

# トマト有機水耕養液栽培農家における養液中の蛍光性有機物が 果実収量に及ぼす効果

上野諒子<sup>1)</sup>・井上直人<sup>1)</sup>・齋藤龍司<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 信州大学農学研究科食料生産科学専攻

<sup>2)</sup> 長野県野菜花き試験場

## 要 約

水耕養液中の蛍光性有機物がトマトの栄養成長に影響を及ぼすことが分かっているが、果実収量に及ぼす影響の詳細は不明である。そこで、これについて検討することを目的に、有機養液栽培を行うトマト農家で調査を行った。調査場所は、長野県上伊那郡のトマト農家を対象とした。期間は5月3日～12月27日である。水耕養液中の電気伝導度 (EC)、全有機炭素 (TOC)、蛍光性物質 (養液サンプルは紫レーザーで励起し、スペクトルの波長500nmの値をFMとした。) およびpHを測定した。その結果、FMとECは相乗的に果実収量に影響を及ぼすことが分かり、開花後0～35日の養液環境が果実収量に関係していることが分かった。TOCは、果実収量との関係が認められなかった。また、pH値と果実収量の間にも相関関係は認められなかった。このことから、トマトの養液栽培における安定的な生産のためにはECやpHと同様にFMのモニタリングが有効であると考えられた。

キーワード：蛍光性物質, 全有機炭素, 電気伝導度, トマト, 有機養液栽培

## 緒 言

近年、養液栽培は連作障害を回避し、清浄野菜の生産が可能であると注目されている<sup>1)</sup>。トマトは、養液栽培の主要な作物<sup>2)</sup>であるが、一般的に果菜類であるトマトの栽培は長期間であるため、長期にわたる草勢の維持が求められる。そのため、養液の安定が必要である。

しかし、養液栽培は、根から排出<sup>3)</sup>または溶出された有機物の蓄積や、それらを栄養源とする微生物が繁殖することや、微生物の分解と分泌物質や培養液の無機成分を栄養とする藻類の遺体などの溶解物が高濃度になることで、植物の栄養成長が不安定になる<sup>4),5),6),7),8)</sup>。そこで上野ら (2015, 印刷中) は、水耕養液中の有機物と無機物がトマトの栄養成長に及ぼす影響について検討した結果、水耕養液中の無機塩類だけでなく蛍光性有機物がトマトの栄養成長に影響を及ぼすことが示唆された。このことから、水耕栽培における蛍光性有機物は、栄養成長だけでなく生殖成長にも影響を及ぼすと考えられる。

そこで、本実験では水耕養液中の有機物と無機物がトマトの果実収量に及ぼす影響について検討する

ことを目的に、有機養液栽培法<sup>9)</sup>を実践する農家において調査を行うことで、FM (蛍光性有機物) を測定する有用性について論議した。

## 材料および方法

長野県上伊那郡箕輪町のトマト農家において5月3日～12月27日の養液をサンプルとして用いて、調査した。トマトの有機養液栽培はビニールハウスで行なわれていた。S型太陽光利用型果菜プラント (横97cm, 縦306cm, 深さ9cm: 協和株式会社) を用いて、トマト (*Solanum lycopersicum*) の水平放任栽培されたものである。養液は醗酵酵素肥料とOATハウス肥料 (OATアグリオ株式会社) のSA処方で施用した。すなわち、水1000Lに対してOATハウスS1号1500gとOATハウス2号1000gを加えた。その時のOATハウスS1号の窒素9.0%, リン酸は7.0%, カリは32.0%, 苦土は4.0%, マンガンは0.05%, ホウ素は0.07%の成分が含まれている。OATハウス2号には、窒素は11.0%, 石灰は23.0%の成分が含まれている。サンプリングは1週間に1回行なった。サンプルは暗箱中で紫レーザーを照射することで励起した。励起光源は、レーザー用電源としてSPU-60M (株式会社オーディオテクニカ), レーザーモジュールとしてSU-61C-405-40

受付日 2015年12月28日

受理日 2016年2月2日

(株式会社オーディオテクニカ)を使用した。レーザーの中心波長は405nm, 連続出力を27mWとした。蛍光検出には470nm以下はロングパスフィルタで除去し, マルチチャンネル分光器 PMA-11 (浜松ホトニクス)を使用した。PMA-11は露光時間1000ms, 1サンプルあたり30回繰り返して LIF (Laser Induced Fluorescence) を取得した。取得した30個のスペクトルの平均値に5nmの移動平均をとり, スムージング処理を行ったものを, 1つのサンプルから得られた LIF スペクトルとした。EC (電気伝導度)は ECScan (Eutech Instruments) を用いて測定をした。有機物が多いと470~550nmの蛍光量が増加する<sup>10),11)</sup>ことから, スペクトルの波長500nmの値を FM とし, EC を無機イオンの指標とし, 養液中の有機物および無機物と果実収量の関係を調べた。なお, データの解析についてはエクセル及びエクセル統計 ver.2007で行った。pH 値はポータブル pH 計 P シリーズの HM-12P (東亜電波工業株式会社)を用いて測定をした。

