

栽培法の差異および湛液型水耕栽培における培養液濃度の差異が‘毛馬’キュウリ（*Cucumis sativus* L. cv. Kema）の苦味発現および品質に及ぼす影響

誌名	日本食品保蔵科学会誌
ISSN	13441213
著者名	嘉悦,佳子 森川,信也 磯部,武志 中村,謙治 阿部,一博
発行元	日本食品保蔵科学会
巻/号	36巻5号
巻号補足	
掲載ページ	p. 221-226
発行年月	2010年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



栽培法の差異および湛液型水耕栽培における培養液濃度の差異が ‘毛馬’ キュウリ (*Cucumis sativus* L. cv. Kema) の 苦味発現および品質に及ぼす影響

嘉悦佳子^{*1§}・森川信也^{*1}・磯部武志^{*1}
中村謙治^{*2}・阿部一博^{*3}

*1 大阪府環境農林水産総合研究所

*2 エスペックミック(株)

*3 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科

Effects of Culture Method and Hydroponic Solution Nutrient Level on Bitterness and Quality of Cucumbers (*Cucumis sativus* L. cv. Kema)

KAETSU Keiko^{*1§}, MORIKAWA Shinya^{*1}, ISOBE Takeshi^{*1},
NAKAMURA Kenji^{*2} and ABE Kazuhiro^{*3}

*1 *Research Institute of Environment, Agriculture and Fisheries, Osaka Prefectural Government,
442 Shakudo, Habikino-shi, Osaka 583-0862*

*2 *Especmic Corp, 3-11-17 Ikeda, Neyagawa-shi, Osaka 572-0039*

*3 *Graduate School of Agriculture and Biological Science, Osaka Prefecture University,
1-1 Gakuen-cho, Naka-ku, Sakai-shi, Osaka 599-8531*

To establish an efficient cultivation system for producing high-quality cucumbers (*Cucumis sativus* L. cv. Kema), a comparison of cucumbers grown in soil culture and hydroponic solution culture with different nutrient levels was carried out. The hydroponically grown cucumbers were bitter compared with the cucumbers grown in soil. The maximum and minimum fruit productions were obtained at high and low nutrient levels, respectively. However, most of the cucumbers were bitter when they were grown at high nutrient level. The cucumbers had the lowest concentration of nitrate ion in the hydroponic culture solution with low nutrient level, and vice versa. Nitrate ions may cause bitterness in cucumbers by promoting nitrogen metabolism, which in turn favors the enzymatic synthesis of cucurbitacin C. From these results, we conclude that the yield of bitter cucumbers can be reduced by growing them in soil culture rather than in rockwool culture and in hydroponic solution with low nutrient level.

(Received Dec. 21, 2009 ; Accepted Aug. 19, 2010)

Key words : *cucumber, bitter cucumbers, hydroponic culture, nitrate ion concentration,
nutrient solution concentration*

キュウリ, 苦味果, 養液栽培, 硝酸イオン濃度, 培養液濃度

現在, 日本では, 2005年に「食育基本法」が施行され食育という言葉が社会において一般化し¹⁾, 地産地消やスローフードならびに地場産野菜などが消費者に注目されている。この社会の流れを受け, 古くからの大阪地場産野菜である「なにわの伝統野菜」が大阪府でも注目さ

