

イチゴ‘章姫’の養液栽培におけるヤシ殻とピートの混合比率が 生育、収量、水分生理特性に及ぼす影響

遠藤昌伸^{1,2}・切岩祥和²・糠谷 明^{2*}

¹ 岐阜大学大学院連合農学研究科 501-1193 岐阜市柳戸

² 静岡大学農学部 422-8529 静岡市駿河区大谷

Effects of Coir and Peat Ratios on Growth, Yield and Water Relations of Strawberries ‘Akihime’ Grown in Soilless Culture

Masanobu Endo^{1,2}, Yoshikazu Kiriiwa² and Akira Nukaya^{2*}

¹The United Graduate School of Agricultural Science, Gifu University, Yanagido, Gifu 501-1193, Japan

²Faculty of Agriculture, Shizuoka University, Ohya, Suruga-ku, Shizuoka 422-8529, Japan

The present experiments tested the effects of root zone substrates consisting of coir and peat mixture (peat moss : vermiculite : perlite = 6 : 1 : 1, v/v/v) on the growth, yield, and water relations of the strawberry ‘Akihime’. Treatments consisted of four different ratios of coir and peat mixture as follows: 3 : 7, 5 : 5, 7 : 3, and 10 : 0. The liquid phase in the substrate at -1.5 kPa of matric potential decreased with increasing coir ratios, whereas the gaseous phase increased. The marketable yield of strawberries decreased with increasing coir ratios during the whole experimental period which is attributed to the significant reduction in water absorption and stomatal conductance during February and March. There is a high correlation between the marketable yield and the liquid phase in substrates during the February–March period ($r=0.74$) and also during the whole period ($r=0.69$). In January, the marketable yield, water uptake, and leaf water potential of strawberry plants decreased in all treatments compared with other periods. As a result, it was considered that the significant reduction of marketable yield during the February–March period was caused by restricted water absorption and transpiration from the substrate with low liquid phase, when the root growth and water absorption ability were inhibited by the previous excess fruit load.

Key Words: elevated substrate system, organic substrate, soilless culture, strawberry, water relationship.

緒 言

近年、栽培管理や収穫などの作業姿勢改善を主目的として、各地で高設式のイチゴ養液栽培システムの開発と普及が進められている。わが国では、1980年代に NFT 栽培が、1990年代にロックウール栽培が導入され、果菜類を中心に幅広く利用されている。しかしロックウール栽培では、現在その使用後の処理が困難であることや処理コストが大きいなどの問題が生じている。イチゴの養液栽培でも同様に、ロックウールの代替培地の必要性が増加しており、さらに高設化に適した軽量培地も求められている。そのため近年では、ヤシ殻、ピート、パーク等の様々な有機培地を利用した固形培地耕が増加してい

る(岡, 2002)。これらの固形培地は、それぞれ物理的特性が異なるため、各培地に適した給液管理を行う必要性が指摘されているが(Heiskannen, 1995; Raviv ら, 2004)、十分な検討は行われていないのが現状である。よって、培地の物理的特性とイチゴの生育との関係が明らかにされれば、イチゴの固形培地耕における給液管理方法確立の一助になると考えられる。

イチゴは水分欠乏に対する耐性が乏しく(高橋, 1976)、特に果実肥大時の水ストレスは、軽度であっても減収の原因となる(Dwyer ら, 1987; Renquist ら, 1982b; Save ら, 1993)。またイチゴの根は、酸素要求性が高いので(位田, 1953)、ピートを主体とした培地では過湿による酸素不足の危険性が示唆されている(Heiskannen, 1995)。このように培地中の液相と気相の比率は、イチゴの生育・収量に大きく影響する要因であるため、適切な液相と気相の比率を検討する必要がある。

そこで本実験では、ヤシ殻とピートの混合比率が異なる、すなわち液相と気相の比率が異なる 4 種類の培地を

2005年6月2日受付。2005年11月17日受理。

本報告の一部は園芸学会平成16年度秋季大会で発表した。

* Corresponding author (E-mail: abanuka@agr.shizuoka.ac.jp).

