

トマトの防根給水ひも栽培における肥効調節型肥料と根域拡張に伴う「紐」の適用

榊田 正治・藤井 由貴・木下 貴文¹⁾

(応用植物科学コース)

Effect of Controlled-release Fertilizer and Root-proof Capillary Wick Addition to Root-zone on Tomato Growth and Yield

Masaharu Masuda, Yuki Fujii and Takafumi Kinoshita¹⁾

(Course of Applied Plant Science)

This study was conducted to investigate the effects of controlled-release fertilizers and wick addition to the root-zone on plant growth and yield of medium-fruit sized tomato up to the 18th truss in long-term forcing culture. The set-up consisted of a box partitioned by a board into two halves, named box 1 and box 2. Box 1 contained 2.8 l of growth medium (soil : bark : perlite : peat=2 : 2 : 1 : 1). Plant was grown in box 1 with a capillary wick, and at flowering of the 8th truss, the partition was removed and box 2 filled with 2.8 l of the medium. There were two treatments, with or without capillary wick in box 2, namely, single wick (S) and double wicks (D). Plant height was greater in D than S in January, and the difference increased gradually thereafter. Flowering time of 18th truss in D was 10 days earlier and decapitated shoot weight was twice that of S. Fruit yield per plant was 8 kg in S and 9 kg in D with similar value of Brix and titratable acidity. There was no difference between S and D in dry root weight (7 g/plant) or in xylem exudates (8 ml/h), while in S in April plant growth was inferior, leaf color yellow greenish and fruit colour uneven towards the end of growth of plants. Xylem sap analysis showed that NO₃-N was 10 me/l in S and 6 me/l in D. This concentration is weaker than that of Enshi standard nutrient solution generally used in hydroponics. These results suggest that application of controlled-release fertilizers and wick addition to box 2 with root-zone extended was effective for plant growth performance and fruit yield.

Key words : capillary watering, combination of fertilizer, medium-fruit sized tomato, sectional box, substrate volume

緒 言

「防根給水ひも」とは、毛管材を紐状に切り出し、遮根透水材で封入した「資材」である¹⁾。一般には「紐」の有する毛管力を利用して培養液を栽培容器内に供給することになる。この場合、培養液組成としては園試処方に準じた大塚A処方1/2濃度を用いればよいことが、これまでの試験で明らかになっている²⁾。しかし、培養液で栽培管理するには、水補給のたびに養液を作成しなければならず大変面倒であること、また、養液自動混合装置を設置するにも多額の経費を要することや、装置導入にはハウスの規模がある程度大きくないと経済的に成り立たないであろうことは容易に想像できる。

近年、生育期間に必要な養分を肥効調節型肥料で施し点滴灌水で栽培する試験が試みられているが^{3,4)}、防根給水ひも栽培に同種の肥料が使用できればハウス規模の大小を問わず、それは極めて簡易省力的な手法になると

考えられる。

本題に記した根域拡張に伴う紐の適用効果は、培養液で栽培管理した春夏期の大玉トマト8段栽培においてすでに確認しているが²⁾、この場合、開放区画には土壌のみを充填したことになる。ここでは中玉トマトの18段摘心栽培の予想収量から必要窒素量を算定し⁵⁾、他の成分も含めて、これらを溶出特性の異なる肥効調節型肥料で土壌に混和した。この場合、秋一冬一春と栽培期間が半年を超えることから、大玉トマトの春夏作と同様にあらかじめ根域を2区画に仕切り、生育途中で仕切り板を除き開放区画の土壌に肥料を混和した。本研究はこの時、開放区画にも紐を適用することが生育の安定と果実収量の

Received October 1, 2009

1) (独)農業・食品産業技術総合研究機構近畿中国四国農業研究センター

(National Agricultural Research Center for Western-region)

Table 1 Nutrient components of fertilizers applied to medium for long-term cultivation of medium-fruit sized tomato

