

## 不織布ポットを利用した高設栽培における菌根菌共生イチゴの収量性

李 又紅<sup>1,3</sup>・佐々大輔<sup>1</sup>・松原陽一<sup>1\*</sup>・越川兼行<sup>2</sup><sup>1</sup> 岐阜大学応用生物科学部 501-1193 岐阜市柳戸 1-1<sup>2</sup> 岐阜県農業技術センター 501-1152 岐阜市又丸 729-1<sup>3</sup> 中南林業科学技術大学 410004 中国長沙市

## Yield in Mycorrhizal Strawberry Plants by Elevated Bench Culture Using Fabric Pots

Li Youhong<sup>1,3</sup>, Daisuke Sassa<sup>1</sup>, Yoh-ichi Matsubara<sup>1\*</sup> and Kaneyuki Koshikawa<sup>2</sup><sup>1</sup>Faculty of Applied Biological Sciences, Gifu University, Gifu 501-1193<sup>2</sup>Gifu Prefectural Agricultural Technology Center, Gifu 501-1152<sup>3</sup>Central South Forestry University, Changsha 410004, China

## Abstract

The yield in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch., 'Nohime') plants inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi (*Gigaspora margarita*, *Glomus mosseae*, *Gl. aggregatum*) were investigated by elevated bench culture using fabric pots. Mycorrhizal plants accumulated more dry weight in the shoots and roots than non-mycorrhizal plants 10 weeks after inoculation; there were no differences by fungal species. The level of mycorrhizal colonization in roots differed with the fungal species; *Glomus mosseae* showed the highest level. As for fluctuations in yield, mycorrhizal plants produced more large fruit (3L, 2L) in apical and axillary fruit bunches than non-mycorrhizal plants. Total yield was greater in mycorrhizal plants than in non-mycorrhizal plants, regardless of the fungal species; this increase was mainly the result of large fruits from mycorrhizal plants. These findings suggest that mycorrhizal strawberry plants showed higher potential yield in elevated bench culture using fabric pots.

**Key Words** : arbuscular mycorrhizal fungi, fabric pot culture, growth promotion, symbiosis

**キーワード** : アーバスキュラー菌根菌, 不織布ポット栽培, 共生, 植物体生長促進

## 緒 言

イチゴの促成栽培では、近年、作業性の改善、病害回避の面から高設栽培が普及しており、産地に適した養液栽培システムが開発され普及に移されている(池田, 2008; 沖村, 2006; 田中, 2001)。イチゴの栽培体系は主に定植後の栽培方法の違いにより数種に分類されるが、栽培面では共通して育苗が重要な期間となっている。すなわち、幼苗期に形成される各種の素質はその後の生育、収量および収穫物の品質に大きな影響を及ぼすことから、生産性の高い苗を短期間、低コストで養成する方法が重要となっている(植松, 1996)。一方、イチゴの高設栽培では、低コスト、収量増大、果実品質向上、軽労・省力化による収益性の向上と安定化が継続的課題となっている(沖村, 2006; 田中, 2001)。

Arbuscular 菌根菌(以下、菌根菌)は糸状菌の一種で、植物の根に感染し、感染した植物根の皮層細胞内に樹枝状体(arbuscule)や嚢状体(vesicle)と呼ばれる特殊な共生器官

を形成する。菌根菌は樹枝状体を通じて植物から有機物を受け取る一方、外生菌糸より主にリンを主とする無機養分を土壌から吸収し、宿主に供給することにより宿主の生長促進効果をもたらしている(Marshner・Dell, 1994)。イチゴにおいては、菌根菌接種による生長促進効果(Chavez・Cerrato, 1990; Plenchette ら, 1982; Varma・Schuepp, 1994; Vestberg, 1992)、疫病耐性(Mark・Cassells, 1996)、萎黄病および炭疽病耐性(Li ら, 2006; Matsubara ら, 2004b)、高温ストレス耐性(Matsubara ら, 2004a)などが報告されている。しかし、高設栽培における収量性に及ぼす菌根菌接種効果については明らかにされていない。一方、ポットを利用した高設栽培では、移植時の労力削減、移植に関わる資材コストの削減を図れる可能性があるが、収量性が課題となる。これらのことから、作業性において優位性が高いポット利用の高設栽培において、菌根菌による収量性の改善を図れる可能性が考えられる。本研究では、菌根菌共生イチゴ苗の不織布ポットを利用した高設栽培における収量性について調査を行った。

2008年7月4日 受付. 2008年10月2日 受理.

