

# 苗床の条件とトマト、胡瓜苗の光合成作用について

渡 辺 斉

(蔬菜園芸学研究室)

H. WATANABE: Studies on the Influences of Conditions of Nursery Bed on the Photosynthesis of Tomato and Cucumber Seedlings.

## I. 緒 言

果菜類の栽培成績が苗の良否によって相当程度支配されることは明白な事実である。苗の素質はまた育苗時代における苗の光合成作用に大きく支配されることは、既に乾物重の比較<sup>3)</sup>、ガス分析<sup>9)</sup>などによって一部明らかにされている。

苗の光合成作用は苗床における光度、温度、株間等によってかなり異ると思われ、日射量と光合成量については、水稻では詳しい実験が行われているが<sup>6,14,16)</sup>、蔬菜類に関する実験は少い。

本研究室においては、果菜類の育苗に関する一連の研究を行ってきたが、ここに光度と株間をかえた場合のトマト、胡瓜の葉中の炭水化物の消長について報告し育苗合理化のための基礎を明らかにしたいと思う。

本実験は藤井教授の育苗研究、炭素同化量研究の一環として、その設計指導のもとに行われたものであり、小菅正規、大谷泰子氏に多大の援助を受けた。ここに感謝の意を表する。

## II. 日射量とトマト、胡瓜苗における炭水化物の生成

**実験材料および方法** トマトは新豊玉1号を使用して、2月より6月迄15日おきに播種し、27°Cに調節した温床内で鉢植え育苗した。3月中旬より7月下旬にわたり、播種後各々50~55日目の苗を、27°Cに調節し四方をビニールで張った恒温函内に早朝に入れ、入函前と入函6時間後の、下部より算えて本葉第3葉を供試材料としてその炭水化物を分析した。

炭水化物の分析は、SCHAFFER, HARTMANN<sup>11,12)</sup>、SOMOGYI<sup>13)</sup>の法により、葡萄糖、蔗糖、澱粉およびデキストリンに分別定量し、これらを合計して便宜上全炭水化物とし、午後と午前の値の差を1日の全炭水化物生成量とした。

胡瓜は相模の一系統を使用し、トマトと同様15日おきに播種、育苗した材料につき、播種後40—45日目に、本葉第4葉を供試した。

日射量はロビッチおよびゴルチンスキー日射計を使用し、水平面光度を測定した。

**実験結果** トマトの第4葉における糖および澱粉、デキストリンの分析値を単位葉面積当りに換算した値は第1表のようである。これによると午後は澱粉、デキストリンが葡萄糖、蔗糖にくらべて多く、ことに葡萄糖の値が小さい。しかし光合成開始前の各炭水化物の値は、日によって違いはするが、午後光合成終了後の値に比べれば、各糖間にそれほど大差がない。別に行った実験及びWENT<sup>15)</sup>によれば、トマトでは夕刻近くまで、葉内の澱粉、デキストリンの含量が増加し、夜間いろいろの形で消費され、翌朝小さ

\* 実験の概要は昭和31年の園芸学会春季大会において発表した。

\*\*千葉大学園芸学部蔬菜研究室業績第44号。

Table 1. The relation of the light intensity to the carbohydrate contents per unit area in the tomato leaf (per 100 cm<sup>2</sup>)

Carbohydrates (mg)	Sampling time	Light intensity (cal./cm <sup>2</sup> /6 hrs.)						
		93.0	176.7	199.5	246.9	286.4	323.7	375.7
Glucose	AM	0.57	3.18	4.15	1.77	3.29	1.61	0.79
	PM	1.92	1.73	7.56	2.18	8.31	4.46	4.76
Sucrose	AM	1.43	4.50	2.37	3.96	12.16	3.43	0.79
	PM	2.49	2.98	13.30	17.80	19.71	5.86	3.11
Starch & Dextrin	AM	2.93	8.32	10.89	8.15	2.53	1.11	3.11
	PM	11.79	24.42	20.85	12.93	14.92	11.35	10.27
Total carbohydrates	AM	4.93	16.01	17.41	13.88	19.46	6.15	4.69
	PM	16.19	29.13	41.71	34.62	35.66	21.67	18.13
PM-AM		11.26	13.12	24.30	20.74	16.20	15.52	13.44

い光合成を開始することを示したものと合致するものである。

葡萄糖, 蔗糖, 澱粉およびデキストリンの合計を便宜上全炭水化物とし, 午後の値から午前の光合成開始前の値を差し引いてその差を1日の炭水化物生成量とみなし, 日射量との関係を調べた値が第1図である。これによると, 日射量の小さい時には当然全炭水化物の生成量少なく, 日射量が大きくなって, 176.7~