	Standard name of fertilizer	Fertilizer (g)	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄ -S
Box 1	Long-total 313 - 40 day type Z	20						
	-100 〃	20	5.2	4.4	5.2	0	0.8	1.6
	Long-calcium nitrate -100 〃	20	2.4	0	0	4.6	0	0
	Chicken ash	10	0	1.6	1.7	2.3	0.4	0
	Ammonium sulfate	3	0.63	0	0	0	0	0.72
	Total (g)	73	8.2	6	6.9	6.9	1.2	2.32
Box 2	Long-total 313 - 40 day type	20						
	-100 〃	20	5.2	4.4	5.2	0	0.8	1.6
	Long-calcium nitrate -100 〃	20	2.4	0	0	4.6	0	0
	Chicken ash	10	0	1.6	1.7	2.3	0.4	0
	Ammonium sulfate	1	0.21	0	0	0	0	0.24
	Total (g)	71	7.8	6	6.9	6.9	1.2	1.84

Z: This fertilizer type was characterized as a consistence of 13, 11 and 13% weight for N, P₂O₅ and K₂O, which was slow-releasing 80% of the weight at temperature of 25 °C.

確保にどの程度効果があるかを検討したものである。

材料と方法

試験には、花粉非崩壊型雄性不稔系統 T-4 に欧州中玉系固定品種 M の花粉を交配し得た F₁ 種子⁶⁾ を供試した。2006 年 8 月 20 日に種子をバーミキュライトに播種した。9 月 5 日に園芸培養土を入れた 10.5 cm ポットに鉢上げし、9 月 28 日に生育良好な苗を容積約 2.8 l の容器 1st Box に定植した。土壌は、畑土：バーク：パーライト：ピートモス = 2：2：1：1 (v/v) の混合土で、各種の肥効調節型肥料一計 60 g、鶏ふん灰 10 g⁷⁾、スターターとして硫安 3 g を定植前日に混和した (Table 1)。定植日と翌日の 2 回、土壌上層に水道水を灌水した。容器の側面には底面から 2 cm 上部に小孔をあけ、毛管資材 (ポリエステル 100% の長繊維不織布) を遮根透水シート (薄地のポリエステル) で封入した防根給水紐¹⁾ (以下、「紐」とする) を導入した。容器の小孔から出した「紐」の先端は水道水を満した径 1.5 cm の塩ビ管に浸した。土壌表面には水分の蒸発を防ぐため粗ガラを約 2 cm の厚みに敷いた。トマトトーン処理は各花房の第 3 花開花時と第 6～7 花開花時に行い収穫果数は最大 10 果とし、それ以上に着果した場合は幼果の段階で摘果した。

第 8 段花房開花時の 11 月 15 日に可動式の仕切り板をはずし、1st Box と同量の肥料、鶏ふん灰 10 g、硫安 1 g を混和した土壌を 2nd Box に充填した。すでに森重らが示した装置²⁾において定植時から栽培終了まで 1st Box に取り付けした紐 1 本で給水を行う区 (紐 1 本区) と、そのひもに加え土量を 2 倍にしたとき 2nd Box に新たに紐を配し、紐 2 本で給水を行う区 (紐 2 本区) とした。試験区にはそれぞれ 6 個体を供試した。仕切り板をはずしてから 1 か月ごとに草丈と茎の直径を測定したが、茎径は奇数段果房の果房と直下葉の中間位で測定した。第 18 段花房のトマトトーン処理が終了してから 1 週間後に、

果房 2 葉を残して摘心し生育程度の指標として摘心茎頂部の重さを測定した。収穫は第 4 果着色時とそれ以降の 2～3 回に分けて房穫りで行い、各果房第 2 果の果汁糖度 (Brix) と滴定酸度を測定した。2007 年 4 月 24 日に栽培試験を終了し、当日の日中に地際部から約 2 cm の部位で茎を切断し、梶田の方法⁸⁾に準じて数滴のいっ泌液 (Sap) を捨てた後、1 時間採取して凍結保存した。

