

水耕タカナの品質と生育に及ぼす培養液冷却処理および遮光処理の影響

奥田延幸・吉見奈那子・藤原 樹・高村武二郎

Effects of Solution Cooling and Shading Treatments on Quality and Growth of Hydroponic Takana

Nobuyuki Okuda, Nanako Yoshimi, Itsuki Fujiwara and Takejiro Takamura

Abstract

In this study, solution cooling and shading were applied to hydroponic takana (*Brassica juncea* var. *integrifolia*) just before harvest to investigate their effects on quality and growth. It was suggested that the nitrate nitrogen content of takana leaves could be reduced, and the sugar content could be increased by continuous day and night solution cooling treatments. The effects of the solution cooling treatment on ascorbic acid content were not significant. In addition, the nitrate-nitrogen content was reduced when the fertilizer content in the solution was reduced, but the appearance quality was also decreased. On the other hand, nitrate-nitrogen content increased, and ascorbic acid content and sugar content decreased when the seedlings were shaded. Long-term shading treatment suppressed the growth of the seedlings, suggesting the possibility of improving the quality of the takana plants.

Key words : *Brassica juncea* var. *integrifolia*, hydroponic culture, nitrate nitrogen, ascorbic acid

緒 言

タカナ (*Brassica juncea* var. *integrifolia*) は、主に九州地方で栽培が盛んで漬物として利用され、香川県では「まんば」や「ひゃっか」と呼ばれて郷土料理の材料として調理して利用される。

一般に調理の際には、タカナの独特なえぐみ、雑味を低減するため下準備として「あく抜き」の処理が必要とされる。しかし、人体でビタミンCとして抗酸化作用を発揮し健康維持に役立つアスコルビン酸は「あく抜き」により流出するとされている⁽¹⁾。タカナのえぐみや雑味となる「あく」の正体は未だ明らかにされていないが、「あく抜き」の必要なハウレンソウなどの苦味や雑味は硝酸イオン含量との間に正の相関関係があると報告されている⁽²⁾。タカナには可食部100 gあたり0.2 gの硝酸イオンが含まれており⁽³⁾、硝酸含量を低減することでタカナの食味を改善する可能性が示唆される。

これまでさまざまな野菜の硝酸濃度低減に関する研究が進められている^(4, 5)。例えば、ハウレンソウでは低温処理によって硝酸含量の減少が認められ⁽⁶⁾、夏作ミズナでは地下部冷却処理により硝酸含量が低下することが報

告されている⁽⁷⁾。また、作業が容易な高温の対策として遮光による葉温の低下が挙げられ、実際にハウレンソウでは高温下の生育が不安定なため、夏期では遮光栽培される場合がある⁽⁸⁾。

しかし、タカナ栽培では地下部冷却処理や遮光の有無による効果、さらに遮光処理と地下部冷却処理との併用による効果が、硝酸態窒素含量やアスコルビン酸含量に及ぼす影響については明らかにされていない。そこで、本研究ではタカナの品質と生育に及ぼす遮光処理および収穫直前の地下部冷却処理の影響を明らかにすることを目的とした。

材料および方法

第1実験. 収穫直前における培養液の昼夜冷却処理の影響栽培方法

実験は、香川大学農学部のビニルハウス内で2020年11月6日より行った。プラ船 (1024×664×200 mm) に、OATハウス肥料A処方 (OATアグリオ (株)) 1/2濃度の培養液を80 L入れた。

培養液を入れた各プラ船に発砲スチロール (925×580

×30 mm) を置き, 40mm間隔で77カ所穴をあけ水耕栽培用ウレタン培地 (23.5×23.5×25.5 mm, 日盛興産) を詰め, ‘三池たか菜’ (清原育種農場) の種子を各ウレタン培地に一粒ずつ播種して育苗した. 播種41日後の2020年12月16日には, 本葉が4~5枚展開した個体を23個体ずつ, 穴を160 mm間隔であけた発砲スチロールに移植した. なお, 処理開始までは1週間ごとに培養液のECとpHを測定し, OATハウス肥料A処方¹の1/2濃度になるように調整した.

