

砂栽培における培地への資材混和が培地特性とトマト果実生産に及ぼす影響

峯 洋子^{1a*}・秦野 茂¹・手島英敏¹・白井深雪¹・久保田浩史¹・角谷架織¹・杉山信男²¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科附属農場 188-0001 西東京市緑町² 東京大学大学院農学生命科学研究科 113-8657 東京都文京区弥生**Effects of Substrate Materials Mixed with Sands on Substrate Properties and Tomato Fruit Production in Sandponics**Yoko Mine^{1a*}, Shigeru Hatano¹, Hidetoshi Teshima¹, Miyuki Shirai¹, Hirohumi Kubota¹, Kaori Sumiya¹ and Nobuo Sugiyama²¹ University Farm, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, Nishitokyo, Tokyo 188-0001² Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, Bunkyo, Tokyo 113-8657**Abstract**

The effects of substrate materials mixed with sand on the physicochemical properties, fruit quality and yield of tomato plants were investigated to improve tomato production by sandponic cultivation system. Zeolite-mixed substrate lost moisture more easily and contained more Na than sand substrate. EC and NO₃-N content in this substrate remained low during the cultivation period. In the zeolite-mixed substrate, plant growth was restricted, resulting in a low yield and the production of fruits with high Brix values. Addition of activated carbon to sand restricted the early growth of plants and deteriorated fruit quality, while it increased fruit weight. The addition of soil to sand improved fruit quality without any detrimental effects on yield. The addition of coconut coir improved the physicochemical properties of substrates (e.g., gravity and water retentivity), stimulating early growth of plants and early yield. The results suggested that the potential usefulness of coconut coir as a conditioner of sand substrate should be further studied under different irrigation schedules.

Key Words : activated carbon, coconut coir, high sugar content tomato, soilless culture, zeolite**キーワード** : 活性炭, 高糖度トマト, ヤシ殻, 養液栽培, ゼオライト**緒 言**

現在、養液栽培では、かけ流しや培養液交換の際に排出される硝酸態窒素やリンなどの環境に及ぼす影響が問題となっている。そのため、培養液排水を再利用・循環利用するシステム、あるいは排水中の硝酸態窒素やリンの濃度を低減させる技術の開発が望まれている。

養液栽培のひとつであり1960年代にその理論が提唱された砂栽培は、1980年にサンドポニックス式砂栽培システムとして開発され実用化が進んだ(福島・岸本, 1966; 鈴木, 1984)。砂培地は乾燥しても撥水性が現れたり水みちがでたりすることがないため、砂栽培ではロックウール耕などのように培養液を余剰に給液する必要がない。このため、培養液を必要最低量だけ給液するという環境負荷の少ない方式を採用することができ、また同時に作物の品質を高めるた

めの低水分管理も可能になった(竹内ら, 1984)。また砂に含まれる無機成分や砂の持つ通気性などの性質から、施肥は必ずしも完全培養液でなくてもN, P, Kを含む液体肥料であればよいとされ、さらに砂の微生物活性(硝化作用)から、安価な尿素態窒素主体の複合液肥も利用可能とされる(福島, 1968; 遠山, 1974; 鈴木, 1984)。しかしながら砂栽培の問題点として、果菜類で微量要素欠乏症状が出やすいこと、また特に秋冬作の培地低温時に根の発育不良を伴う初期生育遅延が見られやすいことが挙げられる(米盛, 1984; 中田ら, 2005)。これは砂が弱アルカリ性であることや、土壌と比べて微生物活性や陽イオン置換容量(CEC)が低いため低温条件下で硝酸化成分が進まずにNH₄-N濃度が高まりやすいことが原因として考えられる(花田, 1981)。また前作までに培地に蓄積された生育阻害要因(有機酸や病原体)の関与も否定できない。さらに、砂がロックウールやヤシ殻繊維など他の培地と比べ重量があり成型もされていないため取り扱いに難があることも、砂栽培の不利な点として挙げられる。

これらの解決策として、灌水方法やベッド構造の改善、

2005年6月6日 受付。2006年7月10日 受理。

* Corresponding author. E-mail: y3mine@nodai.ac.jp

^a 現在: 東京農業大学農学部農学科

硝酸態窒素主体の完全培養液の使用などが既に検討されている（此本ら, 1969; 花田・大田, 1972; 鈴木ら, 1980; 米盛, 1984）。今回, 砂培地に別の資材を混和して培地の改良を図ることにより, 栽培管理および生産性における改善を目指すこととした。活性炭や土壌には, 植物根から出される生育阻害物質（有機酸等）を吸着する効果が認められており（Yu ら, 1993; 浅尾ら, 1998; 元木ら, 2000）, また土壌には微量元素や有用微生物の供給源としての役割が, またヤシ殻繊維は比重が小さく pH が低いことから, 培地の軽量化や pH 低下効果が期待できる。さらにゼオライトにはアンモニアガス吸着や水分調節効果があるとされており（後藤, 1990; 山田, 1986）, 秋冬作で見られる根の活力低下を抑制する効果が期待される。そこで, これら資材のそれぞれを砂培地に混和することによって, 培地の物理化学性や水分特性がどのように変化し, 作物の収量や品質に影響するかを調査した。