用いて、静岡県産の主要品種であるイチゴ‘章姫’を慣行的な給液管理下で養液栽培し、培地の物理的特性の違いが生育および収量に及ぼす影響について水分生理特性と関連づけて明らかにすることを目的とした。

材料および方法

繊維状ヤシ殻（富士見グリーン（株））と混合ピート（中粒ピートモス：パーミキュライト：パーライト＝6:1:1、富士見グリーン（株））を供試して、混合比率を3:7、5:5、7:3、10:0とした4処理区（それぞれCoir3、Coir5、Coir7、Coir10と略記）を設けた。

静岡市の生産者より入手したイチゴ品種‘章姫’の苗を、2003年9月29日に各培地を詰めた発泡スチロール製ベッド（長さ70cm、幅20cm、深さ12cm、容積約12L）に株間約17cm、2条千鳥植えて8株ずつ定植し、2004年5月24日まで静岡市駿河区大谷にあるビニルハウスにて促成栽培を行った。1区画当たり5ベッド（計40株）を1反復とし、処理区当たり2反復を設けた。

栽培方式は、排水を再利用しない掛け流し式栽培とした。栽培ベッドの底面中央部には排水量を測定できるように、排水を回収するための溝を設けた。給液は点滴チューブ（ストリームライン80、ネタフィムジャパン（株））を用いて、静岡県産生産者の慣行的な方法に従って毎日8:00、10:00、12:00、14:00の4回行い、排水率30%を目標に天候に応じて1回当たりの給液量を処理区ごとに調節した。Coir3、Coir5、Coir7、Coir10の栽培期間中の平均排水率は、それぞれ33、32、33、33%であった。

培養液は山崎イチゴ処方を用い、定植後4週間は2/3単位（EC≒0.50dS・m⁻¹）を、4週間後の10月28日より1単位（EC≒0.85dS・m⁻¹）を施用した。1月20日から3月15日までは排水のECの上昇がみられたため、2/3単位を施用した。栽培期間を通じて1芽仕立てとし、株当たりの葉数を6～8枚に維持し、花房当たり7花に摘花した。栽培中のハウス内気温は、7:00から19:00までは最低18℃、19:00から7:00までは最低6℃となるよう必要に応じて加温し、天窓の開閉温度を23℃に設定した。

栽培期間中に以下の調査を行った。

1. 培地の三相分布

2月2日に、栽培中のベッドから100mL採土管を用いて培地を採取した。砂柱法によりあらかじめ採取培地のマトリックポテンシャルを-1.5kPaに調整し、三相分布を土壌三相計（DIK-1200、大起理化学工業（株））により測定した。

2. 生育・収量

11月10日より約4週間毎に最新展開葉から数えて3枚目の先端小葉の葉身長および葉柄長を測定した。果実収量は、11月25日から5月24日まで成熟果を収穫し、6g以上の果実を可販果として重量と個数を測定した。

3. 水分生理特性

給液量と排水量を毎日測定し、その差を吸水量とした。植物体の水分生理特性の経時変化を調査するため、11月10日より約4週間毎に最新展開葉から数えて3枚目の葉の水ポテンシャルをプレッシャーチャンバー（DIK-PC40、大起理化学工業（株））を用いて測定した。また気孔コンダクタンスの日変動をポロメーター（LI-1600、LI-COR）を用いて1月20日、2月21日、4月13日の晴天日に測定した。

結果

1. 培地の三相分布

マトリックポテンシャルを-1.5kPaに調整した培地の気相率、液相率、固相率はそれぞれヤシ殻混合比率と高い相関関係を示した（第1図）。液相率は、ヤシ殻混合比率が高くなるにつれ減少し、Coir3とCoir10の差は約23%となった。一方、気相率はヤシ殻混合比率が高くなるにつれ増加し、Coir10とCoir3の差は約25%となっ

