

# イチゴの高設ベンチ栽培「岐阜県方式」の培養液循環システムの開発

Development of The Solution-Recycling System on The Bench Culture “Gifu method” for Strawberry Production

越川兼行・安田雅晴・堀之内勇人

Kaneyuki KOSHIKAWA , Masaharu YASUDA and Hayato HORINOUCI

要約：イチゴの高設ベンチ栽培「岐阜県方式」の培養液循環システムを開発した。本システムは、原水及び排液に含まれる肥料成分の影響を減らすための処理槽と糸状菌を除去する除菌装置を特徴とする。これは掛け流し方式の「岐阜県方式」にも設置できる。本システムでの栽培によって、培養液の肥料バランスが維持され、生育、収量及び果実品質は掛け流し方式の「岐阜県方式」と同等であった。

キーワード：イチゴ、ベンチ栽培、養液栽培、培養液循環、岐阜県方式

## 緒言

イチゴの養液栽培では、高設ベンチとすることにより土耕栽培の屈み姿勢から開放し、作業姿勢が立ち姿勢で良好になることから普及が進んでいる。発表されているシステムは30以上になり、それぞれ特徴があるが、多くのシステムは栽培槽から排出される培養液(以下、排出液という)を栽培系外に廃棄する掛け流し方式で栽培している。筆者らが開発したイチゴの高設ベンチ栽培システム「岐阜県方式」も1999年に掛け流し方式として発表した<sup>1)2)</sup>。

「岐阜県方式」の特徴は、①気化熱利用による培地温の低下と排水を良好にするため不織布製の少量培地栽培槽であり、無肥料の培地に毎年更新することから花芽分化前の8月に定植しても分化が遅れないこと、そのため、土耕栽培や培地連用の高設ベンチ栽培のように定植時期が限定されず、定植時期の煩雑さがなく、②定植が早く、本ぽベンチで根を張らして花芽分化を待って培養液を流すことで初期の肥効が速やかで初期収量が多いこと、③目標収量は7 t/10aと高いこと、④肥料濃度は低めに設定し、給液は少量多回数である。1回当たりの給液量は、栽培槽が小さい少量培地であることから余分な給液は直ちに排液となって垂れだすのでそれを感知して給液を止める排液感知給液ポンプ制御装置で制御され、施肥が効率的なことである。しかし掛け流し方式であるため、ハウス外に少なからず肥料成分が排出され、培養液を系内に留める培養液循環システムは環境に優しいシステムとして期待が大きい。

培養液循環栽培では、病害が培養液で拡がらないように除菌装置を装備する必要がある。もうひとつ重要なことは、1作期通じて肥料バランスが維持されることである。肥料バランスについては、イチゴでは給液濃度が低く、原水や循環する排液の影響を受けやすいことが懸念され、含

まれる各々の肥料成分をどのように評価し、不足する成分及び量を追加するかが課題である。成分によっては過剰となることもある。

本報告では地域によって異なる原水や生産者によって異なる排液の濃度、成分組成を、再利用するときに生産者間で斉一にし、生産者にとって簡易で画一的な管理ができる培養液循環システムを開発したので報告する。

## システムの概要

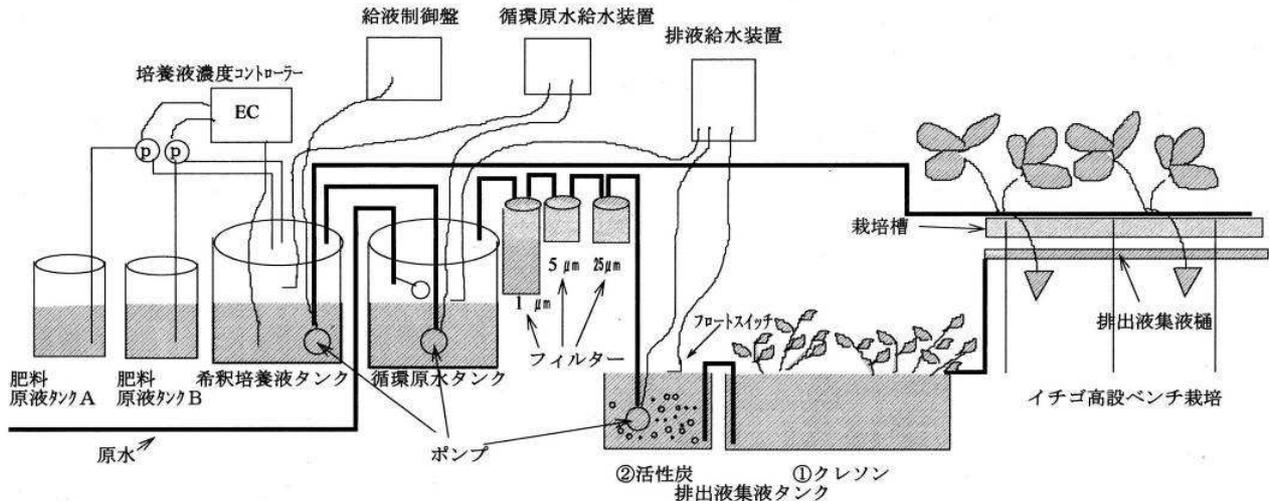
### 【試験方法】

培養液循環ユニットを取り付けた高設ベンチ栽培システムの概要を図1に示す。

本システムは、栽培槽からの排液を回収するための排液集液タンクを設ける。排液収益タンクは本ぽ10aに対し、前処理として深さ30cm×表面積8 m<sup>2</sup>のクレソン栽培槽を設け、その後に深さ30cm×表面積4 m<sup>2</sup>の活性炭処理槽を設ける。「岐阜県方式」ではこの容量で1週間ほどの排液が貯留でき、順次、循環原水タンクに送水される。

クレソン栽培槽は、主にNO<sub>3</sub>-Nを吸収させ、活性炭処理槽ではNO<sub>3</sub>-Nと肥料成分の陽イオンを吸着させることを目的に設置した。また培地のヤシ殻から抽出される物質で排液が茶色に着色する。この物質の影響については未検討であるが、活性炭で脱色することも設置の目的とした。

生育、収量及び果実品質を検討する栽培試験は、品種「濃姫」を供試した。作型はポット栽培による促成栽培で、定植は平成15年8月20日、培養液給液開始9月25日、保温開始10月20日、加温開始11月10日、炭酸ガス施用11月15日～3月10日、電照2～4時間11月15日～2月28日、培養液循環期間9月26日～5月31日とした。



本システムには、処理槽と循環原水タンクの間にごみの除去と1 μm以上の大きさの糸状菌の胞子や菌糸を止める目的でフィルターを装着した。フィルターによる除菌効果確認試験は平成10年6月22日に定植した栽培において、培養液循環栽培でフィルターの装着の有無で比較した。培養液中の糸状菌の有無は芝葉片設置による捕捉で行い、使用済みフィルターは容器内の培養液中の糸状菌の確認とフィルターを500mlの滅菌水で振とうした洗浄液中の糸状菌量を確認した。