材料および方法

栽培は東京大学大学院農学生命科学研究科附属農場のビニルハウス内のサンドポニックス式砂栽培システム（ディーエスサンドポニックス製）を用いて行った。幅 0.6 m, 長さ 15.6 m, 深さ 0.08 m の栽培ベッドを仕切り板で長さ 3.1 m の 5 区画に区切り, ヤシ殻繊維（以下ヤシ殻）, 土壌, ゼオライト, 活性炭を, それぞれ砂と混和した 4 つの処理区と, 砂のみの対照区を配置した。4 列の栽培ベッドで乱塊法, 4 反復とした。砂との混和量は予備試験および他の報告（後藤, 1990; 西ら, 1993）を参考に, 体積比でゼオライト 9%, 活性炭 9%, ヤシ殻 33%, 土壌 17% とした。これは 10 a あたり乾燥重量換算で, それぞれ 2.2 t, 1.5 t, 1.2 t, 3.0 t に相当する。砂は 8 年間栽培に使用され, EC が $0.05 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 以下になるまで水洗浄されたものを用いた。ヤシ殻はココピート（トミタテクノロジー株式会社）, 土壌は当農場内の林地で採取した関東黒ぼく土, ゼオライトは CEC140 $\text{meq} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ の天然ゼオライト（0～7 mm, 近藤鉱業株式会社）, 活性炭はヤシ殻活性炭粒状（味の素ファインテクノ株式会社）を用いた。各混和培地は砂培地の場合と同様, 手あるいは鎮圧板で可能な限り鎮圧した。ビニルハウスは最低温度 13°C で管理した。

40 日間砂で育苗したトマト ‘桃太郎’（タキイ種苗）を 2004 年 11 月 4 日に各区画に 8 株ずつ定植した。施肥は定植前に栽培ベッド 1 列当たり潅安液肥（N-P-K = 7-20-0）400 ml, 硫酸加里（N-P-K = 0-0-53）480 g を水に溶かして上面灌水し, 栽培期間中に尿素配合液肥（N-P-K = 10-5-8）を 120 倍希釈し, 毎日定量を点滴で灌液した。この施肥量は株当たりに換算すると, 基肥として N-P-K = 700-2000-6400 mg, 追肥として 1 日当たり N-P-K = 70-35-56 mg となった。灌水は 1 日 3 回の点滴灌液に加え, 植物にしおれが見られ始めた区には別途適量を上面灌水した。トマトは主枝 1 本仕立てとし, 第 5 花房の上の 3 葉を残して摘心し

た。花房への植物ホルモン（トマトトーン 100 倍希釈液）散布を 12 月 3 日より週に 1～2 回行い, 2005 年 1 月 18 日から約 2 カ月間収穫した。植物の生育および果実収量, Brix 糖度, 滴定酸度を調査した。

定植前に各混和培地 100 cm^3 を採取して採土円筒に固く填充し, 仮比重, 最大容水量, 完全乾燥後の再吸水量を測定した。塩化ランタン入り 0.05 M 酢酸アンモニウムで培地の交換性陽イオンを抽出して原子吸光分光光度計（島津 AA670G）で定量した。定植後, 2 週間おきに培地を採取し, 5 倍量の水を加え 30 分間振とうさせた溶液の pH, EC を pH・EC メーターで, 硝酸態窒素濃度を RQ フレックス（メルク株式会社）でそれぞれ測定した。定植から約 2 カ月後（12 月 27 日）の測定で用いた水抽出液で, レタス種子を使った生物検定を行い, 培地に含まれる生育阻害物質を推定した。同じく約 2 ヶ月後に採取した培地を用いて, 5 倍量の 0.1% 寒天溶液とともに 1 分間超音波にかけて懸濁させたものを適当な濃度に希釈し, ローゼベンガル培地で糸状菌, SPC 培地で従属栄養細菌の密度をそれぞれ測定した。栽培期間中, 各処理 1 カ所ずつに TDR 式体積含水率センサー（Decagon Devices, Inc.）および土壌感圧水分センサー（サンケイ理化株式会社）を株間に深さ約 5 cm で埋設し, それぞれ含水率, 土壌水分張力の変化を記録した。

結 果

1. 培地の物理化学的および生物的特性

培地の仮比重（単位体積当たりの乾燥重量）はヤシ殻混和培地で大きく低下し, 砂の $1.31 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$ に対して $0.96 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$ と 27% 軽量化された（第 1 表）。他の混和資材には軽量化効果はなかった。最大容水量はすべての混和培地で砂より増加し, 特にヤシ殻混和培地では 37% と大幅に増加した（第 1 表）。ヤシ殻は単体では, 一度乾燥すると撥水して再吸水しにくくなる性質を持つが, 砂と混和された場合には再吸水量はほとんど低下しなかった。

培地に含まれる交換性陽イオン含量は, どの資材の混和によっても上昇した（第 2 表）。とりわけゼオライト混和培地では, ナトリウム含量が大幅に高まった。微量元素については, ヤシ殻混和培地でマンガン含量が大きく増加していたことが特徴的であった。

