

# 水耕栽培における窒素施用量およびアンモニア態窒素と硝酸態窒素の割合が'毛馬'キュウリ(Cucumis sativus L.cv.Kema)の苦味発現および収量に及ぼす影響

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 中村,謙治 阿部,一博
発行元	日本食品保蔵科学会
巻/号	38巻3号
掲載ページ	p. 141-146
発行年月	2012年5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



# 水耕栽培における窒素施用量およびアンモニア態窒素と硝酸態窒素の割合が‘毛馬’キュウリ (*Cucumis sativus* L. cv. Kema) の苦味発現および収量に及ぼす影響

嘉悦佳子<sup>\*1§</sup>・森川信也<sup>\*1</sup>・中村謙治<sup>\*2</sup>・阿部一博<sup>\*3</sup>

\*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

## Effect of the Amount of Nitrogen Application and Ratio of Nitrate and Ammonia Nitrogen on Bitterness and Yield of Cucumbers (*Cucumis sativus* L. ‘Kema’) in Hydroponics

KAETSU Keiko<sup>\*1§</sup>, MORIKAWA Shinya<sup>\*1</sup>, NAKAMURA Kenji<sup>\*2</sup> and ABE Kazuhiro<sup>\*3</sup>

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

\*2 *Especcmic 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*

The purpose of this study was to establish a deep - flow hydroponic culture system to reduce the degree of bitterness in cucumbers (*Cucumis sativus* L. ‘Kema’) which consumers do not favor. The effect of the amount of nitrogen application and the ratio of nitrate and ammonia nitrogen on the degree of bitterness and yield of ‘Kema’ cucumbers grown in hydroponics was analyzed. Commercially available 90% nitrate nitrogen and 10% ammonia nitrogen fertilizers were used for this study. In conventional cultivation, cucumbers were cultivated with 1/2 units of standard (Ohtsuka-A) nutrient solution. The ‘Kema’ cucumbers cultivated with 2/3 units of standard nutrient solution were more bitter in taste than the ones cultivated with 1/3 units of standard nutrient solution. ‘Kema’ cucumbers cultivated with less nitrate nitrogen were less bitter in taste than the ones cultivated conventionally. Moreover ‘Kema’ cucumbers cultivated with less nitrate and more ammonia nitrogen showed more yield than the ones cultivated conventionally. These findings suggest that the bitterness of ‘Kema’ cucumbers is related to the amount of nitrate nitrogen; additionally, hydroponic cultivation utilizing less nitrate and more ammonia nitrogen can help maintain the yield.

(Received Sep. 21, 2011 ; Accepted Dec. 12, 2011)

**Key words** : ammonia nitrogen, cucumber, bitterness, hydroponics, nitrate ion concentration  
アンモニア態窒素, キュウリ, 苦味, 水耕栽培, 硝酸イオン

現在, 大阪府では, 古くからの大阪地場産野菜である17品目の野菜が「なにわの伝統野菜」に認証されており, 消費者に注目されている<sup>1)</sup>。

「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あ

る<sup>2),3)</sup>。現在は大阪府の河南町や堺市などで栽培されている。‘毛馬’キュウリには特有のテクスチャーがあり<sup>4)</sup>, そのテクスチャーを生かして, 奈良漬や糠漬などの加工品として食されている<sup>5),6)</sup>。

しかし, ‘毛馬’キュウリには苦味があり, しばしば

\*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 大阪府堺市中央区学園町1-1

過度に苦い果実が生産されることがある<sup>7)</sup>。そのために、'毛馬'キュウリの苦味を抑制できる栽培技術の開発が求められている<sup>7)</sup>。そこで、筆者らは、'毛馬'キュウリの湛液型水耕栽培(以下、水耕栽培)において、低濃度の化学肥料を施用した培養液で栽培したり、化学肥料の代わりに有機質肥料を施用したりすると、苦味を低減できることを明らかにした<sup>8),9)</sup>。また、'毛馬'キュウリにおいて、果実の苦味と果実中に含まれている硝酸イオン濃度には、相関関係があることも明らかにした<sup>8)</sup>。しかし、苦味を低減させるために培養液濃度を低下させると、収量が慣行栽培以下になり、果実色が薄くなった。また、有機質肥料を施用すると、栽培前に有機態窒素を硝化するために約3週間以上の期間が必要となることやバイオフィームがシステムを詰まらせるなど、栽培が不安定であった。