れ, 2005年に「なにわの伝統野菜認証制度」が開始され, 現在, 17品目の野菜が認証されており, 普及・拡大のための活動が行われている²⁾。

「なにわの伝統野菜」の一種である‘毛馬’キュウリは, 大阪市都島区毛馬町発祥の半白系の黒イボ胡瓜で,

*1 〒583-0862 大阪府羽曳野市尺度442

§ Corresponding author, E-mail : kaetsuk@mbbox.epcc.pref.osaka.jp

*2 〒572-0039 大阪府寝屋川市池田3-11-17

*3 〒599-8531 大阪府堺市中区学園町1-1

徳川時代に早熟栽培されており、果実は細長く肉質は脆軟で独特の風味があり珍重されていた^{3),4)}。現在は大阪府の河南町や堺市などで栽培されている。収穫・流通の規格は果長：約30cm，太さ：3cmであり，果梗部から3分の1は淡緑色であるが，果頂部までの残り3分の2は淡緑白色である⁵⁾。食味の特徴として果実の苦味と特有のテクスチャーがあり⁶⁾，そのテクスチャーの特徴を生かして，奈良漬や糠漬などの加工品として食されている^{7),8)}。

しかし，‘毛馬’キュウリでは，過度に苦い果実が生産されることがあり，問題となっている。ウリ科作物46種の果実に含まれる苦味成分は研究が進められ，それらは，ククルビタシンA～Lと命名されており⁹⁾，キュウリの苦味は，ククルビタシンCが原因とされている¹⁰⁾。

一方，作物の品質と栽培法には関係があり，土耕栽培と養液栽培ではホウレンソウの品質について食味や内容成分の含有量に差異がみられるという報告がされている¹¹⁾。また，キュウリ果実における苦味発現は，栽培期間中の急激な温度変化，土壌乾燥，窒素肥料の多施用によっても誘起される¹²⁾。

過度の苦味を有する‘毛馬’キュウリ果実は，消費者に受け入れられにくい。このため，栽培技術によって苦味が軽減できるかどうかを明らかにするために，本研究では，異なる栽培法が‘毛馬’キュウリの苦味強度にどのような影響を及ぼすかを調べた。また，湛液型水耕栽培において培養液濃度の差異が‘毛馬’キュウリの苦味強度にどのような影響を及ぼすかを明らかにするとともに，‘毛馬’キュウリ果実中の硝酸イオン濃度を測定し，果実の苦味強度と硝酸イオン濃度の関係性を調査した。

実験材料および実験方法

1. 栽培法の差異が‘毛馬’キュウリ果実の苦味強度に及ぼす影響

(1) 栽培概要 大阪府環境農林水産総合研究所にて採種した‘毛馬’キュウリ種子を，平成20年1月11日に同研究所所有の栽培施設（全長：20m，横幅：5.4m）に播種し土耕栽培を行った（これを土耕区とする）。あるいは，平成20年1月11日に播種し平成20年1月25日にロックウールブロックに定植し養液栽培を行った（これをロックウール養液栽培区とする）。また，対照区として白イボ系節成キュウリである‘ときわ夏節’をロックウール養液栽培区と同様に栽培した。

すべての試験区の仕立法や摘心および病害虫防除は大阪府が刊行している栽培指針に準じて行った¹³⁾。土耕区の施肥管理は，大阪府が刊行している栽培指針に準じて行った¹³⁾。元肥は完熟堆肥200kg/aを施用し，追肥は棉実油粕7kg/aを4回および化成肥料2kg/aを1回施用した。ロックウール養液栽培区および対照区の施肥管理は，養液栽培用混合肥料を大塚A処方¹⁴⁾で1/2単位（EC約1.2mS/cm）をドリップ灌水し施肥した。施用した全窒素量について，土耕区とロックウール養液栽培区およ

び対照区の全窒素量は，ほぼ同量であった。

‘毛馬’キュウリ果実長は販売規定である約30cmで，‘ときわ夏節’キュウリは販売規格である約20cmで，収穫を随時行い供試材料とした。

(2) 官能検査 各3区の収穫直後のキュウリについて，‘毛馬’キュウリ果実で最も苦味の強い部位である果梗部から約10cmを5mm幅の輪切りにし，同研究所にて苦味についての官能検査を随時行った。被験者は，試験区ごとにのべ50人であった。官能検査は，5段階評価で行い，“苦味なし”を0点で，“少し苦い”を1点で，“苦い”を2点で，“苦味が強い”を3点で，“苦味が強すぎて食べられない”を4点で評価した。