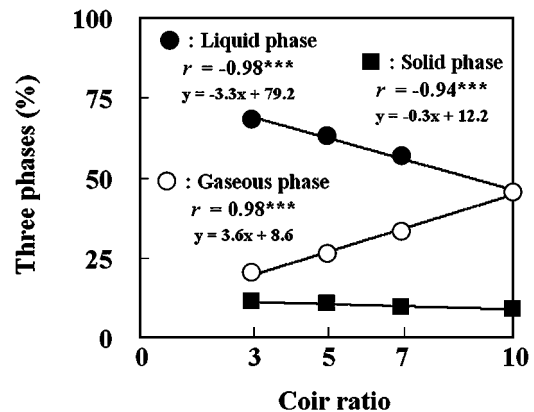


Fig. 1. Relationship between mixing ratios of coir and peat mixture and three phases distribution in the root zone substrate at -1.5 kPa of matric potential (Feb. 2nd). The ratios of coir and peat mixture (peat : vermiculite : perlite, 6 : 1 : 1, v/v/v) were: 3 : 7, 5 : 5, 7 : 3, and 10 : 0. Each point represents the mean of 10 replications. ***: Significant at 0.1% level.

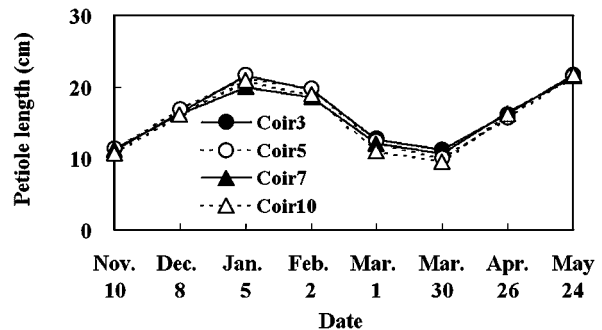


Fig. 2. Changes in petiole length of strawberry plants grown in different ratios of root zone substrates of coir and peat mixture (See Fig. 1 for ratios). Each point represents the mean of 40 replications.

た。固相率はヤシ殻混合比率が高くなるにつれ減少する傾向が認められたが、いずれの培地も約10%で、培地間差は認められなかった。

2. 生育・収量

第2図に葉柄長の経時的变化を示した。葉柄長には、培地による差は認められなかった。11月10日から1月5日までは増加傾向を、その後は減少傾向を示して3月29日に最低となった後に、再び増加傾向を示した。小葉の葉身長についても同様の傾向が認められた(データ略)。

第3図に可販果収量の経時的变化を示した。可販果収量は、全ての処理区において1月(1月6日~2月2日)に顕著に減少し、その後増加する傾向を示した。培地による差に関しては、2~3月(2月3日~3月29日)でのみ、ヤシ殻混合比率が高いほど可販果収量は少なくなる傾向が認められた。

ヤシ殻混合比率と可販果収量の関係には、全期間(11月25日~5月24日)と2~3月で高い負の相関があり、ヤシ殻混合比率が高くなるにつれ収量は減少した(第

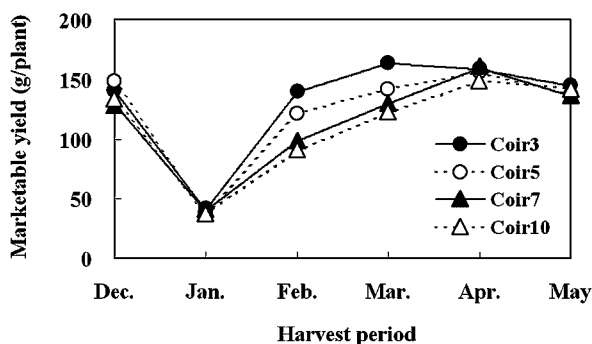


Fig. 3. Changes in marketable yield of strawberry fruits grown in different coir and peat mixture ratios (See Fig. 1 for ratios). Each point represents the mean of 80 replications. The exact date of each period was as follows, Dec. (Dec. 9–Jan. 5), Jan. (Jan. 6–Feb. 2), Feb. (Feb. 3–Mar. 1), Mar. (Mar. 2–Mar. 29), Apr. (Mar. 30–Apr. 26), and May (Apr. 27–May 24).