本報告の一部は平成16年度園芸学会秋季大会で発表した。

\* Corresponding author. E-mail: ymatsu@gifu-u.ac.jp

## 材料および方法

イチゴ (*Fragaria × ananassa* Duch., '濃姫') のランナー

**Table 1** Fertilization in strawberry bench culture<sup>2</sup>.

Nutrient	Preharvest period (me · L <sup>-1</sup> )	Harvest period (me · L <sup>-1</sup> )
N	12.0	11.0
P	5.5	4.5
K	3.5	4.0
Ca	6.5	3.0
Mg	3.5	2.0

<sup>2</sup> Fertilization was carried out 5–9 times per a day. EC was adjusted to 0.4–0.65 mS · cm<sup>-1</sup> during the cultivation period.

採苗時に、arbuscular mycorrhizal fungi (以下、菌根菌) の 3 菌種 *Gigaspora margarita* (以後 GM と略; セントラル硝子 (株) より分譲), *Glomus mosseae* (Gm; 出光興産 (株)), *Gl. aggregatum* (Ga; 大阪ガス (株)) の孢子接種物を Matsubara ら (2004a) の方法に従って接種した。育苗にはオートクレーブ (121°C, 1.2 kg · cm<sup>-2</sup>, 1 h) したヤシガラ単体培地 (カネコ種苗 (株)) および不織布ポット 4 号を用い、岐阜県農業技術センターハウス内における底面給水型高設ベンチにて鉢受け 2 週間後にランナー切断し、施肥 (肥効調節型肥料 (N:P:K = 13:11:13), ポット当たり 1 g, チッソ旭肥料 (株)) を行った。また、9 月上旬にポットの状態で岐阜県農業技術センターハウス内における高設栽培ベンチでの栽培を開始した (第 1 図)。各処理区とも 23 ~ 28 株を供試し、それぞれ 2 反復設定した。高設ベンチでの施肥管理については、第 1 表に示した溶液を点滴法により行った。また、高設ベンチでの栽培開始時 (菌根菌接種 10 週間後) に、植物体乾物重、根組織内における菌根菌感染状態の調査を行った。なお、菌根菌感染状態の観察は Phillips · Hayman (1970) の方法により行い、感染率の調査は Matsubara ら (2004a) の方法に従って各処理区とも 5 個体について行った。

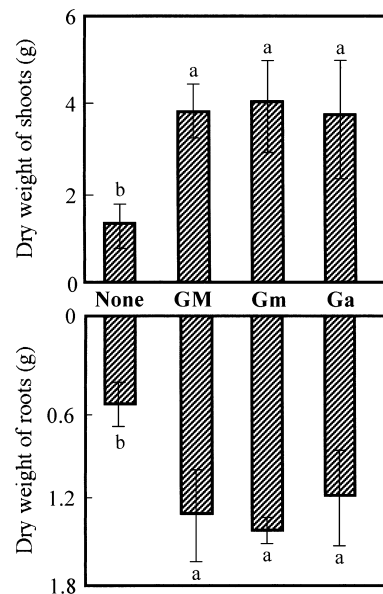
収穫については頂果房および腋果房とも慣行の摘果調整をし、収量調査を収穫開始 (12 月上旬) ~ 収穫終了時 (翌年 5 月下旬) まで各規格 [3L: 27 g, 2L: 21 g, L: 15 g, M: 11 g, S: 6 g, 2S: 4 g, A および B (不良果)] ごとの総重量について収穫開始 2 週間ごとに行った。また、収穫終了時における植物体乾物重についても各区 10 個体について調査した。



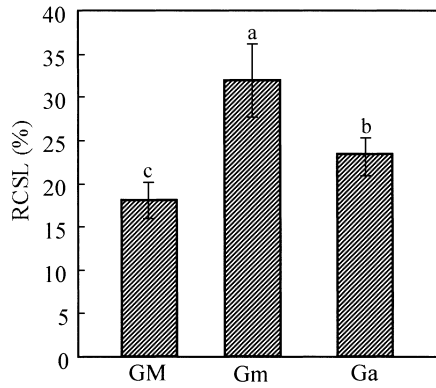
**Fig. 1** Strawberry plants in elevated bench culture using fabric pots.

