	5.3	0

秋作は10月25日に播種し、ハツカダイコンは60日、キクナは70日、ミツバは70日後に測定した。結果は、第4表に示す如く、ハツカダイコンとキクナは30%まで、ミツバでは45%までの日照量制限が、許される範囲であると考えられる。

第4表 日照量制限とそ菜の生育(秋作)

		日照量制限度(%)			
		0	30	45	65
ハツカ ダイコン	根重(g)	13.1	5.6	1.3	0.2
	地下部の乾物率(%)	6.8	3.2	2.4	1.1
	地上部の乾物率(%)	17.3	15.5	14.3	8.3
キクナ	全重量(g)	8.5	6.4	3.5	1.0
	地下部の乾物率(%)	8.0	6.7	6.6	7.9
	地上部の乾物率(%)	6.3	6.9	5.9	5.1
ミツバ	全重量(g)	1.3	1.8	1.2	0.3
	地下部の乾物率(%)	10.4	9.1	7.2	14.0
	地上部の乾物率(%)	9.3	9.1	7.3	9.2

IV 考 察

ハウス内に水耕ベッドを設置する場合、地面を少し掘り下げて、水面と地平面とをほぼ同じにする方法と、ベッド内を清潔に保つためまたは設置労力の軽減のために地面より少し高く設置する方法とがある。前者においては気温の変化に直接ふれるのは上面だけであるが、後者はベッド全体が気温の変化にさらされる。本実験において、温度測定は木の床に置いたベッドを使用したもので、下面以外は空気に接していた。使用したポリスチレンやベニヤ板自体の熱伝導率は相当低く、本実験で気温が40℃あったのに、5時間後、湛水ベッドの内部で32℃にとどまったことなどからも、ベッド内温度の上昇には気温の影響は当然考えられるが、夏期の水温上昇に関して最も重要なのは日射を直接受けるための影響であると考えらるべきである。真夏の晴天下、水耕ベッド上面の位置で太陽の全放射エネルギーを測定した結果、約1.5cal/cm²/min.を示した。ビニールハウス内、太陽光の下では、輻射エネルギー、気温に変動が大きく、測定に不便を生じたので、実験室内で輻射エネルギーを1.6cal/cm²/min.として、高温条件を再現した。

また、黒寒冷紗を1枚使用することにより輻射エネルギーは0.9cal/cm²/min.に低下し、ベッド内温度は約4℃低下した。また発泡ポリスチレン板を上面に張ることにより、ベッド内温度は約8℃低くなった。このことより、ベッド内の温度を低く保つには太陽光の直射を防ぐのが最も効果的であると考えられる。発泡ポリスチレンは耐用時間が短かいが採用は容易である。これに反し、寒冷紗は困難がともなう。本実験で用いた様な草丈の低いそ菜では張りやすいが、草丈の高い果菜類では張り難いし、遮光の害も大きい。また、葉を覆わないように地際に低く張ることは作業がはげつになる。

砂耕における夏期の根の温度について報告されている結果は、水耕における本実験の結果よりも相当低い。深さ 15cm の位置で、California では24°Cで、(Haywardら：1946) Florida では16.5°Cと19.5°Cの間であると報告されている (Smith ら：1953)。

根の温度または地温を気温と独立して制御し、種々の植物の生育に対する影響や高温の限界を調べた結果が多数報告されている。カラシナでは31.3°C以上、チモシーでは 25.6°C が最適であった。(Mitscherlich：1920)。水稲では23°、28°、33°Cの温が高くなるにしたがい出葉は促進された (高村・竹内・長谷川：1961)。同様の条件下で水稲の根の数、重量、表面積は28°C区で最大であったと報告している (長井・松下：1963)。タバコでは根温15°Cよりも35°Cにおいて地上部の同化力、根への転流量大であった (立道・小野：1971)。

トマトを用いた実験は特に数多く報告されている。Lingel ら (1959) はトマトは10°~29.4°Cの範囲で、地温が高くなるほど、生長は促進されたが乾物率は低下することを報告した。Yih ら (1966) はトマトの根の伸長は26.7°Cで最も大きかった。藤重・杉山(1966) はトマトの生育最適地温の上限は気温に左右されることを報じ、堀ら (1968) はキュウリ、トマト、カブ、インゲンを材料として、18°C以上28°Cまでの地温では生育はもっぱら気温に左右され、地温33°Cに至って葉の生育量がやや低下したが根の量はなお変わらないことを報告した。そして多くのデータよりトマトの最適根温は28°Cと33°Cの間に存在することをのべている。門田 (1959) も根重、根基ともに伸長の最適地温はトマトで28°Cであると報告している。

以上の報告を考慮すると、トマトの水耕においては、気温によっても左右されるが、ベッド内温度を30°C以内に保てば順調な生育が得られると考える。発泡ポリスチレン板の採用と、寒冷紗または植物体自身による遮光により、30°C以内のベッド内温度は可能である。

キュウリ、ミツバ、キクナの根の呼吸量は、気温が高くなるにしたがい低下した。Tajima (1964) は水稲の根は38°Cの液温で最も高い呼吸量を示したが、呼吸の増加率は32°Cを超えると低下したと報告している。呼吸による基質の消費もあり、呼吸量の高い環境が必ずしも生育に最適であるとは限らないが、そ菜の生育の状態を示すひとつの指標とはなるであろう。

地温が異なる場合には養分吸収のパターンの異なることは以前より知られ (Hoagland ら：1936)、植物によっても差がある。本実験は、予備的なものであり、各元素吸収量の差も大きくなかったが、大体温温22°Cの場合よりも28°Cの方が吸収量、生育ともに大であっ