処理区の設定

第8~9本葉が展開した2021年2月3日から2月15日までの12日間, 培養液冷却処理の有無と追肥の有無を組み合わせた4処理区を設定した. すなわち, 処理開始時に追肥として1/2濃度の培養液に全量交換した3処理区を, 冷却処理をしなかった対照区, 冷却器 (ZC-500α, ゼンスイ (株)) を用いて培養液を6~18時もしくは18~翌6時に冷却 (3℃設定) した昼冷却区および夜冷却区とし, さらに追肥および冷却処理をしなかった無追肥区を加えた合計4処理区である.

測定方法

処理開始後にそれぞれの処理区から3株を収穫して, 葉数, 葉長, 葉色, 新鮮重量, 糖度, 根の活力, 硝酸態窒素含量, アスコルビン酸含量を測定した. なお, 葉色は葉緑素計 (SPAD-502, コニカミノルタセンシング

(株)), 糖度はデジタル糖度計 (APAL-1, アズワン (株)), 硝酸態窒素とアスコルビン酸含量はRQフレックス10 (Merck) を用いて測定した. また, 根の活力は吉田⁹⁾ のトリフェニルフォルマザンの定量による判定を参考に, 可視分光光度計 (ASV11D, アズワン (株)) を用いて測定した.

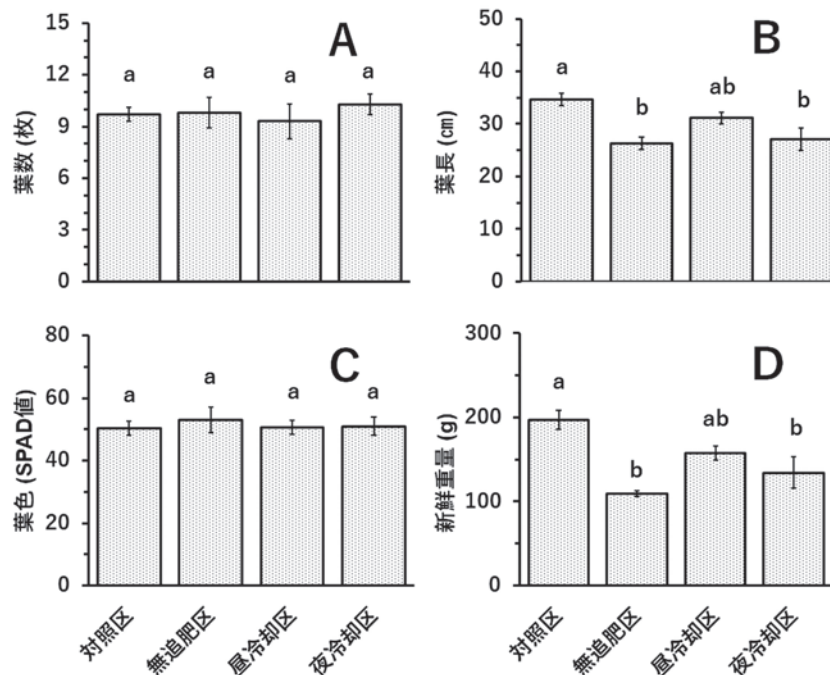
第2実験. 遮光処理および収穫直前における培養液冷却処理の影響

栽培方法

実験は, 第1実験と同様の場所, 水耕用資材, 培養液, 植物材料で行った. 2021年9月29日に, 催芽種子をウレタン培地に播種し水耕した.