1) NO₃-N の測定

Sap 1 ml に純水 39 ml を加えた (40 倍希釈)。これに 0.8 % 硫酸銀溶液 5 ml、2 M 硫酸アンモニウム溶液 0.8 ml を加えた後 40 分間静置し、イオンメーターにより測定を行った。

2) P の測定

Sap 0.1 ml に、2.5 M 硫酸、モリブデン酸アンモニウム溶液 (40 g/l)、アスコルビン酸溶液 (17.6 g/l)、酒石酸アンチモンカリウム溶液 (2.7 g/l) を 10：3：6：1 (ml) の割合で混合した発色液を 1.6 ml 加え、純水を用いて 10 ml に定容 (100 倍希釈) した後、分光光度計 (710 nm) で測定を行った。

3) K, Ca, Mg の測定

Sap 0.5 ml を 1000 ppm 塩化ストロンチウム溶液で K, Ca は 160 倍希釈、Mg は 20 倍希釈とし、前報²⁾と同様に原子吸光光度計で測定を行った。

結果と考察

草丈は 1 月以降、紐 1 本区に比べ紐 2 本区が高く推移し、栽培終了時には 2 本区は 1 本区より約 10 cm 高かった (Fig. 1)。第 18 段果房第 3 花の開花時に行ったトマトトーン処理は、2 本区で 2 月 22 日、1 本区は 10 日遅れの 3 月 2 日となった。このように生育は 2 本区で早く、摘心茎頂部の新鮮重も 2 本区は 1 本区の 2 倍となった (Fig. 2)。以上の結果は生育途中の根域拡張時の 2nd Box に紐をさらに 1 本導入することで生育は明らかに良好にな

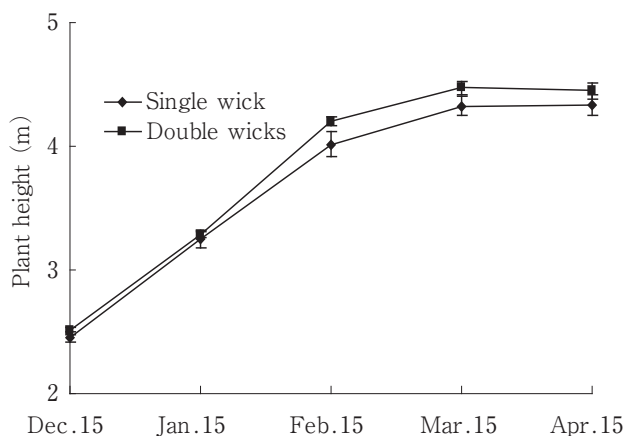


Fig. 1 Changes in plant height as affected by single and double wicks in a double volume of medium after removal of sectional board.

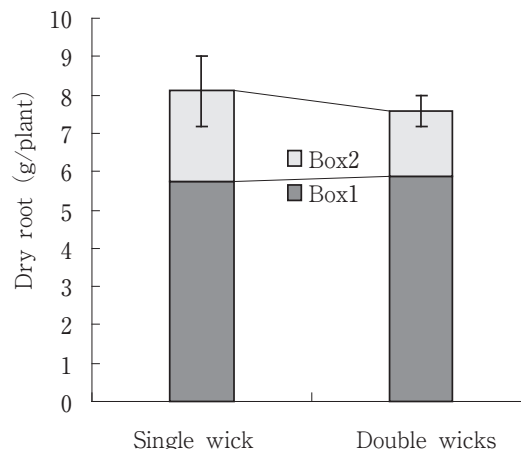


Fig. 3 Root dry weight at the end of cultivation as affected by single and double wicks.