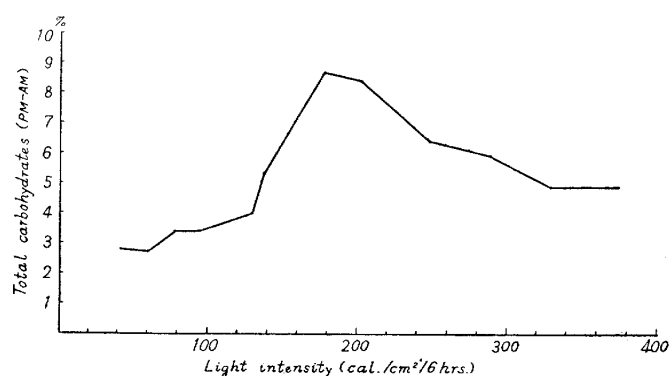


Fig. 1. The relation of the light intensity to the carbohydrate contents in the tomato leaf. (dry matter basis).

199.5 cal./cm<sup>2</sup>/6 hrs. のところで1日の生成量が最大になっており, さらに日射量が大きくなると生成量は漸減している。この値は澱粉, デキストリンの値に左右され, 糖の値は小さくて生成量を左右するほどでない。

全炭水化物が最高を示す日射量を cal./cm<sup>2</sup>/min. に換算すると約 0.6 になり, 水稻における光飽和点の値<sup>6,16)</sup>とよく似ている。しかしこの点がトマトの光飽和点になるかどうかは本実験の精度では決定できない。

午前の光合成作用開始前の値がかなりまちまちであって, これがその日の光合成作用を左右するかどうかは明らかでないが, 午前と午後の値の相関をみてみると,  $r = 0.596$  で特に密接な関係はないようである。

次に胡瓜苗の第4葉の炭水化物を分析し, 単位葉面積当りに計算した値は第2表のようである。トマトの場合と同様に, 葡萄糖の含量は最も少く, 1日の変化も小さい。これらに対し, 澱粉, デキストリンの含量は多く, 又1日の変化も大きく, 全炭水化物量を左右している。

日射量と全炭水化物生成量との関係をみてみると第2図のようである。これによると, 252.0 cal./cm<sup>2</sup>/6 hrs. の日射量のときに最高値を示し, それ以上の日射量では漸減している。この最高値は 0.7 cal.

Table. 2. The relation of the light intensity to the carbohydrate contents per unit area in the cucumber leaf (per 100 cm<sup>2</sup>).

carbohydrates (mg)	Sampling time	Light intensity (cal./cm <sup>2</sup> /6 hrs.)					
		53.5	103.9	179.5	268.7	280.7	334.9
Glucose	AM	0.62	2.06	1.14	3.04	0.86	1.07
	PM	0.72	2.49	1.13	6.10	0.71	0.86
Sucrose	AM	1.33	2.43	3.70	0	0.49	2.34
	PM	3.29	5.46	5.10	12.53	5.64	4.42
Starch & Dextrin	AM	7.42	3.19	9.87	2.75	4.69	11.53
	PM	15.74	11.15	38.68	6.20	15.61	23.69
Total carbohydrates	AM	9.42	7.67	14.52	5.79	6.03	14.73
	PM	19.73	19.09	25.57	23.82	21.97	28.97
PM-AM		10.21	11.42	11.05	18.03	15.94	14.24

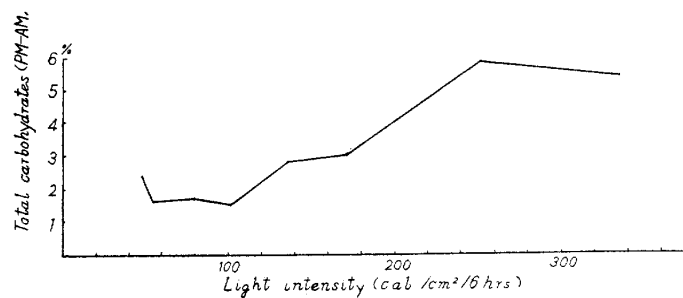


Fig. 2. The relation of the light intensity to the carbohydrate contents in the cucumber leaf. (dry matter basis).