## 結果および考察

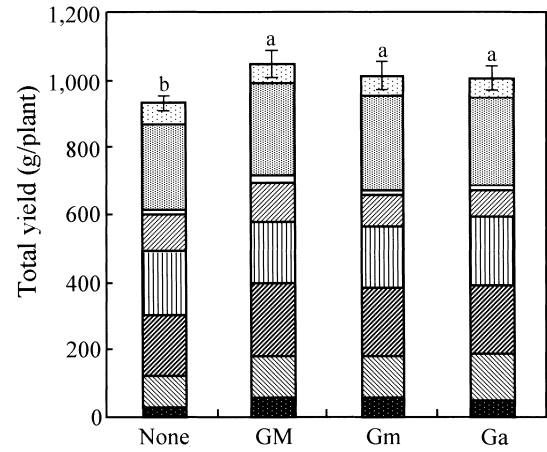
菌根菌接種 10 週間後の植物体乾物重については、菌種に関わらず、地上部および地下部ともすべての接種区が無接種区を上回った (第 2 図)。この場合、接種区間に地上部および地下部とも菌種間差は見られなかった。接種 10 週間後における菌根菌感染率は Gm 区で最も高く、続いて Ga 区、GM 区であり、菌種間差が見られた (第 3 図)。これらのことから、高設ベンチでの栽培時におけるイチゴにおいて菌根菌共生による植物体生長促進効果がすべての菌種で確認された。次に、収穫開始後 2 週間ごとの収量について見ると、頂果房および腋果房それぞれにおいて、収量推移におけるピーク期が存在し、収量が増大するピーク期は無接種区および全接種区ともほぼ同時期であった (第 4 図)。頂果房については、収穫開始 2 週間後と 4 週間後の特に 3L および 2L などの大果の収量がすべての接種区で無接種区より相対的に増大する傾向が見られた。腋果房では、特に 3L および 2L などの大果の収量ピーク前後における収量変動



**Fig. 2** Effect of mycorrhizal colonization on dry weight in strawberry plants 10 weeks after inoculation. None, non-inoculated; GM, *Gigaspora margarita*; Gm, *Glomus mosseae*; Ga, *Glomus aggregatum*. Bars represent standard errors. Different letters indicate a significant difference on Tukey's multiple range test ( $p = 0.05$ ).