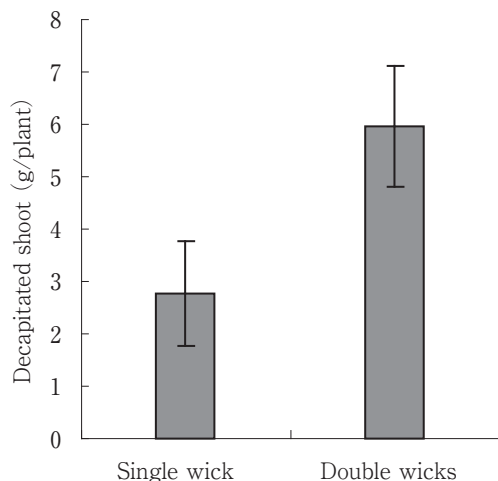


Fig. 2 Fresh shoot weight decapitated above the 18th truss with 2 leaves left.

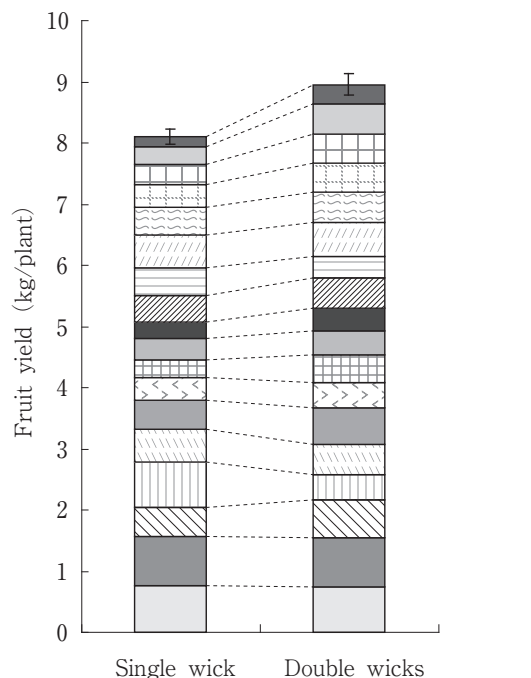


Fig. 4 Cumulative fruit yield as affected by single and double wicks. Each box indicates the truss number from 1st to 18th.

ることを示すものである。しかし、収穫終了時の根の乾物重は、1st Box では全く差はなく 2nd Box では紐を配した方がむしろ少なかった (Fig. 3)。株当たり果実収量は10段以降に徐々に差が出始め、2本区の総収量は9 kgで1本区より約1 kg多くなった (Fig. 4)。着果数は果房当たり紐1本区6.4果、2本区6.6果で差はなく、収量差は1果当たりの果重差によるものであった (データ省略)。果実の糖度は、9段以降に7を越えたが区間に大きな差は見られなかった (Fig. 5)。なお、尻腐れ果は、いずれの区においてもほとんど発生しなかった。生育の最終段階にある第16段果房と第17段果房の中間位葉で測定したSPAD値は紐2本区が1本区に比べ高い値を示した。しかし、2本区でもSPAD値は「39」で、同時期に大塚1/2濃度の培養液で栽培していた正常葉の「55」と比較すると、淡緑色化が著しく生育も衰えた (データ省略)。両区とも栽培の初期から中期にかけて果実は正常に

赤色に着色したが、栽培終期には果実は十分着色せず、特に基部側では黄白色を呈した。供試系統は房穫りタイプのF₁で花粉親に欧州系房穫りの固定系 (自殖5代目) を用いたため、果皮は非常に硬く常温で5日程度放置しても全体が赤色には着色せず果皮が軟化することはなかった。木部いっ泌量は8 ml/hで紐1本区と2本区の間には差は見られなかったが、成分分析ではNO₃-N濃度が1本区で10 me/l、2本区で6 me/lとなり、1本区の値でも圃試標準濃度培養液の0.6倍にしか相当せず、硝酸態窒素の欠乏が示唆された。P濃度は1本区で14 me/lと高く同標準濃度の約3.5倍、カリ濃度は、両区とも27 me/l