/cm<sup>2</sup>/min. でトマトや水稻よりもやや大きい値となる。

**考察** 日中漸増したと認められる葉中の炭水化物量は必ずしも光合成作用によって生成された炭水化物の全量ではないと考えられるが、早朝と日没前における葉中の全炭水化物量の差を比較すれば、光合成作用の大小の比較の目安になると考えられる。このことは GOODALL<sup>4)</sup>, MELVILLE<sup>7)</sup>, MÜLLER<sup>8)</sup>, PORTER<sup>9)</sup>等の実験にも既に明らかにされているところである。

本実験は播種期をかえ、同じ発育程度の苗に、異なる自然日射量を受けさせて、光合成作用と日射量との関係を知ろうとしたものであるが、育苗中の受光量等も相当異っているから、同一育苗日数、育苗温度であっても、そのための誤差を含むものと考えられる。

トマトの光合成作用と日射量との関係について、PORTER<sup>9)</sup>は光度を 1/2 減少させると光合成産物は 1/6 に減少することを認め、藤井<sup>3)</sup>が光度を 1/2 に減少させて栽培した材料で乾物量を測定した結果では、乾物量も約 1/2 に減少している。本実験では光飽和点と考えられる光度とその約半分の光度では炭水化物の生成量は約 1/3 であった。

発育最適の光度は BOLAS<sup>2)</sup> は発育最適温の下であれば、光度の大きいほど乾物量が増加し、1000 f. c. までは増加した方がよいといっている。ARTHER<sup>1)</sup> は 950 f. c., 17 時間日長のときトマトの発育が最もよく行われるという。これらの値と本実験の値をルクスに換算して比較してみると、

第3表のようで、本実験の値は他の実験者よりもやや高いようである。本実験の場合は本葉6~7枚展開の苗を用い、また1日だけ、異なる日射量の下において測定したものであることによるのかもしれない。

第3表 トマトの発育最適照度

発育最適照度 (ルクス)	実験者
134,000	渡辺
100,000	BOLAS <sup>2)</sup>
90,000	ARTHER 等 <sup>1)</sup>

胡瓜に関するこれらの実験は少いが、ROODENBURG<sup>10)</sup> は胡瓜の発育には光の強さよりも、どれだけの光量を享受したかが問題であるといっている。本実験の場合も全体の受光量が大切であると考えられるが、光飽和点と考えられる日射量附近の全炭水化物生成量と、その約1/2の日射量のそれを比較してみると、後者は約1/2, 1/3の日射量では光合成量は1/4で、トマトほどの光合成量の減量ではない。このことは、50%区が100%区と乾物生産量の上で大差なく、50%以下では相当の差を生じたとする実験結果<sup>3)</sup>と同様の傾向をもっている。つまり胡瓜はトマトほど光度の強弱に対する光合成の感度が敏感でないといえることができる。

### III. 粗密植状態におけるトマト、胡瓜苗の光合成量

**実験材料および方法** トマトは新豊玉1号を使用し、双葉展開時に粗植区は4.5寸、密植区は2.5寸間隔に移植し、播種後42, 48, 54日目に葉位別に供試材料をとった。

胡瓜は相模の一系統を使用し、粗植区は双葉展開時に3寸、第1葉展開時に5寸間隔に移植し、密植区はそれぞれ1.5寸および3寸間隔に移植し、播種後35, 43, 50日目に葉位別に供試材料をとった。

分析方法は前記と同様である。

**実験結果** 第3図は粗、密植状態に育苗した播種後54日目のトマト苗における水平面照度である。これによると、粗植区の中位葉の照度は上位葉の約1/2であり、下位葉は約1/4になっている。密植区では、中位葉の照度が上位葉の約1/4、下位葉は約1/6になっている。このような育苗状態にあったトマト苗の葉位別の生態重、乾燥重は第4, 5, 6図のようである。播種後42日目に密植による発育差が徐々にあ

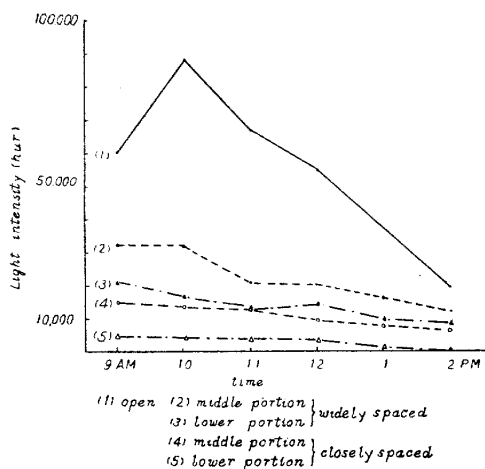


Fig. 3. The horizontal light intensity on the leaves of tomato seedling (54 days after sowing).