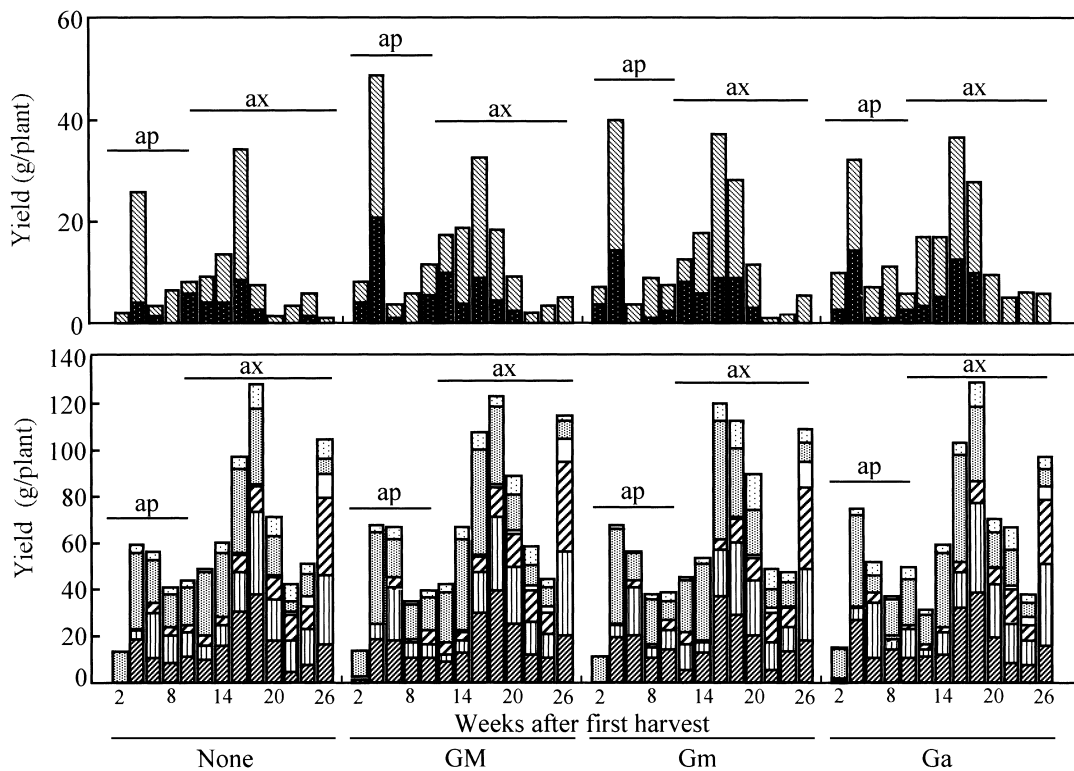
**Fig. 3** Rate of colonized segments in lateral roots (RCSL) in mycorrhizal strawberry plants 10 weeks after inoculation. GM, Gm, Ga, see Fig. 2. Bars represent standard errors. Different letters indicate a significant difference on Tukey's multiple range test ( $p = 0.05$ ).



**Fig. 5** Effect of mycorrhizal colonization on total yield. Fruit size: ■, 3L; ▨, 2L; ▩, L; ▪, M; ▫, S; □, 2S; ▧, A; ▦, B (A, B-irregular). None, GM, Gm, Ga, see Fig. 2. Bars represent standard errors for total yields. Different letters indicate a significant difference for total yields on Tukey's multiple range test ( $p = 0.05$ ).

は、菌種に関わらず接種区で無接種区より相対的に小さくなる傾向が見られた。このことから、接種区の頂果房では無接種区に比べ大果になる傾向が見られ、腋果房においても特に大果規格が安定して収穫できたことが示唆された。総収量（不良果を含む）について見ると、菌種に関わらずすべての接種区で無接種区より増加した（第5図）。この場合、菌種間差は見られず、接種区における総収量の増加には特に3L、2Lなどの大果の増加が寄与していることが示

唆された。収穫終了時の植物体乾物重については、地上部および地下部とも接種区で無接種区より大きな値を示し（第6図）、これには葉面積の増大、根数の増加が関連していた（データ略）。以上のことから、頂果房および腋果房ともに、開花期については処理区間に差はなかったが、接種



**Fig. 4** Fluctuation in yield of pot-cultured mycorrhizal strawberry plants. ap, harvested in apical fruit bunch; ax, harvested in axillary fruit bunches. Fruit size: ■, 3L; ▨, 2L; ▩, L; ▪, M; ▫, S; □, 2S; ▧, A; ▦, B (A, B-irregular). Upper fig. shows 3L and 2L, lower shows the other sizes. None, GM, Gm, Ga, see Fig. 2.

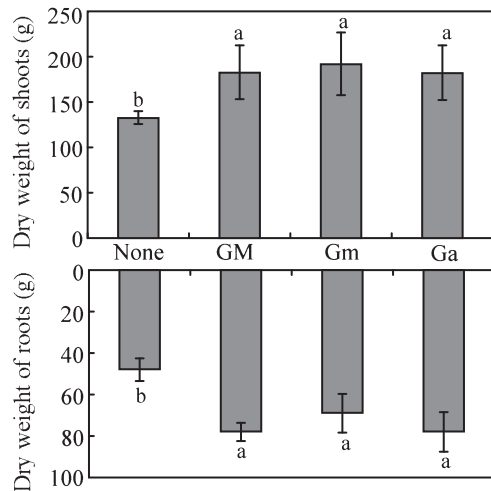


Fig. 6 Dry weight of mycorrhizal strawberry plants at the final harvest. None, GM, Gm, Ga, see Fig. 2. Bars represent standard errors. Different letters indicate a significant difference on Tukey's multiple range test ( $p = 0.05$ ).