#### 県内の原水調査

原水に含まれる肥料成分が、培養液循環栽培としたとき組成に考慮すべき量まで含まれているか検討するため生産者の原水を再確認する。

[試験方法]

イチゴの高設ベンチ栽培を行っている生産者の原水を平成13年1

1月に収集し、pHとEC、成分はNO<sub>3</sub>-N（紫外吸光法）、NH<sub>4</sub>-N（インドフェノール法）、P（硫酸モリブデン法）、K、Ca、Mg、Fe、Mn及びNa（原子吸光法）を測定した。

[結果及び考察]

表1 原水の成分分析 (2001年11月)

単位 EC濃度 dS/m、NO<sub>3</sub>-NからMg及びNa me/L、Fe及びMn ppm)

| No. | 地域   | pH  | EC   | NO <sub>3</sub> -N | NH <sub>4</sub> -N | P    | K    | Ca   | Mg   | Fe   | Mn   | Na   |
|-----|------|-----|------|--------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1   | 揖斐川町 | 7.8 | 0.13 | 0.06               | 0.00               | 0.00 | 0.02 | 0.41 | 0.29 | 0.05 | N.D. | 0.41 |
| 2   | 揖斐川町 | 7.7 | 0.14 | 0.10               | N.D.               | N.D. | 0.03 | 0.61 | 0.23 | 0.06 | N.D. | 0.16 |
| 3   | 揖斐川町 | 7.6 | 0.11 | 0.06               | N.D.               | N.D. | 0.03 | 0.47 | 0.13 | 0.06 | N.D. | 0.13 |
| 4   | 大野町  | 7.3 | 0.17 | 0.05               | 0.00               | N.D. | 0.04 | 0.71 | 0.40 | 0.06 | N.D. | 0.30 |
| 5   | 本巣市  | 6.8 | 0.14 | 0.61               | N.D.               | N.D. | 0.02 | 0.91 | 0.22 | N.D. | N.D. | 0.14 |
| 6   | 本巣市  | 6.8 | 0.15 | 0.09               | N.D.               | N.D. | 0.02 | 0.83 | 0.22 | N.D. | N.D. | 0.16 |
| 7   | 本巣市  | 6.8 | 0.18 | 0.12               | N.D.               | N.D. | 0.03 | 0.95 | 0.31 | N.D. | N.D. | 0.19 |
| 8   | 本巣市  | 6.8 | 0.15 | 0.07               | N.D.               | N.D. | 0.04 | 0.87 | 0.23 | N.D. | N.D. | 0.16 |
| 9   | 本巣市  | 6.8 | 0.17 | 0.12               | N.D.               | N.D. | 0.02 | 0.95 | 0.31 | N.D. | N.D. | 0.19 |
| 10  | 本巣市  | 6.8 | 0.18 | 0.12               | N.D.               | N.D. | 0.03 | 0.99 | 0.32 | N.D. | N.D. | 0.20 |
| 11  | 本巣市  | 7.0 | 0.17 | 0.12               | N.D.               | 0.00 | 0.02 | 0.89 | 0.33 | 0.06 | 0.01 | 0.20 |
| 12  | 本巣市  | 7.0 | 0.14 | 0.08               | 0.00               | 0.01 | 0.02 | 0.76 | 0.23 | 0.05 | N.D. | 0.16 |
| 13  | 本巣市  | 6.9 | 0.16 | 0.12               | N.D.               | 0.00 | 0.03 | 0.18 | 0.33 | 0.08 | N.D. | 0.19 |
| 14  | 岐阜市  | 6.6 | 0.20 | 0.22               | N.D.               | N.D. | 0.02 | 0.75 | 0.30 | 0.10 | 0.02 | 0.19 |
| 15  | 岐阜市  | 6.8 | 0.13 | 0.16               | 0.00               | 0.00 | 0.05 | 0.51 | 0.25 | 0.06 | 0.01 | 0.21 |
| 16  | 岐阜市  | 7.2 | 0.09 | N.D.               | 0.00               | 0.02 | 0.02 | 0.52 | 0.15 | 0.05 | 0.01 | 0.30 |
| 17  | 岐阜市  | 7.6 | 0.14 | 0.03               | 0.00               | 0.02 | 0.13 | 0.35 | 0.25 | 0.54 | 0.01 | 0.55 |
| 18  | 岐阜市  | 6.8 | 0.20 | 0.22               | 0.02               | 0.00 | 0.04 | 0.82 | 0.40 | 0.05 | 0.06 | 0.23 |
| 19  | 岐阜市  | 7.4 | 0.15 | 0.05               | N.D.               | 0.00 | 0.03 | 0.75 | 0.33 | 0.06 | N.D. | 0.22 |
| 20  | 岐阜市  | 6.7 | 0.20 | 0.25               | N.D.               | 0.00 | 0.03 | 0.96 | 0.38 | 0.06 | N.D. | 0.20 |
| 21  | 富加町  | 7.1 | 0.06 | 0.02               | N.D.               | N.D. | 0.03 | 0.21 | 0.05 | N.D. | N.D. | 0.14 |
| 22  | 富加町  | 7.7 | 0.07 | 0.02               | N.D.               | N.D. | 0.03 | 0.45 | 0.04 | 0.01 | N.D. | 0.16 |
| 23  | 富加町  | 7.9 | 0.07 | 0.02               | N.D.               | N.D. | 0.03 | 0.26 | 0.05 | N.D. | N.D. | 0.14 |
| 24  | 富加町  | 7.6 | 0.06 | 0.02               | N.D.               | N.D. | 0.03 | 0.28 | 0.06 | 0.01 | N.D. | 0.14 |
| 25  | 川辺町  | 7.1 | 0.06 | 0.03               | N.D.               | N.D. | 0.03 | 0.32 | 0.04 | N.D. | N.D. | 0.13 |
| 26  | 中津川市 | 5.7 | 0.25 | 0.70               | N.D.               | N.D. | 0.07 | 1.12 | 0.59 | N.D. | 0.10 | 0.19 |
| 27  | 羽島市  | 7.0 | 0.20 | N.D.               | 0.02               | 0.00 | 0.40 | 0.06 | 1.00 | N.D. | 0.27 | 0.55 |

表2 園試処方による設定EC濃度時の肥料成分濃度

単位 EC濃度 dS/m、肥料濃度 me/l)

| 設定EC濃度 | NO <sub>3</sub> -N | NH <sub>4</sub> -N | P    | K    | Ca   | Mg   |
|--------|--------------------|--------------------|------|------|------|------|
| 0.55   | 3.09               | 0.34               | 0.86 | 1.72 | 1.72 | 0.86 |
| 0.65   | 3.66               | 0.41               | 1.02 | 2.03 | 2.03 | 1.02 |
| 0.75   | 4.22               | 0.47               | 1.17 | 2.34 | 2.34 | 1.17 |

生産者ごとの原水の分析結果を示したものが表1である。pHは5.7～7.9まで幅があり、EC濃度は0.06～0.25dS/mまでであった。成分ではNO<sub>3</sub>-Nが検出限界以下か