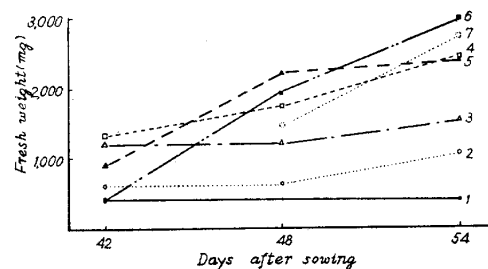


Fig. 4. The fresh weight of each leaf of tomato seedlings (closely spaced).

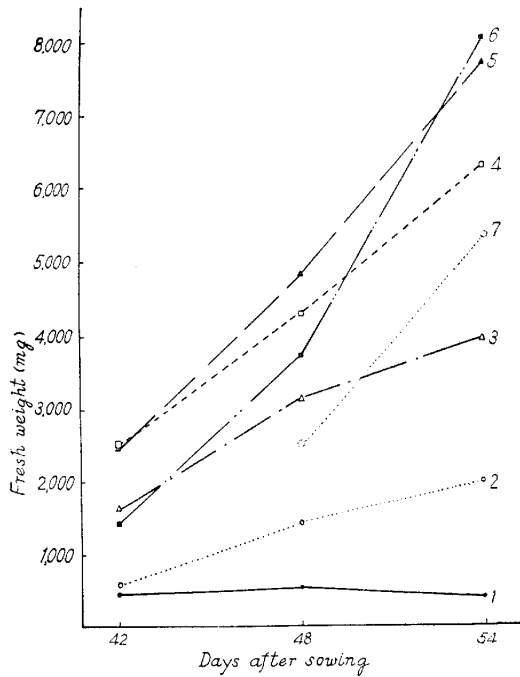


Fig. 5. The fresh weight of each leaves of tomato seedlings (widely spaced).

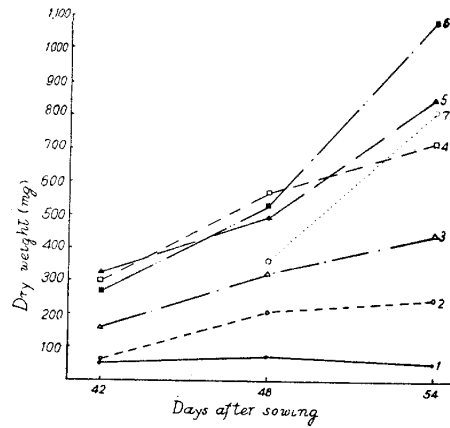


Fig. 6. The dry weight of each leaves of tomato seedling (widely spaced).

らわれはじめており、すでに第4, 5葉の値が密植区では粗植区よりも小さくなっている。発育がすすむにつれ、密植による弊害が大きくなり現われてきて、上位葉の発育量が小さくなっている。

このような発育状態にある苗の炭水化物を分析して得た結果は第7, 8図のようである。トマト苗の葉位別の乾物当りの炭水化物含有率は、密植区では、播種後42日目には1~6葉の各葉の間に大差が認め

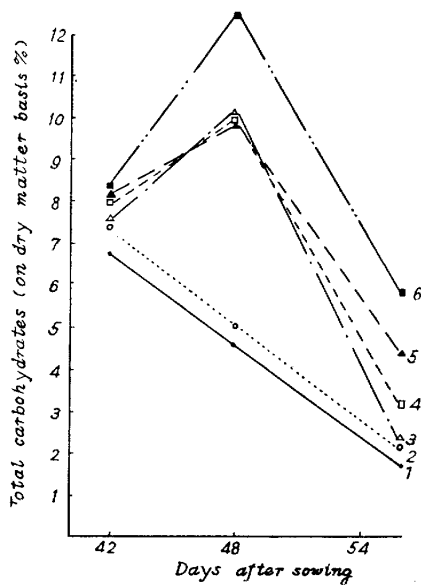


Fig. 7. The total carbohydrate contents in each leaves of tomato seedling (closely spaced).

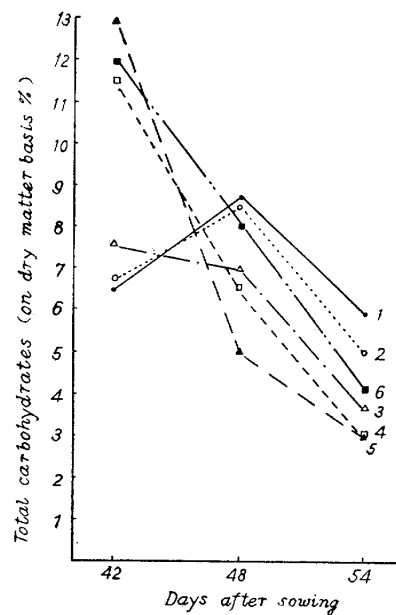


Fig. 8. The total carbohydrate contents in each leaves of tomato seedling (widely spaced).