2. 湛液型水耕栽培において培養液濃度の差異が‘毛馬’キュウリの苦味強度に及ぼす影響

(1) 栽培概要 大阪府環境農林水産総合研究所にて採種した‘毛馬’キュウリ種子を，平成21年8月12日にウレタンマットに播種し，平成21年9月4日に定植し，同研究所所有の栽培施設（全長：20m，横幅：5.4m）にて湛液型水耕栽培を行い，収穫した果実を供試材料にした。

すべての試験区の仕立法や摘心および病害虫防除は大阪府が刊行している栽培指針に準じて行った¹³⁾。施肥管理は，養液栽培用肥料を大塚A処方¹⁴⁾で，低濃度（EC約0.8mS/cm）と中濃度（EC約1.2mS/cm）と高濃度（EC約2.4mS/cm）の施肥管理の差異により3試験区を設けた。追肥は，大塚A処方¹⁴⁾で1/2単位（EC約1.2mS/cm）に調整した養液栽培用混合肥料を施肥した。

‘毛馬’キュウリ果実長は販売規定である約30cmで，収穫を行った。

(2) 官能検査 各3区の収穫直後の‘毛馬’キュウリについて‘毛馬’キュウリ果実で最も苦味の強い部位である果梗部から約10cmを5mm幅の輪切りにし，同研究所にて官能検査を平成21年10月21日にのべ22人の被験者を対象に行った。官能検査は，中濃度区を基準とし，低濃度区と高濃度区の苦味について，“非常に弱い”を1点で，“弱い”を2点で，“同等”を3点で，“強い”を4点で，“非常に強い”を5点の5段階で評価した。

(3) 硝酸イオン濃度が苦味強度に及ぼす影響 収穫直後，様々な硝酸イオン濃度の6本の‘毛馬’キュウリ果実の果梗部から約10cmの部位を，それぞれフードプロセッサーで粉碎し，様々な硝酸イオン濃度の‘毛馬’キュウリおろしをつくった。同研究所にて‘毛馬’キュウリおろしの苦味について，平成21年11月6日に官能検査を20人の被験者を対象に行った。

官能検査は，5段階評価で行い，“苦味なし”を0点で，“少し苦い”を1点で，“苦い”を2点で，“苦味が強い”を3点で，“苦味が強すぎて食べられない”を4点で評価した。

(4) ‘毛馬’キュウリ果実中に含まれる硝酸イオン濃度測定 収穫した‘毛馬’キュウリ果実の果皮をピー

ラーで果皮表面から1mm厚で切り取り、それぞれの果皮をナイフで細かく刻んだ。また、果皮を剥いた果肉もナイフで細かく刻んだ。それぞれを等量から4倍までの純水を加え、2倍から5倍までに希釈し、ホモジナイザー(Pro Scientific Inc.製 PRO200 Homogenizer)で粉碎後、小型反射式光度計(Merck社製 RQフレックス)で、各部位に含まれる硝酸イオン濃度を測定した¹⁵⁾。それぞれの実験を、3反復行った。

実験結果および考察

1. 栽培法の差異が‘毛馬’キュウリ果実の苦味強度に及ぼす影響

栽培法が異なる‘毛馬’キュウリ果実の苦味についての官能試験の結果をFig. 1に示した。

‘毛馬’キュウリ果実の苦味強度は、ロックウール養液栽培区は3.08点で“苦味が強い”と評価され、土耕区は2.04点で“苦い”と評価された。また、対照区である‘ときわ夏節’キュウリ果実の苦味強度は、0点で“苦味なし”であった。このように官能検査によって、現在、広く一般的に食されている‘ときわ夏節’キュウリ果実には苦味がなく、大阪府の伝統的なキュウリである‘毛馬’キュウリ果実には苦味が強いことが明らかになった。