ら0.70me/l、Kは0.02～0.4me/l、Caは0.06～1.12

me/l、Mg は 0.04 ～ 1.00me/l の分布がみられた。

岐阜県方式の収穫期間中の培養液濃度 0.65 及び 0.55dS/m の組成を園試処方では表 2 に例示した。原水に含まれる成分は NO<sub>3</sub>-N は培養液組成の 4 分の 1、K では 5 分の 1、Ca では 2 分の 1、Mg では原水で必要量が満たされるところがあることが明らかとなった。原水からの肥料成分については年間通じてほぼ一定と判断すれば、培養液循環栽培を行うには個々の生産者ごとに原水を考慮した単肥配合を示すことで大多数の生産者が可能であると判断される。

使用されている原水は岐阜市以西で Ca や Mg 濃度が高く、木曾川から導水している中濃地域（富加町、川辺町）は含まれる各成分の量が少ないことが特徴であった。一部の生産者ではある成分が特異的に多く含まれることが明らかとなった。

#### 生産者の排水の違い

培養液循環栽培において排水をリサイクルする場合、含まれる肥料成分の量が培養液作成に考慮すべき量まで含まれているか検討するため、掛け流し方式の生産者の排水を調査し、培養液循環栽培システムの構築の資とする。

#### [試験方法]

掛け流し方式で高設ベンチ栽培を行っている生産者の排水を平成 13 年 11 月に収集し、pH と EC、成分は NO<sub>3</sub>-N、NH<sub>4</sub>-N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Na を測定した。

#### [結果及び考察]

生産者ごとの排水の分析結果を示したものが表 3 である。このときの各生産者の培養液を表 4 に示す。表 3 と表 4 は順番に対応している。

表 3 排水の成分分析 (2001年 11月)

| 単位 EC濃度 dS/m、NO <sub>3</sub> -NからMg及びNa me/l、Fe及びMn ppm) |      |     |      |                    |                    |      |      |      |      |      |      |      |
|--|------|-----|------|--------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| No.  | 地域   | pH  | EC   | NO <sub>3</sub> -N | NH <sub>4</sub> -N | P    | K    | Ca   | Mg   | Fe   | Mn   | Na   |
| 1  | 揖斐川町 | 7.7 | 0.44 | 0.39               | 0.01               | 0.01 | 1.29 | 0.64 | 0.90 | 0.20 | 0.01 | 1.25 |
| 2  | 揖斐川町 | 6.7 | 0.24 | 0.11               | 0.01               | 0.02 | 0.68 | 0.13 | 0.46 | 2.69 | 0.01 | 0.42 |
| 3  | 揖斐川町 | 6.8 | 0.50 | 2.06               | 0.00               | 0.04 | 1.53 | 0.64 | 1.47 | 2.81 | 0.02 | 0.32 |
| 4  | 大野町  | 7.5 | 0.70 | 2.01               | 0.00               | 0.48 | 3.67 | 0.02 | 0.31 | 0.55 | 0.12 | 1.26 |
| 5  | 本巣市  | 7.2 | 0.37 | 0.27               | 0.00               | 0.09 | 2.25 | 0.02 | 0.04 | 0.65 | 0.07 | 0.69 |
| 6  | 本巣市  | 7.4 | 0.39 | 0.67               | 0.00               | 0.41 | 1.56 | 0.87 | 0.47 | 0.22 | 0.00 | 0.63 |
| 7  | 本巣市  | 7.9 | 0.48 | 0.59               | 0.00               | 0.14 | 1.08 | 2.28 | 0.73 | 0.61 | 0.00 | 0.42 |
| 8  | 本巣市  | 8.9 | 0.68 | 2.10               | 0.00               | 0.46 | 3.47 | 0.74 | 1.12 | 0.06 | 0.01 | 1.07 |
| 9  | 本巣市  | 8.3 | 0.52 | 0.78               | 0.00               | 0.26 | 1.92 | 2.01 | 0.82 | 0.87 | 0.00 | 0.43 |
| 10   | 本巣市  | 7.8 | 0.58 | 1.83               | 0.00               | 0.60 | 2.14 | 2.35 | 0.98 | 0.83 | 0.00 | 0.30 |
| 11   | 本巣市  | 7.9 | 0.47 | 0.60               | 0.01               | 0.17 | 1.25 | 1.84 | 0.89 | 0.76 | 0.01 | 0.48 |
| 12   | 本巣市  | 7.7 | 0.52 | 0.51               | 0.02               | 0.82 | 3.58 | 0.02 | 0.05 | 0.33 | 0.05 | 0.99 |
| 13   | 本巣市  | 7.8 | 0.61 | 1.36               | 0.01               | 0.28 | 1.92 | 2.38 | 1.22 | 1.12 | 0.00 | 0.56 |
| 14   | 岐阜市  | 7.5 | 0.56 | 0.46               | 0.00               | 0.21 | 2.69 | 0.05 | 0.45 | 0.03 | 0.03 | 1.40 |
| 15   | 岐阜市  | 7.4 | 0.29 | 0.70               | 0.00               | 0.07 | 1.71 | 0.02 | 0.14 | 0.25 | 0.04 | 0.58 |
| 16   | 岐阜市  | 7.3 | 0.24 | 0.77               | 0.00               | 0.04 | 1.32 | 0.02 | 0.03 | 0.67 | 0.32 | 1.05 |
| 17   | 岐阜市  | 7.3 | 0.43 | 1.19               | 0.00               | 0.23 | 2.29 | 0.02 | 0.17 | 0.46 | 0.11 | 1.29 |
| 18   | 岐阜市  | 7.3 | 0.39 | 0.34               | 0.01               | 0.05 | 2.17 | 0.08 | 0.36 | 0.08 | 0.00 | 1.07 |
| 19   | 岐阜市  | 7.6 | 0.41 | 0.65               | 0.00               | 0.21 | 2.66 | 0.01 | 0.03 | 0.29 | 0.06 | 1.03 |
| 20   | 岐阜市  | 7.5 | 0.51 | 1.01               | 0.00               | 0.19 | 1.11 | 2.41 | 0.53 | 0.81 | 0.00 | 0.69 |
| 21   | 富加町  | 7.3 | 0.50 | 2.08               | 0.11               | 0.43 | 2.97 | 0.40 | 0.45 | 1.05 | 0.35 | 0.50 |
| 22   | 富加町  | 9.0 | 0.88 | 4.17               | 0.03               | 0.19 | 4.32 | 1.93 | 1.63 | 0.51 | 0.02 | 0.61 |
| 23   | 富加町  | 8.2 | 0.41 | 0.79               | 0.00               | 0.00 | 2.31 | 0.31 | 0.40 | 0.54 | 0.02 | 0.69 |
| 24   | 富加町  | 7.6 | 0.53 | 1.92               | 0.00               | 0.15 | 3.29 | 0.14 | 0.47 | 0.47 | 0.00 | 0.58 |
| 25   | 川辺町  | 7.4 | 0.43 | 0.16               | 0.03               | 0.01 | 1.13 | 2.00 | 0.55 | 1.96 | 0.00 | 0.49 |
| 26   | 中津川市 | 5.8 | 0.56 | 0.17               | 0.01               | 0.01 | 2.29 | 0.40 | 1.12 | 1.35 | 0.00 | 1.04 |
| 27   | 羽島市  | 6.9 | 0.39 | 0.60               | 0.00               | 1.92 | 2.26 | 0.02 | 0.04 | 1.57 | 0.10 | 0.93 |

