

培養液のNO₃-N/NH₄-N比がやし殻繊維を培地とする循環型養液栽培における培養液組成とトマトの生育・収量に及ぼす影響

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者名	岩崎, 泰永 三枝, 正彦
発行元	日本土壌肥料学会
巻/号	72巻2号
巻号補足	
掲載ページ	p. 214-222
発行年月	2001年4月

培養液の $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$ 比がやし殻繊維を培地とする 循環型養液栽培における培養液組成と トマトの生育・収量に及ぼす影響*

岩崎 泰永****・三枝 正彦***

キーワード やし殻繊維, 培養液循環利用, $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$ 比, 養液栽培, トマト

1. はじめに

現在果菜類やバラの養液栽培ではロックウール耕が主流となっており, 栽培面積の増加が著しい。培地に用いられているロックウールは陽イオン交換容量 (CEC) が低いため緩衝能が乏しく, 根域の肥料成分濃度や pH が変動しやすい。このため, ロックウール耕では作物が吸収する培養液量よりも常に 20~30% 過剰に給液し, 栽培ベッドから排出される余剰培養液を直接ハウス外へ廃棄する「かけ流し方式 (非循環方式)」とすることによってこのような変動を防止している場合が多い^{17,18)}。しかし, 肥料成分を含む培養液の廃棄は環境保全の立場からは問題があり, 培養液「かけ流し式」のロックウールシステムに代わる, 培養液循環型の養液栽培システムの開発が重要である¹⁹⁾。

著者らはこれまでに有機質資材を培地とする培養液循環型養液栽培システムの検討を行い, 培地にやし殻繊維を用いるとロックウール耕に比べて培養液組成の変動が小さいことを認め, 培地の緩衝能が高いことがその原因であると結論した^{7,8)}。

しかし, やし殻繊維の CEC は大部分が変異荷電に由来しており培養液の pH に大きく左右される¹⁾。そこで本報では, やし殻繊維を培地とする循環型養液栽培システムにおいて, 培養液の $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$ 比を変えることによって, 培養液の pH が培養液組成, トマトの生育および収量に及ぼす影響について検討した。

2. 材料と方法

1) 養液栽培装置

実験には図 1 に示すような養液栽培装置を用いた。園芸用プラスチック製プランター (縦 230 mm, 横 645 mm, 高さ 185 mm, 容積 13.5 L) に不織布を敷き培地資材を充填し, 縦方向に 4 個ならべて一つの栽培ベッドとした。培養液タンク (容積 70 L) 内の培養液をタイマー制御の小型ポンプを用いて, ドリップタイプのかん水チューブ (STREAMLINE 100, NETAFIM 社製) を用いて給液した。プランター下部の穴にビニルチューブを差し込み, 栽培ベッドから排出される余剰培養液をベッド下方に設置した雨樋 (排水戻り配管) に集め, 培養液タンクに戻る循環方式とした。

1 株当たりの給液量は $0.5\sim 2.0\text{ L d}^{-1}$ とし, 1 日数回に分割して供給した。給液した量の 30% 以上が排水としてタンクに戻るように給液量は生育量や天候に応じて変更した。

2) 処理区

培地資材と培養液処方の組み合わせで 6 処理を設けた。培地資材としてやし殻繊維 (スリランカ産, 以下やし殻繊維システム) と, 対照としてロックウール (日東紡製, 66 R, 以下ロックウールシステム) を用いた。

培養液としては $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$ 比の異なる 3 種類の処方を用いた (表 1)。すなわち園試均衡培養液処方^{3,20)}を標準処方 (全 N のうち $\text{NH}_4\text{-N}$ を 7.5% 含む) とし, $\text{NH}_4\text{-N}$ を全く含まない処方 I と $\text{NH}_4\text{-N}$ を 25% 含む処方 II を設けた。

3) 栽培管理および培養液管理

トマト品種 ‘ハウス桃太郎’ (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Hausu-Momotaro) を 1998 年 11 月 25 日に 128 穴セルトレイに播種した。本葉 1 葉期となった 12 月 14 日にやし殻繊維またはロックウール (綿状 66 R, 日東紡製) を詰めた直径 10.5 cm ポリエチレン製ポットに

* 本報告の一部は 1999 年 8 月の日本土壤肥料学会東北支部会において発表した。

** 宮城県園芸試験場 (981-1243 名取市高館川上字東金剛寺 1)
*** 東北大学大学院農学研究科 (989-6711 宮城県玉造郡鳴子町大口字蓬田 232-3)

2000 年 6 月 15 日 受付・2000 年 8 月 7 日 受理

日本土壤肥料学雑誌 第 72 巻 第 2 号 p. 214~222 (2001)