昔の品種のキュウリは苦味が強く、石川県の伝統野菜である加賀野菜の‘加賀太’キュウリにも苦味が存在し、地方の品種として、石川県で食されており、苦味発現についての研究が行われている¹⁶⁾。しかし、キュウリ果実の苦味は好まれないため、品種改良は進み、現在普及している‘ときわ夏節’キュウリなどの節成キュウリには苦味がなく、広く食されている^{17), 18)}。

‘毛馬’キュウリに関して、土耕栽培果実よりロックウール養液栽培果実のほうが、苦味が強いことが明らかになった。土耕栽培より養液栽培の方が直接培養液中に

根が存在し肥料成分である硝酸イオンに常に接しており、より効率的に硝酸イオンを吸収できるため、植物体中の硝酸態窒素濃度が土耕栽培より高いことがトマトにおいて報告されているが¹⁹⁾、養液栽培では窒素代謝が盛んになるとともに、硝酸還元酵素の活性が高まることでククルビタシンCの生合成が進むため²⁰⁾、土耕栽培果実よりロックウール養液栽培果実の苦味が強かったと考えられた。ただし、今後、培養液を吸収する根部を含むロックウール部分の温度や湿度条件等の検討が必要である。

したがって、‘毛馬’キュウリ果実の苦味強度を栽培法により、コントロールできる可能性が示唆された。

また、果実中に硝酸イオンが少量しか存在しないトマトと比較して、‘毛馬’キュウリは果実中の硝酸イオン濃度を測定することが容易なため、果実中の硝酸イオンと苦味の関連について検討できると考えた。

2. 湛液型水耕栽培において培養液濃度差異が‘毛馬’キュウリの苦味強度に及ぼす影響

湛液型水耕栽培において培養液濃度が異なる‘毛馬’キュウリ果実の収穫果数および良品果数の結果をFig. 2に示した。

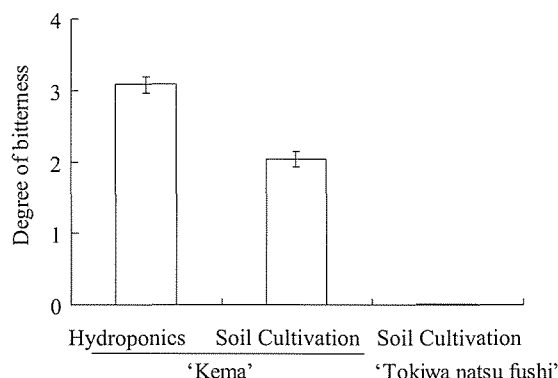


Fig. 1 Effect of culture method on bitterness of ‘Kema’ and ‘Tokiwa natsu fushi’ cucumbers

Values are means of results from fifty panelists and bars represent the S. E.

Vertical axis: Degree of bitterness

0 = “non bitter”, 1 = “weak”, 2 = “moderate”, 3 = “strong”,

4 = “no commercial value”

Horizontal axis: Cultivar and culture method

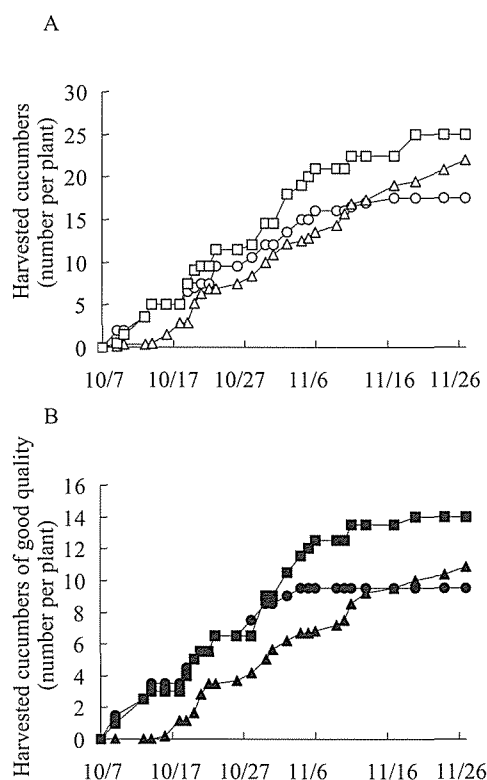


Fig. 2 Effect of hydroponic solution nutrient level on the number of harvested ‘Kema’ cucumbers

A, total number of harvested cucumbers;

B, total number of harvested cucumbers of high quality

Values are means of results from twenty-two panelists.