処理区の設定

処理区は遮光の有無および培養液冷却の有無を組み合わせた6処理区を設定した. 遮光率75%のネット (シンセイ (株)) を用いて第2本葉が展開した2021年10月7日より同年11月24日までの長期遮光, 同様のネットを用いて第9~10本葉が展開した2021年11月10日より同年11月24日までの短期遮光, 並びに2021年11月10日より同年11月24日までの1℃設定の冷却の有無である. すなわち, 長期遮光と冷却を行った長期遮光・冷却区, 長期遮光のみを行った長期遮光・無冷却区 (長期遮光区), 短期遮光と冷却を行った短期遮光・冷却区, 短期遮光のみを



第1図 無追肥処理および培養液冷却処理開始12日後における水耕タカナの葉数 (A), 葉長 (B), 葉色 (C), 新鮮重量 (D) (第1実験) バーは標準誤差を示す (n=3) Tukey検定により異なる文字間に有意差あり (p<0.05)

行った短期遮光・無冷却区（短期遮光区）、冷却のみを行った無遮光・冷却区（冷却区）、遮光も冷却も行わなかった無遮光・無冷却区（対照区）である。

測定方法

処理開始後にそれぞれの処理区から3株を収穫して、葉数、葉長、葉色、新鮮重量、糖度、根の活力、硝酸態窒素含量、アスコルビン酸含量を、第1実験と同様の方法で測定した。

また、処理14日後のタカナを葉身と葉柄に分け、簡易的な官能評価を行った。パネルは20代の男女6名とし、生食でのえぐみ、青臭さ、辛味、甘味、食感、総合評価の6項目について5段階で評価した。