られないが、48 日目には第 3～6 葉の含有率が高く、第 1～2 葉の値はぐっと減少している。54 日目には第 6 葉も中位葉に位置するような密植状態に入り第 1～6 葉の全ての含有率が減少している。粗植区の 42 日目には各葉とも光線を十分享受できる状態にあって、全炭水化物の含有率も高い。特に密植区とくらべれば、第 4, 5, 6 葉の含有率が高い。48 日目には発育も進み、42 日目に上葉にあった各葉共中位になって、含有率が減少している。54 日目には粗植といえないような密植状態になって、全炭水化物量が減少した。しかし全体としては密植区よりは含有率が高く、特に下位葉における差が大きい。これらの値を各葉当りの絶対量に換算して図示してみると第 9, 10 図のようになる。これによると、密植区では 42 日

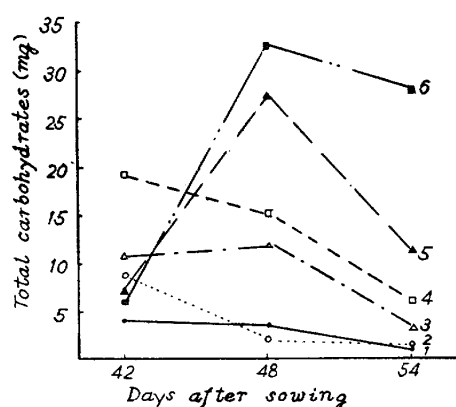


Fig. 9. Absolute amounts of total carbohydrates of each leaves of tomato seedling (closely spaced).

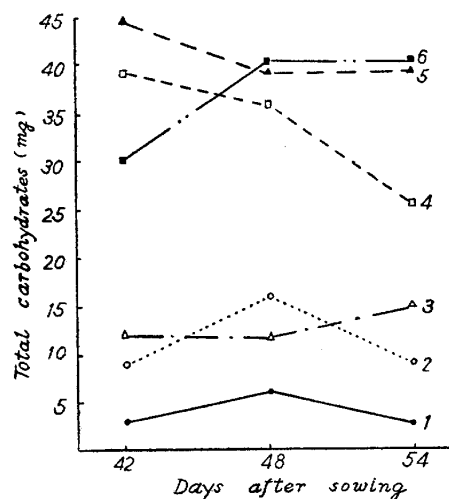


Fig. 10. Absolute amount of total carbohydrates of each leaves of tomato seedling (widely spaced).

目には第 3, 4 葉の絶対量が大きく、48 日目には前回まだ小さい値を示していた第 5, 6 葉の値が最も大きく、第 4 葉以下の下位葉では漸減している。54 日目にはどの葉の値も減少しているが、第 6 葉はやや大きい値を示している。

粗植区では密植の被害の現われていない 42 日目に、各葉の絶対量の差が大きく、また大形の葉の絶対量が大きく、あまり若い小形の葉では小さい。発育が進んでもこの傾向が認められるが、48 日目では第 4, 5 葉が減少し、第 6 葉は増加している。54 日となり、相当密植の状態に入った時には各葉ともその値が小さくなっているが、第 1 葉を除いては、いずれも密植区よりもかなり大きい値を示している。

胡瓜苗の葉の全炭水化物を分析した結果をみても、第 11, 12, 13, 14 図のようである。炭水化物の含有率からみれば、密植区では播種後 35 日目に下葉ほど大きい値を示し、若い葉になるにしたがって漸時減少し、まだ密植による影響は認められない。43 日目には、各葉とも生態重が増加して (第 15, 16 図) いるが、炭水化物の総量は第 6 葉を除いていずれも減少しており、殊に第 1, 2, 3 葉が甚だしい。50 日目になると全体の値が小さくなっている。これに対し粗植区では、35 日目の値が密植区とほぼ同値であるが、43 日目に最大の値を示し、特に 3～6 葉の炭水化物量が増加している。50 日目には、粗植区にも密植の害が現われ、各葉の含有率は小さくなっている。

炭水化物の絶対量は、18～19 図に示されているように、密植区では各葉ともその値が小さく、特に 43, 50 日目ではその傾向が大きい。粗植区では 43 日目に各葉共最高を示し、後各葉が混んでくるにした

