

イチゴの不耕起栽培における養液土耕の給液管理 および熱水土壤消毒の効果

鈴木雅人

Effects of Drip-irrigation and Hot Water Soil Sterilization on the Growth of
Strawberries (*Fragaria* × *Ananassa Duch.*)
under No-tillage Condition.

Masahito SUZUKI

Summary

Water absorption of strawberries and the amount of irrigation effect of groundwater were examined in order to establish the no-tillage cultivation condition in a drip-irrigation system of strawberries using the hot water soil sterilization.

As an example, the water absorption of strawberries was estimated at 100ml/day · plant based on the amount of irrigation in little-substrate-cultivation. Automatic irrigation seemed to be practical by setting the drip irrigation of specialized fertilizer dilution 1,200 times during the cultivation for strawberries. The cultivation of strawberries was able to be continued under the No-tillage Condition for 4 ~ 5 years without making the physical properties of the soil worse. The hot water soil sterilization contributed to bringing this invention to perfection.

キーワード：イチゴ，不耕起栽培，養液土耕，給液量，少量培地耕，熱水土壤消毒

I. 緒言

不耕起栽培に関する研究は水稻および麦類や大豆等の畑作において、1980年代から盛んになり、省力性、栽培環境の保全、生産コストの低減等の観点から効果が大きいと注目されるようになってきている。しかし、不耕起の効果は気候や土壌条件によっても異なることが指摘されている（伊藤ら、1994）ように、また必要とされる機械化が進んでいないこともあって、必ずしも順調に不耕起栽培技術が発展しているとは言えない。

野菜類の栽培においては全面全層施肥および燻蒸剤や太陽熱を利用した土壤消毒が広く普及していることもあって、不耕起栽培に関する取り組みは遅れている。しかし、近年新しい施肥管理技術としての灌水同時施肥法（以下、養液土耕法）および手軽な熱水土壤消毒法が注目され、これらを利用することによって、不耕起栽培の実用性も高まると期待されるようになってき

ている。

当研究室ではイチゴ、キュウリ等での養液土耕栽培技術の確立に関わる一連の研究を行っている。その中で、促成イチゴの不耕起栽培における養液土耕および熱水土壤消毒による土壌管理について検討し、数年間安定的な生産を継続でき、実用性が高いことが明らかになったので報告する。

II. 材料および方法

2000年から2005年までの6年間、同一のハウス圃場に促成イチゴを不耕起で連続作付けし、生育・収量、土壌水分・土壌硬度の変化、熱水土壤消毒の効果等について検討した。養液土耕の給液量は、ポリプロピレン製のプランターに同じ圃場の畑土をイチゴ1株当たり5L詰めた少量培地耕を行い、イチゴの吸水量の算定値から設定した。地床栽培における給液量に関しては、少量培地耕で得られたイチゴの吸水量の推計

値を基に、給液量の異なる多区、中区、少区の3区を1畝(約10m)単位で設け、栽培期間を通じて標準量 $\pm 20 \sim 50\%$ の処理を行った。

栽培施設は間口5.4m、奥行き22mの単棟パイプハウスを使用した。栽培圃場の土壌は表層腐植質火山灰土である。養液土耕装置はT社の30a規模システムを、また肥料はO社の養液土耕専用肥料(N成分15%含有)を用い、1,200倍液・1日・1回給液を基本に給液管理を行った。

イチゴは50穴のセルトレイで育苗し、9月中旬に定植した。3月末まで収穫した後、株元で切り取って片づけ、4月下旬に後作のメロンを植え付けた。メロンを7月下旬に収穫し、地上部のみ片づけ、9月中旬にイチゴを植え付けた。この作付けを繰り返し6年間行った。また、2003年からは8月下旬に熱水土壤消毒を行った。熱水土壤消毒はN社の専用ボイラーを用い、吐出口で75℃の温水を1㎡当たり200L、2

