

冬季の栽培方法がホウレンソウの品質に及ぼす影響

木矢博之・浅野亨・中野智彦・安堂和夫

Influence of winter cultivation method on spinach quality

Hiroyuki KIYA, Toru ASANO, Tomohiko NAKANO, and Kazuo ANDOU

Summary

This study investigated the influence of winter cultivation methods in Nara prefecture's hilly rural area on spinach. We particularly examined sugars, nitrate, water-soluble oxalic acid, ascorbic acid, and antioxidative activity.

Sugar and ascorbic acid contents of spinach seedlings in mid-October were higher than those in early October. Non-reducing sugar and ascorbic acid contents of field-grown spinach were higher than those of greenhouse-grown spinach. The antioxidative activity of field-grown spinach was also higher than that of greenhouse-grown spinach. Evaluation of field-grown spinach was highest for sweetness.

Key words: spinach, quality, winter, open-field culture

緒 言

奈良県の東部中山間地域では夏季に冷涼な気候を活かし、野菜を中心とした作付けが行われている。特にホウレンソウ等の軟弱野菜はパイプハウスで周年栽培されており、県内の代表的な産地となっている。

現在、野菜に対する消費者のニーズは多様化しており、ホウレンソウでは外見のみでなく、栄養成分、機能性、安全性などに対する関心が高まっている。これからのホウレンソウの生産と消費を向上させるには食味が良く、栄養価が高いものを消費者に供給していくことが必要である¹⁰⁾。

ホウレンソウの品質に関係が深い成分は多数考えられ、味や栄養面で高含量が好ましいとされるものとして、糖、有機酸、ビタミン類、食物繊維、ミネラル等があげられ、反対に好ましくないものとして、硝酸、シュウ酸等があげられる²⁾。また、野菜類には抗酸化性、発がん予防機能など生理的機能性を持つ成分があるとされている^{1,21)}。

ホウレンソウにおいてこれらの品質成分と栽培・環境条件との関係については多くの研究がなされてきた^{7,9,20,21)}。その多くは品種、施肥条件、遮光処理等との関係を試験したものである。また、

加藤ら⁸⁾、森山ら¹²⁾は東北地域の気象条件を活用した高品質化技術として、冬季の収穫適期にハウスを開放することにより、軟弱野菜が品質向上することを報告しており、現地では「寒締め菜っ葉」として導入されている。本県においても東部中山間地域の冬季の寒さを利用した高品質化技術の確立が望まれているところである。

そこで本報では、奈良県東部中山間地域の冬季における施設栽培（密閉ハウス・雨よけハウス）がホウレンソウの糖類、硝酸、水溶性シュウ酸、アスコルビン酸、抗酸化活性におよぼす影響について露地栽培と比較した。さらに、それぞれの収穫されたホウレンソウを用いた官能検査を行った。

材料および方法

実験 1. 栽培方法が生育・品質に及ぼす影響

1. 試験区および栽培方法

奈良県宇陀郡榛原町の奈良県高原農業振興センター（標高350m）において、ホウレンソウ品種‘アップライト’を2003年10月2日（作期Ⅰ）と10月16日（作期Ⅱ）に播種した。試験区として露

地栽培区、雨よけ栽培区、ハウス栽培区を設した。雨よけ栽培区およびハウス栽培区は間口7.2m、長さ20mのパイプハウスを用い、厚さ0.1mmのビニルフィルムで被覆して、雨よけ栽培区はハウスサイドを開放した。ハウス栽培区はハウスサイドのビニルを午後5時に閉め、午前9時に開けて換気した。11月下旬以降はビニルの開閉をやめ、ハウスを締め切った。畝幅は1.5m、6条植えとした。施肥は元肥としてN:P₂O₅:K₂Oを15.0:12.2:14.1kg/10a施用し、追肥は行わなかった。本葉2~3枚時に間引きを行い、最終株間は約10cmとした。試験区の面積は1区10m²で行った。また、それぞれの施設内の温度を測定した。

2. 生育および収量

各試験区の草丈が25cmに達した時に、生体重、葉肉厚、乾物率について調査した。

3. 成分分析

1) 供試試料

各試験区の草丈が25cmに達した時に、5~10株を採取した。乾物率は株を60℃の通風乾燥機に7日間入れ、その減少率により算出した。アスコルビン酸は収穫後速やかに分析を行った。その他の成分分析については可食部全体を細断し、混合の後20gを採取し、-20℃で保存したものを分析試料とした。糖類・硝酸・シュウ酸・抗酸化活性の分析は三重県安濃町の野菜茶業研究所 機能解析部 品質解析室において行った。