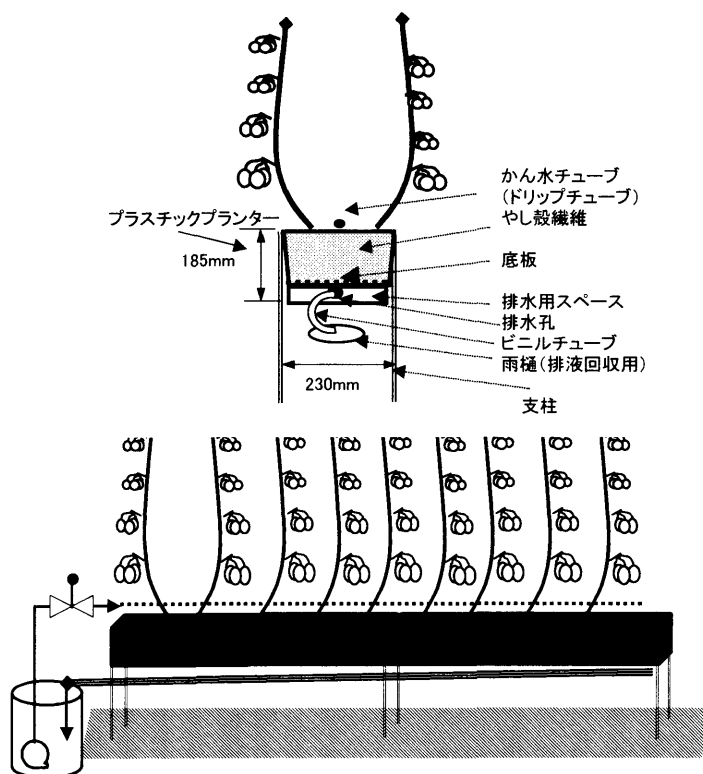


図1 実験用養液栽培装置の模式図

表1 供試した培養液処方の組成

処方	成分 (mM)						
	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P	K	Ca	Mg	S
標準処方	14.8	1.2	1.2	7.3	3.8	1.9	1.9
処方I	16.0	0.0	2.0	10.0	4.0	1.9	1.9
処方II	12.0	4.0	1.3	8.0	4.0	2.0	5.4

鉢上げした。EC 0.6 dS m⁻¹ の培養液（大塚A処方）を適宜かん水しながら育苗し、本葉第7葉期となった1999年1月12日に栽培ベッドに定植した。1処理1栽培ベッドとし、1プランター当たり4株、1栽培ベッド当たり合計16株定植した。主枝1本仕立てとして、3月上旬に第7花房の上2葉を残して摘心した。各花房ともに2～3花が開花した時着果促進剤4-CPA（商品名トマトーン）を花房全体に散布した。摘果による着果数制限は行わなかった。収穫開始は3月下旬で、第6花房（6月上旬）までを収穫対象とした。

日中25℃で換気し、二重カーテンと暖房機を用いて

夜間最低気温が13℃以上となるように保温した。

各処理区ともに設定した処方の培養液で栽培を開始し、培養液タンク内の水位が半分以下となったとき、それぞれの処方の培養液を作成してタンク上限まで補給した。補給する培養液の濃度はEC値を目安として、定植直後は1.2 dS m⁻¹、第3花房開花期以降1.8～2.0 dS m⁻¹、収穫開始以降1.2～1.6 dS m⁻¹、摘心期以降EC 1.2 dS m⁻¹とした。各処理区に供給する培養液の窒素濃度が同じとなるようにした。pH、ECや個々のイオン濃度の調節および培養液の全量交換は実験期間中行わなかった。給液タンク内の培養液（以下循環培養液とする）のECを適宜測定し、給液タンクに補給する培養液濃度を変更する目安とした。

4) 循環培養液の分析

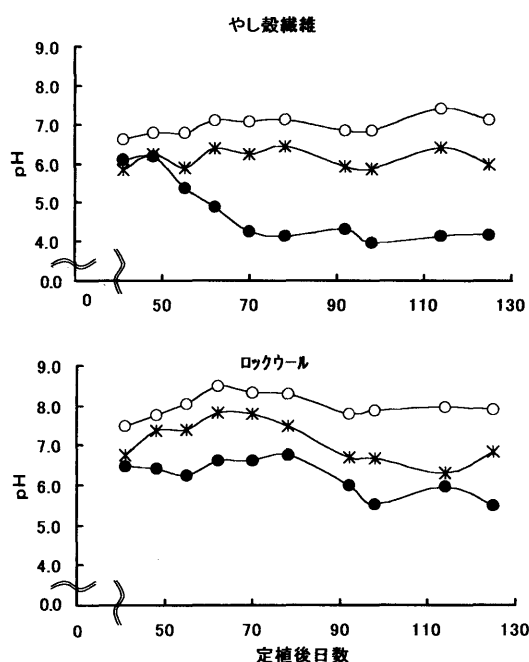
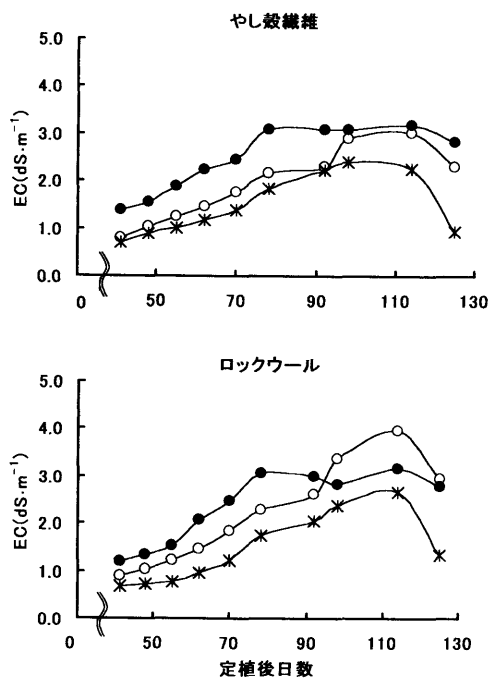
およそ2週に1度、タンク内の水位が半分以下となった時点で、循環培養液のサンプリングを行った。EC、pHを測定後、多量要素成分をイオンクロマト法（DX-120、ダイオネクス製）で分析した。