なお, 果実の収穫は1日から2日間隔で行い, 1週間分を積算した。また, トマトは開花後に結実し, 果実の収穫に至るまでに約60日かかるとされているので<sup>12)</sup>, 開花後0~56日間の1週間ごとの FM 値, EC 値, FM × EC 値, pH 値および TOC 値を平均し, 開花後60日の果実収量と比較することで, 果実

の収量に及ぼす養液環境の影響について調べた。

また, 全有機炭素は TOC-L (島津製作所)を用いて, 測定した。

### 結果および考察

果実形成に関わる期間とされる開花後60日間を果実肥大期 (開花後0~40日) および緑熟期から完熟期 (開花後40日~60日) に分けてみると, 果実肥大が進む期間の中でも, 特に開花後0~28日または35日の養液環境が果実収量に影響があることが分かった (表1, 図1)。さらに, 開花後42日~56日の養液環境と果実収量に相関関係は得られなかった (表2)。これは, 開花後30日間に急激に果実が肥大し<sup>12)</sup>, 果実中に養分を蓄積するために養分吸収量も急激に増加するためと考えられた。さらに, 緑熟期から完熟期だと報告されている開花後40日~60日<sup>12)</sup>は養分吸収量が徐々に減少するためと考えられる。

また, FM は果実収量との関係があり, 開花後0~28日または35日の水耕養液中の FM 値が1300以上で果実収量が増加する傾向があることが示唆された (図2)。FM の変動は, 植物からの分泌物や根からの酸や水耕養液中に増加したバクテリアなどによるものと考えられる。トマトの根から出される酸は, 多量に存在すると栄養成長を阻害することが知られている<sup>13),14)</sup>。他方で, 養液中に一定の量を含む

表1 養液環境パラメーターと果実収量との関係 (R<sup>2</sup>)。

養液環境 パラメーター	開花後日数 (平均/日)							
	7日間	14日間	21日間	28日間	35日間	42日間	49日間	56日間
FM (counts)	0.717**	0.735**	0.758**	0.795**	0.817**	0.787**	0.739**	0.719**
EC (mS/cm)	0.139*	0.175*	0.235**	0.329**	0.411**	0.444**	0.429**	0.435**
FM × EC (counts · mS/cm)	0.688**	0.700**	0.736**	0.783**	0.813**	0.787**	0.732**	0.708**
TOC (mg/L)	0.291**	0.375**	0.396**	0.408**	0.446**	0.435**	0.309**	0.194n.s.
pH	0.295**	0.461**	0.605**	0.695**	0.641**	0.334**	0.576**	0.033**

EC, pH は一次関数.

FM, FM × EC, TOC は二次関数.

\*\* : p < 0.01 \* : p < 0.05

表2 花芽分化から果実形成までの養液環境パラメーターと果実収量の関係 (R<sup>2</sup>)。

	開花前28日	開花後35日間	開花後42日~56日
FM (counts)	0.128n.s.	0.817**	0.276*
EC (mS/cm)	0.008n.s.	0.411**	9.4E-5n.s.
FM × EC (count · mS/cm)	0.135n.s.	0.813**	0.028*
TOC (mg/L)	0.264**	0.446**	0.479**
pH	0.013n.s.	0.641**	0.033n.s.

EC, pH は一次関数.

FM, FM × EC, TOC は二次関数.