(1) 糖類

蒸留水と試料を家庭用のジューサーで2分間ホモジナイズし、濾紙で濾過後、試料の20倍希釈液を作成した。これをメンブランフィルターで濾過し、分析に用いた。なお、抽出前にショ糖分解酵素を失活させるため、電子レンジ(700w)を用い、試料を蒸留水につけて6分加熱処理した(2.14)。

糖類としてフルクトース、グルコース、スクロースをキャピラリー電気泳動法³⁾により測定した。分析装置はHEWLETT PACKARD社3Dを用いた。キャピラリー管は内径75μm、全長40cm、有効長32cmのフューズドシリカキャピラリーを使用した。泳動緩衝液は安息香酸10mMに0.5mM

のTTAB(臭化ミリスチルトリメチルアンモニウム)を加え、さらに水酸化ナトリウムを用いてpH12.1に調製した。電圧は-10kV印加し、試料注入時間を2秒、分析時間を6分とした。検出はダイオードアレイ検出器の検出波長を350nm、対照波長を275nmに設定した。キャピラリー管の洗浄は0.1M NaOH、0.1M HClを用いた。

(2) 硝酸および水溶性シュウ酸

糖分析と同じ方法で試料の100倍希釈液を作成し、キャピラリー電気泳動法により測定した。装置はWATERS社 Quanta 4000Eを用いた。キャピラリー管は内径75μm、全長70cm、有効長62cmのフューズドシリカキャピラリーを使用した。泳動緩衝液はWATERS社 Ion Select High Mobility Anion Electrolyteを用いた。電圧は-25kV印加し、分析時間を5分、サンプリング時間は10秒とした。検出は254nmインダイレクト法で行った。

(3) アスコルビン酸

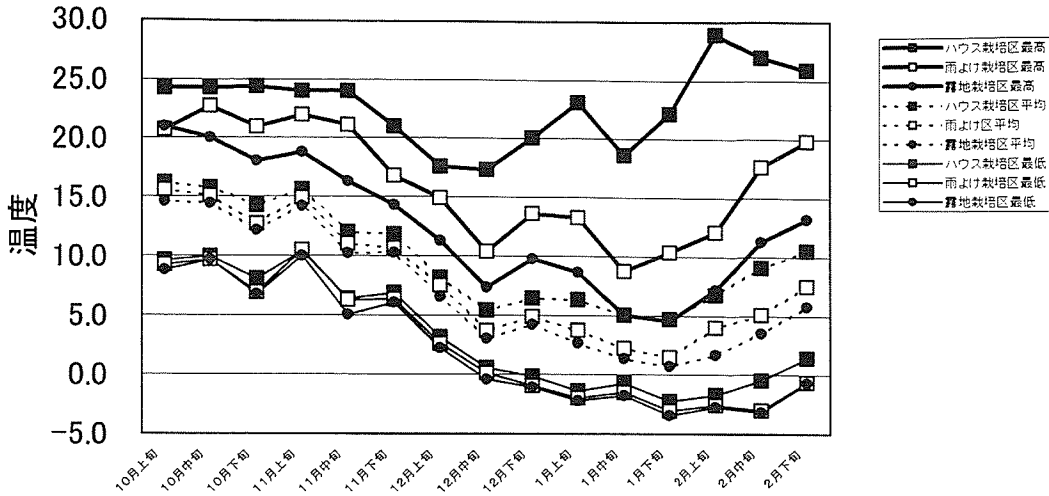
5%メタリン酸とともに試料を家庭用ミキサーで破碎し、RQフレックスにて測定した。

(4) 抗酸化活性

リノール酸—ロダン鉄法により測定した。すなわち、0.25%リノール酸エタノール溶液、0.2Mリン酸緩衝液(リン酸水素2ナトリウムをリン酸2水素カリウムでpH7に調製)、蒸留水を混用し反応液とした。また、ブランクとして抽出液であるエタノールを添加したものを作製した。これらを37℃のインキュベーターに入れ、3時間後に500nmにおける吸光度を測定した。コントロールとして同様に処理した10mM BHA(t-ブチル-4-ヒドロキシアニソール:抗酸化剤)を添加したものを100として相対比較した。

実験2. 官能検査

各試験区の収穫時期を合わせるため、露地栽培区は10月2日に288穴のセルトレイへ播種し、10月30日に定植したのを用い、雨よけ栽培区には10月16日、ハウス栽培区には10月30日にそれぞれ播種したのを用いた。他の栽培方法は実験1と同様とした。収穫および官能検査は2月17日に行った。ハウレンソウは1分間ゆでた後、冷水にさらして十分に絞ったのを用いた。調理パネルを



第1図 気温の推移

Fig.1. Temperature transition during the test period.