表 4 培養液の成分分析 (2001年 11月)

| 単位 EC濃度 dS/m、NO <sub>3</sub> -NからMg及びNa me/l、Fe及びMn ppm) |      |     |      |                    |                    |      |      |      |      |      |      |      |
|--|------|-----|------|--------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| No.  | 地域   | pH  | EC   | NO <sub>3</sub> -N | NH <sub>4</sub> -N | P    | K    | Ca   | Mg   | Fe   | Mn   | Na   |
| 1  | 揖斐川町 | 6.1 | 0.86 | 4.40               | 0.05               | 1.31 | 2.76 | 2.48 | 1.21 | 1.55 | 0.92 | 0.49 |
| 2  | 揖斐川町 | 6.6 | 0.76 | 3.97               | 0.38               | 1.43 | 2.48 | 1.94 | 1.20 | 0.90 | 0.24 | 0.22 |
| 3  | 揖斐川町 | 6.9 | 0.79 | 3.93               | 0.61               | 1.22 | 2.67 | 1.91 | 1.11 | 0.73 | 1.29 | 0.20 |
| 4  | 大野町  | 7.3 | 0.88 | 3.90               | 0.68               | 1.79 | 3.06 | 1.70 | 1.56 | 1.14 | 1.29 | 0.36 |
| 5  | 本巣市  | 6.6 | 0.69 | 2.35               | 0.67               | 1.39 | 2.70 | 0.89 | 1.37 | 1.68 | 0.65 | 0.20 |
| 6  | 本巣市  | 6.0 | 0.66 | 2.91               | 0.29               | 1.48 | 1.90 | 1.69 | 1.01 | 0.48 | 0.31 | 0.21 |
| 7  | 本巣市  | 6.5 | 0.59 | 2.60               | 0.20               | 0.83 | 1.63 | 2.36 | 0.94 | 0.51 | 0.21 | 0.21 |
| 8  | 本巣市  | 6.7 | 0.71 | 3.43               | 0.41               | 1.25 | 0.76 | 2.79 | 1.25 | 0.49 | 0.23 | 0.21 |
| 9  | 本巣市  | 6.5 | 0.68 | 2.97               | 0.27               | 1.20 | 2.08 | 1.96 | 1.25 | 0.93 | 0.31 | 0.22 |
| 10   | 本巣市  | 6.6 | 0.69 | 3.00               | 0.30               | 1.13 | 2.03 | 2.21 | 1.15 | 0.76 | 0.31 | 0.20 |
| 11   | 本巣市  | 6.6 | 0.59 | 2.97               | 0.01               | 1.13 | 1.96 | 2.05 | 1.06 | 1.04 | 0.28 | 0.20 |
| 12   | 本巣市  | 6.6 | 0.75 | 3.60               | 0.37               | 1.58 | 2.46 | 2.10 | 1.66 | 0.78 | 0.11 | 0.19 |
| 13   | 本巣市  | 6.2 | 0.71 | 4.26               | 0.12               | 1.59 | 2.72 | 2.51 | 1.43 | 1.66 | 0.49 | 0.22 |
| 14   | 岐阜市  | 6.2 | 0.68 | 3.39               | 0.37               | 1.48 | 2.24 | 1.39 | 1.35 | 0.99 | 0.74 | 0.24 |
| 15   | 岐阜市  | 6.6 | 0.69 | 3.69               | 0.26               | 1.17 | 2.24 | 2.15 | 1.00 | 0.99 | 1.07 | 0.25 |
| 16   | 岐阜市  | 7.6 | 0.55 | 2.75               | 0.40               | 1.09 | 1.78 | 1.83 | 0.74 | 0.61 | 0.89 | 0.24 |
| 17   | 岐阜市  | 7.0 | 0.76 | 3.79               | 0.19               | 1.46 | 2.61 | 1.86 | 1.22 | 1.16 | 1.25 | 0.64 |
| 18   | 岐阜市  | 6.5 | 0.72 | 3.39               | 0.12               | 1.23 | 2.33 | 2.15 | 1.27 | 0.82 | 1.17 | 0.27 |
| 19   | 岐阜市  | 6.8 | 0.76 | 4.00               | 0.30               | 1.56 | 3.00 | 1.99 | 1.43 | 1.09 | 1.52 | 0.26 |
| 20   | 岐阜市  | 6.6 | 0.77 | 4.23               | 0.13               | 1.58 | 2.49 | 2.88 | 1.31 | 0.91 | 0.50 | 0.26 |
| 21   | 富加町  | 6.7 | 0.70 | 3.68               | 0.62               | 1.33 | 2.62 | 1.58 | 0.87 | 1.23 | 1.36 | 0.19 |
| 22   | 富加町  | 5.9 | 0.73 | 3.85               | 0.50               | 1.20 | 2.65 | 2.15 | 0.95 | 0.78 | 1.20 | 0.19 |
| 23   | 富加町  | 6.2 | 0.75 | 4.03               | 0.60               | 1.23 | 2.47 | 2.10 | 0.99 | 1.08 | 1.20 | 0.20 |
| 24   | 富加町  | 4.4 | 0.75 | 4.16               | 0.44               | 1.38 | 2.85 | 1.83 | 1.22 | 1.49 | 0.40 | 0.20 |
| 25   | 川辺町  | 3.3 | 0.98 | 4.21               | 0.45               | 3.74 | 2.94 | 1.94 | 1.22 | 1.72 | 0.42 | 0.19 |
| 26   | 中津川市 | 5.7 | 0.78 | 3.08               | 0.61               | 1.53 | 2.58 | 1.74 | 1.67 | 1.53 | 1.21 | 0.23 |
| 27   | 羽島市  | 6.1 | 0.98 | 4.48               | 0.63               | 4.62 | 3.18 | 1.93 | 1.67 | 2.11 | 1.72 | 0.62 |

排水については、pH は 5.8 ～ 9.0 まで幅があり、EC 濃度は 0.24 ～ 0.88dS/m までであった。成分では NO<sub>3</sub>-N が 0.11 ～ 4.17me/l、P は検出限界以下から 1.92me/l、K は 0.68 ～ 4.32me/l、Ca は 0.01 ～ 2.35me/l、Mg は