一方、葉菜類であるホウレンソウとコマツナの水耕栽培において、全施肥中のアンモニア態窒素の割合を大きくすると、作物中に含まれる硝酸イオン濃度が低下することが報告されている<sup>10)</sup>。

そこで、本研究では、'毛馬'キュウリの水耕栽培において、窒素施用量が果実の収量および苦味の発現に及ぼす影響を検討した。また、施用したアンモニア態窒素と硝酸態窒素の割合が'毛馬'キュウリ果実の収量および苦味の発現に及ぼす影響を検討した。

## 実験材料および実験方法

### 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、2010年3月5日にパーミキュライトに播種した。播種後、ビニルトンネル内で育苗し、同年4月2日に1試験区につき2株ずつ定植した。同研究所所有のガラス温室(全長:20m, 横幅:5.4m)内で水耕栽培を行った。1試験区につきプラスチック製容器を1つ使用し、その中に培養液20ℓを満たして栽培した。栽培期間中は培養液中の溶存酸素を保持するために十分な曝気(培養液1ℓあたり0.77ℓ/min)を行った。栽培槽の培養液量を維持するため、随時給水を行った。

栽培は、下記の施肥管理の異なる5試験区で行った。

- ・ 対照区: 大塚A処方1/2単位<sup>11)</sup>で全施肥窒素量の10%をアンモニア態窒素で、90%を硝酸態窒素で施用(キュウリ水耕栽培の慣行の施用量)。
- ・ 2/3-10%区: 大塚A処方2/3単位で全施肥窒素量の10%をアンモニア態窒素で、90%を硝酸態窒素で施用。
- ・ 2/3-55%区: 大塚A処方2/3単位で全施肥窒素量の55%をアンモニア態窒素で、45%を硝酸態窒素で施用。
- ・ 1/2-40%区: 大塚A処方1/2単位で全施肥窒素量の40%をアンモニア態窒素で、60%を硝酸態窒素で施用。

- ・ 1/3-10%区: 大塚A処方1/3単位で全施肥窒素量の10%をアンモニア態窒素で、90%を硝酸態窒素で施用。

2/3-55%区, 1/2-40%区および1/3-10%区の3試験区の硝酸態窒素施用量は同量になるように設定した。対照区, 2/3-10%区および1/3-10%区は、市販されている慣行の化学肥料である大塚ハウス1号・2号(大塚アグリテクノ株式会社)の配合と合わせた。

栽培期間中は、培養液の無機窒素濃度(硝酸イオン濃度, 亜硝酸イオン濃度およびアンモニウムイオン濃度), ECおよびpHを定期的に測定した。すべての試験区の仕立法や摘心および病虫害防除は大阪府が刊行している栽培指針に準じて行った<sup>12)</sup>。

同年5月17日から販売規格(果長:約30cm, 太さ:3cm<sup>2)</sup>)に達した'毛馬'キュウリ果実を適宜収穫した。

### 2. '毛馬'キュウリ果実中に含まれる硝酸イオン濃度測定

同研究所において、各試験区の平均的な'毛馬'キュウリを2本収穫して測定に供した。収穫直後に、収穫した果実の果皮をピーラーで果皮表面から1mm厚で切り取り、ナイフで細かく刻み分析に供した。また、果肉についても同様に分析に供した。各試験区の試料に純水を加えてホモジナイザー(PRO Scientific Inc. 製 PRO200 Homogenizer)で粉碎後、小型反射式光度計(Merch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<sup>13)</sup>。それぞれの収穫および測定は、同年5月28日, 6月9日および6月20日に同様に行った。