25名で構成し、外観・甘さ・軟らかさ・えぐみの嗜好についてパネラー間の順位の一致性をKendallの一一致係数で検定した。

結 果

実験1. 栽培方法が生育・品質に及ぼす影響

1) 気温の推移

各試験区における最高・最低・平均気温を第1図に示した。露地栽培区の平均気温は10月中旬に14.6℃となり、その後徐々に低下し、1月下旬には最低の0.7℃となった。各区における平均気温は12月下旬まで大きな差がみられなかったが、1月上旬以降はハウス栽培区の気温が露地栽培区より3～4℃高く推移した。最高気温はハウス栽培区が最も高く推移し、次いで雨よけ栽培区となった。最低気温は各区とも大きな差はなく、1月下旬に-3～-2℃と最も低くなった。

2) 生育および収量

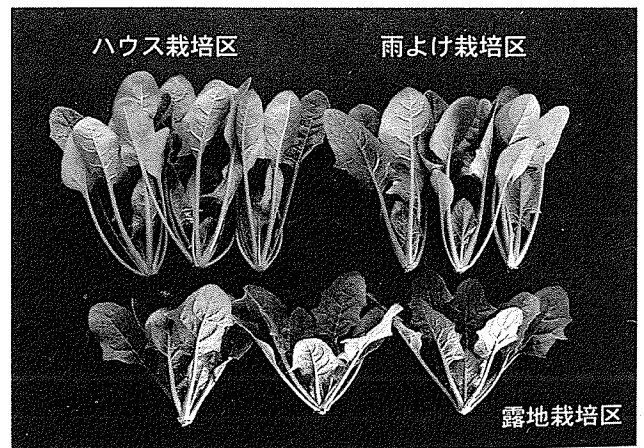
各試験区における生体重、葉肉厚、乾物率および収量を第1表に示した。葉肉厚は作期I、IIとも露地栽培区が厚くなった。乾物率は露地栽培区、雨よけ栽培区がハウス栽培区に比べ多くなった。収量は各区とも作期Iが高くなった。収穫物の外観は露地栽培区が他の区に比べ葉柄部が短く、ガッチリとした様相を示した(第2図)。

第1表 栽培方法・作期がホウレンソウの生育および収量に及ぼす影響

Table1. Influence on growth and yield point of the spinach in cultivation method and cropping season.

試験区	生体重 (g/株)	葉肉厚* (mm)	乾物率 (%)	収量 (kg/mi)	収穫までの日数 (日)
露地栽培区	32.9	0.67	7.8	1.64	54
作期I 雨よけ区	30.6	0.44	7.1	2.30	46
ハウス栽培区	35.1	0.42	5.2	2.27	46
露地栽培区	25.1	0.67	13.7	1.57	93
作期II 雨よけ区	22.6	0.55	13.0	1.35	67
ハウス栽培区	26.6	0.49	9.1	1.59	67