栽培期間中, 砂培地の pH は 7.4～8.1 で変化した（第 1 図 a）。ヤシ殻および土壌の混和培地も対照区とほぼ同じ値で推移し, 期待された pH 低下効果はみられなかった。ゼオライトおよび活性炭混和区の pH は対照区よりも 0.3～0.6 程度上昇した。砂培地の EC は, 定植時の $0.3 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ から約 2 カ月間上昇し続け $0.6 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ に達した後, 再び $0.3 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 前後まで徐々に低下した（第 1 図 b）。ゼオライト混和区の EC は期間中 $0.3 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ よりも上昇することはなく対照区より常に低く推移した（第 1 図 b）。活性炭混和区で栽培初期, ヤシ殻混和区で栽培中期に, EC が対照区よりも低くなったが, その後上昇し対照区との差はなく

第1表 砂培地に各資材を混和したときの物理化学性の変化

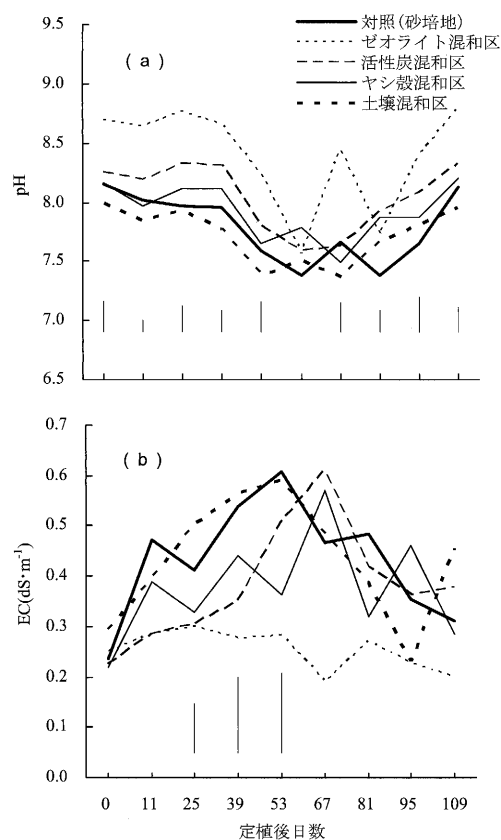
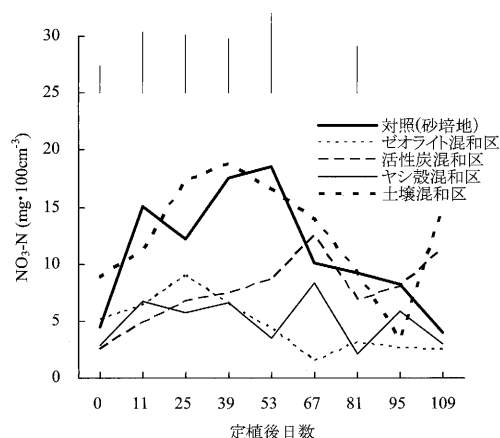
	仮比重 ($t \cdot m^{-3}$)	最大容水量 ($L \cdot m^{-3}$)	再吸水量 ($L \cdot m^{-3}$)	再吸水率 ^y (%)
対照区 (砂培地)	1.31 (100) ^z	403 (100)	373 (100)	93
ゼオライト混和区	1.32 (101)	440 (109)	356 (95)	81
活性炭混和区	1.28 (98)	456 (113)	400 (107)	88
ヤシ殻混和区	0.96 (73)	551 (137)	486 (130)	88
土壌混和区	1.25 (95)	469 (116)	411 (110)	88
ゼオライト	0.79 (60)	501 (124)	510 (137)	102
活性炭	0.50 (38)	779 (193)	747 (200)	96
ヤシ殻	0.08 (6)	823 (204)	64 (17)	8
土壌	0.56 (43)	622 (154)	575 (154)	92

^z() 内は対照を 100 とした相対値^y最大容水量に対する再吸水量の割合

第2表 砂培地に各資材を混和したときの交換性陽イオンの変化

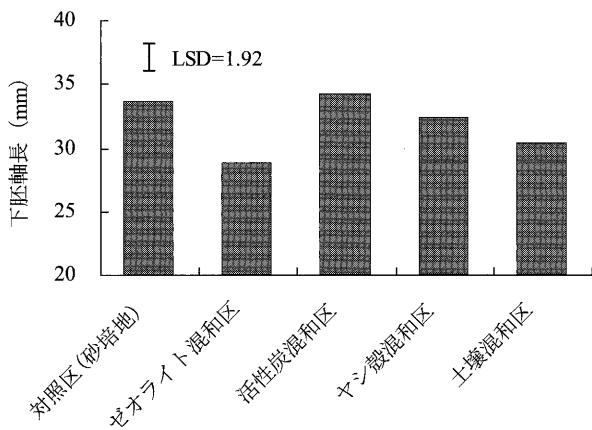
	K ₂ O ($mg \cdot 100 g^{-1}$)	CaO ($mg \cdot 100 g^{-1}$)	MgO ($mg \cdot 100 g^{-1}$)	Na ₂ O ($mg \cdot 100 g^{-1}$)	Fe ₂ O ₃ ($mg \cdot 100 g^{-1}$)	MnO ($mg \cdot 100 g^{-1}$)
対照区 (砂培地)	64.7 (100)	348.4 (100)	16.4 (100)	8.6 (100)	0.05 (100)	0.61 (100)
ゼオライト混和区	76.4 (118)	361.5 (104)	17.5 (107)	59.9 (698)	0.16 (320)	0.63 (102)
活性炭混和区	99.9 (154)	359.4 (103)	18.0 (110)	11.4 (133)	0.19 (375)	1.08 (176)
ヤシ殻混和区	103.0 (159)	487.0 (140)	27.8 (170)	17.2 (200)	0.06 (126)	2.59 (423)
土壌混和区	63.1 (98)	504.9 (145)	24.1 (147)	9.3 (108)	0.13 (263)	0.91 (149)