昼夜をかけて灌注した。

イチゴの生育・収量等については随時調査し、土壌水分の状態はテンシオメーターで、また土壌硬度は貫入式土壌硬度計で測定した。

Ⅲ. 結 果

1. 少量培地耕によるイチゴの吸水量の推計

少量培地耕において給液量と排水量との関係を調査し、その結果を表1に示した。排水量は給液量が多いほど多くなり、また天候、生育ステージ、時期等によって異なったが、給液量100mL/日・株以下では著しく少なく、100mL以上で多くなり、とくに150mLでは多かった。給液量と排水量の差をイチゴの吸水量とすると、給液量が多いほどイチゴの収量は多くなったが、標準的な600g/株程度の収量が得られる吸水量はおおよそ100mL/日・株であった。

表1 少量培地耕における給液量と吸水量および収量

区	給液量 (mL/日・株)	期 間 ¹⁾	排水量 (mL/日・株)	吸水量 ²⁾ (mL/日・株)	収 量 ³⁾ (g/株)
多 区	100	肥大期	15	85	344
	150	収穫期Ⅰ	68	82	
	200	収穫期Ⅱ	81	119	
中 区	75	肥大期	3	72	318
	100	収穫期Ⅰ	12	88	
	150	収穫期Ⅱ	51	99	
少 区	50	肥大期	1	49	297
	75	収穫期Ⅰ	9	66	
	100	収穫期Ⅱ	10	90	

注 1) 肥大期：開花～収穫開始(10/22～12/10)、収穫期Ⅰ：頂花房収穫期(12/11～1/25)、収穫期Ⅱ：腋花房収穫期(1/26～2/28)
2) 吸水量＝給液量－排水量 3) 品種「女峰」、3月まで収穫

表2 少量培地耕における給液量とイチゴ¹⁾の生育・収量

区	給液量 (mL/日・株)	頂花房 開花日 (月・日)	最 大 ²⁾ 葉 長 (cm)	収 量 ³⁾			糖 度 ⁴⁾ (Brix%)
				個 数 (個/株)	重 量 (g/株)	1果重 (g/個)	
多 区	120	11・8.7	9.8	18.8	306	16.3	10.0
中 区	100	9.1	9.7	17.3	270	15.6	10.9
少 区	80	9.6	8.9	16.9	244	14.4	11.2

注 1) 品種：'女峰' 2) 12月20日最大葉の中心小葉
3) 1株当たり・3月末まで 4) 1～3月3回測定の前平均

栽培期間を通して、給液量多区(120mL/日・株)、中区(100mL/日・株)、少区(80mL/日・株)を設け、イチゴの生育・収量等を調査し、その結果を表2に示

した。給液量が多いほど生育が旺盛で収量も多くなったが、糖度は低くなる傾向が認められた。

2. 少量培地耕土壌の化学性および肥料付加の効果

養液土耕専用液肥を用いた少量培地耕では、慣行の地床栽培と生育・収量は同等であった（データ省略）。しかし、連続で作付けするとリン酸およびカルシウムの不足が懸念されたので、不耕起栽培3年目の少量

培地耕において、N、P₂O₅ および CaO 肥料成分の付加効果について検討した。その結果を表3に示した。栽培終了後の土壌の残存肥料成分は、窒素、リン酸および石灰増肥区でN、P₂O₅ および Ca がそれぞれやや多く、標準区でもかなりの残存が認められた。

表3 少量培地耕不耕起連続作付け¹⁾3年目の肥料付加と土壌の化学性

区	付加成分 (kg/10a)	EC (dS/m)	pH	NO ₃ -N (mg/100g)	P ₂ O ₅ (mg/100g)	CaO (mg/100g)
標準区 ²⁾		0.10	5.5	0.38	120	468
窒素付加区	N = 2	0.11	6.0	0.53	115	557
リン酸付加区	P ₂ O ₅ = 2	0.09	5.6	0.31	135	470
石灰付加区	Ca = 2	0.11	5.7	0.62	119	617

注 1) 促成イチゴ+夏メロンの年2作

2) 標準区：養液土耕専用肥料（N成分15%）・1000倍液のみ施用

3. 地床栽培における給液量と土壌水分の変動

地床栽培では地下水の影響を考慮して給液量を設定する必要があるため、給液量と土壌水分およびイチゴの生育について検討した。その結果を表4に示した。栽培ベッドの深さ15cm地点の土壌水分pF値は、時

期によって異なり、かなり変動した。しかし、吸水量の約70%に相当する70mL/日・株を目安に給液した中区では、pF値が2.0をわずかに上回る程度で推移し、1株当たりの収量は405g、1果重が13.1gであった。