*：最大葉の葉身部を測定した。

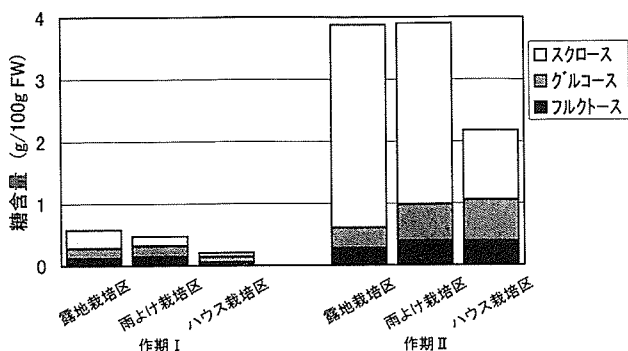


第2図 収穫時の外観

Fig.2. The appearance in the harvesting in each test section

3) 糖含量

作期 I, II の糖含量を第 3 図に示した。また, 作期 II の部位別 (葉身部・葉柄部) 糖含量を第 4 図に示した。総糖含量 (フルクトース・グルコース・スクロースの合計) は作期 II が作期 I より多く, 両作期ともハウス栽培区より露地栽培区および雨よけ栽培区で多かった。作期 II の露地栽培区および雨よけ栽培区においてはスクロースの比率が高くなった。部位の総糖含量は, 露地栽培区と雨よけ栽培区で葉柄が葉身より高かった。葉身はすべての区でスクロースの割合が高くなった。葉柄のスクロースの割合は露地栽培区で最も高く, 雨よけ栽培区, ハウス栽培区に低くなった。



第 3 図 栽培方法・作期がホウレンソウの糖含量に及ぼす影響

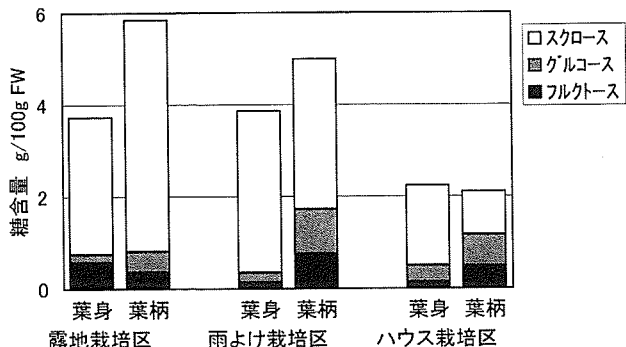
Fig.3. Influence on the sugar content of the spinach in cultivation method and cropping season.

4) 硝酸

各試験区における硝酸含量を第 5 図に示した。硝酸含量は作期 I が作期 II より多く, 施設別では露地栽培区が雨よけ栽培区, ハウス栽培区より低く, 806ppmであった。

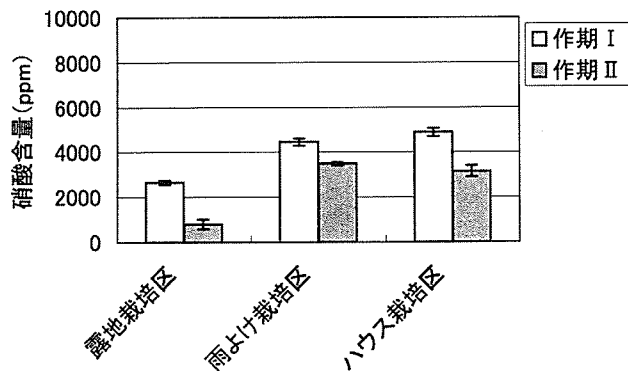
5) 水溶性シュウ酸

各試験区における水溶性シュウ酸含量を第 6 図に示した。水溶性シュウ酸含量は作期 II が作期 I より多く, 作期 I では施設間に差はなかったが, 作期 II において露地栽培区が雨よけ栽培区, ハウス栽培区に比べ多くなった。



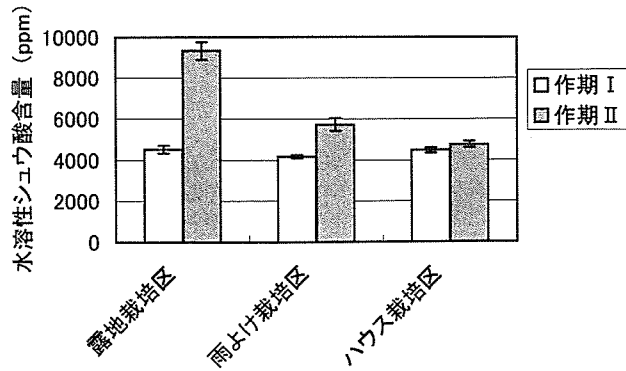
第 4 図 部位別糖含量 (作期 II)

Fig.4. Influence of cultivation method on individual part sugar content of the spinach(cropping season II)



第 5 図 栽培方法・作期がホウレンソウの硝酸含量に及ぼす影響

Fig.5. Influence on the ascorbic acid content of spinach in cultivation method and cropping season. Vertical bars show S.E of the means (n=5).



第 6 図 栽培方法・作期がホウレンソウの水溶性シュウ酸含量に及ぼす影響

Fig.6. Influence on the water-soluble oxalic acid content of spinach in cultivation method and cropping season. Vertical bars show S.E of the means (n=5).