表 2 やし殻繊維およびロックウールの化学性

培地資材	pH	CEC*		可給態 P ₂ O ₅ ** (g kg ⁻¹)	交換性 Ca*** (cmol kg ⁻¹)	交換性 Mg*** (cmol kg ⁻¹)	交換性 K*** (cmol kg ⁻¹)
		(cmol(+) kg ⁻¹)	(cmol(+) L ⁻¹)				
やし殻繊維	6.04	52.0	41.6	1.51	4.68	3.26	62.32
ロックウール	8.28	0.8	1.8	0.36	1.67	0.42	2.16

* ショウレンベルガー法にて測定。

** トルオーグ法にて測定。

*** 1 mol L⁻¹ 酢酸アンモニウムにて抽出、測定。図 2 培養液処方の違いが循環培養液の pH の推移に及ぼす影響
—○— 処方 I, —●— 処方 II, —*— 標準処方。図 3 培養液処方の違いが循環培養液の EC の推移に及ぼす影響
—○— 処方 I, —●— 処方 II, —*— 標準処方。

5) 生育調査および果実収量調査

各処理区から栽培ベッド両端部分にある株を除き 6 株ずつ選んで生育および収量調査を行った。各花房の収穫期に花房直下の茎径を測定した。着色した果実を週 3 回収穫し、奇形果と障害果を除いて、果実重量 100 g 以上の果実を商品果収量とした。

3. 結果と考察

1) 培地資材の理化学性

実験に用いた培地資材の理化学性について表 2 に示した⁸⁾。やし殻繊維はロックウールより CEC が著しく高

く、逆に pH は低かった。含有養分の量もやし殻繊維の方が高く、なかでもカリウムが著しく高い値であった。

2) 循環培養液の pH の変化

図 2 に循環培養液の pH の推移を示した。培養液の pH は作物がアンモニウムイオンを多く吸収する場合には低下し、硝酸イオンを多く吸収する場合には上昇する¹²⁾。本実験では培養液の pH 補正を行わなかったため、全窒素に占める NH₄-N の比率に応じた pH の変動がみられ、処方 I 区が最も高めに推移し、次に標準処方区、処方 II 区の順となった。