### 3. 官能検査

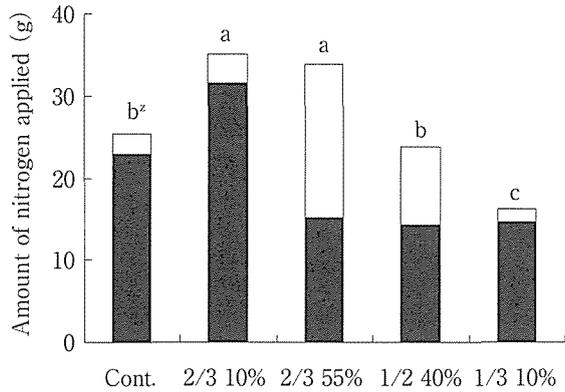
同年6月21日に同研究所において、各試験区の平均的な'毛馬'キュウリを3本収穫して、最も苦味の強い部位である果梗部から約10cmをフードプロセッサーですりおろし、官能検査を15人の被験者(20歳代から60歳代までの男女)を対象に行った。官能検査は、“苦味なし”を0点, “少し苦い”を1点, “苦い”を2点, “苦味が強い”を3点, “非常に苦い”を4点の5段階評価とした。

## 実験結果

### 1. 窒素施用量およびアンモニア態窒素と硝酸態窒素の割合が収量に及ぼす影響

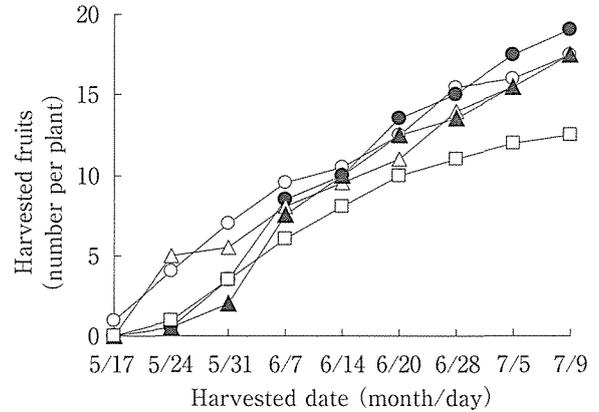
各試験区の栽培期間を通して施用した全窒素施用量をFig. 1に示した。大塚A処方2/3単位で施用した2/3-10%区と2/3-55%区の全窒素施用量は約35gで最も多く、ついで1/2単位で施用した対照区と1/2-40%区が約25gであった。1/3単位で施用した1/3-10%区が約16gで最も少なかった。また、2/3-55%区, 1/2-40%区および1/3-10%区の硝酸態窒素施用量は約15gと同量であった。

各試験区の1株当たりの積算収穫果数をFig. 2に示した。1株当たりの積算収穫果数は、2/3-55%区が約19.0本, 対照区, 2/3-10%区および1/2-40%区が



**Fig. 1** Effect of the amount of nitrogen application and the ratio of nitrate and ammonia nitrogen on the amount of nitrogen in the hydroponic solution during the cultivation period

■ : Nitrate nitrogen ; □ : Ammonia nitrogen  
 Cont. : 1/2 units of standard solution (NH<sub>4</sub>-N:NO<sub>3</sub>-N=10% : 90%) ; 2/3-10% : 2/3 units of standard solution (NH<sub>4</sub>-N:NO<sub>3</sub>-N=10% : 90%) ; 2/3-55% : 2/3 units of standard solution (NH<sub>4</sub>-N:NO<sub>3</sub>-N=55% : 45%) ; 1/2-40% : 1/2 units of standard solution (NH<sub>4</sub>-N:NO<sub>3</sub>-N=40% : 60%) ; 1/3-10% : 1/3 units of standard solution (NH<sub>4</sub>-N:NO<sub>3</sub>-N=10% : 90%)  
<sup>2</sup>: Different letters indicate significant difference between the means at a 5% level (Fisher's least significant difference [LSD] test)