6) アスコルビン酸

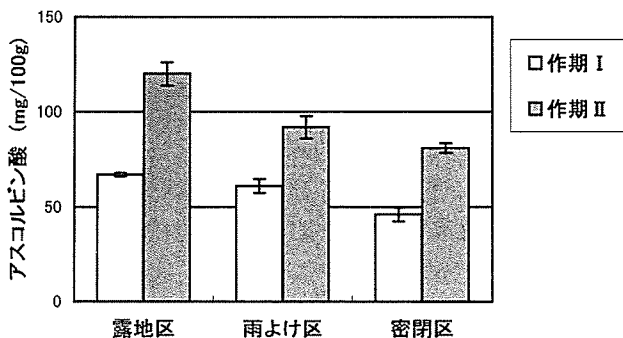
各試験区におけるアスコルビン酸含量を第7図に示した。アスコルビン酸含量は作期Ⅱが作期Ⅰよりも高く、施設では両作期とも露地栽培区が雨よけ栽培区、ハウス栽培区より高くなった。

7) 抗酸化活性

作期Ⅰにおけるホウレンソウの抗酸化活性の強さをBHAと相対的に比較し、第8図に示した。露地栽培区が最も抗酸化活性が高く、雨よけ栽培区、ハウス栽培区の順に低くなった。

実験2. 官能検査

官能検査の結果を第2表に示した。外観および甘さについて順位にパネラー間の一致性が認められた。すなわち、外観は雨よけ栽培区の評価が最も高く、次いでハウス栽培区、露地栽培区の順であり、甘さは露地栽培区が最も高く、雨よけ栽培



第7図 栽培方法・作期がホウレンソウのアスコルビン酸含量に及ぼす影響

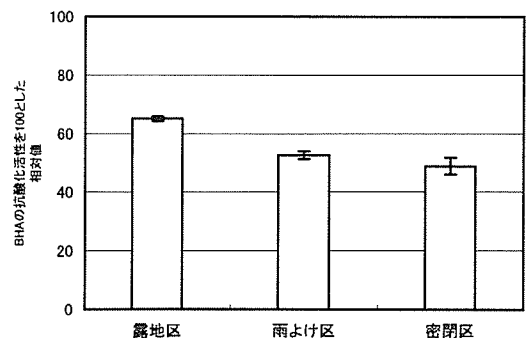
Fig.7. Influence on the ascorbic acid content of spinach in cultivation method and cropping season. Vertical bars show S.E of the means (n=5).

区、ハウス栽培区の順に評価された。軟らかさおよびえぐみについては付加された順位には一致性が認められなかった。

考 察

ホウレンソウの糖含量とビタミンC含量は収穫前10日間の最低気温を低温で管理することにより高まることが明らかにされている¹⁸⁾。本研究においても収穫期により低温となる10月中旬播種が上旬播種よりも成分含量が高まった。冬の寒さを活かして品質を高めるには播種時期が重要な要因の1つであると考えられる。

施設栽培においてはサイドフィルムを継続して開放(雨よけ)することにより、夜間に保温する(密閉)よりも上記の成分含量が高まった。それぞれの施設内の温度は最低温度よりも最高温度に差が認められたことから、日中の温度をできるだけ下げる管理、すなわちハウスの開口部をできる



第8図 栽培方法がホウレンソウの抗酸化活性に及ぼす影響(作期Ⅰ)

Fig.8. Influence of the cultivation method on the antioxidative activity of the spinach.(cropping season I)

第2表 異なる栽培方法におけるホウレンソウの官能調査

Table2. Influence of the different cultivation method on the sensory investigation of the spinach.