培地資材が循環培養液の pH に及ぼす影響をみると、

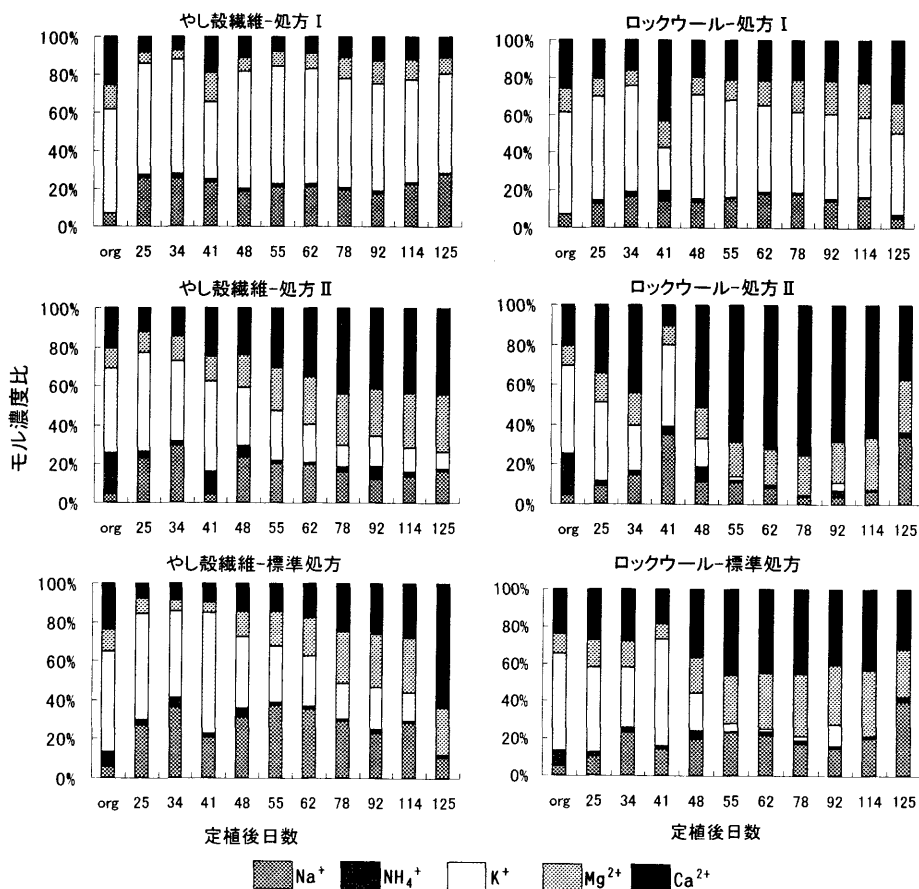


図4 培養液処方の違いが循環培養液の陽イオン組成に及ぼす影響

やし殻繊維システムがロックウールシステムよりも pH が低く推移する傾向が認められた。これは、資材自体の pH がやし殻繊維は弱酸性、ロックウールは弱アルカリ性であることが影響していると思われる。

標準処方区はやし殻繊維システムでは pH 5.8~6.5、ロックウールシステムでは pH 6.3~7.8 の範囲で推移しており、やし殻繊維の方が変動幅が小さかった。処方 I 区はやし殻繊維システムでは pH 6.8~7.5 の範囲で、やや高めではあるがほぼ安定した推移を示した。ロックウールシステムでは pH 7.5~8.5 の範囲でやし殻繊維システムより約 1 単位高くなった。処方 II 区はやし殻繊維システムでは定植後 50 日以降、急激に pH が低下し、定植後 70 日以降は pH 4.0 前後で推移した。ロックウールシステムでは pH 5.5~6.8 の範囲で推移し、やし殻繊維システムよりも pH の低下は小さかった。

一般に、培養液の pH が高くなると Fe や Mn などの

金属元素が不溶化して植物体に欠乏症状が表れやすい。しかし、本実験の場合には培養液として処方 I を用いた場合でもこれらの要素欠乏症状はみられなかった。これは、タンク内の培養液が減少すると常に新しい培養液が補給され根域の pH が 7 以下に戻っていたことと、常時養分が補給されるため要素欠乏の発生が起こらなかったものと思われる。また、やし殻繊維システムでは処方 II を用いた場合に pH の極端な低下がみられたが、pH 低下に起因すると思われる外観的な障害は認められなかった。

3) 循環培養液の EC の変化

図 3 に循環培養液の EC の推移を示した。補給する培養液の EC に対応して定植後の日数経過とともに EC は上昇し、定植後 125 日目以降減少した。処方 I 区と標準処方区はやし殻繊維システムの方がロックウールシステムよりも EC の上昇は小さかった。処方 II 区は標準処方