Vertical axis: A: total number of harvested cucumbers,

B: total number of harvested cucumbers of good quality

Horizontal axis: Harvest date (month/day)

○ and ●: Low nutrient level, △ and ▲: Medium nutrient level,

□ and ■: High nutrient level

収穫果数および良品果数は、高濃度区で最も多く、次いで、中濃度区となり、低濃度区が最も少ないという結果であり、培養液濃度が濃いほど収穫果数および良品果数は多かった。しかし、‘毛馬’キュウリは、曲がり果が発生する⁵⁾などの要因から、良品率は全試験区で約50%であり、特に、収穫後期に曲がり果は多発した。大阪府の慣行法（土耕栽培）で‘毛馬’キュウリは一株当たり約17本収穫できるといわれている⁷⁾が、本試験で、低濃度区では同等で、中濃度区および高濃度区では同等以上の収穫果数であった。

湛液型水耕栽培において培養液濃度が異なる‘毛馬’キュウリ果実の苦味についての官能試験の結果をFig. 3に示した。

‘毛馬’キュウリ果実の苦味強度は、中濃度区と比較して、低濃度区は2.55点で苦味が少なく評価され、高濃度区は3.23点で苦味は多いと評価された。したがって、湛液型水耕栽培において培養液濃度が高いほど、苦味が強くなる傾向がみられた。

‘毛馬’キュウリ果実中の硝酸イオン濃度が苦味強度に及ぼす影響をFig. 4に示した。

‘毛馬’キュウリ果実に含まれる硝酸イオン濃度が0 ppmから約70 ppmまでは、被験者は苦味を感じないと評価したが、約100 ppmでは“少し苦い”と評価し、約120 ppmでは“苦い”と評価し、約250 ppmでは“非常に苦い”と評価した。

したがって、‘毛馬’キュウリ果実中に含まれる硝酸イオン濃度が低いと被験者は苦味を感じず、‘毛馬’キュウリ果実中に約70 ppm以上の硝酸イオンが含まれていると、‘毛馬’キュウリ果実中の硝酸イオン濃度が高いほど、苦味が強くなることが明らかになった。‘加賀太’キュウリでは、窒素肥料の多施用により苦味果の発

生率が高くなり²¹⁾、‘加賀太’キュウリの苦味系統果実は、果実中に含まれる硝酸イオン濃度が高いという、果実の苦味発現と硝酸イオン濃度の関係について報告されている²⁰⁾。

湛液型水耕栽培における培養液濃度が異なる‘毛馬’キュウリ果実中に含まれる硝酸イオン濃度の結果をFig. 5に示した。

果皮について、低濃度区で最も硝酸イオン濃度は低く、次いで、中濃度区となり、高濃度区が最も硝酸イオン濃度は高かった。また、果肉でも、同様の結果であり、すべての試験区で、果肉よりも果皮に硝酸イオンは蓄積されていることが明らかになった。