	外観	甘さ	軟らかさ	えぐみ
露地栽培区	2.76	1.12	1.40	1.96
雨よけ栽培区	1.12	1.92	1.80	1.64
ハウス栽培区	1.84	2.80	1.20	1.76
	*	*	ns	ns

順位の平均値 (1位: 1 2位: 2 3位: 3)

*: 5%で順位に有意差あり(n=25)

だけ多くして外気温に近づけることが品質向上に有効であると考えられた。また、露地栽培は非還元糖、アスコルビン酸含量が施設栽培より高く、抗酸化活性も強くなったことから、冬季に露地で栽培することにより、高品質のハウレンソウが生産できると考えられる。

野菜の栄養成分を栽培により高める方法は多く報告されており^{5,23,25)}、東北地域ではパイプハウスのサイドフィルムを収穫適期に開放することにより品質向上が図られている^{8,12)}。東北地域は本県の中山間地域より気温が低いいため、本県でのハウレンソウの高品質化には生育期間中から低温に遭遇させることが有効と考えられる。

低温期の糖含量はスクロースが最も多く増加し、特に露地栽培のハウレンソウでスクロースの割合が高まった。冬季をロゼット状態で過ごし、春にかけて生殖生長する植物では低温期に糖などを蓄積し、浸透圧を高めることにより耐寒性を強めていると考えられる^{7,17)}。官能検査においても露地で生産されたものが最も甘いと評価された。特に葉柄部において強い甘みが感じられ、消費者に広く受け入れてもらうには、甘さを活かせる調理法について検討が必要と思われる。

また、糖含量についてはキャベツで品種により差がみられること²⁴⁾や果実における糖集積¹¹⁾についての報告がされており、高糖含量のハウレンソウ生産の安定化には品種選抜や糖代謝についての研究が必要である。

さらに低温期においてもロゼットになりにくい立性型の品種が開発されており、これらの品種を冬季の栽培に用いることにより、収穫と調整の省力化を図ることが可能であると考えられる。

野菜にはβカロテンをはじめとするカロテノイド類、ケルセチンに代表されるフラボノール類など多くの抗酸化成分が含まれている。また、抗酸化活性とアスコルビン酸・ポリフェノール総量との間に比較的高い相関性が認められており¹⁾、今回の試験においてもアスコルビン酸が多く含まれた露地栽培で抗酸化活性も高い結果となった。

硝酸含量の変動要因として、施肥条件、日射条件、栽培時期等が報告されているが、最も影響の大きいのは土壤中の窒素成分である¹³⁾。低硝酸化のためにはハウレンソウの生育を維持しつつ、

収穫時期において過剰な窒素成分が土壌に残存しないように適切な肥培管理を行うことが必要である。

ハウレンソウは野菜のなかでもシュウ酸含量が多く、健康面での関心が高まる中で、低シュウ酸化が望まれている。本研究において播種から収穫まで長期間を要する露地においてシュウ酸の含量が高かった。シュウ酸は作物体が吸収した硝酸を体内で還元する時に生成されると考えられている¹⁵⁾。シュウ酸の低減には生育時に土壌中のアンモニア態窒素の比重を高めること¹⁹⁾や調理時の加熱処理後の水さらし⁶⁾が有効とされており、低温期に応じた肥培管理や調理方法の検討が必要と思われる。

露地のハウレンソウの食味についてはシュウ酸含量が高いにもかかわらず、えぐみの評価は施設栽培のものと差は認められなかった。これは糖含量がかなり高かったことや他の有機酸の影響も考えられ、ハウレンソウのおいしさについては糖含量だけでなく、有機酸組成についても考慮する必要がある。

現在、東部中山間地域の冬季ハウレンソウは主にビニルハウス内で栽培されている。ビニルハウスでの栽培は高温期の立枯病防除¹⁶⁾や低温期の生育促進⁴⁾に有効である。本研究では、ハウレンソウの本来の旬である冬季に露地の作型を組み入れることによって、栄養・食味・機能性に優れたハウレンソウ生産が可能となることが明らかになった。中山間地域の特産物として振興するために露地での生産安定化、効率化の検討及び高糖度かつ立性の品種の選定を行い、施設栽培と組み合わせることで、農家が取り組みやすい生産体系を確立したい。

摘 要

本県中山間地域の冬季における栽培がハウレンソウの硝酸、水溶性シュウ酸、糖類、アスコルビン酸、抗酸化活性におよぼす影響について検討した。糖およびアスコルビン酸含量は10月中旬播種のハウレンソウが上旬播種より高くなった。露地栽培は非還元糖、アスコルビン酸含量がハウス栽培より高く、抗酸化活性も強くなった。甘みは露

地栽培のハウレンソウが最も評価が高かった。

謝 辞

本実験を行うにあたり、分析方法の御指導を戴いた野菜茶業研究所 品質解析研究室の堀江秀樹室長、伊藤秀和研究員、野菜機能解析研究室の東敬子室長、一法師克成研究員に深謝いたします。