たという結果はトマトについての他の報告 (Lingle ら：1959、堀ら：1968) と一致している。興味あるのは水温の高い場合はCa吸収量が低くなったことである。Franco (1958) はコーヒーによるCaの吸収は28°Cで最大となり、Naude (1958) は接木したユーリカレモンによる Ca 吸収は32°Cで最大であると報告している。高橋ら (1955) はオオムギについて、堀ら (1968) はトマトについて地温により Ca 吸収には差がなかったとしている。このように、根の温度と Ca 吸収との関係には未だ不明の点があるが、高気温、高地温の場合にトマトの尻腐れ病の発生し易いことと関連のあることが考えられ、今後の研究が必要である。

Porter (1937) はトマトで、野口・橘・位田 (1967) はトマト、ナス、ピーマン、キュウリにつき遮光を行なって生育、収量について調査した結果は供試果菜類の果実収量は遮光によって激減したが茎葉や根の生育はあまり減少せず、かえって増加する場合のあることを報告している。ハツカダイコン、キクナ、ミツバを供試した本実験の結果より、これら茎、葉、根を利用するそ菜では遮光した状態でもある程度、生育することが明らかになり、立体的に栽培を行なって、土地、設備を有効に利用すべく第10図に見られるような鉄アングル製2段水耕ベッドを考案した。



第10図 2段水耕ベッド

果菜類は草丈が高く、遮光の害も大きいので上段におき、草丈の低い葉菜、根菜類である程度の遮光に耐えるものであれば下段に栽培が可能で、作業もあまり複雑にならないと思われる。栽培ベッドが軽量、小型になる水耕の特色を利用したもので、現在実験を続行中である。

引用文献

- 1) Hayward, H. E., E. M. Long and R. Uhvits (1946) : Tech. Bull. U. S. D. A. 922.
- 2) Smith, P. F., W. Reuther, and G. K. Scudder, Jr. (1953) : Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61 : 38—48.

- 3) Mitscherlich, A. (1920) : Bodenkunde pp. 47.
After H. Lundeagrth : Klima und Boden in
ihren Wirkung auf das Pflanzenleben. (1957)
- 4) 高村泰雄・竹内史郎・長谷川浩(1961) : 日作紀,
29 : 195—198.
- 5) 長井 保・松下栄二 (1963) : 日作紀, 31 : 385—
392.
- 6) 立道善朗・小野正栄 (1971) : 日作紀, 40 : 209—
216.
- 7) Lingle, J. C. and R. M. Davis (1959) : Proc.
Amer. Soc. Hort. Sci. 73 : 312—322.
- 8) Yih, R. and W. R. Robbins (1966) : after
Hewitt, E. J. : Sand and water culture methods
used in the study of plant nutrition. Tech.
Comm. No. 2, 2nd ed. Commonwealth Agricul-
tural Bureaux, Farnham. (1966).
- 9) 藤重宣昭・杉山直儀(1966) : 園芸学会昭和41年春
季講演要旨, 131—132.
- 10) 門田寅太郎 (1959) : 高知大研報, 8 : (9).
- 11) 堀 裕・新井和夫・細谷 毅・小山田光夫(1968)
: 園試報告, A-7 : 187—214.
- 12) Tajima, K. (1964) : Proc. Crop Sci. Soc. Japan,
33 : 371—374.
- 13) Hoagland, D. R. and T. C. Broyer (1936) : Plant
Physiol., 11 : 471—507.
- 14) Franco, C. M. (1958) : Bull. IBEC Res. Inst.,
16 : 21—33.
- 15) Naude, C. J. (1958) : Spec. Rep. Univ. Calif.,
Los Angeles, No. 1.
- 16) 高橋治助・柳沢宗男・阿野通佳・矢沢文雄・吉田
武彦 (1955) : 農技研報告, B-4 : 1—84.
- 17) 堀 裕 (1966) : 蔬菜・花卉のれき耕栽培, 70—
72. 養賢堂
- 18) Porter, A. M. (1937) : Plant Physiol., 12 : 225—
252.
- 19) 野口正樹・橘 昌司・位田藤久太郎(1967) : 園芸
学会昭和42年春季講演要旨, 218—219.

Summary

Water culture which is becoming an important part of vegetable growing in Japan is bound to be practised under plastic- or glass-cover, and therefore, can produce severe heat injury during summer seasons. This report deals with studies on temperature changes inside and out of the culture bed under summer heat, means of maintaining proper root temperature, and effect of high root temperature on the growth of several vegetables.

Under a condition of summer heat, temperature at surface of the bed was as high as 55°C, whereas, that inside the bed was in the vicinity of 30°C, the maximum being 36°C. Uses of foamed polystyrene plate and black cheese cloth aided in lowering the root temperature.

In a bed intermittently supplied with culture solution, the inside temperature fluctuated to a considerable degree with the flow of solution. In a

bed where solution was filled to a constant level and renewed partially and periodically, however, the change was very slow.

Respiration of cucumber roots was decreased to a considerable degree after objecting them to high temperatures above 40°C for five hours.

Root temperature as high as 28°C did not inhibit nutrient absorption by tomato seedlings, but rather produced stouter plants, as compared to those grown at 22°C.

Shading for a purpose of lowering the root temperature, at the same time, limits the amount of light reaching plants. Sixty-five or 70 per cent of incident light was required in order for radish and two Japanese pot herbs, *Chrysanthemum coronarium* Linn. and *Cryptotaenia japonica* Hassk. to grow normally.