\*\* : p < 0.01 \* : p < 0.05

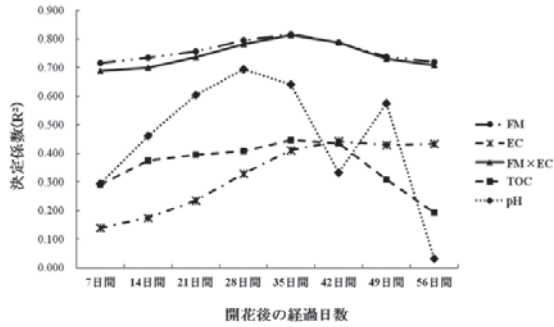


図1 養液環境パラメーターと果実収量との関係。

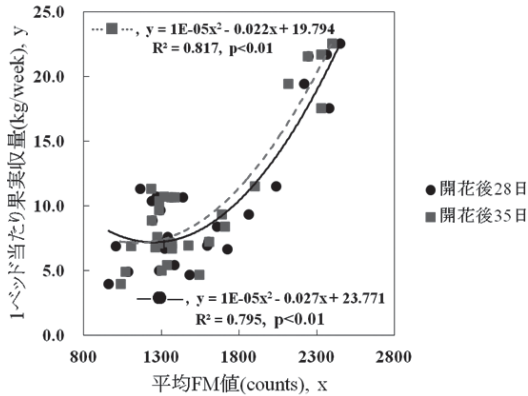


図2 FMが果実収量に及ぼす影響。

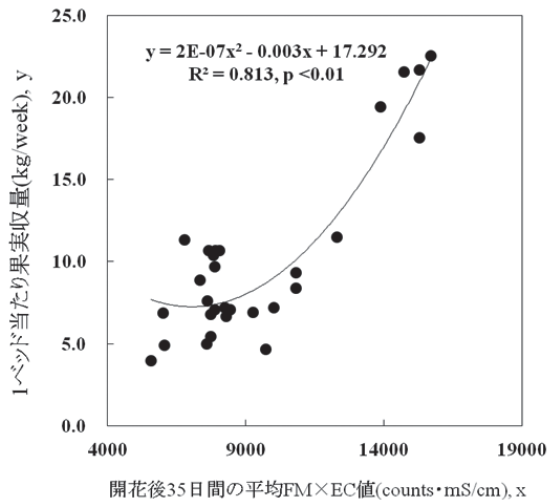


図3 FMとECの相乗作用が果実収量に及ぼす影響。

ことでFMが還元剤として働き、栄養成長を促進するとの報告がある<sup>15)</sup>。これらのことを考え合わせると、FMが還元剤として働き、栄養成長が促進されることで果実収量が低い傾向にあるものの、FMの溶解度が高濃度となると栄養成長を阻害し、生殖成長に移行することで、果実収量が増加すると考えられた。また、EC値と果実収量との相関はなかった。しかし、FMとECの相乗作用があると考え、FM x ECを算出して解析した。その結果、FMとECの相乗作用がトマトの果実収量に影響を及ぼす

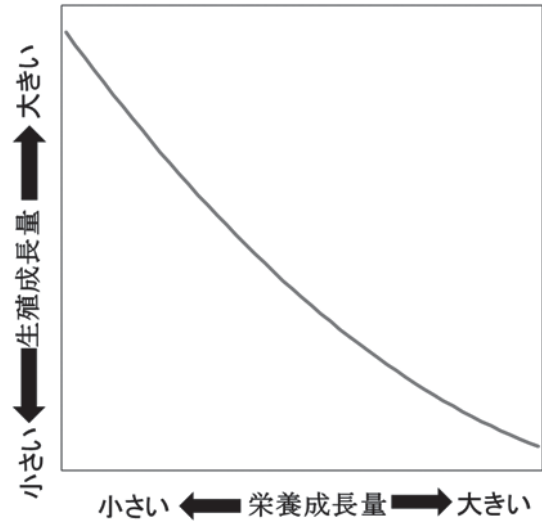


図4 栄養成長量と生殖成長量の拮抗関係の模式図。

と推察された(図3)。水耕養液中においての無機塩類と蛍光性有機物が増加すると栄養成長が抑制され、果実収量が増加する傾向にあることが考えられた。

トマトは栄養成長と生殖成長が同時に進行する植物種であるが、それぞれの成長期間で成長量の割合が大きくなると考えられた。すなわち、FMとECの相乗作用が栄養成長に及ぼす影響を検討した結果、FM x ECが増加した時に茎長の伸長が減少傾向にあった。一方、前述の通り、生殖成長に関する本調査では、FM x ECが増加すると果実収量は増加する傾向が得られた。そのため図4の通り、拮抗的なパターンが認められた。図4の作成には、以前の実験からFMとECの相乗作用が栄養成長に及ぼす影響について得られた実験式(上野ら, 2016 印刷中)と生殖成長に関する本調査で得られた実験式(図3)を用いた。今後さらにデータを蓄積することによって成長予測のモデル化が出来ると考えられた。このようなモデル化は、草勢を保ちながら果実収量を得られるようにバランスの取れた持続的 management をするために重要であると考えられる。

また、開花前28日間の平均養液環境と果実収量に相関関係が得られなかった(表2)。このことから、開花前30日間は花芽分化行われるとされる<sup>12)</sup>が、花芽数に関わるだけで果実収量への影響は小さいと考えられた。さらに、開花期までに行われるとされる子房の細胞分裂期<sup>12)</sup>においても、関係が小さいことが分かった。