したがって、‘毛馬’キュウリ果実では、湛液型水耕

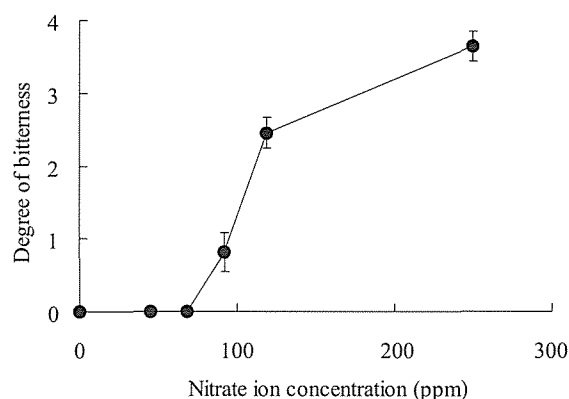


Fig. 4 Relationship of nitrate ion concentration and bitterness of ‘Kema’ cucumbers

Values are means of results from twenty panelists and bars represent the S. E.

Vertical axis: Degree of bitterness

0 = “non bitter”, 1 = “weak”, 2 = “moderate”, 3 = “strong”, 4 = “no commercial value”

Horizontal axis: Nitrate ion concentration (ppm)

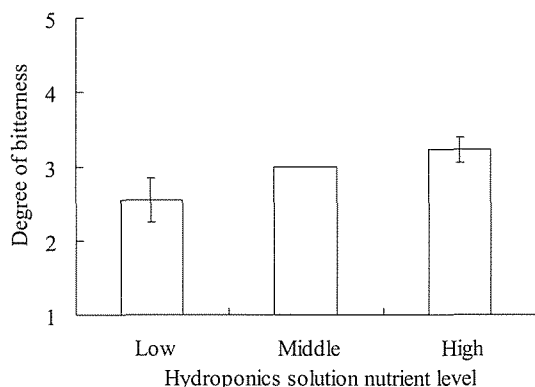


Fig. 3 Effect of different hydroponic solution nutrient levels on bitterness of ‘Kema’ cucumbers

Values are means of results from twenty-two panelists and bars represent the S. E.

Vertical axis: Degree of bitterness

1 = “weak”, 2 = “slightly weak”, 3 = “equal”, 4 = “slightly strong”, 5 = “strong”

Horizontal axis: Nutrient solution level

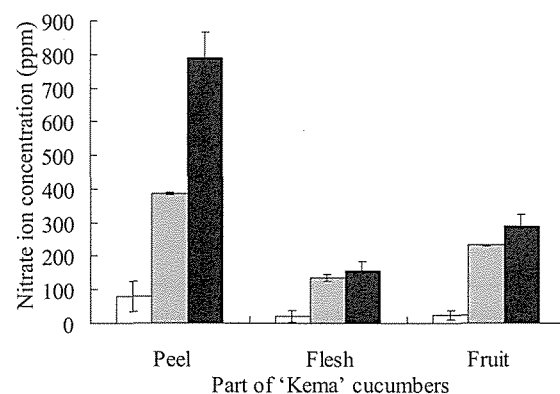


Fig. 5 Effect of hydroponic solution nutrient level on the nitrate ion concentration of ‘Kema’ cucumbers

Values are means of three replicates and bars represent the S. E.

Vertical axis: Nitrate ion concentration (ppm)

Horizontal axis: Part of ‘Kema’ cucumbers

□: Low nutrient level, ▨: Medium nutrient level,

■: High nutrient level

栽培において培養液濃度が高いほど、果実中に蓄積する硝酸イオン濃度は高いことが明らかになった。また、作物中に存在する硝酸イオンは、多量摂取により健康に悪影響があると報告されており²³⁾、作物中に存在する硝酸イオン濃度を低減する栽培技術は、消費者のニーズである食の安全・安心および健康に寄与するため、多くの研究が成されている^{23)~25)}。EUでは葉菜類や飲料水において硝酸イオンの摂取上限を定めており、FAOとWHOの合同委員会では、1日当たりの硝酸イオンの許容摂取量は、体重1kg当たり5mg以下が望ましいとされている²⁶⁾。今回、「毛馬」キュウリ果実に含まれる硝酸イオン濃度は、EUおよびFAOとWHOの合同委員会の設定している摂取上限ほど高濃度ではなかった。しかし、「加賀太」キュウリでは、果実中の硝酸イオン濃度が高いと、窒素代謝活性が高くなり、ククルビタシンC生合成の促進が起きるとの報告があり²⁰⁾、本研究では、ロックウール養液栽培および高濃度培養液を使用した湛液型水耕栽培において、栽培中に硝酸イオンがより多く蓄積することで、窒素代謝活性が高まり、ククルビタシンC生合成が促進されたと推察した。