表4 不耕起栽培3作目における給液量と土壌水分pF値およびイチゴ¹⁾の収量

区	給液量 (mL/日・株)	土壌水分 pF 値				収量 ²⁾		
		12/2	1/2	2/2	3/2 (月/半)	個数 (個)	重量 (g)	1果重 (g)
多区	80～100	1.96	1.88	1.92	1.95	30.2	415	13.7
中区	60～80	2.07	2.01	2.07	2.05	30.9	405	13.1
少区	40～60	2.11	2.12	2.20	2.17	28.8	371	12.9

注 1) 品種：‘女峰’，2001年9月定植

2) 1株当たり，3月末まで

4. 不耕起栽培におけるイチゴの生育・収量の年次変化

イチゴ（後作夏メロンとの組み合わせ）を5年間不耕起で連続栽培し、生育・収量等を慣行の耕起栽培と比較した。収量調査の結果を表5に示した。不耕起5年目まで、収量は毎年慣行栽培とほぼ同等であった。

表5 不耕起栽培および慣行耕起栽培におけるイチゴの収量

栽培年度	耕起・ 不耕起 ¹⁾ の別	収量 ²⁾			
		個数 (個)	重量 (g)	同左比	1果重 (g)
2000	耕起	28.3	382		13.4
2001	不耕起	31.4	383	95	12.2
	耕起	30.9	405	100	13.1
2002	不耕起	26.5	315	98	11.9
	耕起	26.8	322	100	12.0
2003	不耕起	17.8	238	97	13.4
	耕起	18.1	245	100	13.5
2004	不耕起	20.7	326	103	15.7
	耕起	20.1	318	100	15.8
2005	不耕起	19.4	377	102	19.4
	耕起	19.6	368	100	18.8

注 1) 「不耕起」は同一圃場で、2000～2005年連続栽培

2) 品種：2000～2002年「女峰」、2003～2005年「とちおとめ」1株当たり・3月末まで

5. 不耕起栽培土壌の硬さの変化

不耕起3作終了後のイチゴの根の状況を図1に示した。不耕起区でも根系は畝の底部深さ30cm付近まで広がっていて、耕起区との間に差は認められなかった。土壌の貫入抵抗値の調査結果を図2に示した。耕起区では深さ20cm前後の硬度が小さかったが、不耕起区でも畝の表面から底部となる深さ30cm付近まで、と



図1 不耕起作付け3年目のイチゴの根 (品種「女峰」2002年4月)

くに大きな差は認められなかった。

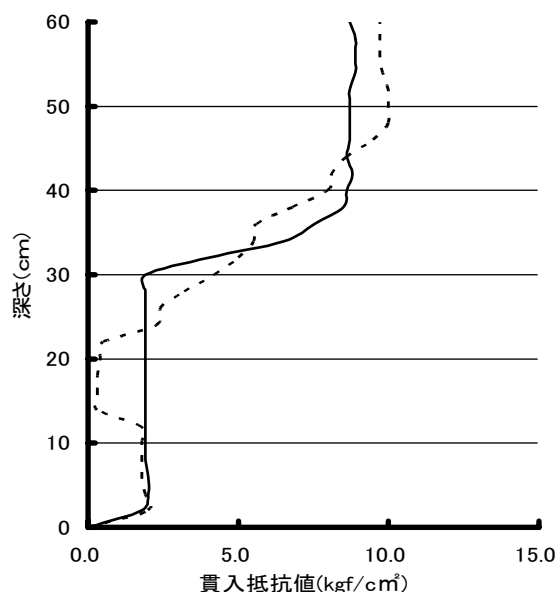


図2 4年作付け後(2004年4月)の貫入式土壌硬度計の土壌貫入抵抗測定値 (凡例 --耕起区, —不耕起区)

6. 連続不耕起栽培圃場における熱水土壌消毒の効果

土壌消毒を行わない不耕起栽培の圃場では、3年目頃からネコブセンチュウとネグサレセンチュウの被害が認められるようになってきた。そこで、4年目(2003年)と5年目(2004年)に養液土耕の点滴チューブを利用し、イチゴの作付け前に熱水土壌消毒を行った。