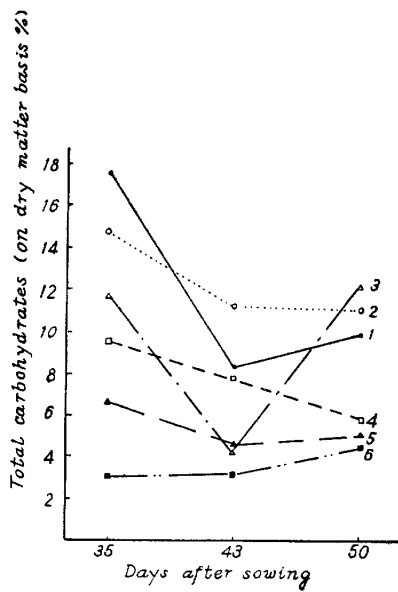


Fig. 11. The total carbohydrate contents in each leaves of cucumber seedling (closely spaced).

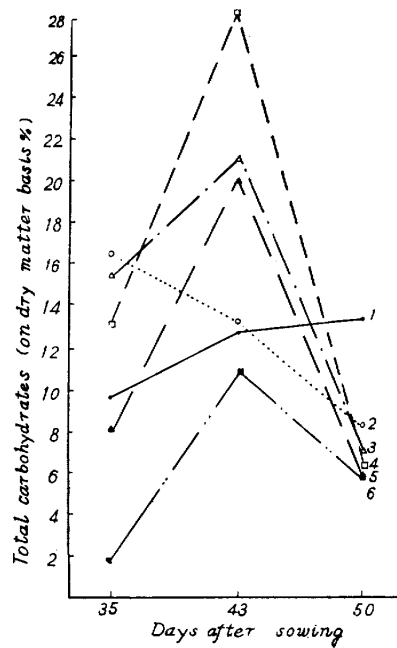


Fig. 12. The total carbohydrate contents in each leaves of cucumber seedling (widely spaced).

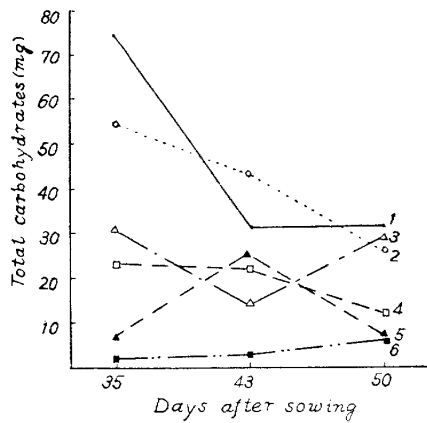


Fig. 13. Absolute amount of total carbohydrates in each leaves of cucumber seedling (closely spaced).

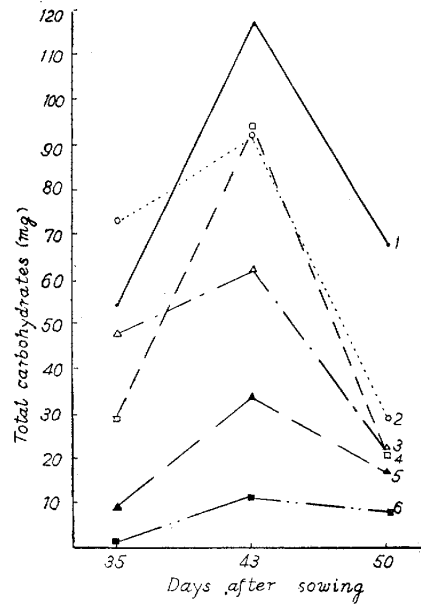


Fig. 14. Absolute amount of total carbohydrates in each leaves of cucumber seedling (widely spaced).

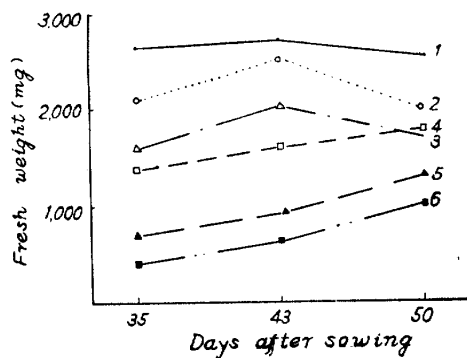


Fig. 15. The fresh weight of each leaves of cucumber seedlings (closely spaced).