以上の結果から、「毛馬」キュウリ果実において土耕栽培よりロックウールによる養液栽培で「毛馬」キュウリの苦味発現がより引き起こされた。また、湛液型水耕栽培において培養液濃度が高いほど、「毛馬」キュウリの苦味発現がより引き起こされた。苦味の弱い「毛馬」キュウリを栽培するためには、ロックウールによる養液栽培より土耕栽培を行い、湛液型水耕栽培においては培養液濃度を低く設定し栽培することが望ましく、湛液型水耕栽培において培養液濃度を低くすると、「毛馬」キュウリ果実中に含まれる硝酸イオン濃度は低く消費者ニーズに合った「毛馬」キュウリの栽培が行うことができると考えられた。しかし、低濃度では収量が慣行法の土耕栽培と同等であったため、今後、養液栽培において収量が慣行法以上で、苦味を低減する技術の確立が必要である。

要 約

「なにわの伝統野菜」の普及・拡大を行い、消費者からのニーズのある苦味が弱く高品質な「毛馬」キュウリの栽培法を確立するため、栽培法の差異および湛液型水耕栽培における培養液濃度の差異が「毛馬」キュウリの苦味発現および品質に及ぼす影響について検討した。

「毛馬」キュウリを土耕栽培およびロックウールによる養液栽培を行い、一般に食されている節成キュウリである「ときわ夏節」と苦味強度を比較した結果、土耕栽培よりロックウールによる養液栽培をすると苦味が強いことが官能試験の結果から明らかになった。また、現在、広く食されている節成キュウリである「ときわ夏節」果実には、苦味がなく、伝統野菜である「毛馬」キュウリ果実は苦味が強いことが明らかになった。湛液型水耕栽培

において培養液濃度の差異が「毛馬」キュウリの収量および品質にどのような影響を及ぼすか明らかになった。収量は、低濃度<中濃度<高濃度という傾向があり、果実の苦味強度は、低濃度<中濃度<高濃度という結果であった。また、果実中の硝酸イオン濃度と苦味強度の関係性を明らかにし、果実中に含まれる硝酸イオン濃度は低濃度<中濃度<高濃度という結果であった。

以上の結果から、「毛馬」キュウリ果実において土耕栽培よりロックウールによる養液栽培、および、湛液水耕栽培で培養液濃度が高いほど、「毛馬」キュウリ果実の苦味発現が引き起こされたため、苦味の弱い「毛馬」キュウリを栽培するためには、ロックウールによる養液栽培より土耕栽培を行い、湛液型水耕栽培においては培養液濃度を低く設定し栽培することが望ましいと考えられた。しかし、湛液型水耕栽培での培養液が低濃度の場合では収量が低かったため、今後、収量を落とさず、苦味を低減する技術確立が必要である。