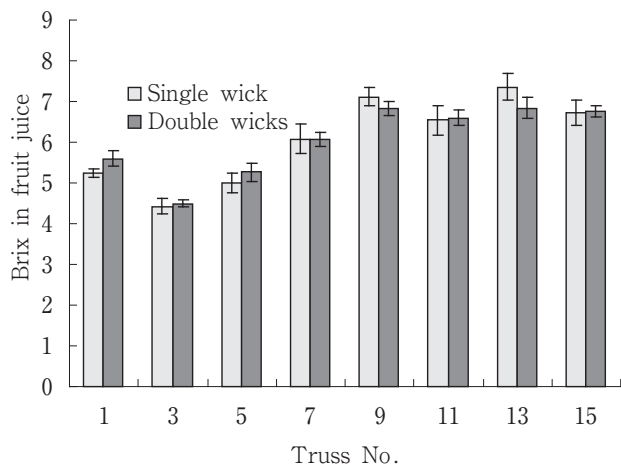


Fig. 5 Brix of fruit juice as affected by single and double wicks.

で3.4倍、Ca濃度は異常に高く1本区で13倍、2本区でも10倍となった。これに対してMg濃度は2～3 me/ℓと低く0.6～0.8倍となった (Fig. 6)。

本試験では、18段果房まで収穫を目途に1st Boxと2nd Boxに窒素全量 (ロングトータルから15.6 g、硫安から0.6 g) として投入したが、株当たりの予想収量8 kgとし果実1 kgを得るに必要なN量を2.0 gとして計算した値である。窒素量に関しては、栽培終了時の生育減退兆候ならびに木部いっ泌 (Sap) のNO₃-N濃度の低さから推測して、少なくとも2nd Boxに投入する溶出日数タイプをもっと早いタイプに変える必要があるものと考えられた。高いCa濃度については、原水の水道水にCaが常時10 ppm程度存在することによるものか (データ省略)、2nd Boxに投入した鶏ふん灰 (Ca 2.3 g) あるいはロングショール (Ca 4.6 g) に起因するものかは明らかでない。木下ら⁹⁾は、本試験とほぼ同量のCaを施与して大玉トマト15段栽培を行った結果、植物体の吸収量から判断してCaが不足した可能性があると述べている。した

がって、Sapの成分濃度だけでは養分の過不足は論じられない可能性もあるため、施用量については今後さらに検討する必要がある。さらに、低いMg濃度については、後述のS欠兆候とも関連させ、ロング硫マグの施与によりSO₄-SとMgの補給を図ればよいと考えられた。勿論、上述の栽培技術を完成させるためには基本的には施肥設計の確立が重要となる。養液で給水する栽培では、園試処方²⁾の1/2濃度を基本に管理すれば大玉トマトでも生産可能であることは明らかであるが²⁾、本論の目的の一つは装置と栽培管理の簡便化にある。Table 1に示した施肥設計において収穫終了時のSapのNO₃-N濃度が低すぎることは、生育終期の3～4月に生育の衰えと葉の淡黄色化が著しい問題がある。葉の淡黄色化については硫黄不足の可能性が考えられる。硫黄は日本国内では肥料として認可されていないことから、あまりその必要性が認識されていない。通常の土壌においては硫酸イオン (SO₄²⁻) の形で存在し硫黄が欠乏することはまずない。畑土壌では窒素源に硫安が施用されること、またハウス土壌ではアルカリ土壌のpH矯正に硫黄華で処理されることもあり、野菜畑で硫黄欠が問題になることはほとんどなかった。近年、藤村ら¹⁰⁾は、株当たり土量を少なくした大玉トマト隔離床栽培において養液土耕用肥料を点滴灌水すると収穫中の果房周辺から上葉において黄色化現象が見られること、この肥料に硫黄を除く各種肥料を添加しても黄色化は抑制できないが、硫酸マグネシウムを添加することでこの黄色化が抑制できることを認め、この現象が硫黄欠乏に起因するとした。その上で、養液土耕用のSO₄濃度13.8 ppmを硫酸マグネシウム添加により50.1 ppmに高めた一原水隔離床用肥料を開発した。著者も、かつてトマト養液栽培において生育途中で硫酸マグネシウムを硝酸マグネシウムに置き換えると、わずか数日後には中位葉から上の葉で黄変しだすこと、約1週間後には全葉が淡黄色化し、一部で褐色化することを認め硫酸イオンを構成するSの重要性を認識し