結 果

第1実験. 収穫直前における培養液の昼夜冷却処理の影響

処理12日後のタカナの生育は、葉数と葉色には有意な差がみられなかった（第1図）。一方で、対照区と比較し

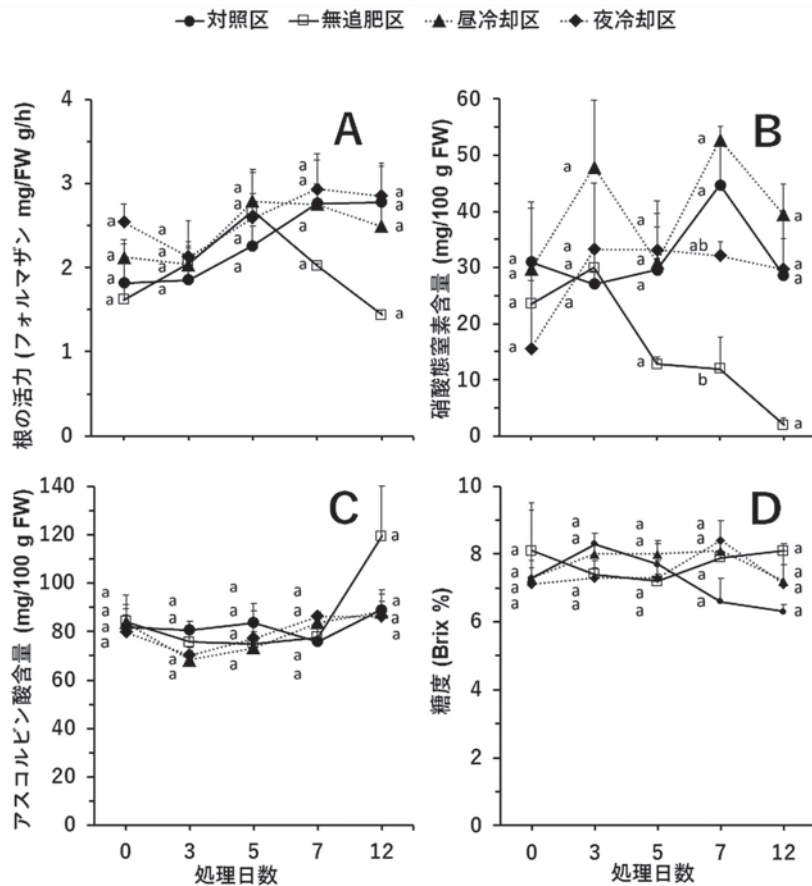
て無追肥区と夜冷却区の葉長と新鮮重量は有意に小さくなった。

根の活力は、処理5日後までは処理区間に有意な差はみられなかったが、処理7日後以降は無追肥区で低下する傾向がみられた（第2図）。

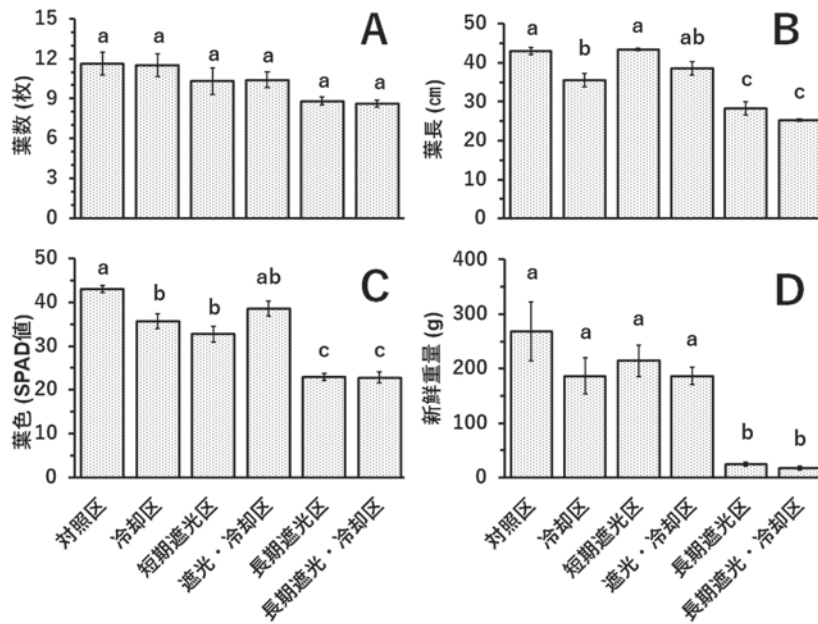
硝酸態窒素含量は、追肥した対照区、昼冷却区および夜冷却区の間で有意な差はなかったが、無追肥区では処理7日後に有意な硝酸態窒素の低下がみられ、処理12日後には無追肥区で2.0 mg/100g FWと、最も低い値となった。アスコルビン酸含量は、無追肥区で処理12日後に最も高い値となったが、有意な差はみられなかった。なお糖度は処理区間に有意差はみられなかった。

第2実験. 遮光処理および収穫直前における培養液冷却処理の影響

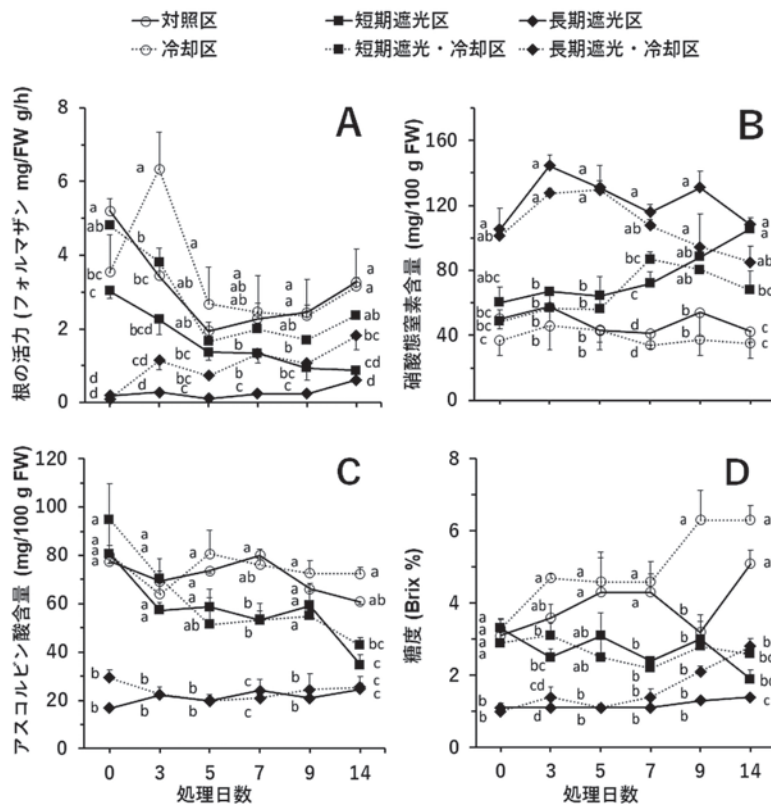
処理14日後のタカナの生育は、葉数では処理区間で有意な差がみられなかった。一方で、長期遮光区、長期遮光・冷却区では葉長と葉色、新鮮重量が他の処理区に比