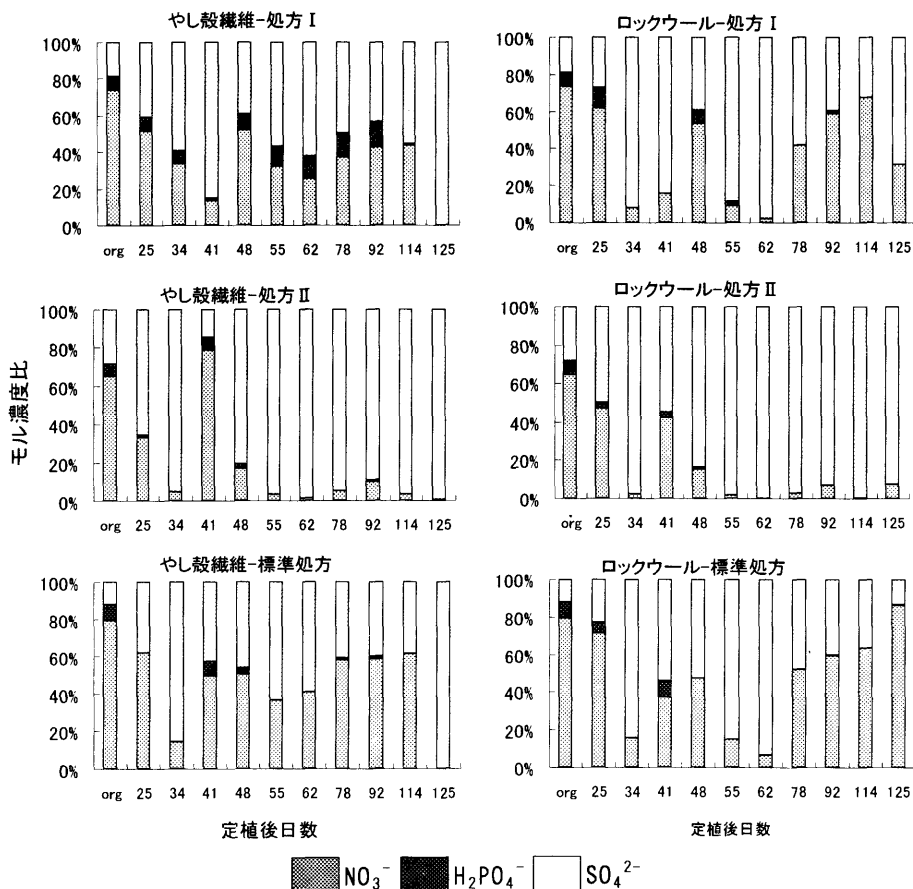


図5 培養液処方の違いが循環培養液の陰イオン組成に及ぼす影響

区と処方 I 区よりも定植後 80 日目までは EC が高めに推移した。

4) 循環培養液のイオン組成

図 4 には循環培養液の陽イオン組成の変動を示した。まず、培養液処方の違いが陽イオン組成の変動に及ぼす影響をみると、標準処方区および処方 II 区では定植後の日数経過ともなってカリウムの比率が減少し、マグネシウムとカルシウムの比率が増加する傾向がみられた。これに対して、処方 I 区は標準処方区、処方 II 区より培養液組成は安定していた。

次に、培地資材の違いが陽イオン組成に及ぼす影響をみると、やし殻繊維システムはロックウールシステムより培養液組成が一定に経過する傾向が認められ、とくに処方 I 区では明らかであった。これは培地資材の緩衝能の差を反映していると考えられる。有機質資材の CEC と pH の関係について、Helling ら⁹⁾はピートモスにお

いて、pH を 3.5 から 8 で変化させた場合、CEC は $140 \text{ cmol}(+) \text{ L}^{-1}$ 変化したと報告し、また Lucas ら¹¹⁾もピートモスを用いて、pH を 3.7~7.8 まで変化させた場合にカルボキシレート基 (COO^-) がカルボキシル基 (COOH) として存在する割合は 100~0% と変化したと報告している。やし殻繊維システムにおいて培養液として処方 I を用いると pH が高めに推移し、その結果培地の CEC が大きくなり緩衝能が向上し、循環培養液の陽イオン組成が安定したものと推察される。一方、培養液として処方 II を用いた場合には、やし殻繊維システムでは pH は 4 程度まで低下したことから CEC が小さくなり、培養液組成の変動が大きくなったと考えられる。

また、やし殻繊維はカリウム含有量が高く、このことも培養液組成に影響を与えている可能性が考えられる。

培養液の pH 変動要因の一つとして陽イオン、陰イオンの吸収比率の違いが知られている¹⁹⁾。培養液として標

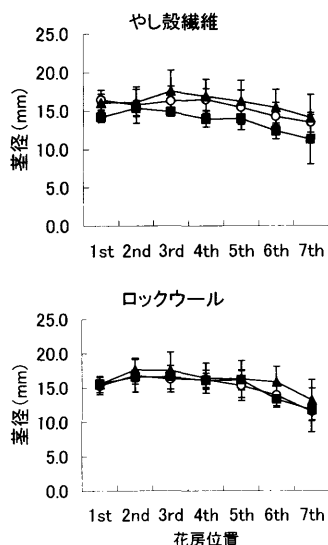


図6 培養液処方の違いがトマトの茎径に及ぼす影響
—○— 処方 I, —■— 処方 II, —▲— 標準処方, I は標準偏差を表す (n=6)。

標準処方と処方 I を用いた場合にやし殻繊維システムではロックウールシステムより pH の変動幅が小さかった原因として、培養液組成の変動が少なく、養分吸収が安定していたことが考えられる。

処方 II 区は循環培養液のカルシウム比率が標準処方区よりも高く推移する傾向がみられた。カルシウムイオンの吸収はアンモニウムイオンによって阻害されることが知られている⁹⁾。処方 II は培養液中に $\text{NH}_4\text{-N}$ を多く含むため、カルシウムイオンの吸収が拮抗的に阻害され、培養液中にカルシウムイオンが蓄積したものと考えられる。

処方 I は作成直後にはアンモニウムイオンを含んでいない。しかし、やし殻繊維システム、ロックウールシステムともに循環培養液中にアンモニウムイオンの存在が認められた。これは古い根など作物残渣から無機化したアンモニウムイオンが検出されたことが推測される。

図 5 には循環培養液の陰イオン組成の変動を示した。いずれの処方においても陽イオン組成よりも変動は大きかったが、とくに処方 II 区は定植後 55 日以降硫酸イオンの割合が非常に高くなる傾向がみられ、硫酸イオンの培養液中への蓄積が顕著に認められた。処方 II は他の処方と比べて硫酸イオンの含有量が多い。一般に、2 価またはそれ以上の多価イオンは 1 価イオンよりも作物の根による吸収量が小さい。2 価イオンの硫酸イオンは吸収量が少ないため、培養液中に顕著な蓄積がみられたと思