() 内は対照を 100 とした相対値

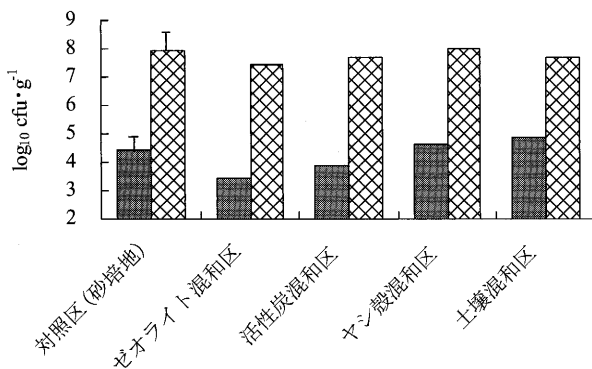
第1図 トマト砂栽培における栽培期間中の (a) 培地 pH および (b) EC の経時変化
垂直線は最小有意差を示す第2図 トマト砂栽培における栽培期間中の培地硝酸態窒素含量の経時変化
垂直線は最小有意差を示す

なった (第1図b). 砂培地の $100 cm^3$ 当たり硝酸態窒素含量は, 定植時の $4.5 mg$ から約2ヵ月後の $18.5 mg$ まで上昇し, その後 $3.9 mg$ まで低下した (第2図). 土壌混和区では対照区とほぼ同様な推移を示したが, 活性炭混和区では栽培初期に, またゼオライトおよびヤシ殻各混和区ではほぼ全期間中, 対照区よりも低く維持された.

定植後約2ヵ月の各培地の水抽出溶液で行ったレタス種子でのバイオアッセイの結果, 発芽率はヤシ殻混和区で89%, それ以外の区では100%となった. 発芽3日後のレタス下胚軸長は, ゼオライト混和区および土壌混和区で対照区よりも有意に短くなった (第3図).



第3図 トマト砂栽培の定植2ヵ月後における各混和培地の水抽出溶液がレタス幼植物の下胚軸長に及ぼす影響



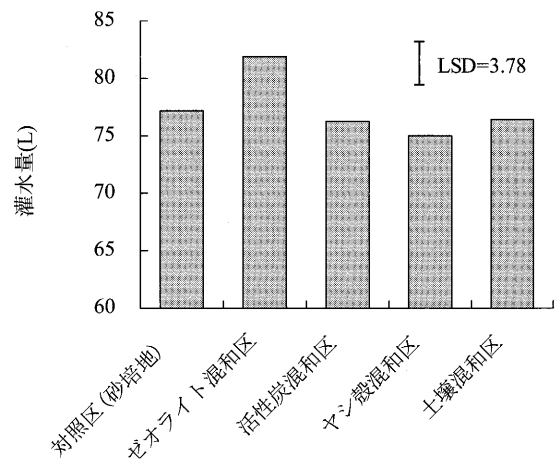
第4図 トマト砂栽培の定植2ヵ月後における各混和培地の糸状菌密度 (■) および従属栄養細菌密度 (▨) グラフ内の垂直線は最小有意差を示す

定植から約2ヵ月後の培地中の糸状菌密度は、ゼオライト混和区および活性炭混和区で対照区より有意に低くなったが、従属栄養細菌密度はすべての区で差がなかった(第4図)。

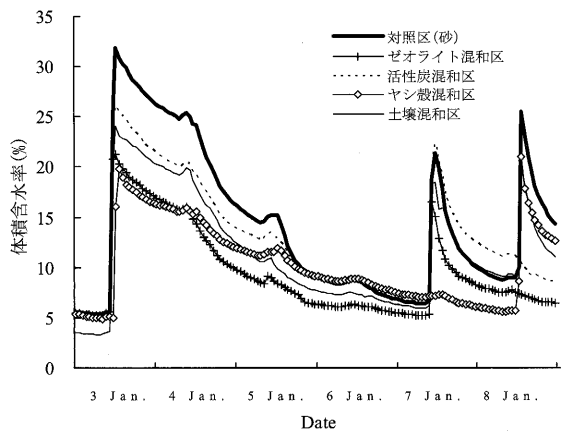
2. 培地の保水力と水分特性

栽培期間中、ゼオライト混和区では植物に水分欠乏によるしおれがしばしば観察された。そのため、ゼオライト混和区への灌水頻度は他区よりも高かった。期間中の総灌水量は、対照区で植物体当たり77 Lであったが、ゼオライト混和区では82 Lと6%多くなった(第5図)。栽培期間中の培地含水率の変化を見てみると、ゼオライト混和区では含水率が他の区よりも低く維持されることが多かった(第6図)。またヤシ殻混和区では培地含水率の低下する速度が遅く、保水性の高さが示された(第6図)。

各培地の含水率と水ポテンシャルとの関係を水分特性曲線で見ると、どの培地もある一定の含水率を下回ると培地の水ポテンシャルが急降下、すなわちpFが急上昇し、植物の利用できない非有効水となるというパターンを示した。しかしヤシ殻混和区では、その水ポテンシャル降下が他の区よりも緩やかになっていた(第7図)。