区では無接種区より総収量の増大効果が見られることが明らかになった。一方、収穫終了時においては、菌種に関わらず接種区で地上部および地下部乾物重の増加が見られ、菌根菌感染も確認されていることから、菌根菌共生による植物体生長促進効果が持続的に発現されていることが示唆された。

本研究では、接種区における特に大果規格の収量増加、収量推移における安定性が収量性向上に寄与していた。また、高設ベンチ移設時および収穫終了時の接種区における植物体では乾物重増大が見られた。菌根菌共生植物体では遊離糖含量の増大が見られる (Amijee ら, 1990; Schubert ら, 1992) ことを併せて考えると、本研究では、開花前の菌根菌共生による植物体生長促進により同化産物の生産量および地下部への転流量が増加し、その後の果実形成時の果房への転流促進が結果的に早期大果形成促進につながった可能性がある。一方、イチゴの促成栽培では一般に12月下旬における需要が多く、特に収穫初期における価格は高価である。本研究の場合、大果系果実品種である「濃姫」については、開花期に処理区間で差は見られなかったが、収穫初期の12月における大果形成が接種区で促進されたことから、高価格期における出荷量増加による増益を図る上で、菌根菌接種が効果的である可能性があることも示唆された。

Plenchette ら (1982) は、菌根菌感染レベルと植物体生長促進効果の程度には菌種間差があることをイチゴで報告している。本実験の結果においても、感染率には菌種間差が確認された。一方、Vestberg (1992) は、イチゴにおいて菌根菌感染率と生長促進効果との間には相関関係が見られなかったとしている。本実験の結果についても感染レベルと生長促進効果ならびに収量性との間に明確な関連は見られなかったことから、感染レベルは収量性に大きく影響しない可能性が推察される。しかし、Sutton (1973) は、菌根

菌の感染レベルは植物体生育とともに変動することを示唆しており、本実験では経時的な感染率調査を行っていないことから、感染率と効果との関連を明らかにするためにはさらに調査が必要である。

植松 (1996) は、イチゴ苗の根数は果実の生産性に大きく関与しており、イチゴ促成栽培において、採苗後に苗を大きく充実させ根数が多い根株を養成することが収量性の向上、早期出荷につながると述べている。本実験の結果から、菌根菌接種により収量性の高い充実した苗養成を図れること、さらに、早期収量の向上を図れる可能性が考えられた。また、本研究ではポット耕型高設栽培において、菌根菌接種による収量増加が菌種に関わらず確認された。ポット耕のメリットとして、高設ベンチ移植時のベッド資材費の削減、施肥効率の向上、苗の移植労力軽減等が考えられ、今後、諸条件の改善によってさらに効率的に収量性を高めることが期待できると思われる。

菌根菌が共生したイチゴでは高温ストレス耐性 (Matsubara ら, 2004a) や耐病性 (Li ら, 2006; Matsubara ら, 2004b) といった環境ストレス耐性が見られることが示唆されている。現在のイチゴの促成栽培では、採苗から定植までの育苗期間は夏期高温期と重なる場合が多い。これに関連し、イチゴ苗養成期における高温障害が問題となっており、採苗後の発根・活着不良が生じている (Saito ら, 2008)。また、夏期育苗期における高温障害対策として、イチゴ品種の高温ストレス耐性評価や高温ストレス耐性付与法の検討が始められている (今田ら, 2002)。よって、各イチゴ栽培体系において、菌根菌利用により総合的な植物体生育改善、収量性の安定・向上を図ることが期待される。