この農家調査の結果から、養液のpH、ECに加え、FMをモニタリングすることがトマトの計画的栽培に有効であると考えられた。

## 謝 辞

TOC の計測では長野県野菜花き試験場の吉田清志, 矢口 直輝, 出澤 文武の指導, 援助の下を行った。ここに感謝の意を表します。

## 引用文献

- 1) 板木利隆, 1996. 養液栽培の導入と発展, 社団法人 日本施設園芸協会編, 『最新養液栽培の手引き』誠文堂新光社, p.2-10
- 2) 糠谷明, 2012. 養液栽培発展の現状, (社) 日本施設園芸協会/日本養液栽培研究会 共編, 『養液栽培のすべて 植物工場を支える基本技術』, 誠文堂新光社, p.2-14
- 3) Albert, D. Rovira 1969. Plant root exudates. Botanical Review. 35 1 : 35-57
- 4) 石沢修一, 1977. 根圏 (Rhizosphere), 『微生物と植物生育 植物をめぐる微生物的環境』, 株式会社博友社, p.36-40
- 5) Elroy L. Rice 著, 八巻敏雄, 安田環, 藤井義晴 訳, 1984. 『アレロパシー』学会出版センター, p.67
- 6) 磯崎真英, 2012. 培地・培養液のリサイクル, (社) 日本施設園芸協会/日本養液栽培研究会 共編, 『養液栽培のすべて 植物工場を支える基本技術』, 誠文堂新光社, p.322-328
- 7) Ehret, D. L. , J. G. Menzies and T. Helmer 2005. Production and quality of greenhouse roses in recirculating nutrient system. Scientia Horticulturae. 106 : 103-113
- 8) 山崎肯哉 1982. 『養液栽培全編』博友社, p.60-64
- 9) 篠原 信 2006. 有機肥料の養液栽培—並行複式無機化法による養液内微生物生態系構築法— 農業および園芸. 81 (7) : 753-764
- 10) 織井 孝治, 井上 直人, 関沼 幹夫 2012. 北陸作物学会報. 紫レーザー励起蛍光 (V-LIF) を用いた土壌可給態窒素の測定. 48 (別号) : 20
- 11) 井上 直人, 織井 孝治, 関沼 幹夫, 吉田 清志 2014. クロボク土壌における地力関連化学物質の紫レーザー励起蛍光分析. 信州大学 AFC 報告. 12 : 79-84
- 12) 斎藤隆 1977. 生育のステージと生理, 生態, 農文協編, 『新野菜全書 トマト—基礎生理と応用技術—』, 社団法人農山漁村文化協会, p.21-151
- 13) Yu, J. Q. and Y. Matsui 1993. Extration and Identification of Phytotoxic Substances Accumulated in Nutrient Solution for the Hydroponic Culture of Tomato. Soil Science and Plant Nutrition. 39 4 : 691-700
- 14) Lee, J. G. , B.Y. Lee, H.J. Lee 2006. Accumulation of phytotoxic organic acid in reused nutrient solution during hydroponic cultivation of lettuce (*Lactuca sativa* L.). Scientia Horticulturae. 110 : 119-128
- 15) 矢野勝也, 1998. 根の分泌物と養分吸収, 根の事典編集委員会編者, 『根の事典』, 朝倉書店, p.335-337

## Summary

### Influence of fluorescence from organic matter on tomato fruits yield under hydroponic culture in farm

Ryouko UENO<sup>1)</sup>, Naoto INOUE<sup>1)</sup> and Tatsuji SAITO<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Faculty of Agriculture, Shinshu University, Minamiminowa, 399-4598, Japan,

<sup>2)</sup> Vegetable and Ornamental Crops Exp. Stn. of Nagano, Shiojiri, Nagano, 399-6461 Japan

Fluorescence from organic matter in the hydroponic nutrient solution affects the vegetative growth of tomato. However, there was few information for effects on fruit yield. So, the investigations were carried out in a hydroponics tomato farmer at Nagano Prefecture from May 3 to December 27, 2014. Electric conductivity (EC), hydrogen ion exponent (pH), total organic carbon (TOC), and fluorescence from organic matter (FM) were measured weekly during the investigation period. FM was obtained from blue fluorescence(500nm) induced by a violet-laser. From the results, it was suggested that FM and EC values related to the fruit yield from 0 to 35 days after flowering. The TOC, EC and pH did not govern the fruit yield. The monitoring of the FM as well as the EC and pH was considered to be useful for increasing the stability of fruit production under hydroponic cultivation.

**Keywords** : Electrical conductivity, Fluorescent matter, Organic hydroponic culture, Tomato, Total organic carbon