第5図 5段階心トマト砂栽培に要した植物体当たり灌水量

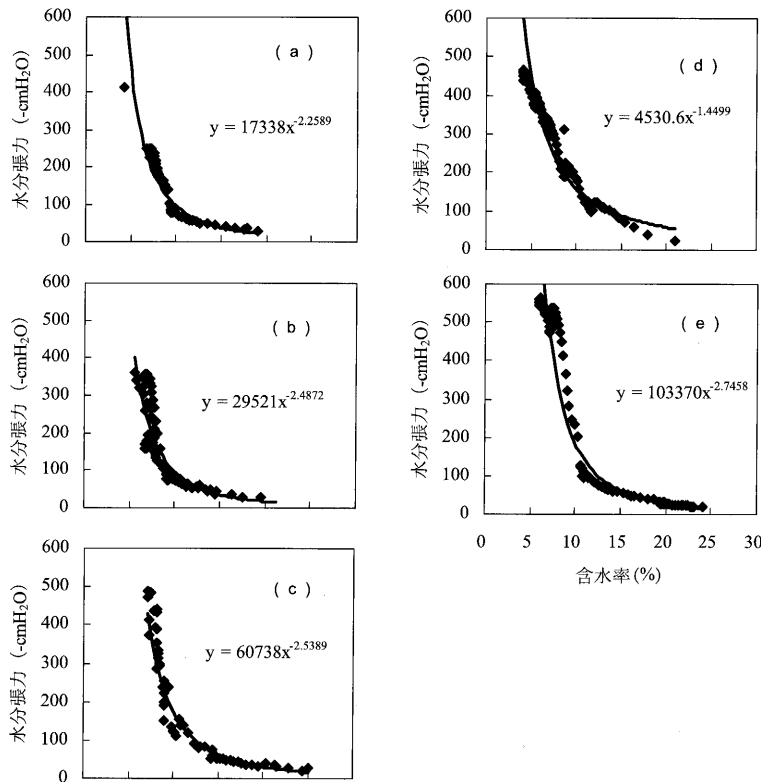


第6図 砂栽培における各培地の含水率の経時変化
植物にしおれが見られた時点で1株当たり約0.75 Lの上面灌水を行った

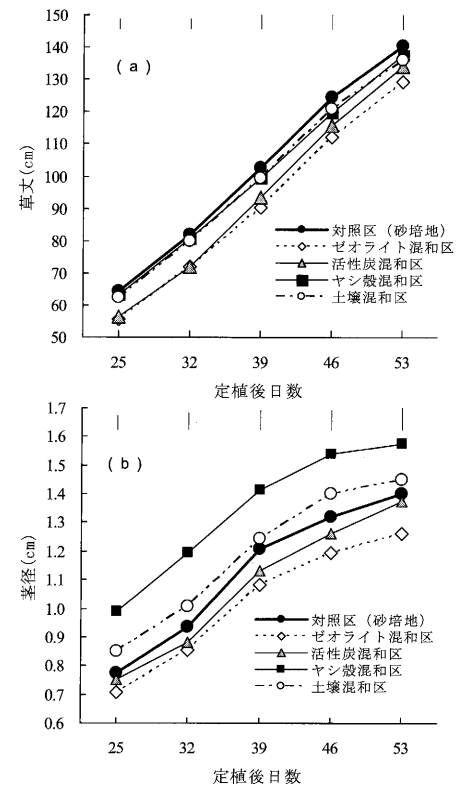
3. トマトの生育と収量・品質

定植後のトマトの初期栄養成長は、ゼオライト混和区と活性炭混和区で対照区よりも劣り、草丈・茎径ともに抑制された(第8図)。さらに、活性炭混和区では組織のもろさが顕著となり整枝作業中に茎葉が折れやすくなった。生育が最も旺盛だったのはヤシ殻混和区で、草丈は対照区より若干低くなったものの、茎径は対照区より10%以上大きくなり(第8図b)、葉が大きく横に張った草姿となった。第1花房の開花日は各区で大差なく、生殖成長への転換には影響しなかったが、花房段位の上昇に伴いゼオライト混和区で開花が対照区より遅れ、ヤシ殻混和区で早まった(第3表)。栽培終了時の植物体バイオマスは、活性炭混和区で茎葉部・地下部とも有意に小さくなった(第4表)。ヤシ殻混和区では茎葉部バイオマスは対照区よりも大きくなったが、地下部は対照区と差がなかった(第4表)。

トマト果実収量は、ゼオライト混和区で総収量・可販果収量ともに有意に低下した(第5表)。ヤシ殻混和区では第1果房で対照区より有意に高くなったものの(第9図)、第



第7図 砂栽培における資材混和培地の水分特性曲線
(a) 対照区 (砂培地), (b) ゼオライト混和区, (c) 活性炭混和区
(d) ヤシ殻混和区, (e) 土壌混和区