第2図 無追肥処理および培養液冷却処理が水耕タカナの根の活力 (A)、硝酸態窒素含量 (B)、アスコルビン酸含量 (C)、糖度 (D) に及ぼす影響 (第1実験)。
バーは標準誤差を示す (n=3)
Tukey検定により異なる文字間に有意差あり (p<0.05)



第3図 遮光処理および培養液冷却処理開始14日後における水耕タカナの葉数 (A), 葉長 (B), 葉色 (C), 新鮮重量 (D) (第2実験) バーは標準誤差を示す (n=3) Tukey検定により異なる文字間に有意差あり (p<0.05)



第4図 遮光処理および培養液冷却処理が水耕タカナの根の活力 (A), 硝酸態窒素含量 (B), アスコルビン酸含量 (C), 糖度 (D) に及ぼす影響 (第2実験) バーは標準誤差を示す (n=3) Tukey検定により異なる文字間に有意差あり (p<0.05)

べて有意に低い値となった(第3図)。

根の活力は、対照区に比べて長期遮光処理により有意に低くなった(第4図)。また、冷却処理により根の活力が高くなる傾向がみられた。

硝酸態窒素含量は、対照区と比べ長期遮光区で有意に高くなった。また、短期遮光処理により処理7日後から硝酸態窒素含量の増加がみられた。さらに、同じ光条件下では、冷却処理により硝酸態窒素含量が低くなる傾向がみられた。アスコルビン酸含量は、長期遮光処理により他の4処理区に比べて有意に低い値で推移した。短期遮光処理では処理5日後から低下傾向がみられた。また、長期遮光処理に比べて冷却処理によるアスコルビン酸含量は処理期間中を通して有意に高く、対照区と同程度であった。

糖度は、対照区よりも長期遮光処理下で有意に低い値となった。また、長期遮光・冷却区では処理7日後より上昇傾向がみられ、処理14日後には長期遮光区よりも有意に高くなった。

官能評価については、長期遮光区と長期遮光・冷却区の葉身は柔らかい食感であったとされ、また冷却区と遮光・冷却区の葉柄では甘味を感じやすく、総合評価が高くなる傾向がみられた(データ省略)。

考 察

(1) 培養液への肥料補充停止によるタカナ品質への影響

第1実験では、培養液への肥料補充停止の結果、硝酸態窒素含量の減少が認められた。これは、タカナで培養液の交換をしないまま水耕を続けると、硝酸態窒素含量の減少がみられたという報告と一致した⁽¹⁰⁾。桐村ら⁽¹¹⁾は、水耕ミズナにおいて全肥料成分および窒素成分のみの補給停止により、補給停止期間が長くなるにつれ硝酸イオン濃度が低下したと報告した。これによると、初夏どりのミズナでは、収穫3日前に窒素成分のみの補給停止を行うことで、生育を維持しつつ品質が向上することを示している。本研究においては、培養液の肥料成分補充停止から7日後には硝酸態窒素含量の減少がみられ、12日後にはアスコルビン酸含量が増加する傾向がみられた。しかし、7日後ではアスコルビン酸含量の増加はみられず、12日後には下葉が黄化し葉脈が赤紫色になり、外観品質の低下がみられたことから、水耕タカナでの培養液への肥料成分補充停止処理による外観品質改善対策が必要であると考えられる。