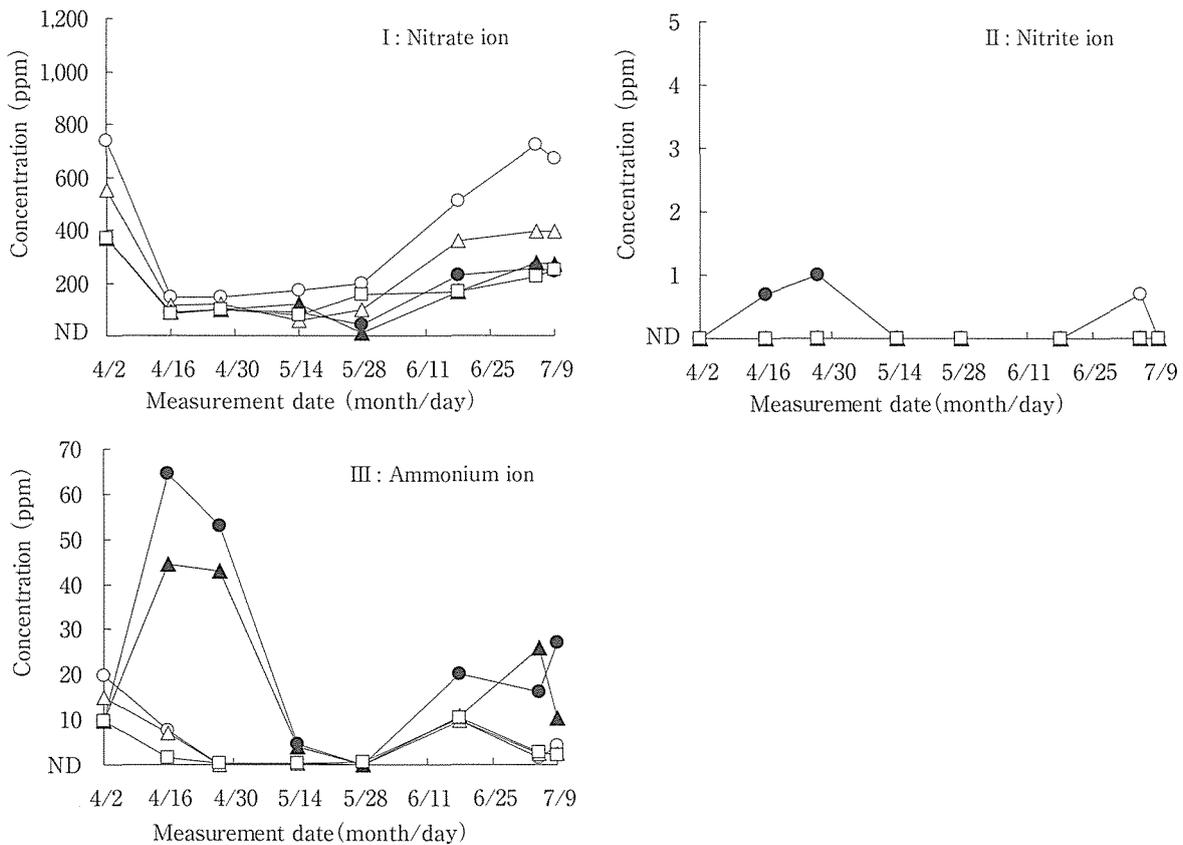
**Fig. 2** Effect of the amount of nitrogen application and the ratio of nitrate and ammonia nitrogen on the total number of harvested 'Kema' cucumbers

△ : Cont. ; ○ : 2/3-10% ; ● : 2/3-55% ; ▲ : 1/2-40% ; □ : 1/3-10% (details shown in Fig. 1)

約17.5本であり、1/3-10%区が約12.5本で最も少なかった。

**2. 窒素施用量およびアンモニア態窒素と硝酸態窒素の割合が培養液に含まれる窒素形態に及ぼす影響**

各試験区における培養液中に含まれる硝酸イオン濃度 (I) と亜硝酸イオン濃度 (II) およびアンモニウムイオン濃度 (III) の推移結果をFig. 3に示した。



**Fig. 3** Changes in nitrate (I), nitrite (II), and ammonium (III) ion concentrations of the hydroponic solution during the cultivation period

△ : Cont. ; ○ : 2/3-10% ; ● : 2/3-55% ; ▲ : 1/2-40% ; □ : 1/3-10% (details shown in Fig. 1)

栽培開始時の硝酸イオン濃度は、2/3-10%区が約740ppmで最も高く、ついで対照区が約550ppmであった。硝酸態窒素施用量が同量である2/3-55%区、1/2-40%区および1/3-10%区が約370ppmで最も低かった。その後、栽培開始から2週間後に全試験区とも硝酸イオン濃度は約100ppmにまで低下して、栽培開始から8週間後まで全試験区とも低濃度で推移した。これ以降は、全試験区とも増加して、収穫終了時には2/3-10%区が約670ppmで最も高く、ついで対照区で約400ppm、2/3-55%区、1/2-40%区および1/3-10%区が約250ppmで最も低かった。