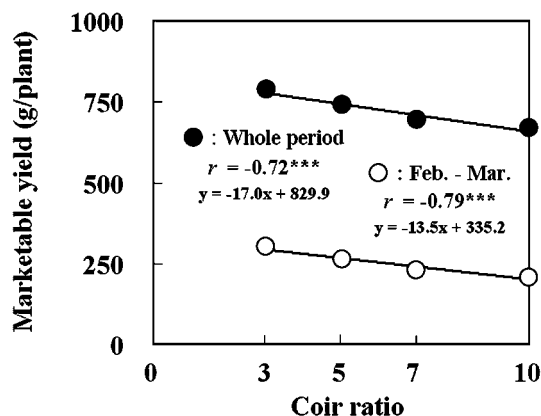


Fig. 4. Relationship between coir and peat mixture ratios and marketable yield of strawberry fruits. Whole period: Nov. 25–May 24, Feb.–Mar.: Feb. 3–Mar. 29. Each point represents the mean of 80 replications. ***: Significant at 0.1% level.

4図)。可販果収量の最大培地間差は、全期間で117g/株(Coir3, Coir10:それぞれ788, 671g/株), 2~3月で95g/株(Coir3, Coir10:それぞれ304, 209g/株)であった。また、可販果収量は、培地の液相率と正の相関(全期間: $r=0.70$, $P<0.001$, 2~3月: $r=0.76$, $P<0.001$)を示した(データ未掲載)。可販果以外を含む総収量も同様の傾向を示したが、総収穫果数および可販果数には培地間に有意差は認められなかった(データ未掲載)。

3. 水分生理特性

第5図に吸水量の経時的变化を示した。吸水量は12月(12月9日~1月5日)までゆるやかに増加し、1月(1月6日~2月2日)にわずかに減少したが、再びゆるやかに増加し、4月(3月30日~4月26日)には急激に増加した。培地による差について、2~3月(2月3日~3月29日)でのみ、ヤシ殻混合比率が高いほど少なくなる傾向が認められた。2~3月の吸水量は、ヤシ殻混合比率と負の相関($r=-0.61$, $P<0.01$)を示し、吸水量の培地間差は最大で8 mL·day⁻¹/株(Coir3, Coir10:それぞれ114, 106 mL·day⁻¹/株)と1割程度の差が認められた。

第6図に葉の水ポテンシャルの経時的变化を示した。

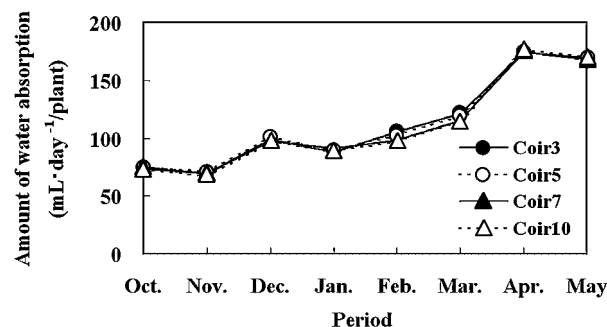


Fig. 5. Seasonal changes in the amount of water absorption of strawberry plants grown in different coir and peat mixture ratios (See Fig. 1 for ratios). The exact date of each period was as follows, Oct. (Oct. 14–Nov. 10) and Nov. (Nov. 11–Dec. 8). The other periods are same as Fig. 3.