表3 培養液処方の違いが循環型養液栽培におけるトマトの果実収量に及ぼす影響

試験区		総収量 (kg/株)	商品果収量 (kg/株)	商品果率 (%)
やし殻繊維	処方 I	5.00	3.16	63.2
	処方 II	4.71	2.72	57.7
	標準処方	5.11	2.96	58.0
ロックウール	処方 I	5.76	3.08	53.5
	処方 II	4.52	2.62	57.9
	標準処方	5.25	2.90	55.2

商品果収量：100 g 以上の正形果。

われる。

また、やし殻繊維システムと処方 I の組み合わせでは循環培養液中のリン酸イオンの割合が他の処理区よりも高い傾向であった。

5) 生育状況

図 6 には花房下茎径の推移を示した。茎径は草勢を表す指標の一つとされている⁹⁾。本実験では全体的に花房が上位となるにつれて、茎径は細くなる傾向がみられた。やし殻繊維システムでは処方 II 区では第 2 花房直下で一時的に太くなったが、その後は他の処理区よりも細く、草勢が弱い傾向であった。また、標準処方区は第 3 花房以上では茎径がやや太く推移し、草勢が強い傾向であった。また、標準処方区は第 3 花房以上では茎径がやや太く推移し、草勢が強い傾向であった。これに対して、処方 I 区は茎径の変化が比較的少なく、他の処方と比べて草勢が安定していたと考えられる。

ロックウールシステムにおいては、やし殻繊維システムと同様に標準処方区が最も茎径が太く草勢が強かった。処方 I 区と処方 II 区はほぼ同様な推移であった。

6) 果実収量および商品果率

果実収量および商品果率を表 3 に示した。やし殻繊維システムにおいては、総収量は標準処方区 (5.11 kg/株) > 処方 I 区 (5.00 kg/株) > 処方 II 区 (4.71 kg/株) の順に高く、一方、商品果収量は処方 I 区 (3.16 kg/株) > 標準処方区 (2.96 kg/株) > 処方 II 区 (2.72 kg/株) の順に高い傾向であった。その結果、商品果率は処方 I 区 (63.2%) > 標準処方 (58.0%) ≥ 処方 II 区 (57.7%) となり処方 I 区が最も高い傾向であった。

一方、ロックウールシステムにおいては総収量は、処方 I 区 (5.76 kg/株) > 標準処方区 (5.25 kg/株) > 処方 II 区 (4.52 kg/株) の順に高く、商品果収量は処方 I 区 (3.08 kg/株) > 標準処方区 (2.90 kg/株) > 処方 II 区 (2.62 kg/株) の順に高い傾向であった。商品果率は処

方 II 区 (57.9%) > 標準処方区 (55.2%) > 処方 I 区 (53.5%) の順に高い傾向であり、処方 I 区が最も低くなった。

すべての処理区のなかではやし殻繊維システムで培養液に処方 I を用いた場合が最も商品果収量が高い傾向であった。

やし殻繊維、ロックウールともに標準処方区と処方 I 区の不良果の内訳はほぼ同じで乱形果の発生が最も多く、ついで窓あき果、小果が多かった。処方 II 区では、これらのほかに裂果や尻腐れ果の発生がみられた（データ略）。

池田・大沢⁵⁾は $\text{NO}_3\text{-N}$ 単用より $\text{NH}_4\text{-N}$ を併用した場合に生育が促進されること、 $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の比率が適当な値の場合に培養液の pH は安定することを報告している。収量についても、 $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ を混用した場合に高くなる²¹⁾とされている。また、トマトでは液温が高い場合は尻腐れ果の発生が多くなるので高温期には $\text{NO}_3\text{-N}$ 単用が望ましいと報告されている⁶⁾。しかし、これらの実験は水耕方式で栽培された場合であり、イオン交換能を有する固形培地の存在下での実験はこれまで報告されていない。

本実験では培養液の $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の比率の違いが生育や果実収量に及ぼす影響はやし殻繊維システムとロックウールシステムの場合で異なった傾向が認められた。やし殻繊維システムでは $\text{NH}_4\text{-N}$ を全窒素の 7.5% 含む標準処方を用いた場合に $\text{NH}_4\text{-N}$ を含まない処方 I を用いた場合より草勢が強く総収量も高い傾向であった。しかし、商品果収量と商品果率は処方 I を用いた場合が最も高い傾向であった。一方、ロックウールシステムではやし殻繊維システムと同様に標準処方が最も草勢が強い傾向であったが、総収量、商品果収量ともに処方 I、標準処方、処方 II の順に高く、商品果率は処方 II が最も高くなり、処方 I は最も低くなる傾向がみられた。

培養液の pH 変化や組成変動と収量および生育との関係は、これまでに数種の培養液処方の比較という観点から実験が行われている。板東・町田²⁾はトマトの循環式ロックウール栽培で春作と夏作において培養液処方の検討を行い、栽培中の培養液組成が安定する処方で、障害果や生理障害の発生が少なく、収量が多かったと報告している。また佐々木・板木¹⁵⁾は湛液方式で作型を変えてトマトを栽培し、培養液処方の比較を行い、培養液組成や培養液濃度の変動が生育に影響を及ぼす主要因であると考察している。