(2) 培養液冷却処理によるタカナ品質への影響

第1実験では対照区に比較して、昼冷却区と夜冷却区

の硝酸態窒素含量に有意な差や明確な傾向はみられなかった。これは、ミズナとコマツナで地中冷却により硝酸含量が低下したという報告と一致しなかった⁽⁷⁾。本研究では、根の活性と硝酸態窒素含量で類似性がみられた。このことから、昼夜12時間の培養液冷却処理ではタカナの根の活力を下げるに至らず、硝酸態窒素含量にも影響が現れなかったのではないかと推察された。

一方で、第2実験では遮光の条件が同じ場合、昼夜通しての培養液冷却処理により硝酸態窒素含量は低くなる傾向がみられた。この結果は、ミズナにおいて寒紗被覆により硝酸含量は増加したが、地中冷却と併用することで増加が抑えられたという報告と一致した⁽⁷⁾。

糖度については、第2実験の昼夜連続の培養液冷却処理により上昇がみられた。この原因の一つは、培養液の最高温度が対照区に比べて冷却により9.7~15.2℃低くなったためであると考えられた。ハウス栽培した冬作ハウレンソウやコマツナでは収穫期にハウスを開放することで日中の最高気温および最高気温を低下させ、食味や栄養価を高める「寒締め栽培」が行われている。これは植物体が低温を感知して低温順化過程に入ると、作物が耐寒性などを向上させるために糖含量やビタミン含量などを増加することを利用したものである⁽¹²⁾。このことから、培養液の最高温度を下げるのがタカナの糖度上昇に効果的である可能性がある。本研究においても、タカナ葉柄の官能評価で甘味の評価が高いものほど総合評価が高い傾向が認められたことから、硝酸態窒素含量の低減と合わせてタカナの糖度を高めるより良い方法を検討することで、タカナの食味改善に寄与できると推察される。

(3) 遮光処理によるタカナ品質への影響

本研究では、長期遮光処理によって植物体が徒長し葉数の減少や葉色の低下がみられ、対照区に比べて全体的に生育が劣った。これは遮光による光不足が原因と考えられる。一方で9日間の短期遮光処理では葉数、葉長、葉色は対照区との有意差はみられなかったことから、本葉が9枚展開して葉長が40 cm前後になったタカナへの遮光は、生育に大きく影響しないと考えられた。

また遮光処理の結果、硝酸態窒素含量の増加が認められた。緑色植物を暗所に置くと、弱光下では硝酸還元能が低下することが知られている^(13, 14)。中本ら⁽⁶⁾は7月末に播種したハウレンソウを遮光すると、無処理区に比べて遮光区で硝酸含量が多くなったと報告し、その原因は遮光による硝酸吸収量の低下に比べて、硝酸還元力の低下が相対的に大きかったためと推察している。

タカナのアスコルビン酸含量と糖度は、対照区と比較

して遮光処理により低下した。中本ら⁽⁶⁾は、遮光したホウレンソウは総ビタミンC含量が減少したと報告し、その原因として光合成が劣ったことで光合成産物であるグルコースを前駆物質とするビタミンC合成量も減少したためと推察している。また、井上ら⁽¹⁵⁾は遮光率が大きくなるにつれて、ホウレンソウの総アスコルビン酸含量は減少する傾向がみられたと報告している。また、対照区に比べて長期遮光処理下により、官能評価の総合評価が高くなる傾向がみられたことから、長期遮光処理はタカナの食味を改善する可能性が示唆された。吉田ら⁽¹⁶⁾は遮光栽培したホウレンソウにおいて、遮光除去後にアスコルビン酸含量は無遮光と同程度に回復したと報告していることから、長期遮光区に置いた後に遮光除去を行うことで、食味と内容成分を両立したタカナを生産できる可能性があると期待される。

