

市販ホウレンソウのL-アスコルビン酸および硝酸塩含量の周年変動

藤原隆広*・熊倉裕史・大田智美・吉田祐子・亀野 貞

農業・生物系特定産業技術研究機構近畿中国四国農業研究センター野菜部 623-0035 京都府綾部市上野町上野 200

Seasonal Variation of L-Ascorbic Acid and Nitrate Content of Commercially Available Spinach

Takahiro Fujiwara*, Hiroshi Kumakura, Satomi Ohta, Yuko Yoshida and Tadashi Kameno

National Agriculture and Bio-oriented Research Organization, National Agricultural Research Center for Western Region,

Department of Vegetable Science, Ayabe, Kyoto 623-0035

Summary

The seasonal variations of L-ascorbic acid and nitrate concentration in spinach purchased at a market in Ayabe city, Kyoto pref. were investigated. Spinach samples were purchased from the market 2-3 times per month between June 2003 and May 2004, and the L-ascorbic acid and nitrate concentrations were measured using an RQ flex system. The L-ascorbic acid concentration was relatively low in summer (Jul.-Aug.), and relatively high from winter to early spring (Jan.-Mar.). A clear increase in the L-ascorbic acid concentration was observed from winter to early spring, due to an increase in L-ascorbic acid concentration in the upper half (blade side) of the edible part. The nitrate concentration was relatively high in summer (Jul.-Sep.), and relatively low from winter to early spring (Jan.-Mar.). A clear increase in the nitrate concentration was observed in summer, which was due to an increase in the nitrate concentration in the lower half (petiole side) of the edible part. There was a correlation between the external factors (leaf color and other aspects) and the two internal factors (L-ascorbic acid and nitrate concentrations). However, this correlation was insufficient to assume the two internal factors based on external factors.

キーワード： アスコルビン酸, 品質, ホウレンソウ (*Spinacia oleracea* L.), 硝酸塩, 周年変動

緒 言

ホウレンソウは、栄養価が高いうえ消費者の人気も高く(野口, 2001), 周年供給される野菜の一つである。また、1作の栽培期間が1か月程度と短いことや収穫時の重量も軽いことから、高齢化の進む中山間地農業における栽培のニーズも高い。ところで、近年、中国などの海外産の野菜の消費が増加の傾向をたどる一方、国内産の野菜の販売については多くの工夫と試みがなされ、「顔の見える販売」や「地産地消」というキーワードのもとで、「安心」、「安全」、「新鮮」を消費者にアピールすることにより消費者の支持を得ようとする事例も見受けられるようになった(北澤, 2002)。

野菜の鮮度については、野菜の成分やおいしさを判断する基準として一般に消費者が関心を持つところであるが、スーパーなどを通した一般的な流通システムのもとでは、その判断は専ら萎れや葉色等の見た目で行うこと

以外にないのが現状である。これまでは「見た目」が消費者の購買意欲に最も影響を及ぼす要因であり、中野と前澤(1999)は外観復元法について報告している。しかし、これからの消費者ニーズは、外観だけでなく、味や機能性成分のほか好ましくないと思われる成分等の内容成分にまで広がっていくと考えられる。

アスコルビン酸は抗酸化活性機能性成分の一つであり、野菜や果実に含まれる保健的成分として最もポピュラーなものの一つである。また、野菜のおいしさに関与する構成要素である糖度(または可溶性糖含量)と高い相関があることが報告されている(目黒, 1993; 篠原, 1987)。一方、野菜に含まれる硝酸塩は人体に好ましくない成分と考えられており(安田, 2004; 山下, 2002; 孫・米山, 1996; 王子ら, 1984), 特に葉菜類に多く含まれることが知られている。これらの品質成分が土壌、栽培方法ならびに作型等の栽培環境によって変動することは、周知の事実であるが、仮に、栽培技術の改善によって、周年および同一時期の品質の変動幅を小さくすることができたならば、国内産野菜に対する消費者からの信頼度が高まり、消費拡大にもつながるであろう。著者らは、品質成

2004年8月17日 受付. 2005年2月14日 受理.

* Corresponding author. E-mail: tfuji@affrc.go.jp

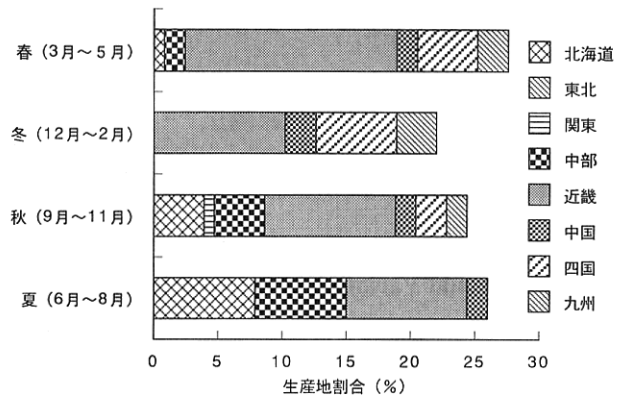
分の変動が少ない野菜の安定生産技術の開発が今後重要であると考えている。

ところで、高品質ホウレンソウの栽培技術の開発を進める前に、消費者が一般にどのような品質のものを消費しているかについて知る必要がある。しかし、一般に消費されているホウレンソウの品質成分の周年変動については、宮崎(1985)がアスコルビン酸について報告しているものの、硝酸塩の周年変動を含めたこれら成分の同一時期における変動幅については、まだ十分な報告がなされていない。