0.03～1.63me/l、Feは0.08～2.81ppm、Mnは検出限界以下から0.35ppm、Naは0.30～1.40me/lの分布がみられた。

さらに、生産者ごとの排液の各成分のバランスは一様ではない。たとえば、No.7、11、19及び27の生産者はNO<sub>3</sub>-Nが0.6me/l程度であるが、Pは0.14、0.17、0.21及び1.92me/l、Kは1.08、1.25、2.66及び2.26me/l、Caは2.28、1.84、0.01及び0.02me/l、Mgは0.73、0.89、0.03及び0.04me/lとバラツキがみられる。No.17と20の生産者はNO<sub>3</sub>-Nが1me/l程度であるが、Kは2.3と1.1me/l、Caは0.02と2.4me/l、Mgは0.17と0.53me/lと大きく違っている。また、No.3、4、8、21及び24の生産者はNO<sub>3</sub>-Nが2me/l程度であるが、Pは0.04、0.48、0.46、0.43及び0.15me/l、Kは1.54、3.67、3.47、2.97及び3.29me/l、Caは0.64、0.02、0.74、0.40及び0.14me/l、Mgは1.47、0.31、1.12、0.45及び0.47me/lのごとくである。

排液の濃度は、排液量を給液量で除した排液率に大きく影響される。排液率が低い場合、排液量が少なく肥料成分は濃縮され、濃度が濃くなる。排液率が高い場合は培養液濃度に近くなる。表3の結果は排液率を考慮していないのでリサイクルした場合の影響は不確かであり、また、培養液濃度も生産者によって異なることから結果は一概には言えないものの、同じ生育時期に生産者によって排液の濃度に大きな差がみられ、排液の肥料成分のバランスが一様でないことは、培養液循環を行う上で理想的な肥料バランスを何れの生産者も維持することは容易でないことを覗かせ、可能な限り、原水とリサイクルする排液の濃度を生産者間で同じにし、肥料バランスにおいても可能な成分だけでも齊一にすることで培養液循環の管理を簡易にするシステムが必要性であると判断された。

## 培養液循環栽培での肥料組成の推移及び栽培経過

### 〔試験方法〕

図1に示した培養液循環ユニットを取り付けた高設ベンチ栽培システムの循環培養液と掛け流し培養液の1作期を通じた肥料組成の推移を比較検討した。

生育、収量及び果実品質を検討する栽培試験は、品種「濃姫」を供試した。作型はポット栽培による促成栽培で、定植は平成15年8月20日、培養液給液開始9月25日、保温開始10月20日、加温開始11月10日、炭酸ガス施用11月15日～3月10日、電照2～4時間11月15日～2月28日、培養液循環期間9月26日～5月31日とした。

### 〔結果及び考察〕

## (1) 培養液のpH、EC濃度及び各肥料成分濃度の推移

循環培養液と掛け流し方式の培養液のpHとEC濃度の推移を図2、3に示す。また各成分について図4から図14に示す。

pHでは両培養液ともほぼ同じ推移を示し、EC濃度では循環培養液が0.1～0.2dS/m高く推移した。NO<sub>3</sub>-Nは10月下旬頃と1月に循環培養液がやや低くなったが、概ね同様の推移を示し、Kは11月と4月以降に循環培養液がやや高く推移した。またZnは循環培養液がやや高く、2月以降蓄積が見られたが、生育には過剰等の障害はみられなかった。当初から培養液組成としてやや高かったと考えられる。Naは循環培養液が明らかに高く、掛け流し培養液の0.3me/lに対し、4月までは1～1.5me/l程度で推移し、作期を通じて濃縮されることはなかった。その他の成分P、Ca、Mg、Fe、Mn及びCuは、掛け流し培養液と同様の推移であった。システム中の各部位での肥料濃度の詳細については次報で報告するが、結果として循環培養液が掛け流し培養液とほぼ同等に推移することが可能であった。

## (2) 生育、収量及び果実品質

生育は同等に推移したが、5月では培養液循環栽培がやや劣る傾向であった(表5)。

時期別収量は培養液循環で1月と4月にやや少なくなったが他の月は多く、年内収量、3月までの収量は培養液循環で多く、5月までの合計可販収量も500kg/10a多くなった(表6)。

規格別収量では秀品率が培養液循環で高く、L以上率もやや優ったが大玉率はやや劣り(表7)、月別の平均加重では3月までは同等であったが、4月以降は培養液循環でやや小さくなった(表8)。

果実品質は2月から5月まで7回測定した(表9)。糖度は培養液循環が高く推移した。酸度もやや高めに推移し、糖酸比は7回平均で同じであった。アスコルビン酸は3月中旬までは同等で、それ以降は培養液循環が高く推移した。果実硬度は4月まで同等に推移し、5月では培養液循環がやや硬い結果となった。果色は同等であった。