センチュウの発生程度およびイチゴの生育・収量の調査結果を表6に示した。消毒区では無消毒区に比べて生育が著しく旺盛で、収量が多かった。また、センチュウは消毒区で著しく発生が少なかったが、熱水消毒の効果は1年で、2年目無処理区では収量およびセンチュウの発生程度は連続無処理区と同程度であった。

表6 熱水土壌消毒の有無とセンチュウの発生程度イチゴの生育・収量¹⁾

熱水土壌 ²⁾ 消毒の有無	頂花房 開花日	12/10 葉長 ³⁾ (cm)	4/11 茎葉重 ⁴⁾ (g)	ネコブセンチュウ発生程度 ⁵⁾						収量		
				極少	少	多	激	極激	個数 (個)	重量 (g)	1果重 (g)	
2003・2004 有	有	11/10	8.0	41.0	10	0	0	0	0	17.9	292	16.3
有	無	11/14	7.2	29.0	0	0	0	5	5	14.4	224	15.6
無	有	11/10	8.2	51.0	8	2	0	0	0	20.7	326	15.7
無	無	11/12	7.4	28.0	0	0	1	7	2	13.5	202	15.0

注 1) 品種:「とちおとめ」, 2004年9月定植, 収量:1株当たり・3月末まで
 2) 2003年は3年作付け後, 2004年は4年作付け後 3) 調査日:2004年12月
 4) 調査日:2005年4月 5) 2005年4月・10株調査, 有・有区と有・無区は品種「育成 No.02」

IV. 考 察

野菜類の不耕起栽培に関する研究および栽培事例は、今のところ極めて少ない状況にある。イチゴでは、

いち早く愛知県下において「イチゴ連続うね利用栽培」が実用的技術として確立されている。作付け前に畝上に土壌改良資材を施用し、専用の管理機で混ぜ込むことにより安定的な土壌状態を保つことができると

され、斎藤ら（2000）は土壤物理性の変化に関する調査で、4年目の作土が膨軟な状態に維持されていたことを明らかにしている。本研究では、土壤改良資材を全く投入せずに液肥だけで繰り返し栽培したが、とくに土壤物理性の悪化は認められず、5～6年以上に及ぶ連続栽培が可能であると考えられた。

長野間ら（1991）は不耕起播種サイズの根系は耕起栽培より深くなるが、その最も大きな要因は、不耕起土の乾燥にともなう亀裂の発生であることを報告している。土壤の物理性に及ぼす残根の影響については不明の点も多いが、イチゴではひげ根が比較的浅いところに密生するので、残根が土壤の膨軟性の持続に寄与していると推測できる。また、伊藤ら（1994）が土壤の種類によって不耕起栽培の適用性が異なることを報告しているように、土質によっては固結が起る可能性もあるので、不耕起土壤の物理性についてはさらに検討を要すると考えられた。

基肥および土壤改良資材を施用せず養液土耕だけで不耕起栽培を行う場合は、必要な肥料成分を液肥で賄う必要がある。本研究を行った土壤のpHが低く、またリン酸が不足しやすい表層腐植質火山灰土壤では、一般に土壤改良資材の施用が不可欠とされている。しかし、筆者ら（2003）はメロンにおける養液土耕栽培の実用化に関する研究において、慣行栽培より20%程度少ないメロンの吸収量にほぼ匹敵する肥料成分を液肥として施用することで、安定した生育・収量が得られることを明らかにしており、養液土耕栽培では化学性を改善する意味での土壤改良の必要性は小さいと考えられた。一方、玉置ら（2003）がピートモスと籾殻クンタン混合培地（4L/株）の養液栽培で、不耕起2年目の排液のCa含有量が多くなることを認めているように、不耕起栽培を続けることによって、土壤の化学性に変化が生じる可能性があり、土壤の種類や施肥方法との関連においてさらに検討を要すると考えられた。

イチゴの養分吸収量はほぼ収量に比例し、植木（1997）は「女峰」での調査で、収量700g/株のときN成分で21kg/10aになったと報告している。本研究でも、少量培地耕において専用肥料を用いた養液土耕給液管理を行い、N成分で20kg/10a程度の施肥量とすると、過不足は生じないことを明らかにした。この施肥量を灌水量と希釈倍率によって設定することになるので、地下水位が高く十分灌水できない圃場では施肥管理が難しくなる恐れがある。給液量が80～