摘 要

本研究では、タカナの食味改善を図るため、収穫直前の水耕タカナに培養液冷却処理と遮光処理を行い、品質と生育に及ぼす影響を調査した。昼夜連続の培養液冷却処理では、タカナの硝酸態窒素含量を低減させ、糖度を上昇させる可能性が示唆された。アスコルビン酸含量に関しては、培養液冷却処理による影響は大きくなかった。また、培養液中の肥料分を低減すると硝酸態窒素含量は低下したが、外観品質も低下した。一方で、遮光処理を行うと、硝酸態窒素含量が増加しアスコルビン酸含量と糖度が低下した。また、長期間の遮光では生育が抑制されたが、食味改善の可能性が示唆された。

引 用 文 献

- (1) 前田剛希, 広瀬直人: ゴーヤー (*Momordica charantia*) に含まれるアスコルビン酸 (還元型ビタミンC) の加熱時の減少. 沖縄県農業研究センター研究報告, 9, 22-25 (2015).
- (2) 野田博行, 幕田武弘: 味覚センサーで測定したコマツナおよびホウレンソウの味覚地に及ぼす硝酸イオン含量の影響. 科学・技術研究, 4, 177-181 (2015).
- (3) 香川芳子: 七訂 日本食品標準成分表 2016 本表編. 女子栄養大学出版部, 東京 (2016).
- (4) 安田環: 野菜の硝酸濃度とその低減対策. 農業及び園芸, 79, 647-651 (2004).
- (5) 寄藤俊明, 新畑雅企, 山村香織, 大津知子, 井口潤, 平松絹子, 鈴木千恵, 生本俊明, 宮武信, 佐藤耕一, 西山武夫, 鈴木忠直: 市販の国産野菜に含まれている硝酸濃度の実態調査. 日本食品科学工学会誌, 52, 605-609 (2005).
- (6) 中本洋, 黒島学, 塩澤耕二: ホウレンソウのシュウ酸, 硝酸, ビタミンCに及ぼす遮光, 気温, かん水, たい肥施用の影響. 北海道立農試集報, 75, 25-30 (1998).
- (7) 青木和彦: 地中冷却によるミズナの硝酸含量低減. 土肥要旨集, 54, 262 (2008).
- (8) 吉田裕子, 浜本浩: 日射量と気温がホウレンソウのアスコルビン酸含量の変動に及ぼす影響. 園芸学研究, 9, 333-338 (2010).
- (9) 吉田武彦: 根の活力測定法. 日本土壤肥料学雑誌, 37, 63-68 (1966).
- (10) Yamaba, A., Lutes, P. and Okuda, N.: Changing the Concentration of the Culture Solution before Harvesting Affected the Component Quality of Takana (*Brassica juncea* var. *integrifolia*). Environ. Control Biol., 59, 29-34 (2021).
- (11) 桐村聡子, 近藤謙介, 中田昇, 山口武視, 和島孝浩, 松添直隆: 収穫前における肥料成分の補給停止が水耕ミズナの生育, 硝酸イオン濃度, および全糖含量に及ぼす影響. 植物環境工学, 27, 144-151 (2015).
- (12) 森山真久, 青木和彦: 寒冷地の気候立地条件を活用した野菜の高品質化技術. 野菜茶業研究集報, 1, 23-26 (2004).
- (13) 池田英男, 大沢孝也: そ菜のNO₃およびNH₄利用に及ぼす空気中CO₂濃度ならびに遮光の影響. 園学雑誌, 57, 52-61 (1988).
- (14) 谷田沢道彦: 養分の吸収におよぼす環境条件. pp94-103. 新版作物栄養学, 朝倉書店, 東京 (1980).
- (15) 井上昭司, 村上健二, 熊倉祐史, 荒木陽一: 環境改善によるホウレンソウ生産の安定化. 中国農業試験場研究報告, 21, 13-40 (2000).
- (16) 吉田裕子, 浜本浩, 福永亜矢子, 藤原隆広, 熊倉祐史: 遮光栽培したホウレンソウにおけるアスコルビン酸含量の遮光除去後の変動. 園芸学研究, 7, 399-405 (2008).