培養液循環栽培において、収量及び果実品質ともに掛け流し栽培と同等以上の結果が得られた。

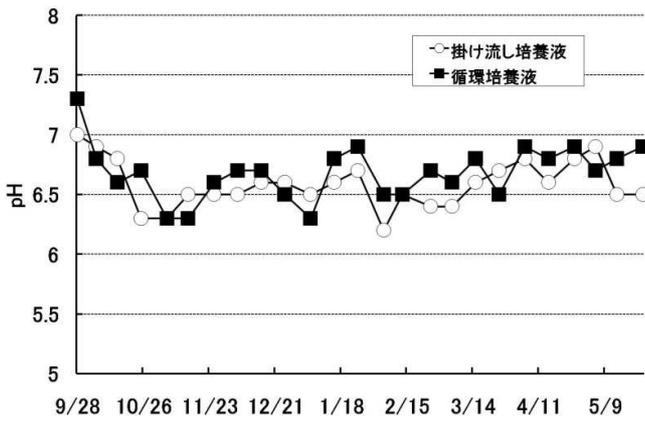


図2 pHの推移

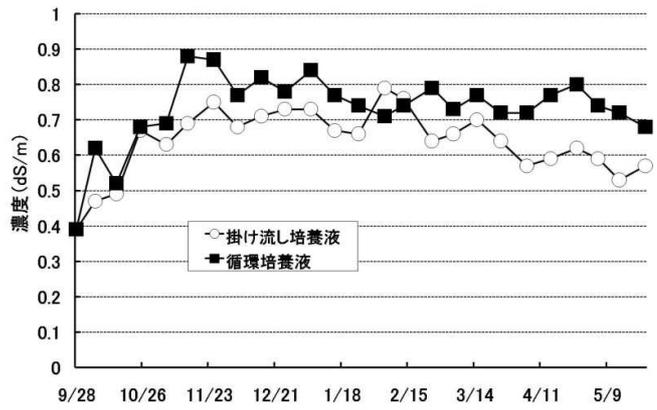


図3 EC濃度の推移

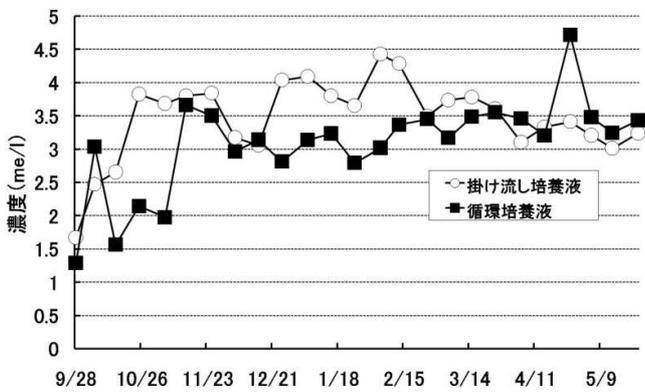


図4 NO<sub>3</sub>-Nの推移

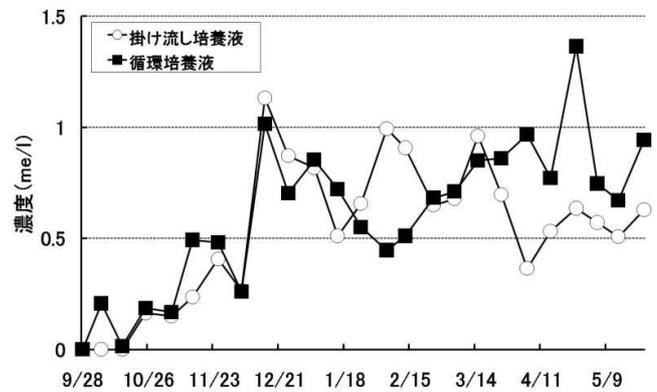


図5 NH<sub>4</sub>-Nの推移

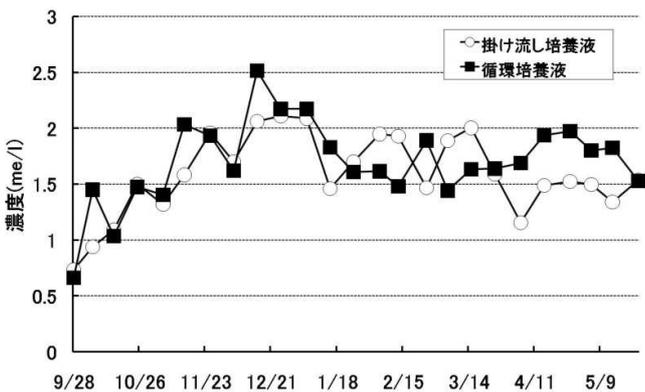


図6 Pの推移

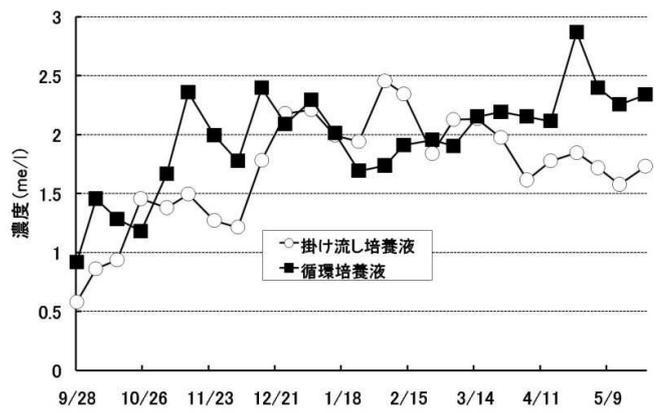


図7 Kの推移

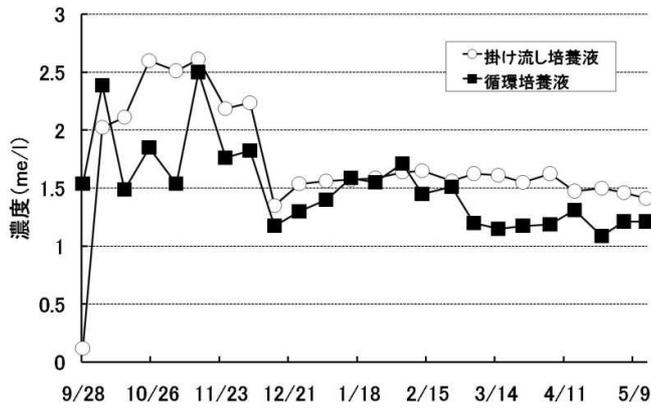


図8 Caの推移

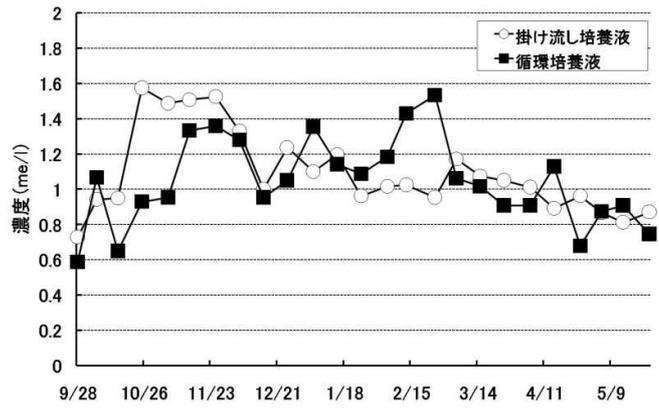


図9 Mgの推移

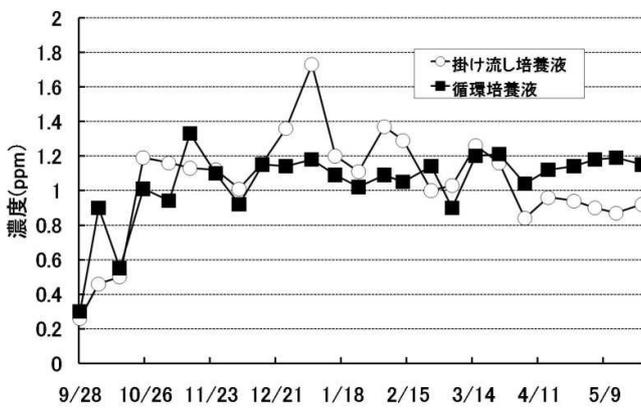


図10 Feの推移

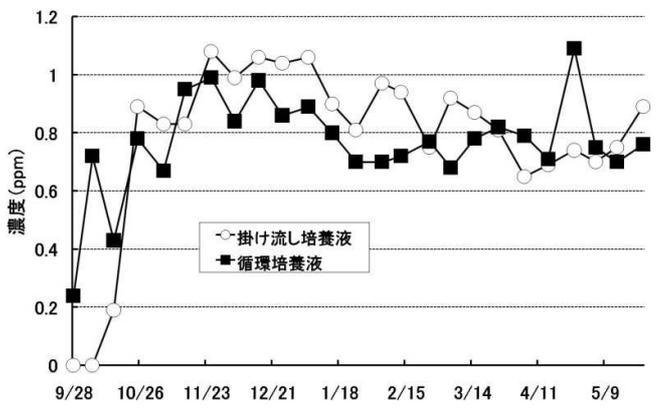


図11 Mnの推移

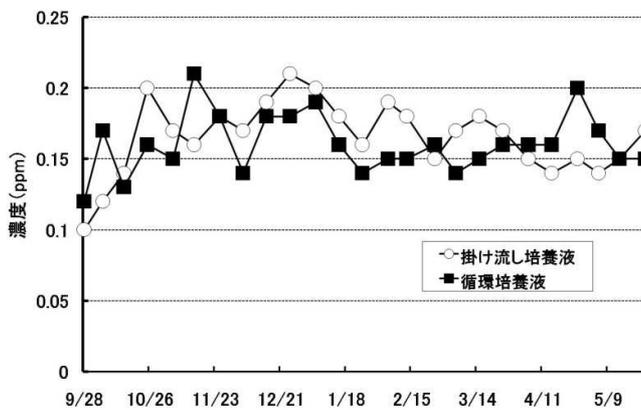


図12 Cuの推移



図13 Znの推移



図14 Naの推移

表5 収穫終期の生育 (2004年5月27日)