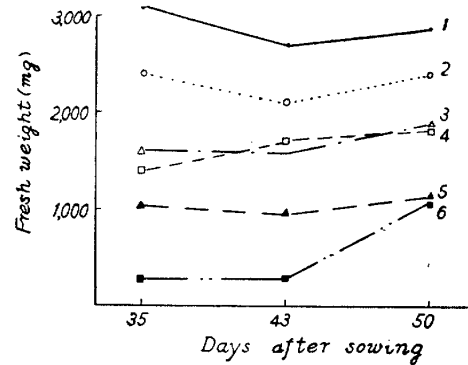


Fig. 16. The fresh weight of each leaves of cucumber seedlings (widely spaced).

がって、再び低下している。しかしトマトと異り全体として下葉の含有量の大きいことが示されている。

**考察** 密植によって各個体間に各種の競争、協同の起ることは既に認められているところであるが、本実験の密植区ではトマト、胡瓜共に第1回の調査の時期に既に密植の悪影響が現われている、したがってその時に粗、密植両区間の炭水化物含量の差異がはっきり認められた。

第6図にあきらかなように、各葉の乾燥重は調査日毎に漸増しているのであるが、その炭水化物量は漸減している。特に密植区ではこの傾向が強い。このことは生態重、乾燥重の漸増とは逆の現象である。これは可動性の炭水化物量の減少を示すものであり、光合成によるエネルギー源産物の減少を意味するものと考えられる。したがって、生態重、乾燥重が増加しても、花芽分化、結実などに対する苗の素質は悪化をたどっているものと考えられる。

トマトの葉の乾物生産は、MELVILLE<sup>7)</sup>によると9葉展開の苗では、その下の第8葉において最も盛んに行われるという。本実験の場合もトマトでは調査日の違いによって、炭水化物含量の大きさの順位が順次違っており、上位葉における炭水化物が最も多く、下葉の老葉では少くなっている。このことが生理的な年令によるものか、各葉の受光量によるものかは明らかでないが、とにかく、トマトでは直射光を享受している、大形に發育した上位葉の光合成作用が盛んで、小形に發育した光線のあたらない陰葉、下位葉の光合成作用は、密植の度が大きくなるにつれて減少している。これに対し胡瓜はやや趣きが違っている。つまり密植区の50日目の苗でさえなお第1葉の炭水化物量が最大で、上葉になるにしたがって順次少くなっていて、胡瓜では、直接の受光量の大小よりも、葉の生理的年令が強く支配しているものと思われる。しかし同じ年令の下葉であっても、粗植のものは当然密植のものより多くの炭水化物を含んでいる。胡瓜はトマトのように新展開葉附近が、光合成作用の常に盛んな場所になるという性質とは大差があるようである。したがって胡瓜の苗では、ある程度までは、下葉が炭水化物生成量に関与しているものと考えられる。

#### IV. 摘 要

1. 本実験は育苗環境と苗の良否との関連を光合成作用の面より解明せんとして行われたもので、光度および株間とトマト、胡瓜苗の葉内の炭水化物量を分析した。

2. 日射量とトマト、胡瓜苗の光合成量との関係を調べるため、違った播種期に育苗して、違った階級の日射量を得、両者の関係を葉中の全炭水化物量によって比較した。

3. トマト, 胡瓜苗の葉における全炭水化物の生成は, 日射量の増大と共に増加し, トマト苗では, 176.7~199.5 cal./cm<sup>2</sup>/6 hrs., 胡瓜苗では 252.0 cal./cm<sup>2</sup>/6 hrs. のとき最大値を示し, さらに日射量が増大すると, 炭水化物量は減少した.

4. 粗植および密植状態で育苗された苗の各葉の光合成量を調べるため, トマトでは株間を4.5寸×4.5寸, および2.5寸×2.5寸に移植し, 播種後42, 48, 54日目に調査した. 胡瓜では, 第1回に3寸×3寸, 第2回5寸×5寸および第1回1.5寸×1.5寸, 第2回3寸×3寸にして, 播種後35, 42, 50日目に調査した.

5. 密植状態で育苗されたトマト苗では下葉の炭水化物量が, 密植状態が大きくなるにつれて減少し, 上位の大形の葉では, 一時炭水化物量が増加するが, その後これも次第に下位葉となって減少する. 粗植状態の苗では密植状態となるまで炭水化物量は多いが, 大形または上位葉ほどその値が大きい.

6. 胡瓜苗では両区とも下葉の炭水化物量が最も多く, 密植の状態が続いてもある程度までこの傾向が続き, トマトのように上位葉附近のみ最大の値を示すということはない. しかし密植区では全体として炭水化物の含有率も含有量も, 粗植区のそれに比較すれば少い.