文 献

- 1) 河野公子：食育，食科工，54，204（2007）
- 2) 内藤重之・森下正博：「なにわの伝統野菜」の復活と地域・産業の取り組み，大阪食とみどり技セ研報，43，5～12（2007）
- 3) 伊藤庄次郎：蔬菜品質解説（朝倉書店，東京），pp.31～34（1952）
- 4) 熊澤三郎：胡瓜栽培の経済的研究，農及園，8，371～384（1932）
- 5) 森下正博：大阪在来「毛馬」キュウリの来歴と品種特性，大阪農技セ研報，37，27～34（2001）
- 6) 森下正博：キュウリ果実のテクスチャーの品種間差，大阪食とみどり技セ研報，39，1～5（2003）
- 7) 森下正博：「毛馬」キュウリ，なにわの伝統野菜（大阪府立農林技術センター，大阪），pp.11～15（1999）
- 8) 森下正博：大阪府＝なにわの伝統野菜の復活による「天王寺蕪，毛馬胡瓜」のEマーク商品化，施設と園芸，122，33～36（2003）
- 9) REHM, S., ENSLIN, P. R., MEEUSE, A. D. J. and WESSELS, J. H.: Bitter principles of the Cucurbitaceae, 7, The distribution of bitter principles in this plant family, *J. Sci. Food. Agric.*, 8, 679～686（1957）
- 10) ENLIN, P. R. and REHM, S.: The distribution and biogenesis of the cucurbitacines in relation to the taxonomy of the Cucurbitaceae, *Proc. Linn. Soc. (London)*, 169, 230～238（1958）
- 11) 清田マキ・関根康子・藤代岳雄・岡 充・小泉典子：土耕および水耕におけるホウレンソウの成分および生食の食味の差異，栄食誌，49，107～112（1996）
- 12) 下間 実：ウリ科植物の苦味物質の遺伝・生化学的研究，生研時報，12，85～91（1961）

- 13) 大阪府環境農林水産部農政室：なにわふるさと野菜栽培指針（大阪府環境農林水産部農政室，大阪），pp.1～7（2004）
- 14) 池田英男：用水と培養液の調整，日本施設園芸協会編，最新養液栽培の手引き（誠文堂，東京）（1996）
- 15) 建部雅子：作物栄養診断のための小型反射式光度計システムによる硝酸及び還元型アスコルビン酸の簡易測定法，土肥誌，66，147～112（1995）
- 16) 加納恭卓：‘加賀太’キュウリ果実における苦味発現，金沢大学大学教育開放センター紀要，18，55～63（1998）
- 17) 大阪の園芸：きゅうり（近畿農政局大阪統計情報事務所，大阪），pp.18～23（1960）
- 18) 大阪市史編纂所：天満青物市場史，下（1990）
- 19) 李 光植・喻 景権・太田勝巳・若月利之・松井佳久：水耕栽培トマト中の無機元素濃度の経時変化，土肥誌，62，606～612（1991）
- 20) 加納恭卓・山辺 守・石本兼治・福田秀範：‘加賀太’キュウリ (*Cucumis sativus* L. cv. Kagafutokyuri) の葉および果実における苦味発現と窒素代謝との関連，園学雑，68，391～396（1999）
- 21) 加納恭卓・関沢雅代・橋本 尚・山辺 守・石本兼治・亀田英喜：‘加賀太’キュウリの苦味果発生における系統分類育種の効果，平成6年度園学北陸支部要旨，15（1994）
- 22) 国包章一：硝酸性窒素および亜硝酸性窒素の健康影響，水環境学会誌，19，965～968（1996）
- 23) 建部雅子・岡崎圭毅・鍵下恵太・唐澤敏彦：ハウレンソウの硝酸イオン含有率低減に対する養液土耕栽培の効果，土肥誌，77，9～16（2006）
- 24) 篠原 温・塚越 覚・林菜穂子・丸尾 達・北条雅章：ハウレンソウの養液土耕における日射比例型制御による硝酸塩濃度低減化技術の実用化，園学雑，6，195～199（2007）
- 25) 上西愛子・野村 研・北浦健生・河田隆弘・北 宜裕：ハウレンソウのシュウ酸塩および硝酸塩濃度に及ぼす窒素施用量と灌水量の影響，農業生産技術管理学会誌，14，9～14（2007）
- 26) 田代正一：EUの硝酸塩指令に関する一考察，鹿大農学術報告，50，95～101（2000）
（平成21年12月21日受付，平成22年8月19日受理）