また、草勢や商品果率は様々な要因の影響をうける。トマトのように栄養生長と生殖生長が同時に進行しながら

果実生産が行われる作物では、草勢が強すぎる場合には順調な花芽の生長や果実肥大が阻害されやすく奇形果の発生が多くなることも知られており、草勢は商品果率や収量に大きく影響する。また、乱形果の発生は窒素とリン酸が多い場合や、低温、多かん水によっても助長される。さらに、カリ過剰や石灰、ホウ素の不足などの要因が組み合わさっても発生する¹⁰⁾。

やし殻繊維と処方 I の組み合わせでは循環培養液の組成の変動が小さく、その結果、養分吸収が順調に行われ、草勢の安定や良好な花芽の生長、果実肥大につながり、商品果収量や商品果率が向上したと考えられる。一方、 $\text{NH}_4\text{-N}$ を全窒素の 25% 含む処方 II 区では、pH の低下が著しく、循環培養液の組成の変動が最も大きかった。とくにやし殻繊維では pH 4 付近まで低下し、生育や収量も標準処方区、処方 I 区より著しく劣っていた。このような原因の一つとして pH の低下によって変異荷電に起因するやし殻繊維の CEC が小さくなり緩衝能がほとんど働かなかったことが考えられる。また、アンモニウムイオンによるカルシウムイオンの吸収阻害（尻腐れ果の発生）などアンモニウムイオンと他のカチオン成分との相互作用や、処方 II に多く含まれていた硫酸イオンの蓄積なども循環培養液の組成や pH の推移、トマトの生育・収量に大きく影響したことが考えられる。

やし殻繊維は C/N 比が 200 以上と高く^{13,14)}、非常に分解が遅い。やし殻繊維の培地資材としての連用については、著者らは少なくとも 3 年程度の連続使用が可能であることを確認しており、とくに繊維が脆弱となるような傾向はみられなかった（データ未発表）。しかし、連用が化学的特性に及ぼす影響について今後の検討が必要である。

4. 摘 要

「やし殻繊維を培地とする培養液循環型養液栽培システム」について、培養液の $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度比 (16 mM/0 mM=処方 I 区, 12/4=処方 II 区, 14.8/1.2=標準処方区) が培養液組成、トマトの生育および収量に及ぼす影響を培養液の pH と培地の CEC の観点からロックウールシステムと比較検討した。得られた結果は以下の通りである。

1) 処方 I 区と標準処方区においてはやし殻繊維システムはロックウールシステムよりも培養液の pH の変動幅が小さく安定した推移がみられた。処方 II 区の場合は、やし殻繊維システムでは pH の低下が著しかった。

2) やし殻繊維システムではロックウールシステムより培養液組成の変動が小さかった。また、処方 I 区は処

方Ⅱ区、標準処方区よりも培養液組成の変動が少なかった。やし殻繊維システムと処方Ⅰを組み合わせた処理区で最も培養液組成の変動が小さかった。

3) 草勢はやし殻繊維システムでは標準処方区、処方Ⅰ区、処方Ⅱ区の順に強かった。一方、ロックウールシステムでは標準処方区が最も草勢が強く、処方Ⅰ区、処方Ⅱ区はほぼ同様な草勢で推移した。

4) やし殻繊維システムでは総収量は標準処方区と処方Ⅰ区がほぼ同じであったが、商品果収量および商品果率は処方Ⅰ区が最も高くなった。ロックウールシステムでは総収量、商品果収量ともに処方Ⅰ区を用いた場合が最も高くなった。すべての処理区の中で、やし殻繊維システムと処方Ⅰを組み合わせた処理区が商品果収量、商品果率ともに最も高かった。一方、培地の違いにかかわらず、処方Ⅱ区は総収量、商品果収量ともに低かった。

5) やし殻繊維と処方Ⅰを組み合わせた処理区では循環培養液のpHが7前後と高く推移し、培地のイオン交換能が高く維持された結果、培養液組成が安定し、トマトの養分吸収が安定し、商品果収量や商品果率の向上に結びついたと考えられた。