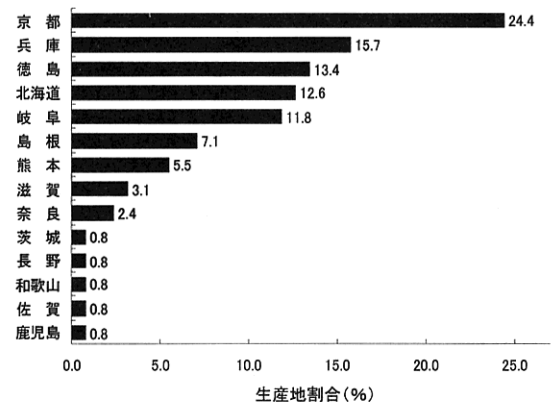
そこで、本報では、中山間地域の中核都市の一つである綾部市での市販ホウレンソウのL-アスコルビン酸と硝酸塩の2つの内部品質成分を周年にわたって調査した結果、周年変動傾向と同一期間内の成分の変動範囲の1事例を示すデータが得られた。さらに、見た目の品質でこれら2つの成分の多寡を判断できるかについても検討したので報告する。なお、ホウレンソウの品質成分は可食部の部位によって異なり、葉身部にはアスコルビン酸やシュウ酸が多く含まれ、葉柄部には可溶性糖や硝酸塩が多く含まれることが知られている(建部, 1999)。本研究ではこのことを考慮し、内部品質成分の分析に当たってはサンプルを可食部上部(葉身側)と可食部下部(葉柄側)に分けて行った。

材料および方法

2003年6月~2004年5月までの1年間にわたり、京都府綾部市内のスーパー(量販店)4店舗から、月2~3回の頻度でホウレンソウを購入した。購入したホウレンソウは翌日まで2°Cの冷蔵庫で貯蔵した後、草丈、株重量(生体重)、葉数、葉色(SPAD値:ミノルタ社SPAD-502を使用)を測定した。また、内部成分として、L-アスコルビン酸(以下、AsAと示す)と硝酸塩(実測成分は硝酸イオン)の2つについて反射型分光計(メルク社、RQフレックス Plus)(建部・米山, 1995)を用いて測定した。サンプルは約100g(1株の重量によって1回の調査に供試した個体数は2~20株であった)について、可食部を上部と下部に生体重で半分(約50g)に分けて測定し、両部位の分析データを平均して可食部のデータとした。試料の調製については、上部と下部それぞれ約50gを千切りにした後、100ml三角フラスコに10g(AsA含量の測定)または5g(硝酸塩含量の測定)を秤量し、速やかに10%メタリン酸(AsA含量の測定)または蒸留水(硝酸塩含量の測定)を50ml加え、ホモジナイザー(IKA社、ULTRA TURRAX T25)を用いて1900回転/minで1分間ホモジナイズした。さらに、蒸留水を加え100mlに定容し、No. 5A(ADVANTEC社)のろ紙で濾過した。AsA含量の分析ではろ液をそのまま用いて測定した。また、硝酸塩含量の分析ではろ液を蒸留水で3倍に希釈して測定した。調査件数は合計127サンプルで、季節別の生産地割



第1図 サンプルに用いた市販ホウレンソウの生産地割合
(生産地割合:綾部市内で2003年6月~2004年5月までの1年間を通じて調査に用いた127サンプルを100%としたときの割合)



第2図 サンプルに用いた市販ホウレンソウの生産地割合(県別)
(生産地割合:第1図の脚注に同じ)

合は夏~秋にかけては北海道と中部地方が目立ち、冬~春にかけては四国地方と九州地方のものが目立った。近畿地方で生産されたものは全体の50%弱を占め周年供給が認められた(第1図)。また、生産地の県別割合は京都府内産が最も多く、次いで兵庫、徳島、北海道、岐阜の5道府県で78%を占めていた(第2図)。