引用文献

1. 東敬子. 1998. 野菜の機能性研究の現状と今後の展望. 研究ジャーナル. 21: 40-47.
2. 藤原孝之・板倉 元・吉川重彦・安田典夫. 1999. 有機質肥料および堆肥の連用がハウレンソウの品質に及ぼす影響. 日食工誌. 46: 815-820.
3. 堀江秀樹・伊藤秀和・木矢博之. 2004. キャピラリー電気泳動法による野菜中の糖分析. 平成16年日本調理科学会要旨. 16.
4. 井上昭司・熊倉裕史・村上健二・荒木陽一. ハウレンソウの周年生産における環境改善技術(2). 農業および園芸. 76:297-303.
5. 石井現相・西條了康. 1987. 栽培条件がダイコンの全糖及びビタミンC含量, β -アミラーゼ活性に及ぼす影響. 園学雑. 55: 468-475.
6. 和泉眞喜子. 1998. 加熱条件によるほうれんそうのシュウ酸含量と食味との関連. 尚絢女学院短期大学研究報告. 45: 185-190.
7. 亀野 貞・木下隆雄・楠原 操・野口正樹. 1990. ハウレンソウの栽培条件及び品種と品質関連成分の変動. 中国農業試験場報告. 6: 157-178.
8. 加藤忠司・青木和彦・山西弘恭. 1995. 冬期ハウス栽培ハウレンソウのビタミンC, β -カロテン, トコフェロールおよびシュウ酸含量に対する外気温の影響. 土肥誌. 66: 563-565.
9. 鯨 幸夫・石黒弘三. 1984. ハウレンソウのL-アスコルビン酸含量に及ぼす栽培条件の影響. 栄食誌. 37: 239-244.
10. 目黒孝司・吉田企世子・山田次良・下野勝昭. 1991. 夏どりハウレンソウの内部品質指標. 土肥誌. 62: 435-438.
11. 森口卓哉. 1995. 果実の糖集積機構の解明. 研究ジャーナル. 18: 11-18.
12. 森山真久・青木和彦. 2003. 地域気象立地条件を活用した高品質化技術. 平成15年度野菜茶業課題別研究会. 1-5.
13. 野口正樹・楠原操. 1989. ハウレンソウ栽培における品質向上技術. 農及園. 64: 521-526.
14. Ogiwara, I., Ohtuka, Y., Yoneda, Y., Sakurai, K., Hakoda, N and Simura, I. 1999. Extraction Method by Water Followed by Microwave Heating for Analyzing Sugars in Strawberry Fruits. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 68: 949-953.
15. Raven, J.A. 1985. pH regulation in plants. Sci. prog. Oxf. 69: 495-509.
16. 嶋崎豊・内山総子. 1988. Pythium属菌によるハウレンソウ立枯病の発生と防除. 埼玉園試研報. 16: 37-47.
17. 酒井昭. 1982. 植物の耐凍性と寒冷適応. 学会出版センター127-154.
18. 田村晃. 2004. 栽培期間中の気温がハウレンソウおよびコマツナの糖とビタミン含量に及ぼす影響. 園学研. 3: 187-190.
19. 建部雅子・石原俊幸・石井かおる・米山忠克. 1995. 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.
20. 建部雅子・石原俊幸・松野宏治・藤本順子. 1995. 窒素施用がハウレンソウとコマツナの生育と糖, アスコルビン酸, 硝酸, シュウ酸含有率に与える影響. 土肥誌. 66: 238-246.
21. 田島 眞. 1992. 野菜摂取による活性遊離基の消去. 食の科学. 177: 44-48.
22. 山田千佳子・岩崎泰史・吉田企世子. 2003. 秋期栽培における品種の異なるハウレンソウの還元糖, アスコルビン酸, シュウ酸および硝酸含量. 栄食誌. 56: 167-173.
23. 山口博隆・荒木陽一. 2004. 日照条件がニガ

ウリのビタミンC含量に与える影響. 九州沖縄農業研究センター野菜花き研究部研究年報. 3:78-79.

24. 矢野昌充. 1984. 葉根菜類の栽培条件と流通特性. 農及園. 59:500-504.
 25. 圖師一文・松添直隆. 1998. 土壤水分制限が大果系トマトのビタミンC, 糖, 有機酸, アミノ酸およびカロチン含量に与える影響. 園学雑. 67:927-933.
-