亜硝酸イオン濃度は、栽培開始後2週から4週間までの間2/3-55%区で約1ppmであったが、その後、低下して亜硝酸イオンは検出されなかった。また、2/3-10%区以外の4試験区では、栽培期間を通して亜硝酸イオンは検出されなかった。

栽培開始時のアンモニウムイオン濃度は、2/3-10%区が約20ppmで最も高く、ついで約15ppmであった対照区で、2/3-55%区、1/2-40%区および1/3-10%区が約10ppmで最も低かった。その後、慣行の化学肥料と同様の窒素配合である対照区、2/3-10%区および1/3-10%区は、栽培開始後からアンモニウムイオン濃度は低下して、栽培終了時まで約3ppm以下の低濃度で推移した。

一方、2/3-55%区と1/2-40%区は、栽培開始からアンモニウムイオン濃度が上昇して、2週間後には2/3-55%区が約65ppm、1/2-40%区が約45ppmとなり、栽培開始から4週間後まで維持した。その後、急速に低下して、栽培開始から8週間後にはアンモニウムイオンが検出されなかったが、その後、再び増加し、栽培終了時には2/3-55%区が約17ppmで1/2-40%区が約10ppmであった。

各試験区における培養液中に含まれるpH (I) とEC (II) の推移結果をFig.4に示した。培養液中に含まれるpHは、試験区ごとで差異は見られず、全試験区とも栽培初期に約8.0で、その後低下し、栽培期間中は約6.0か

ら約7.0までの間を推移していた。

栽培開始時のECは、2/3-10%区が約2.8mS/cmで最も高く、対照区と2/3-55%区が約3.0mS/cmで、1/2-40%区が約2.0mS/cmで、1/3-10%区が約1.5mS/cmで最も低かった。栽培期間中に対照区、1/2-40%区および1/3-10%区は栽培開始時からECの変化はなかった。しかし、2/3-10%区と2/3-55%区は、栽培開始時からECの値が増加し、2/3-10%区は約4mS/cmで、2/3-55%区は約3mS/cmで推移した。

### 3. 窒素施用量およびアンモニア態窒素と硝酸態窒素の割合が‘毛馬’キュウリに含まれる硝酸イオンに及ぼす影響

‘毛馬’キュウリに含まれる硝酸イオン濃度の結果をFig.5に示した。硝酸イオン濃度は、2/3-10%区が約240ppmで最も高く、ついで対照区が約210ppmであり、2/3-55%区、1/2-40%区および1/3-10%区が約150ppmで最も低かった。この結果は、硝酸態窒素

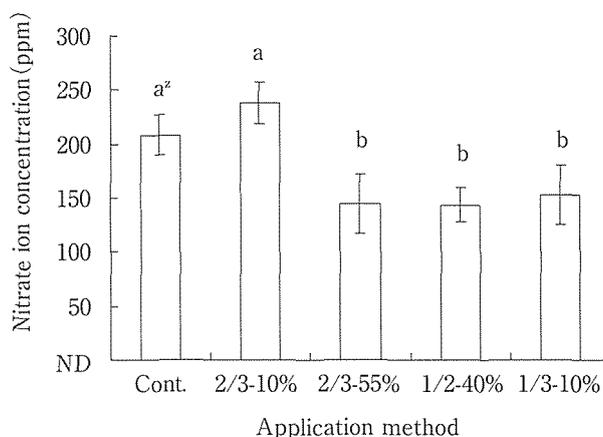


Fig. 5 Effect of the amount of nitrogen application and the ratio of nitrate and ammonia nitrogen on nitrate ion concentration in ‘Kema’ cucumbers

Values are means of 3 replicates, and bars represent the S. E. \*: Different letters indicate significant difference between the means at a 5% level (Fisher's least significant difference [LSD] test)

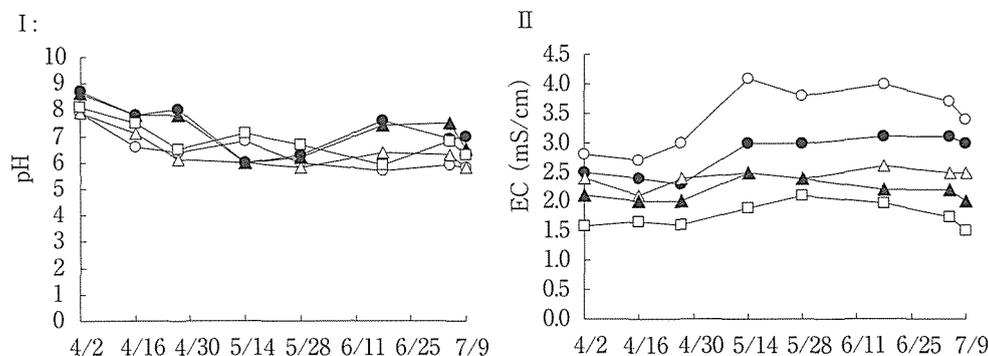


Fig. 4 Changes in pH (I) and EC (II) of the hydroponic solution during the cultivation period