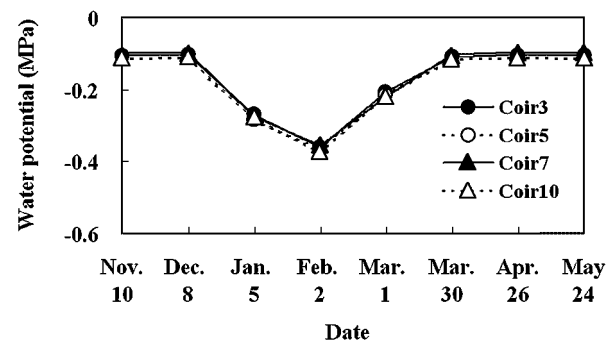


Fig. 6. Seasonal changes in the leaf water potential of strawberry plants grown in different coir and peat mixture ratios. Each point represents the mean of 15 replications. (See Fig. 1 for treatments).

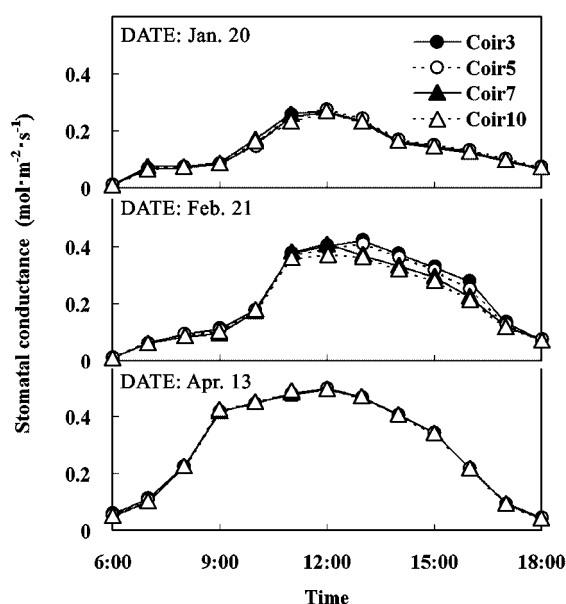


Fig. 7. Changes in the stomatal conductance of strawberry plants grown in different coir and peat mixture ratios. Each point represents the mean of 5 replications. (See Fig. 1 for treatments).

1月5日, 2月2日, 3月1日における葉の水ポテンシャルは, 他の時期よりそれぞれ約 0.17, 0.26, 0.10 MPa 低く, 12月8日から2月2日にかけては低下傾向を, 2月2日から3月29日にかけて上昇傾向を示した. しかし, いずれの測定日においても培地による差は認められなかった.

第7図に気孔コンダクタンスの日変化を示した. いずれの測定日においても1日の最大値は12:00前後に認められたが, その値は1月20日から4月13日にかけて増加した. 培地間差は, 収量に差を生じた時期に当たる2月21日でのみ, ヤシ殻混合比率が高いほど低下する傾向が認められ, 午後でのみ差が生じた. 2月21日の13:00から16:00までの気孔コンダクタンスとヤシ殻混合比率の関係には, 高い負の相関 ($r = -0.88$, $P < 0.001$) があり, ヤシ殻混合比率が高くなるにつれ低下した.

考 察

本実験において, ヤシ殻と混合ピートの混合比率の異なる培地を用いてイチゴの養液栽培を行った結果, 収量はいずれの培地でも1月(1月6日~2月2日)に極端に減少し, 2~3月(2月3日~3月29日)に増加する傾向を示したが, 培地間の収量差はこの増加傾向の時期でのみ生じた.

イチゴは, 光合成産物に対する花房のシンク活性が高く, 着果負担が大きい場合には新葉や根への光合成産物の分配が減少する. その結果, 新葉や根の生育が抑制され, その後の果実収量が極端に減少する(峰岸ら, 1982; 西沢・堀, 1988). 本実験ではいずれの培地においても,

収量は1月に, 葉柄長や小葉身長は1月以降に減少していたことから, 頂花房の着果負担による影響は大きく, 1月の根の生育が抑制されたと考えられた. また, 葉の水ポテンシャルが1月に低下傾向を示していたことから, この時期の植物体は十分な吸水が困難な状態であり, その一因が根の生育抑制であると考えられた.