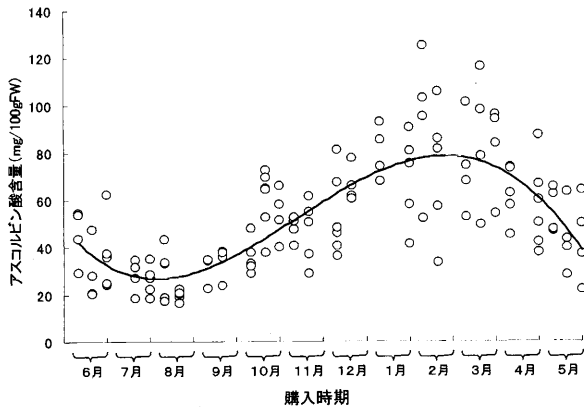
結果および考察

1. L-アスコルビン酸および硝酸塩含量の周年変動と同一時期の変動幅

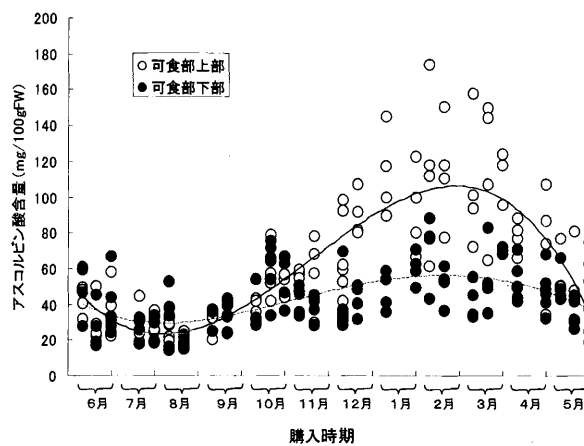
1) L-アスコルビン酸(AsA)含量

AsA含量は7月~9月にかけて低く、1月~3月にかけて高くなる傾向が認められた(第3図)。また、年間を通じての変動幅は17mg/100gFW~125mg/100gFWと約7倍の開きが認められた。可食部を上部と下部に分けて調べた結果、夏期は部位による含有率の違いがほとんど認められなかったが、冬期は可食部上部の含有率が可食部下部よりも2~3倍高くなった(第4図)。

アスコルビン酸は、消費者にも良く知られた野菜の品質成分の一つであり、抗変異原性によるガン予防効果が



第3図 ホウレンソウのアスコルビン酸含量の周年変動
(2003年6月~2004年5月)



第4図 ホウレンソウの部位別アスコルビン酸含量の周年変動
(2003年6月~2004年5月)

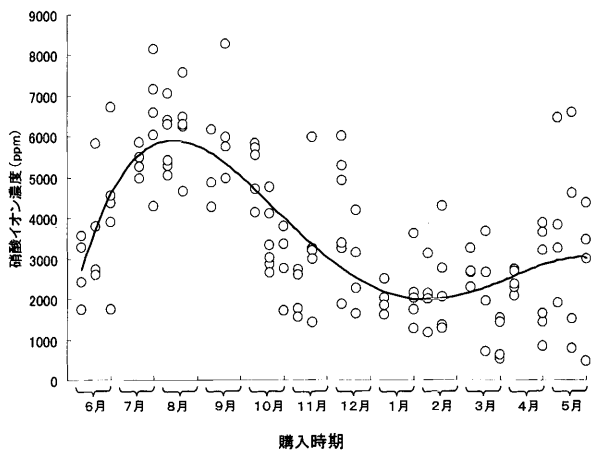
あることが知られている(東, 1997). 五訂日本食品標準成分表によるとホウレンソウのビタミンC含量(還元型と酸化型アスコルビン酸の合計値)は夏期で20 mg/100 gFW, 冬期で60 mg/100 gFWであると記されている(香川, 2003). しかし, ホウレンソウのアスコルビン酸含量は, 栽培条件等によっても変動し, 遮光による低下(井上ら, 2000), 土壌中のアンモニア態N含量の増加による増加(須賀ら, 2003; 建部ら, 1995), 培養液中の窒素含量の低減による増加(今西・五島, 1990), 地下水位が高いほど増加(荒木ら, 2001), 収穫前の灌水を控えることによる増加(中本ら, 1998)など, 多くの事例が報告されている. 今回の調査結果では, 夏期を中心にアスコルビン酸含量が減少し20 mg/100 gFWを下回る場合も認められた. これは, 夏期のホウレンソウ生産では収量を確保するために遮光栽培(井上ら, 2000; 黒住ら, 1988; 小澤ら, 1999; 小林・大森, 1987)をするのが一般的であることや, 高温条件といったアスコルビン酸が蓄積しにくい温度環境で生産されることなどによる影響と考えられる. また, 6月のAsA含量の変動幅は20 mg/100 gFW~63 mg/100 gFWと約3倍の変動幅が認められた. これは, 曇雨天日が多くなる梅雨期のため, 連続した晴天日が少な