文 献

- 1) Argo, W. R. and Biernbaum, J. A.: The effect of root media on root-zone pH, calcium, and magnesium management in containers with impatiens. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **122**, 275~284 (1997)
- 2) 板東一宏・町田治幸：トマトのロックウール栽培実用化技術の確立（第4報）循環方式における培養液組成が品質、収量に及ぼす影響、徳島農試研報，**28**，35~42 (1992)
- 3) 陳 文孝・鈴木芳夫・山崎肯哉：水耕における蔬菜の無機養分吸収の特性，園学雑，**44**，395~401 (1976)
- 4) Helling, C. S., Cheseters, G. C. and Corey, R. B.: Contribution of organic matter and clay to soil cation-exchange capacity as affected by the pH of the saturating solution. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **28**, 517~520 (1964)
- 5) 池田英男・大沢孝也：水耕培養液中のNO₃とNH₄の濃度並びに比率が蔬菜の生育，葉中N成分及び培養液のpHに及ぼす影響，園学雑，**52**，159~166 (1983)
- 6) 池田英男・大沢孝也：培養液のNO₃/NH₄比と液温がトマトの生育，収量並びに尻腐れ果発生に及ぼす影響，同上，**57**，62~69 (1988)
- 7) 岩崎泰永・千葉佳朗・三枝正彦：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，同上，**68** (別2)，306 (1999)
- 8) 岩崎泰永・千葉佳朗：有機質資材を培地としたトマトの循環型養液栽培システムの開発，宮城園試研報，**12**，1~12 (1999)
- 9) 加藤 徹：野菜の生育診断，p.160~174，博友社，東京 (1975)
- 10) 加藤 徹：施設野菜の生育障害，p.97~113，博友社，東京 (1986)
- 11) Lucas, R. E., Rieke, P. E., Shickluna, J. C. and Cole, A.: Lime and fertilizer requirements for peats; in *Peat in Horticulture*, ed. D. W. Robinson and J. G. D. Lamb, p. 51~70, Academic Press, London (1975)
- 12) 森次益三・鈴木孝夫・河崎利夫：作物生育ならびに無機養分吸収に及ぼす窒素源の影響1. 自動pH栽培法と従来法の比較，土肥誌，**51**，447~456 (1980)
- 13) Noguera, P. and Abad, M.: Physical and chemical properties of coir waste and their relation to plant growth. *Acta Hort.*, **450**, 365~373 (1997)
- 14) Prasad, M.: Physical, chemical and biological properties of coir dust. *ibid.*, **450**, 21~38 (1997)
- 15) 佐々木皓二・板木利隆：果菜類における養液栽培技術の確立に関する研究（第2報）数種培養液処方がトマトの生育・収量に及ぼす影響，神奈川園試研報，**25**，52~58 (1978)
- 16) 渋谷正夫：培地，培養液の処理，最新養液栽培の手引き，日本施設園芸協会 編，p.195~203，誠文堂新光社，東京 (1996)
- 17) 田中和夫・安井秀夫：ロックウールの実用化に関する研究，野菜・茶業試験場報告，A.5，p.1~36 (1992)
- 18) 田中和夫：養液栽培の主要方式の特性と利用法1 ロックウール耕，最新養液栽培の手引き，日本施設園芸協会 編，p.14~50，誠文堂新光社，東京 (1996)
- 19) 和田信一郎：土壌の化学性，最新土壌学，久馬一剛 編著，p.73~95，朝倉書店，東京 (1997)
- 20) 山崎肯哉：養液栽培全編，p.13~24，博友社，東京 (1982)
- 21) 鐘 鈴鋒・加藤 徹：ナス科果菜類の比較生理生態的研究（第6報）生育および体内成分に及ぼす窒素形態の影響，生物環境調節，**26**，9~19 (1988)

Effects of NO₃-N/NH₄-N Ratios of Nutrient Solution on the Fluctuation of Ion Concentration of a Recirculating Nutrient Solution and the Growth and Yield of Tomato in Closed Hydroponic System Using Coir as Substrate

Yasunaga Iwasaki*** and Masahiko Saigusa*

(*Grad. Sch. Agric. Sci., Tohoku Univ., **Miyagi Pref. Hort. Exp. Stn.)

Tomato plants were grown in a closed hydroponic system using coir or rockwool as substrate (coir- and rockwool-systems) for about 5 months to study the effects of NO₃-N/NH₄-N ratios of nutrient solution on the fluctuation of ion concentration in a recirculating nutrient solution and the

growth and yield of tomato. Three nutrient solutions varied in $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$ ratios (14.8 mM/1.2 mM=standard solution, 16/0=solution I, 12/4=solution II) were designed to produce neutral, basic and acidic condition in the medium. The results obtained were as follows:

1. In solution I and standard solution plots, the pH of the recirculating solution was more stable in coir-system than in rockwool-system, whereas in the solution II plot, the pH was drastically decreased.

2. In coir-system, ion concentrations in the recirculating solution were much more stable than those in rockwool-system, especially in solution I.

3. Plant vigour was the strongest in the standard solution plot in both systems, and in the coir-system, total yields were the highest in the standard solution plot, but marketable fruits yields were the highest in solution I plot. In rockwool-systems, total yields were highest in the solution I plot, and there were little difference between solution I and standard solution in marketable fruit yields. Of all the plots, the marketable fruit yields were the highest in the solution I plot in the coir-system.

4. In the coir-system, the higher pH of the recirculating solution made the CEC of substrate increase in solution I, which contained $\text{NO}_3\text{-N}$ alone as its nitrogen source, and reduce the fluctuation of ion concentration. Consequently both marketable fruit ratios and yields became the highest among the treatments.

Key words coir, hydroponics, $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$ ratios, recirculating nutrient solution, tomato

(Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr., **72**, 214-222, 2001)