峰岸ら(1982)は, 促成栽培イチゴの根は着果負担が最大となる収穫最盛期に, そのバイオマスが著しく低下するが, 収穫後に再生し始め, 3月中旬には頂花房開花期程度にまで回復すると報告している. 本実験ではいずれの培地においても, 2月から収量や葉の水ポテンシャルが増加し始めたことから, 根量は回復傾向にあったと考えられた. しかし, 2~3月の収量には培地間差が生じており, 根量の回復やこの時期の果実肥大に培地の特性が大きく影響したと考えられた.

培地の三相分布は, ヤシ殻混合比率が高くなるにつれ液相率が減少し, 逆に気相率は増加する傾向を示した. 本実験に用いた繊維状のヤシ殻は, ピートに比べて粒子サイズが非常に大きいことから, ヤシ殻の混合比率が高いと非毛管孔隙の割合が増加して液相率が減少し, 一方ヤシ殻の混合比率が低いと微小孔隙が増加するので, 液相率が増加したと考えられた(Evansら, 1996; Ravivら, 1999; Tiltら, 1987).

イチゴは根の酸素要求性が高い作物であるため(位田, 1953), 粒子サイズが小さいピートを主体とする培地では過湿となって酸素不足となる危険性がある(Heiskanen, 1995). しかし, 本実験で使用した培地では気相率が最も低かったCoir3(約20%)でも過湿害はなく, 逆に最も収量が多かった. したがって, 本実験の給液管理方法では, 20%以上の気相が確保され, 酸素不足とはならないと考えられた.

本実験における2~3月の吸水量は, ヤシ殻混合比率が低いほど, すなわち培地の液相率が高いほど, 多くなる傾向が認められた. これは, 本実験の給液管理方法における培地の水分条件下では, 根量の減少などによって水分吸収能力が低下した場合, 液相率が高い培地ほど水分量を多く含むため, 吸水量の増加につながったと考えられた. また, 根の量や活性等についての調査を行っていないので断言はできないが, 培地の水分量の違いが, 根の再生や新根の発生に影響した可能性が高いと考えられた.

2~3月の吸水量の差は, 果実肥大に大きく影響したと考えられた. 1果房当たりの果実数を揃えているので, 2~3月の収量差は, 収穫果実数の低下によるものではなく, 一果実重の低下が直接の原因であった. 成熟したイチゴ果実の約90%は水分であり, 果実肥大には果実への十分な水の流入が必要であるため, 軽度の水ストレスでも減収となる(Dwyerら, 1987; Renquistら, 1982b; Saveら, 1993). なお, 給液量は培地毎に調節したため, 総

NO₃-N 施与量は培地間で異なったが、その差は最大で約 1.4% であり、排水中の養分濃度から考慮しても、養分供給量の違いが果実肥大に及ぼす影響は小さいと考えられた (データ未掲載)。

また、1 月の吸水量は、僅かではあるが減少していた。このことから、1 月 5 日から 2 月 2 日における葉の水ポテンシャルの著しい低下は、着果負担による根量の減少等が吸水量の減少を引き起こしたためと考えられた。品種によっても異なるが、イチゴの葉は水ポテンシャルが $-1.0 \sim -1.5$ MPa 程度になった時に萎凋し始めると報告されている (Zhang・Archbold, 1993)。本実験において、1 月 5 日、2 月 2 日、3 月 1 日の葉の水ポテンシャルは他の時期より低く、この時期に軽度の水ストレス状態 (Hsaio, 1970) であったと考えられた。しかしながら、収量差が生じた 2~3 月においても、葉の水ポテンシャルは培地による影響は認められなかった。また、イチゴは水ストレスを受けると、葉面積、葉の展開速度が低下することが知られている (Renquist ら, 1982a, c)。本実験においても、水ポテンシャルの低下後に展開した葉の生育は抑制されたが、培地による違いは認められなかった。