## 摘 要

菌根菌 (*Gigaspora margarita*, *Glomus mosseae*, *Gl. aggregatum*) 共生したイチゴ (「濃姫」) の不織布ポットを利用した高設栽培における収量性について調査した。接種10週間後、すべての接種区で植物体生長促進効果が見られ、感染率には菌種間差があった。収穫開始後、頂果房・腋果房における収量推移にはピーク期が存在し、各果房のピーク期前後における収量変動は接種区で小さく、無接種区より安定した収量推移であった。総収量は菌種に関わらずすべての接種区で増加し、これには特に大果 (3L: 27 g, 2L: 21 g) の割合の増大が寄与していた。これらのことから、不織布ポットを利用した高設栽培において、菌根菌接種による植物体生育の改善および収量増加が確認された。

## 引用文献

- Amijee, F., D. P. Stribley and P. B. Tinker. 1990. Soluble carbohydrates in roots of leek (*Allium prorrhum*) plants in relation to phosphorus supply and VA mycorrhizas. *Plant Soil* 124: 195–198.
- Chavez, M. G. and R. F. Cerrato. 1990. Effect of vesicular-

- arbuscular mycorrhizae on tissue culture-derived plantlets of strawberry. HortScience 25: 903–905.
- 池田英男. 2008. 経営者の視点でみた養液栽培の将来性. 農耕と園芸. 63: 17–20.
- 今田成雄・月時和隆・壇 和弘. 2002. リーフディスクを利用したイチゴへの高温ストレス耐性付与の評価. 園学雑. 71 (別2) : 373.
- Li, Y., Y. Miyawaki, Y. Matsubara and K. Koshikawa. 2006. Tolerance to anthracnose in mycorrhizal strawberry plants grown by capillary watering method. Environ. Control Biol. 44: 301–307.
- Mark, G. L. and A. C. Cassells. 1996. Genotype-dependence in the interaction between *Glomus fistulosum*, *Phytophthora fragariae* and the wild strawberry (*Fragaria vesca*). Plant Soil 185: 233–239.
- Marschner, H. and B. Dell. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant Soil 159: 89–102.
- Matsubara, Y., I. Hirano, D. Sassa and K. Koshikawa. 2004a. Alleviation of high temperature stress in strawberry plants infected with arbuscular mycorrhizal fungi. Environ. Control Biol. 42: 105–111.
- Matsubara, Y., I. Hirano, D. Sassa and K. Koshikawa. 2004b. Increased tolerance to fusarium wilt in mycorrhizal strawberry plants raised by capillary watering methods. Environ. Control Biol. 42: 185–191.
- 沖村 誠. 2006. 促成イチゴ品種の育種と周年生産を目指した技術開発. 農耕と園芸. 61: 34–37.
- Phillips, J. M. and D. S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Br. Mycol. Soc. 55: 158–163.
- Plenchette, C., V. Furlan and J. A. Fortin. 1982. Effects of different endomycorrhizal fungi on five host plants grown on calcined montmorillonite clay. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107: 535–538.
- Saito, Y., M. Imagawa, K. Yabe, N. Bantog, K. Yamada and S. Yamaki. 2008. Stimulation of rooting by exposing cuttings of runner plants to low temperature to allow the raising of strawberry seedlings during summer. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 77: 180–185.
- Schubert, A., P. Wyss and A. Wiemken. 1992. Occurrence of trehalose in vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and in mycorrhizal roots. J. Plant Physiol. 140: 41–45.
- Sutton, J. C. 1973. Development of vesicular-arbuscular mycorrhizae in crop plants. Can. J. Bot. 51: 2487–2493.
- 田中和夫. 2001. イチゴ高設栽培の課題と今後の展開. p.166–174. 農耕と園芸編集部編. イチゴ—品種と新技術. 誠文堂新光社. 東京.
- 植松徳雄. 1996. 生産者のためのイチゴ栽培の理論と実際. 農耕と園芸. 51: 92–95.
- Varma, A. and H. Schuepp. 1994. Infectivity and effectiveness of *Glomus intraradices* on micropropagated plants. Mycorrhiza 5: 29–37.
- Vestberg, M. 1992. Arbuscular mycorrhizal inoculation of micropropagated strawberry and field observations in Finland. Agronomie 12: 865–867.