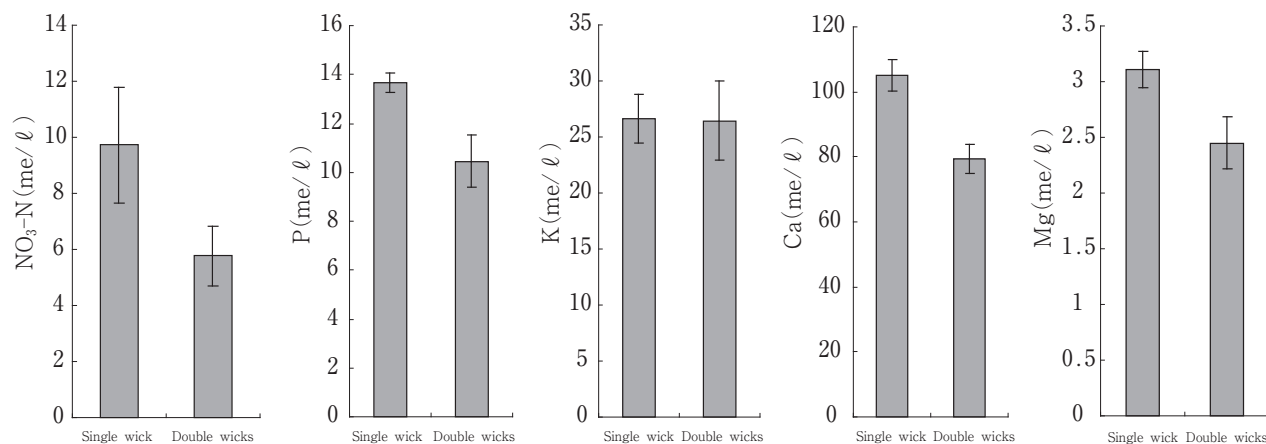


Fig. 6 Mineral contents in xylem exudates from the stem cut at 2 cm above the soil surface at the end of cultivation.

た(未発表)。本試験の防根給水ひも栽培の株当たり土量は1st Box + 2nd Box で5.6ℓ, 12段果房の収穫頃までは正常な葉色を呈していたが、これ以降、急速に黄色化が進んだ。この土壤に投入した計算上の硫黄は、硫安(3g + 1g)計4g由来のSと鶏ふん灰20g由来のSである。これに加えて、畑土:バーク:パーライト:ピート = 2:2:1:1の5.6ℓに由来するSである。本試験における残存土壤のS含量は分析しておらず推測の域を出ないが、一般に肥料成分の吸収比率は、窒素(N):リン酸(P₂O₅):加里(K₂O):硫黄(S) = 10:4:6:3と言われており、リン酸相当の硫黄をグラムレベルで添加する必要があると考えられる。第10段果房以降の葉色を改善し果実収量を確保するためには、可溶性窒素(NO₃-N)と硫黄(SO₄-S)を生育中期~後期に効かすことが重要であり、肥効調節型肥料の質的選択ならびに主要成分の量的設計について検討することが必要である。

以上の結果より、仕切り開放に伴う「紐」の新たな適用は、生育を安定と収量の増大に有効に働くことが明らかとなった。この効果が2nd Boxの土量にも依存することはすでに明らかになっているが²⁾、根の分布領域よりも給水能の増大が主要因であるとするれば、1本の紐の水輸送力をさらに高めれば、培地量は3ℓでも充足する可能性があることになる。栽培容器の構造や培地の再利用を考えると、培地量が半量になることの経済的効果はきわめて大きいことから、今後は、紐の水輸送力についても検討を加える必要があるといえる。