| 試験区   | 株張   | 草高   | 草丈   | 小葉縦  | 小葉横 | 果梗長  | 葉数   | 葉色   | 収穫始期   |
|-------|------|------|------|------|-----|------|------|------|--------|
|       | cm   | cm   | cm   | cm   | cm  | cm   | 枚    |      |        |
| 培養液循環 | 39.7 | 35.1 | 38.0 | 9.8  | 6.3 | 30.5 | 26.0 | 38.5 | 12月8日  |
| 掛け流し  | 44.2 | 39.9 | 44.1 | 11.3 | 7.5 | 36.6 | 22.7 | 38.5 | 12月15日 |

表6 時期別可販収量 単位 kg/10a. 2003年12月~2004年5月)

| 試験区   | 12月   | 1月    | 2月  | 3月    | 4月    | 5月    | 年内収量  | 1-3月  | 4-5月  | 可販収量  |
|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 培養液循環 | 1,129 | 992   | 865 | 1,774 | 1,234 | 1,178 | 1,129 | 3,627 | 2,412 | 7,172 |
| 掛け流し  | 930   | 1,022 | 758 | 1,428 | 1,400 | 1,133 | 930   | 3,208 | 2,533 | 6,671 |

表7 規格別可販収量 単位 収量 kg/10a. 率 % 2003年12月~2004年5月)

| 試験区   | 3L  | 2L  | L     | M     | S   | 2S  | A     | B   | 格外  | 病果 | 総収量   | 秀品率  | L以上率 | 大玉率  |
|-------|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-------|-----|-----|----|-------|------|------|------|
| 培養液循環 | 621 | 771 | 1,328 | 1,493 | 921 | 248 | 1,502 | 288 | 389 | 16 | 7,577 | 75.1 | 37.9 | 58.9 |
| 掛け流し  | 423 | 803 | 1,135 | 1,419 | 735 | 80  | 1,658 | 418 | 530 | 48 | 7,249 | 68.9 | 35.4 | 60.2 |

表8 月別平均加重 単位 g/個 2003年12月~2004年5月)

| 試験区   | 12月  | 1月   | 2月   | 3月   | 4月   | 5月   | 全期間平均果重 |
|-------|------|------|------|------|------|------|---------|
| 培養液循環 | 27.4 | 20.1 | 17.3 | 17.5 | 12.3 | 9.4  | 15.3    |
| 掛け流し  | 29.3 | 15.8 | 16.2 | 17.0 | 13.4 | 11.7 | 15.6    |

表9 培養液循環方式と掛け流し方式の果実品質 (2004年2月~5月)

| 試験区   | 調査日   | 糖度 % | 酸度 % | 糖酸比  | アスコルビン酸 ppm | 果実硬度 cN/3mm | 果色   |      |      |
|-------|-------|------|------|------|-------------|-------------|------|------|------|
|       |       |      |      |      |             |             | L    | a    | b    |
| 培養液循環 | 2月2日  | 9.7  | 0.70 | 13.8 | 696         | 230         | 41.5 | 41.8 | 24.9 |
|       | 3月3日  | 9.1  | 0.65 | 14.1 | 579         | 305         | 43.0 | 40.7 | 27.8 |
|       | 3月15日 | 9.5  | 0.65 | 14.6 | 636         | 301         | 43.6 | 41.4 | 28.6 |
|       | 3月29日 | 9.8  | 0.65 | 15.0 | 707         | 260         | 43.0 | 41.2 | 28.6 |
|       | 4月26日 | 9.7  | 0.89 | 10.8 | 786         | 297         | 41.2 | 40.1 | 26.0 |
|       | 5月10日 | 9.1  | 0.89 | 10.2 | 801         | 249         | 44.7 | 39.4 | 28.9 |
|       | 5月24日 | 9.2  | 0.81 | 11.3 | 626         | 212         | 42.8 | 38.7 | 27.0 |
| 平均    |       | 9.4  | 0.75 | 12.5 | 690         | 265         | 42.8 | 40.5 | 27.4 |
| 掛け流し  | 2月2日  | 9.2  | 0.66 | 15.9 | 702         | 239         | 43.0 | 40.0 | 27.3 |
|       | 3月3日  | 9.0  | 0.68 | 13.1 | 567         | 295         | 43.0 | 38.6 | 27.8 |
|       | 3月15日 | 9.1  | 0.66 | 13.8 | 651         | 272         | 44.7 | 38.5 | 29.5 |
|       | 3月29日 | 9.0  | 0.59 | 15.3 | 584         | 249         | 44.0 | 38.9 | 30.8 |
|       | 4月26日 | 9.0  | 0.80 | 11.2 | 600         | 250         | 43.1 | 40.3 | 30.9 |
|       | 5月10日 | 8.5  | 0.80 | 10.6 | 711         | 198         | 43.7 | 40.6 | 29.0 |
|       | 5月24日 | 8.8  | 0.78 | 11.3 | 570         | 176         | 42.3 | 38.8 | 26.6 |
| 平均    |       | 8.9  | 0.71 | 12.5 | 626         | 240         | 43.4 | 39.4 | 28.8 |

表10 芝葉片設置による培養液中の糸状菌の有無 (1998年)

| 試験区     | 設置場所    | 調査日   |        |          |
|---------|---------|-------|--------|----------|
|         |         | 8月10日 | 8月25日  | 9月10日    |
| 除菌フィルター | 栽培槽排液出口 | -     | -      | -        |
|         | 培養液タンク  | -     | -      | -        |
| 対照      | 栽培槽排液出口 | + (卵) | + (菌糸) | + (卵、菌糸) |
|         | 培養液タンク  | -     | -      | -        |

- :糸状菌の観察なし + :糸状菌の観察あり  
 (卵) :葉片上に卵胞子または胞子のうを観察、(菌糸) :葉片上に菌糸

表11 使用済みフィルターの糸状菌捕捉状況 1998

| フィルター径 | 調査箇所 | 糸状菌量 (cfu/m <sup>2</sup> ) |                       |
|--------|------|----------------------------|-----------------------|
|        |      | PSA培地                      | VP2培地                 |
| 25μm   | A    | 6.5 × 10 <sup>3</sup>      | 6.3 × 10 <sup>2</sup> |
|        | B    | 4.8 × 10 <sup>3</sup>      | 7.0 × 10 <sup>2</sup> |
| 5μm    | A    | 3.0 × 10 <sup>2</sup>      | 1.0 × 10 <sup>2</sup> |
|        | B    | 1.3 × 10 <sup>2</sup>      | <10 <sup>2</sup>      |
| 1μm    | A    | <10 <sup>2</sup>           | <10 <sup>2</sup>      |
|        | B    | <10 <sup>2</sup>           | <10 <sup>2</sup>      |