第8図 トマト砂栽培における資材混和が草丈
(a)と最大茎径 (b)の推移に及ぼす影響
垂直線は最小有意差を示す

第3表 砂栽培トマトにおいて定植から第1開花までに要した日数

	第1花房	第2花房	第3花房	第4花房	第5花房
対照区 (砂培地)	30.3 a	41.8 a	50.1 ab	59.4 bc	70.0 b
ゼオライト混和区	30.9 a	42.2 a	52.1 c	62.0 d	72.8 c
活性炭混和区	31.6 a	42.8 a	51.1 bc	61.3 cd	70.2 b
ヤシ殻混和区	30.5 a	41.7 a	49.0 a	57.3 a	67.6 a
土壌混和区	31.2 a	41.2 a	49.9 ab	59.1 ab	69.4 ab

同列の同じアルファベットは Duncan の多重検定法において 5%水準で有意差がないことを示す

第4表 砂栽培トマトの収穫時の植物体乾物重

	茎葉部乾物重 (g)	地下部乾物重 (g)	S/R 比 ²
対照区 (砂培地)	131 b	43.0 a	3.0
ゼオライト混和区	122 b	39.3 a	3.1
活性炭混和区	105 c	23.3 b	4.5
ヤシ殻混和区	167 a	35.7 a	4.7
土壌混和区	130 b	33.4 ab	3.9

同列の同じアルファベットは Duncan の多重検定において 5%水準で有意差がないことを示す

²地下部乾物重に対する茎葉部乾物重の割合

2 果房以降, 着果不良および尻腐れ果が多発したため, 総収量・可販果収量ともに対照区と有意差がなくなり, 可販果率が有意に低下した。

果実の糖度は, 第1および第2果房で活性炭混和区が対照区より有意に低下した (第6表)。第3果房では, ゼオラ

イト混和区および土壌混和区の糖度が対照区に比べ, 有意に上昇した。なお滴定酸度は糖度とほぼ同様の傾向を示した (第6表)。

第5表 砂栽培における5段階心トマトの果実収量

	総収量		可販果収量		可販果一果重	可販果率
	(g/株)	(個/株)	(g/株)	(個/株)	(g)	(%)
対照区(砂培地)	1883 ab	17.4 a	1679 a	14.8 a	114.4 b	89.2 ab
ゼオライト混和区	1357 c	13.7 b	1143 b	10.7 b	107.3 b	84.2 bc
活性炭混和区	1753 b	14.6 b	1608 a	12.3 ab	131.1 a	91.7 a
ヤシ殻混和区	2113 a	18.3 a	1727 a	14.1 a	121.2 ab	81.7 c
土壌混和区	1765 b	17.2 a	1534 a	14.1 a	108.7 b	86.9 abc

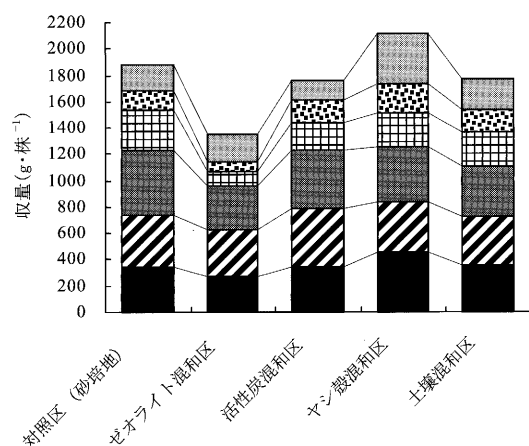
同列の同じアルファベットは Duncan の多重検定法において 5%水準で有意差がないことを示す

第6表 砂栽培トマト果実の品質に及ぼす培地の影響

	糖度				滴定酸度 (クエン酸 g・100 mL ⁻¹)			
	第1果房	第2果房	第3果房	第4果房	第1果房	第2果房	第3果房	第4果房
対照区(砂培地)	7.6 a	8.7 a	9.0 cd	10.1 ab	1.8 a	2.4 a	2.3 a	2.7 ab
ゼオライト混和区	7.9 a	8.7 a	9.7 a	10.4 a	1.9 a	2.6 a	2.5 a	2.5 ab
活性炭混和区	6.8 b	7.7 b	8.4 d	9.7 b	1.3 b	2.0 b	2.1 b	2.3 b
ヤシ殻混和区	8.0 a	9.1 a	9.1 bc	10.3 a	1.8 a	2.4 a	2.4 a	2.7 ab
土壌混和区	8.0 a	8.9 a	9.6 ab	10.3 a	1.9 a	2.6 a	2.5 a	2.8 a

同列の同じアルファベットは Duncan の多重検定法において 5%水準で有意差がないことを示す

第5果房についてはデータなし



第9図 5段階心トマト砂栽培における果実収量

■第1果房, ▨第2果房, ▩第3果房, ▤第4果房, ▥第5果房, ■障害果

考 察

培地特性の改善

砂培地に資材を混和することで培地 pH を低下させることはできなかったが、ヤシ殻の混和により、培地の軽量化、最大容水量の増加、微量要素を含めた交換性陽イオン含量増加などの改善効果が得られた(第1, 2表)。栽培期間中の培地の硝酸態窒素含量は、ゼオライト混和区およびヤシ殻混和区で低く維持されたが(第2図)、これはゼオライトおよびヤシ殻の CEC がそれぞれ 140, 74 meq・100 g⁻¹ と高いことから、これらの資材にアンモニウムイオンが吸着され、硝化作用を受けにくかったためと推測される。このよ