イチゴは、根からの吸水が困難な状態や水ストレス条件に遭遇すると、気孔コンダクタンスを低下させたり、細胞内に溶質を蓄積させたりして極端な水ポテンシャルの低下を防ぐ調節能を有している (Promper・Breen, 1997; Renquist ら, 1982d; Save ら, 1993; Zhang・Archbold, 1993)。本実験においては 2 月 21 日の気孔コンダクタンスがヤシ殻混合比率の高い培地で低下し、2~3 月の吸水量と気孔コンダクタンスは、それぞれヤシ殻混合比率との間で負の相関を示した。このことは、ヤシ殻混合比率が高いほど、すなわち培地の液相率が低いほど、根からの吸水が困難な状態となったため吸水量が低下し、体内からの水分損失を防ぐために気孔を閉鎖し、蒸散を抑えたことを示唆している。また、吸水量の日変化を調査していないので断言はできないが、気孔コンダクタンスは午後でのみ差を生じたことから、吸水量の差は午後を生じた可能性が高い。宇田川ら (1989, 1991) は、イチゴの NFT 栽培において根温が高いほど吸水量および蒸散速度が増加することを報告している。2~3 月の培地温は、朝から徐々に上昇し夕方に最高値 (約 18°C) を示した (データ未掲載)。したがって、この午後の高い培地温は吸水や蒸散を促進したが、液相率が低い培地では水分量が低かったために、吸水抑制が生じたと考えられた。

本実験では、培地の液相率は収量と正の相関を示したことから、培地中の水分量が収量に影響する可能性が示唆された。着果負担による根量減少や根活性低下などによる吸水能力の低下により、液相率の低い培地での吸水抑制が生じ、収量低下をもたらしたと考えられた。また、本実験での排水率 30% を目標とする 1 日あたり 4 回の給液管理方法が、ヤシ殻混合比率の高い培地に対し不適

切であり、収量差の原因となった可能性もある。植物の生育や収量を安定させるためには、根圏-植物体-空気中とつながる水フラックスを維持する必要がある。そのためには培地の物理的特性を考慮した給液管理が必要である (Raviv ら, 2001, 2004)。本実験で気孔コンダクタンスが午後にのみ差を生じていたことは、収量の減少を防ぐためには午後の給液管理がより重要であることを示している。今後はこの点についても考慮し、培地の物理的特性が異なっても、それぞれの培地において収量が最大となるような給液管理方法について詳細に調査を行う予定である。

摘 要

ヤシ殻と混合ピート (ピートモス: パーミキュライト: パーライト = 6:1:1) の混合比率を 3:7, 5:5, 7:3, 10:0 とした培地を用いてイチゴを養液栽培し、生育、収量、水分生理特性について調査した。マトリックポテンシャルを -1.5 kPa とした培地の三相分布はヤシ殻混合比率と高い相関があり、ヤシ殻混合比率が高くなるにつれ液相率は減少し、気相率は増加した。実験期間を通じたイチゴの可販果収量は、ヤシ殻混合比率が高くなるにつれ減少する傾向が認められたが、この傾向は特に 2~3 月 (2 月 3 日~3 月 29 日) における収量低下によるものであった。イチゴの可販果収量と培地の液相率との間には、2~3 月で $r=0.74$ 、全期間で $r=0.69$ と高い正の相関がみられた。また、1 月の可販果収量、吸水量、葉の水ポテンシャルは、ヤシ殻混合比率による差はなかったが、他の時期に比べ減少していた。一方、収量差が生じた 2~3 月において、吸水量および気孔コンダクタンスは、ヤシ殻混合比率が高い培地ほど低下していた。以上のことから、イチゴの収量は、着果負担によって根の生育が抑制され吸水能力が低下した場合に、液相率の低い培地で吸水・蒸散が抑制されたため低下したと考えられた。