#### 引用文献

- 1) ARTHUR, J. M., GUTHRIE, J. D., NEWELL, J. M. (1930): Some effects of artificial climates on the growth and chemical composition of plants. *Amer. Jour. Bot.* **17**: 416.
- 2) BOLAS, B. D. (1934): The influence of light and temperature on the assimilation rate of seedling tomato plants variety E. S. 1. *Rep. Exp. Sta. Cheshunt*, 84.
- 3) 藤井健雄, 斎藤博明, 中村平和 (1941): トマトの落花に関する研究 (1) 農業及び園芸 **10**, 10.
- 4) GOODALL, D. W. (1945): The distribution of weight change in young tomato plant. 1. Dry-weight changes of the various organs. *Ann. Bot. n. s.* **9**: 101—139.
- 5) 飯塚一郎 (1956): 胡瓜園の炭酸ガスについての研究. 農業気象. **3**: 87.
- 6) 松島省三, 岡部俊, 和田源七 (1955): 水稲収量予察の作物学的研究 (25). 戸外の全植物体を対象とした水稲の炭素同化作用とその作況予察への応用. 日作紀. **24**: 41.
- 7) MELVILLE, R. (1934): Studies in growth relationships in the tomato plants. 1. Influence of water content on assimilation. Ph. D. Thesis, Univ. of London.
- 8) MÜLLER, A. (1904): Die Assimilationsgrösse bei Zucker und Stärkblättern. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, **40**: 443—498.
- 9) PORTER, A. M. (1937): Effects of light intensity on the photosynthetic efficiency of tomato plants. *Plant Phys.* **12**: 225.
- 10) ROODENBURG, J. W. M. (1937): Der Einfluss der Tageslänge im Zusammenhang mit der kunstrichen Pflanzen beleuchtung in Winter. *Ber. dtse. Bot. Gaz.* **4**: 5.
- 11) SCHAFFER, P. A. and HARTMANN, A. F. (1921): The iodometric determination of copper and its use in sugar analysis. 1. Equilibria in the reaction between copper sulphate and potassium iodide. *J. Biol. Chem.* **45**: 349.
- 12) ————. ———— (1921): *ibid.* II. Methods for the determination of reducing sugars in blood, urine, milk, and other solutions. *J. Biol. Chem.* **45**: 365.
- 13) SOMOGYI, M. (1945): A new reagent for the determination of sugars. *J. Biol. Chem.* **160**: 61.

- 14) 武田友四郎, 丸田広 (1955): 作物のガス代謝作用に関する研究. (III) 照度及び苗立密度が陸稲の光合成に及ぼす影響. 日作紀. **24**, 34.
- 15) WENT, F. W. (1944): Plant growth under controlled conditions. III. Correlation between various physiological processes and growth in the tomato plant. Amer. Jour. Bot. **31**: 597.
- 16) 山田登, 村田吉男, 長田明夫, 猪山純一郎 (1954): 水稻の光合成に関する研究. 日作紀. **23**, 214.
- 17) \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, (1955): \_\_\_\_\_日作紀. **24**, 112.

### Summary

Experiment was designed to study the photosynthesis of tomato and cucumber seedling by analysis of carbohydrates in leaves. The results were summarized as follows.

1) The carbohydrate content in tomato and cucumber leaves was evidently influenced by the light intensity. The maximum photosynthetic production, estimated by the difference between carbohydrates at morning and afternoon in tomato leaves, was found in 176.7~199.5 cal./cm<sup>2</sup>/6 hrs. light intensity.

2) Tomatoes were grown in nursery-bed by wide (13.6 cm<sup>2</sup>) and close (9.6 cm<sup>2</sup>) spaces and carbohydrates in the leaves were analysed at 42, 48 and 54 days after sowing. Cucumbers were also widely (15 cm<sup>2</sup>) and closely (9 cm<sup>2</sup>) spaced and the leaves were analysed at 35, 43 and 50 days after sowing.

3) In the leaves of tomato, the carbohydrates were low in the old or small leaves and high in young or large leaves.

In widely spaced plot, the carbohydrates content and absolute amount of carbohydrates in leaves was high compared to closely spaced plots. But when the growth of seedlings becoming reduced by the interference of each leaves, the content of carbohydrates becoming gradually decreased.

4) In cucumber seedling, the old or lower leaves had higher value of carbohydrates than young or upper leaves. But the content and the absolute amount of carbohydrates in each leaves were higher in the widely spaced than in the closely spaced one.