△: Cont. ; ○: 2/3-10%; ●: 2/3-55%; ▲: 1/2-40%; □: 1/3-10%  
(details shown in Fig. 1)

素施用量の結果と一致した。

4. 窒素施用量およびアンモニア態窒素と硝酸態窒素の割合が‘毛馬’キュウリの苦味に及ぼす影響

‘毛馬’キュウリの苦味についての官能試験の結果を Fig. 6 に示した。‘毛馬’キュウリの苦味は、2/3-10%区が約3.0点と最も高く評価され、ついで対照区が約2.3点であり、2/3-55%区、1/3-10%区および1/2-40%区が約1.1点から約1.4点で最も低く評価された。この結果は、‘毛馬’キュウリに含まれる硝酸イオン濃度の結果と一致した。

考 察

‘毛馬’キュウリの収量については、水耕栽培の慣行施用量である対照区以上の全窒素施用量であった2/3-55%区、2/3-10%区および1/2-40%区の3試験区は対照区と同等以上の収量であった。しかし、水耕栽培の慣行施用量以下の全窒素施用量であった1/3-10%区は対照区以下の収量であった。このことから、水耕栽培の慣行施用量以上の窒素施用量で‘毛馬’キュウリを水耕栽培する必要があることが示唆された。また、2/3-55%区と2/3-10%区のように慣行栽培より窒素施用量が多い場合、アンモニア態窒素施用量の割合が大きい方が多収になった。

本試験では、施用した硝酸態窒素施用量が多いほど、‘毛馬’キュウリに含まれる硝酸イオン濃度が高いという結果であった。‘毛馬’キュウリに含まれる硝酸イオン濃度はキュウリの苦味の強さに関係しており、‘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、ククルピタシンC生合成の促進が起きるとの報告がある<sup>14)</sup>。このことから、水耕栽培において、硝酸態窒素施用量が多いと栽培中の‘毛馬’キュウリ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ピタシン等の苦味成分の生合成が促進されたと考えられた。

また、慣行栽培より硝酸態窒素施用量が少なくアンモニア態窒素施用量が多い2/3-55%区と1/2-40%区は、栽培初期に施用して高濃度であったアンモニウムイオンが、硝化菌の働きにより硝酸イオンに変化したため、栽培後期にはアンモニウムイオン濃度が低下し、硝酸イオン濃度が増加したと考えられた (Fig. 3)。また、慣行栽培より硝酸態窒素とアンモニア態窒素の施用量がともに少ない1/3-10%区では、苦味を抑制できたが、収量は対照区以下であった。しかし、1/3-10%区と同量の硝酸態窒素を施用した2/3-55%区と1/2-40%区では、苦味を抑制でき、収量は対照区以上であった。ハウレンソウの水耕栽培において、供給される硝酸態窒素が少なくアンモニア態窒素が多い場合、植物体はアンモニア態窒素を多く吸収することが報告されている<sup>15)</sup>。栽培開始から2週間後から4週間後まで2/3-55%区と1/2-40%区の硝酸イオン濃度が低く、アンモニウム

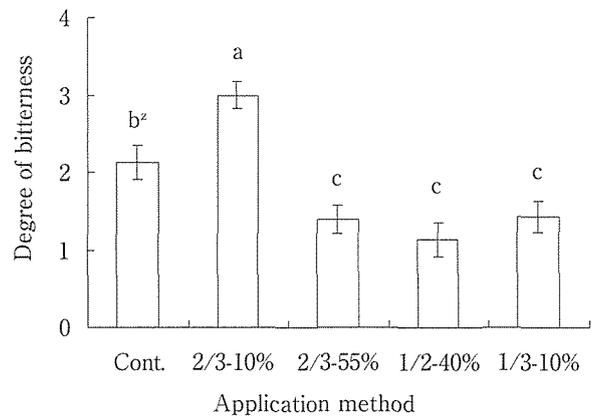


Fig. 6 Effect of the amount of nitrogen application and the ratio of nitrate and ammonia nitrogen on the degree of bitterness of ‘Kema’ cucumbers

0=“not bitter”, 1=“weak”, 2=“moderate”, 3=“strong”, 4=“too strong”

Values are the means of 3 replicates, and bars represent the S.E. The horizontal axis represents the application method whose details are shown in Fig. 1.