謝 辞 本研究の遂行にあたり、苗を提供していただいた静岡市いちご養液研究会の皆様に深く感謝します。

引用文献

- Dwyer, L. M., D. W. Stewart, L. Houwing and D. Balchin. 1987. Response of strawberries to irrigation scheduling. *HortScience* 22: 42-44.
- Evans, M. R., S. Konduru and R. H. Stamps. 1996. Source variation in physical and chemical properties of coconut coir. *HortScience*. 31: 965-967.
- Heiskannen, J. 1995. Water status of sphagnum peat and a peat-perlite mixture in containers subjected to irrigation regimes. *HortScience* 30: 281-284.
- Hsaio, T. C. 1973. Plant responses to water stress. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 24: 519-570.

- 位田藤久太郎. 1953. 蔬菜の根の生理に関する研究 (第1報) 蔬菜の酸素要求に就いて. 園学雑. 21: 202-208.
- 峰岸正好・泰松恒男・木村雅行. 1982. イチゴ宝幸早生の促成栽培における根の生育と果実生産について. 奈良農試報. 13: 21-30.
- 西沢 隆・堀 裕. 1988. イチゴにおける ^{14}C 光合成産物の転流・分配に及ぼす花房の発育段階の影響. 園学雑. 57: 433-439.
- 岡 昌二. 2002. イチゴ高設栽培装置各方式の特徴と課題 (その2) システム概略と2, 3の課題展望. 施設と園芸. 119: 32-37.
- Promper, K. W. and P. J. Breen. 1997. Expansion and osmotic adjustment of strawberry fruit during water stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122: 183-189.
- Raviv, M., J. H. Lieth, D. W. Burger and R. Wallach. 2001. Optimization of transpiration and growth rates of 'Kardinal' rose with respect to root-zone physical properties. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126: 638-643.
- Raviv, M., R. Wallach and T. J. Blom. 2004. The effect of physical properties of soilless media on plant performance - a review. Acta Hort. 644: 251-259.
- Raviv, M., R. Wallach, A. Silber, Sh. Medina and A. Krasnovsky. 1999. The effect of hydraulic characteristics of volcanic materials on yield of roses grown in soilless culture. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 124: 205-209.
- Renquist, A. R., P. J. Breen and L. W. Martin. 1982a. Effect of polyethylene mulch and summer irrigation on subsequent flowering and fruiting of 'Olympus' strawberry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107: 373-376.
- Renquist, A. R., P. J. Breen and L. W. Martin. 1982b. Effects of black polyethylene mulch on strawberry leaf elongation and diurnal leaf water potential. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107: 640-643.
- Renquist, A. R., P. J. Breen and L. W. Martin. 1982c. Influence of water status and temperature on leaf elongation in strawberry. Sci. Hort. 18: 77-85.
- Renquist, A. R., P. J. Breen and L. W. Martin. 1982d. Stomatal behavior and leaf water status of strawberry in different growth environments. Sci. Hort. 18: 101-110.
- Save, R., J. Penuelas, O. Marfa and L. Serrano. 1993. Changes in leaf osmotic and elastic properties and canopy structure of strawberries under mild water stress. HortScience 28: 925-927.
- 高橋和彦. 1976. 生育のステージと生理・生態. p. 55-61. 農文協編. 野菜全書イチゴ. 農文協. 東京.
- Tilt, K. M., T. E. Bilderback and W. C. Fonteno. 1987. Particle size and container size effects growth of three ornamental species. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 981-984.
- 宇田川雄二・伊東 正・五味 清. 1989. 養液栽培におけるイチゴ '麗紅' の生理生態特性に及ぼす根圏温度の影響. 園学雑. 58: 627-633.
- 宇田川雄二・伊東 正・五味 清. 1991. 養液栽培におけるイチゴ '麗紅' の養水分吸収に及ぼす根温の影響. 園学雑. 59: 711-717.
- Zhang, B. and D. D. Archbold. 1993. Water relation of a *Fragaria chiloensis* and a *F. virginiana* selection during and after water deficit stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118: 274-279.