うな、EC や硝酸態窒素含量の過剰な上昇を抑制する性質は、栽培終了後の培地水洗作業の省略につながり、省力化や環境負荷低減に役立つ可能性が高い。

レタス種子でのバイオアッセイの結果、発芽率や下胚軸伸長が対照区よりも優れた培地はなかったことから、土壌や活性炭に期待された生育阻害物質の吸着効果は認められなかった(第3図)。

培地の微生物密度はヤシ殻あるいは土壌の混和により上昇することが予想されたが、対照区との差は見られなかった(第4図)。ただし計数用プレート上で増殖したコロニーの種類は、ヤシ殻あるいは土壌を混和した培地のほうが砂培地よりも明らかに多く(データ略)、微生物相が変化し多様性が増加していたことが示唆された。この微生物相の変化が、土壌病害の発病率や抵抗性とどう関わるかについての確認が今後必要である。

砂培地の保水性は資材混和によって変化が見られ、ゼオライト混和区では培地含水率の低下が速く、植物にしおれが見られるのが早かった。ゼオライト混和区が低水分になりやすかったのは、ゼオライトの比表面積が大きく、外気の湿度が低下すると過飽和の水分を放出する性質を持つことから(松尾, 1994)、栽培ベッド表面からの水の蒸発が他の区よりも多かったためと考えられた。また、ヤシ殻混和区では含水率の低下に伴う水ポテンシャルの降下が対照区よりも緩やかとなり、有効水分が増加した。高糖度トマト栽培のように水ストレスを継続的にかける場合には、過度の水ストレスによる障害果の割合を減らすことが重要であるが、大規模な自動点滴灌漑システムでは場所による灌水ムラがある程度避けられないため、徐々に乾燥し有効水分

が多いというヤシ殻混和培地の性質は、培地として望ましいと考えられた。

果実生産への影響

ゼオライト混和区において、トマト植物の初期生育が対照区より劣り、到花日数が長くなったが(第8図, 第3表), これはゼオライトに多く含まれるナトリウムなど有害イオンの影響が考えられる。また、着果不良により収穫個数が減少したために果実収量が対照区より低下したが(第5表), 果実糖度は第3果房で対照区よりも有意に高くなった(第6表)。この糖度上昇は、培地が低水分条件になりやすかったこと、ナトリウム含量が高かったこと、収量が低下したことなどから、一般的な高糖度トマト栽培で行われる水ストレス・塩ストレス付加による高糖度化と同様のメカニズムがはたらいたと考えられた。

活性炭混和区においてもゼオライト混和区と同様、トマト植物の初期生育不良が見られたが(第8図a), レタス種子のバイオアッセイで対照区との間に差がなかったことから、この生育不良は有害物質の影響ではなく、培地の物理化学性の違いが原因であると考えられた。初期に茎葉が折れやすかったことから、ホウ素など微量元素欠乏も一因として疑われる。活性炭混和区の生育は後期には旺盛となり、一果重が対照区よりも高くなったため、果実収量は対照区と同等となった。しかし初期生育不良の影響で下位葉が早くに枯れ上がったことから、茎葉部バイオマスは他の区よりも小さくなった(第4表)。このことが同化産物不足を招き、果実糖度・酸度を低下させたと考えられる(第6表)。

土壌混和区では植物の生育や果実収量は対照区と同等であったが、果実糖度は、ゼオライト混和区と同様、第3果房で対照区よりも有意に高くなった(第6表)。この土壌混和区の糖度上昇メカニズムについては今回明らかにできなかったが、ゼオライト混和区のように収量を低下させることがなかったことから、ゼオライトとは異なる糖度上昇メカニズムがはたらくている可能性が高い。対照区の9.0という高糖度をさらに上回るトマトの生産が土壌の混和により可能であることが今回明らかとなり、生産物高品質化のための混和資材として今後も検討の余地があると考えられた。

ヤシ殻混和区では、トマト植物の生育が最も旺盛となり、茎葉部バイオマスは対照区よりも20%以上大きくなった(第4表)。これはヤシ殻の混和による保水性および有効水分の上昇が関与していたと推測される。果実収量も第1果房までは対照区を上回ったものの、第2果房以降は着果不良と尻腐れ果多発を引き起こし、総収量では対照区との差がなくなった(第5表)。ヤシ殻混和区の培地Ca含量は対照区よりも多かったことから、尻腐れ果の多発はCa供給不足が原因ではなく、主として水分欠乏に起因すると考えられた。ヤシ殻混和区ではバイオマスに応じて蒸散・吸水量も対照区より多かったと推測されるが、葉のしおれが起こりにくかったため、灌水は対照区とほぼ同量となった(第5図)。しかし、着果段位が上がるにつれ尻腐れ果が増加し

ていったことから、実際にはこの灌水量では不十分であったと考えられ、葉の水ポテンシャルが維持されていても果実には過度の水ストレスがかかっていたことが示唆された。これは、ヤシ殻混和区で栄養成長が過多だったために、水利用が果実よりも茎葉に優先された結果であると推測される。一方で、ヤシ殻培地で栽培したトマトおよびキュウリの商品果収量がロックウール培地よりも増加したという報告もあり(岩崎ら, 1999; 浦山ら, 2005), ヤシ殻混和区で水分制限を今回より緩和した場合に、果実収量の増大が後期まで持続される可能性も高い。