要 約

中玉トマト18段摘心の長期促成栽培における肥効調節型肥料の適用と生育途中の根域拡張に伴う「紐」適用が生育と果実収量に及ぼす効果を調べた。栽培容器は可動仕切り板で2つに仕切り区画当たり容量は2.8ℓとし、第8段花房開花時に仕切り板をはずして5.6ℓ(1st Box + 2nd Box)とした。試験区は2区で2nd Boxに紐を配置しない1本区と2nd Boxにもう1本を配した2本区である。2本区の草丈は1月以降、1本区に比べ高く推移し第18段花房の開花日が約10日早まり、成長の指標とした摘心時の茎頂部新鮮重も1本区の2倍となった。1株の果実収量は1本区で8kg、2本区で9kgとなり果実の

糖度、酸度には両区間に差はなかった。栽培終了時の根の乾物重と茎切断面から採取した木部いっ泌液は両区間に差はなかったが、両区とも栽培終期の4月には生育が衰え葉色は黄緑色で果実の着色も不均一であった。木部いっ泌の成分分析ではNO₃-N濃度が1本区で10me/ℓ、2本区で6me/ℓであり、これらの濃度は一般に養液栽培に使用される園試標準濃度よりも低かった。以上の結果から、第8段花房開花時に仕切りを開放し新区画への土壤と肥料ならびに紐の新たな適用は、生育安定と収量確保に効果的に作用することが明らかとなった。しかし、紐の有無にかかわらず生育後期の生育が不良となったことから、今後は施肥設計の面から、とくにNO₃-NとSO₄-Sの両面から検討する必要があると考察した。

引用文献

- 1) 榊田正治:防根給水紐. 特許第304346号。(2009)
- 2) 森重歩己・榊田正治・村上賢治:大玉トマトの防根給水ひも栽培における生育途中の根域拡張と「ひも」適用が果実生産に及ぼす影響. 岡大農学報, **98**, 23-29 (2009)
- 3) 小菅佐代子・桑野伸晃・三枝正彦:トマト栽培における肥効調節型肥料を利用した全量基肥施肥法. 土肥誌, **72**, 621-626 (2001)
- 4) 猿渡 真・吉田耕起・森田敏雅・石田豊明:簡易隔離床における肥効調節型肥料を用いた冬春期高糖度トマト栽培法. 九州農研, **65**, 173 (2003)
- 5) 榊田正治:トマト栽培における施肥窒素の利用率和施肥量. 農及園, **64**, 742-751 (1989)
- 6) Masuda, M., C. O. Ojiewo, M. Nagai, K. Murakami, P. W. Masinde, and Y. Wang: Simulating the hybrid-seed contamination risk with selfed seeds from residual fertility in a male-sterile T-4 mutant tomato, *Solanum lycopersicum* L. J. Japan Soc. Hort. Sci. (in press)
- 7) 畑 直樹・王先 裕・辻 夕観・村上賢治・榊田正治:鶏糞は肥料を残して燃えつくす余剰副産物「鶏ふん燃焼灰」のリサイクル. 農及園, **81**, 654-663 (2006)
- 8) 榊田正治・島田吉裕:トマト木部いっ泌液における無機成分濃度の日変化およびその濃度に及ぼす光照度と苗齢の影響. 園学雑, **61**, 839-845 (1993)
- 9) 木下貴文・榊田正治・渡辺修一・中野善公:促成トマトの防根給水ひも栽培における肥効調節型肥料の適用. 園学研, **9**, 印刷中.
- 10) 藤村耕一・松崎朝浩:隔離床を用いた高糖度トマト生産における生理障害対策としての一原液タイプの隔離床用肥料. 農及園, **82**, 899-904 (2007)