100mL/日・株となる本研究を行った火山灰土壤では、1,000～1,200倍の希釈液肥を灌水として給液すると、N成分で20kg/10aの施肥を行うことができると考えられた。

イチゴの土壤病害虫に対する熱水土壤消毒の有効性については、江口ら（2002）がクルミネグサレセンチュウに対する防除効果を確認しており、また本研究でもセンチュウ類に対する防除効果が確認されたことから、実用性の高い技術と考えられた。この試験では、熱水土壤消毒はボイラーの吐出口で75℃の温湯を、1㎡当たり200L注入する方法を用いた。不耕起栽培では、養液土耕の点滴チューブをそのまま利用し、簡便に処理することができるが、今後萎黄病や萎凋病等の病害に対する効果、また燃料費を含めたコスト等についても検討する必要がある。

以上のように、養液土耕法と熱水土壤消毒法を組み合わせたイチゴの不耕起栽培は安定した生育・収量を維持することができ、実用性が高いと考えられた。しかし、土壤条件が異なる場合の対応および省力性の評価等、いくつかの課題が残されており、適用性の大きい安定技術の構築に向けた検討が、さらに必要と考えられた。

V. 摘 要

イチゴの連続不耕起栽培の実用化を図るため、養液土耕の給液管理と収量、連続作付け後の土壤の理化学性の変化および熱水土壤消毒の効果等について検討した。

1. 少量培地耕を利用した実験の結果、給液量と排液量の差からイチゴの吸水量は、生育期間を通じておよそ100mL/日・株であるが見積もった。
2. イチゴの吸水量と栽培圃場の土壤水分の変化から、実用的な養液土耕の給液量を設定することが可能であり、試験を行った火山灰土の圃場では、吸水量の70%程度となる70mL/日・株を給液することにより、標準的な収量が得られた。
3. 基肥や土壤改良資材を施用せず、養液土耕専用肥料を用いた給液管理のみにより連続作付けしても、土壤中の肥料成分の過不足は認められなかった。また、土壤の固結は進行せず、土壤物理性の悪化はとくに問題にならなかった。
4. 不耕起栽培3年目頃からネコブセンチュウとネグサレセンチュウの発生が認められるようになったが、

熱水土壤消毒によって、被害を回避できることが明らかになった。

5. 養液土耕法と熱水土壤消毒法を組み合わせたイチゴの不耕起栽培は、安定した収量・品質が得られ、実用性が高いと考えられた。

謝 辞 本研究は(社)日本施設園芸協会が行った「食品産業等先端技術開発事業（平成11～13年度）」の一環として実施した。とくに、養液土耕の実用化に関する研究においては、同委員会の指導により推進することができたことに感謝し、ここに謝意を表する次第である。

引用文献

- 江口武志・森山美穂・横山 威. 2002. イチゴほ場における熱水土壤消毒のクルミネグサレセンチュウに対する被害回避効果と土壤微生物への影響. 九州農業研究. 64: 91.
- 伊藤道秋・遠藤織太郎・坂井直樹・春原 亘・米川智司・福田 晟・伊藤憲弘. 1994. 土性の異なる3種土壤における不耕起栽培の比較研究（第3報）火山灰土壤（土性SiC）に対する不耕起栽培の適用性. 農作業研究. 29（1）: 44-50.
- 長野間 宏・児玉 徹・金田吉弘・山谷正治. 1991. 耕起方法が低湿重粘土汎用水田の土壤物理性に及ぼす影響. 土壤の物理性. 62: 43-52.
- 斎藤弥生子・清水知子・今井克彦. 2000. イチゴ連続うね利用栽培（不耕起栽培）における土壤物理性の経年変化. 園学雑. 69 別1: 247.
- 鈴木雅人・金子賢一. 2003. メロンの養液土耕栽培における給液量と生育の関係. 茨城農総七園研報. 11: 9-14.
- 玉置 学・角田和利. 2003. イチゴのハンモック式簡易高設栽培システムの開発. 愛媛農試研報. 37: 13-19.
- 植木正明. 1997. 女峰の生理・生態と栽培技術. 農業技術大系. 野菜編第3巻追録22号: 323-339. 農文協. 東京.