ヤシ殻混和区の果実糖度は常に対照区より高い傾向がみられたものの有意差はなかった。しかし初期収量が上昇したにもかかわらず、糖度が対照区より低下することなく同等以上であったことに加え、培地の物理化学性が改善されたことから、混和資材としてのヤシ殻の有効性が示されたといえる。今後、障害果の発生を抑えられる程度に灌水量を増やした場合の、ヤシ殻混和区での収量と果実品質を把握する必要があると思われる。

摘 要

砂栽培システムによるトマト生産において、砂培地に混和する資材が培地特性や果実生産に及ぼす影響を調査した。ゼオライトを混和すると、培地が乾燥しやすくなり、ナトリウム含量が高まった。また培地のECおよび硝酸態窒素含量は栽培期間中低く抑えられた。ゼオライト混和培地で植物の生育や収量は低下したが、果実糖度は上昇した。活性炭を砂培地に混和すると、植物の初期生育が抑制され果実品質が低下したが、一果重は上昇した。土壌を混和した培地では、果実収量は低下せず、果実糖度が上昇した。ヤシ殻繊維を混和することで、砂培地の軽量化、保水性の向上など培地特性の改善が見られ、植物の初期生育および果実の初期収量が上昇したが、茎葉部との水分競合により可販果率は低下した。このことから砂栽培の混和資材として、ヤシ殻繊維の有用性については、今後、灌水方法を変えてさらに検討する必要があると思われる。

引用文献

- 浅尾俊樹・梅山元正・太田勝巳・細木高志・伊藤憲弘・植田尚文. 1998. 水耕キュウリの培養液非交換による収量の減少と活性炭添加による回復. 園学雑. 67: 99–105.
- 福島栄二・岸本博二. 1966. 砂栽培の理論と実際. 富民協会.
- 福島栄二. 1968. 環境調節下の植物培養法. 化学と生物. 6: 246–253.
- 後藤逸男. 1990. ゼオライト. p. 152 の 18–22. 農業技術大系土壌施肥編第 7-2 巻. 肥料・資材利用の農家実例. 農文協. 東京.
- 花田勝美・太田 栄. 1972. 温室メロンの砂・ボタ栽培における栄養生理的研究. 九大農学芸誌. 26: 559–568.
- 花田勝美. 1981. 砂・ボタ栽培に使用される培地の理化学

- の性質とそれら培地中における液肥窒素の動態について. 土肥誌. 52: 55-61.
- 岩崎泰永・千葉佳朗・佐々木丈夫・三枝正彦. 1999. トマトの培養液循環型養液栽培におけるやし殻繊維培地の利用. 園学雑. 68 (別2): 306.
- 此本晴夫・野中民雄・鈴木義彦・戸田敏郎. 1969. 砂栽培における果菜類(トマト, キュウリ)のかん水に関する研究. 静岡農試報. 13: 97-103.
- 松尾嘉郎. 1994. ゼオライトー品質評価と利用一. p. 116 の2-8. 農業技術大系土壌施肥編第7-2巻. 農文協. 東京.
- 元木 悟・小澤智美・小松和彦・服部俊雄・青木征男・塚田元尚. 2000. アスパラガスのアレロパシーに関する研究(第1報)活性炭フロアブル剤のアレロパシー軽減効果. 園学雑. 69 (別1): 249.
- 中田静恵・秦野 茂・久保田浩史・佐々木ちひろ・石山郁江. 2005. メロン砂栽培の作業省力化へ向けての残根処理方法の検討. 大学農場研究. 28: 7-10.
- 西 良祐・溝淵泰憲・永野明範. 1993. ヤシ殻活性炭の土壌改良効果について. 甲子園短大紀要. 12: 9-14.
- 鈴木明夫・高階 誠・金城鉄芳・小玉 忠. 1980. 砂栽培実用化試験に関する報告(第6報). 園学要旨. 昭55春: 322-323.
- 鈴木明夫. 1984. 砂栽培システムの開発. 遺伝. 38: 27-32.
- 武井 葵・糠谷 明・宇井 登. 1999. 水ポテンシャルを指標としてヤシ殻培地栽培したトマトの生育と果実品質. 園学雑. 68 (別2): 318.
- 竹内芳親・遠山征雄・北村 栄・杉本勝男. 1984. 砂栽培メロンの実用化に関する研究(第1報)品種「ポーナス」の生育・収量と3種の肥料との関係. 砂丘研究. 31: 36-50.
- 遠山征雄. 1974. 砂栽培に関する基礎的研究(第3報)砂中での硝化作用. 園学雑. 42: 317-325.
- 浦山 久・Matthews, L. J.・V. J. Coetzee・山下忠明. 2005. ココナツコイアを用いた省エネルギー型養液栽培装置によるキュウリの栽培試験. 熱帯農業. 49: 154-158.
- 山田 要. 1986. ゼオライト(沸石). p. 113-116. 農業技術大系土壌施肥編第7-2巻. 農文協. 東京.
- 米盛重保. 1984. 沖縄におけるトマトの砂栽培について. 琉球大農学報. 31: 201-205.
- Yu, J. Q., K. S. Lee and Y. Matsui. 1993. Effects of the addition of activated charcoal to the nutrient solution on the growth of tomato grown in the hydroponic culture. Soil Sci. Plant Nutri. 39: 13-22.