²: Different letters indicate significant difference between the means at a 5% level (Fisher’s least significant difference [LSD] test)

イオン濃度が高かったため、‘毛馬’キュウリは硝酸態窒素の代わりにアンモニア態窒素の形態で窒素成分を吸収したと考えられた。このことから、2/3-55%区と1/2-40%区の収量が慣行栽培以上になったと考えられた。なお、収穫終了時に培養液中の硝酸イオン濃度が増加したが、これは植物体が大きくなり、肥料成分以上に水を要求したことから給水量が増加したためと考えられた。

以上の結果から、‘毛馬’キュウリの苦味発現には、硝酸施用量が大きく関係していることが明らかになった。また、硝酸態窒素施用量が低い場合、慣行栽培より多くアンモニア態窒素を施用することで、収量を維持しつつ‘毛馬’キュウリの苦味を抑制することが示唆された。

要 約

‘毛馬’キュウリは栽培法の違いにより苦味に差が生じる。そこで、本研究では消費者に敬遠される‘毛馬’キュウリの苦味を抑制できる栽培技術を確立することを目的として、水耕栽培における窒素施用量が果実の収量および苦味の発現に及ぼす影響を検討した。また、施用したアンモニア態窒素と硝酸態窒素の割合が‘毛馬’キュウリ果実の収量および苦味の発現に及ぼす影響を検討した。

市販されている養液栽培用混合化学肥料の配合 (90%の硝酸態窒素と10%のアンモニア態窒素) で、キュウリの慣行の施用量である大塚A処方1/2単位より窒素施用量が多い2/3単位で栽培すると‘毛馬’キュウリの

苦味が強くなり、1/2単位より窒素施用量が少ない1/3単位で栽培すると‘毛馬’キュウリの苦味が弱くなった。また、慣行栽培以下の硝酸態窒素施用量で栽培すると、‘毛馬’キュウリの苦味が慣行栽培より弱くなった。

一方、硝酸態窒素施用量が少ない条件で、アンモニア態窒素施用量が多いほど‘毛馬’キュウリの積算収穫果数は多かった。

したがって、‘毛馬’キュウリの苦味発現には、硝酸施用量が大きく関係していることが明らかになった。また、硝酸態窒素施用量が低い条件では、慣行栽培より多くアンモニア態窒素を施用することで、収量を維持しつつ‘毛馬’キュウリの苦味を抑制することが示唆された。

### 文 献

- 1) 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）
- 2) 伊藤庄次郎：蔬菜品質解説，31～34（1952）
- 3) 熊澤三郎：胡瓜栽培の経済的研究，農及園，**8**，371～384（1932）
- 4) 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）
- 5) 森下正博：‘毛馬’キュウリ，なにわの伝統野菜，6～9（1999）
- 6) 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）
- 7) 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）
- 8) 嘉悦佳子・森川信也・磯部武志・中村謙治・阿部一博：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，日食保，**36**，221～226（2010）
- 9) 嘉悦佳子・森川信也・磯部武志・中村謙治・阿部一博：水耕栽培における施肥法および培地の差異が‘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，日食保，**36**，227～233（2010）
- 10) 建部雅子・石原俊幸・石井かおる・米山忠克：培地の窒素形態およびCa:K比がハウレンソウとコマツナの硝酸，アスコルビン酸，シュウ酸含有率に与える影響，土肥誌，**66**，535～543（1995）
- 11) 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）
- 12) 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），1～7（2004）
- 13) 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）
- 14) 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）
- 15) 岩田正利：窒素形態の差異と蔬菜の生育3，園学雑，**31**，39～52（1962）  
（平成23年9月21日受付，平成23年12月12日受理）