A :フィルター容器内培養液  
 B :フィルターを500mlの滅菌水で浸とう洗浄液  
 PSA培地 :疫病菌及びピシウム菌以外の菌量を示す  
 VP2培地 :疫病菌及びピシウム菌の菌量を示す

## 除菌フィルターの効果

### 〔試験方法〕

本システムには、処理槽と循環原水タンクの間にごミの除去と1  $\mu\text{m}$ 以上の大きさの糸状菌の孢子や菌糸を止める目的でフィルターを装着した。フィルターによる除菌効果確認試験は平成10年6月22日に定植した栽培において、培養液循環栽培でフィルターの装着の有無で比較した。培養液中の糸状菌の有無は芝葉片設置による捕捉で行い、使用済みフィルターは容器内の培養液中の糸状菌の確認とフィルターを500mlの滅菌水で振とうした洗浄液中の糸状菌量を確認した。

### 〔結果及び考察〕

栽培時の除菌システム有無の比較を表10に、また使用済みフィルターの糸状菌捕捉状況を表11に示す。平成10年6月22日に定植し、栽培期間中の8月10日～9月10日の調査で、除菌システム使用では排液集液口及び培養液循環タンクともに菌糸や卵孢子、孢子のうが検出限界以下であった。対照の未使用では排液集液口で菌糸や卵孢子、孢子のうが検出されたが、培養液循環タンク内では検出限界以下であった。

使用済みフィルターの糸状菌捕捉状況を確認したところ、1  $\mu\text{m}$  フィルターの保護のためのゴミ除去用の25  $\mu\text{m}$  フィルターでは容器内培養液とフィルターともに疫病菌、ピシウム菌及びそれ以外の糸状菌が検出され、25  $\mu\text{m}$  フィルターでは糸状菌は防ぐことができていない。同様に5  $\mu\text{m}$  フィルターでは容器内培養液に糸状菌を確認し、フィルターでは疫病及びピシウム菌が検出限界以下であり、その他糸状菌は検出された。1  $\mu\text{m}$  フィルターでは容器内培養液及びフィルターともに何れの糸状菌も検出限界以下で、フィルターによる除菌効果が確認された。

### 総合考察

イチゴの養液栽培である高設ベンチ栽培は、培養液の掛け流し方式が一般的である。掛け流し方式では、栽培系外に排液を排出する時に、排液に含まれる肥料成分を可能なかぎり除去して排出するようにハウスの横の水田等にビオトープを作製して浄化してから河川に流すようなことも行われている。筆者らは、さらに環境負荷を少なくするため、当センターで開発した「岐阜県方式」<sup>12)</sup>において、培養液を循環して栽培系外へ肥料を排出しないシステムを考案した。

本システムは、培養液循環栽培を行っても肥料バランスが崩れないこと、病害が培養液によって拡散しないシステムを目標とした。イチゴの培養液は他の品目に比べ濃度が低い。特に「岐阜県方式」では濃度を低く、生育や時期に

応じた少量多回数の給液方式としている。そのため、地下水を原水とした場合や排液をリサイクルする循環培養液では含まれる肥料成分の影響を受けやすい。また、排液の肥料成分の濃度、バランスも生産者によって大きく異なることを確認した。さらに、生育ステージや時期によってイチゴの吸肥特性が変わるのではないかと考えた。こうした状況で単肥配合で個々に対応することや生育ステージや時期によって培養液組成を変えることは煩雑である。生産者に成分の分析をしてもらい肥料組成をその時々で生産者が考えていくことも困難なことであろうと考えた。リサイクルされる肥料成分のうち、いくつかでも生産者間で齊一にできれば、培養液管理は少しでも楽になると思われた。そのため、排液に含まれる肥料成分を吸収あるいは吸着して齊一にするシステムとした。肥料を吸収あるいは吸着して肥料を使い切ることをしない本方法は、肥料成分の完全なリサイクルという観点に対して不合理であることを理解しながらも、肥料の利用効率を高めながら培養液循環の簡易な管理方策をとりあえずは優先し、今後肥料の有効利用を求めることとした。

培養液については図2から図15に示すように、掛け流し方式の設定した濃度が常に保たれる培養液と本方式の循環培養液の濃度はpH、EC濃度及び比較検討した肥料の成分でほぼ同様に推移させることが可能であった。また、生育、収量及び果実品質でも同等な結果を得ることに成功した。

培養液の除菌については、糸状菌を対象として平成10年に検討したフィルターを装着した。岐阜県においてはイチゴの細菌による病害の事例がないことから、疫病、ピシウム菌による根腐病、萎黄病や炭そ病等の糸状菌を対象とした。トマト等の細菌による重要な病害がある作目では本方式では除菌は困難である。本研究は1,200株の規模で平成13年から15年に行ったものであり、平成20年まで8作栽培を行っているが、培養液を介した病害の伝染は見られていない。毎年、定植後に育苗時の感染とみられる萎黄病が数株で発生し、植え代えているが、発病はそれに限られている。8作とも安定した生育、収量を得ており、「岐阜県方式」の培養液循環栽培として確立していると判断している。

イチゴの生育ステージによる肥料成分別の吸肥特性、培養液の肥料バランスを維持させるための生育ステージ及び時期別の培養液組成、ならびに本システムの培養液、排液、クレソン栽培槽、活性炭処理槽及び循環原水等の主要な部位での肥料成分の推移については第2報で詳細に報告したい。

イチゴの高設ベンチ栽培「岐阜県方式」は全農岐阜県本

部他で販売されており、培養液循環システムはオプションメニューとして設定されている。

#### 引用文献

- 1) 越川ら(2000) イチゴの高設ベンチ栽培システム「岐阜県方式」の開発 岐阜農技研研報 1:1~8
- 2) 越川ら(2002) イチゴの高設ベンチ栽培システム「岐阜県方式」の開発(第2報) 岐阜農技研研報 2:1~11

#### ABSTRACT

We developed the solution-recycling unit on the bench culture “Gifu method” for the strawberry production. This system has the processing tank to reduce influence of the manure ingredients included in groundwater and drained nutrient solution. In addition, it has a disinfection device removing fungi. The manure balance of the nutrient solution was maintained during the cultivation period by this unit. As a result, the growth, the yield and the fruit quality were equal with the open bench culture “Gifu method”. We can set this unit up in a conventional “Gifu method” and perform eco-friendly hydroculture.

#### KEYWORDS

Strawberry , Bench culture , Hydroculture , Circular nutrient solution , Gifu method