く, 栽培地域や収穫日の違いにより, 収穫前数日間の日照条件が大きく異なることが原因の一つではないかと考えられる. 収穫前の光条件が収穫時のアスコルビン酸含量に影響することはMiyajima (1994)がコマツナについて詳しく報告している. 次に, 冬期~春先にかけてのAsA含量は, 60 mg/100 gFW以上を上回る事例が多く認められたものの, 33 mg/100 gFW~125 mg/100 gFWと約4倍の変動幅が認められた. 冬期から春先にかけてAsA含量が高くなったのは収穫前の低温の影響(加藤ら, 1995; 田村, 2004)が大きいと考えられる. ただし, 低温期はビニルハウス等を用いた保温栽培も可能であるため, 在圃期間の短縮や収量増加に重点を置いた栽培ではAsA含量が低下する可能性もあり, このことが同時期の変動幅が大きくなった原因の一つと推察される.

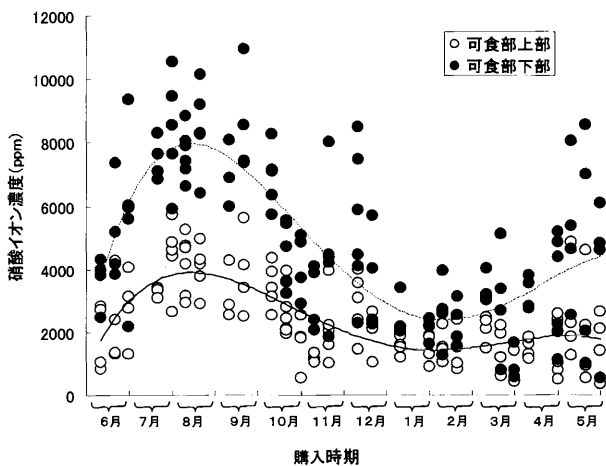
ホウレンソウのアスコルビン酸含量の季節変動については, 宮崎(1985)が冬期のものが夏秋期のものより多いこと, 渡邊ら(1994)が, 夏期栽培よりも秋期栽培で多くなったことを報告しているものの報告事例は少ない. アスコルビン酸の生合成については, 光合成産物であるD-グルコースから始まる生合成経路(Smirnoff-Wheeler経路)を経て生成されるため, 光合成の促進が不可欠であると考えられており, ホウレンソウでは1時間あたりの合成速度が含有量の約2%であるとの報告がある(米山・朴, 2002). また, ホウレンソウのアスコルビン酸の蓄積については, 収穫前の一定期間冬期の寒気に曝す, いわゆる“寒締め処理”により大幅に増加すること(加藤ら, 1995)が知られており, とくに収穫前10日間の平均最低気温5°C以下または平均気温10°C以下の範囲では低温により直線的に含有量が増加する(田村, 2004). これらの知見から収穫時のアスコルビン酸含量をある程度高くするには, 夏期の光環境の改善(遮光の解除)や冬期の低温環境の利用が考えられる. ただし, アスコルビン酸は収穫後経時的に減少する成分であり, 流通中の温度が高いほど減少しやすい(山下ら, 1991). このことについて, 近隣小産地では, 流通中の温度管理が十分にできない場合もあると考えられる. また, 遠隔地ものや転送ものでは, 流通時間が長くなることも考えられる. このような収穫後の流通・貯蔵環境についても今後十分に考慮する必要がある. なお, 可食部の部位別の成分含量について, 建部(1999)は, ホウレンソウのAsA含量は葉身で葉柄よりも高くなるとしている. 本研究では, 可食部のAsA含量を上部(葉身側)と下部(葉柄側)に分けて調べており, 可食部下部には未展開葉の幼葉を含んでいるため, 建部(1999)の結果との厳密な比較は不可能であるが, 夏期の市販ホウレンソウでは必ずしも葉身側で葉柄側より高くなることはないという興味ある結果が得られた.

2) 硝酸塩含量

硝酸塩含量は7月~9月にかけて高く, 1月~3月にかけて低くなる傾向が認められた(第5図). また, 年間を通



第5図 ホウレンソウの硝酸塩含量の周年変動
(2003年6月~2004年5月)



第6図 ホウレンソウの部位別硝酸塩含量の周年変動
(2003年6月~2004年5月)

じての変動幅は硝酸イオン濃度で470 ppm~8280 ppmと約18倍の開きが認められた。可食部を上部(葉身側)と下部(葉柄側)に分けて調べた結果、後者の含量が高く、特に夏期に顕著であった(第6図)。

野菜の硝酸塩を多量に摂取した場合の人体への悪影響については、安田(2004)、山下(2002)、孫・米山(1996)、王子ら(1984)が既に詳しく解説している。しかし、具体的には海外における乳幼児のメトヘモグロビン血症による急性中毒が報告されている程度で、体内に取り込まれた硝酸イオンが亜硝酸イオンの形になって第2級アミンとの結合で強い発ガン性を示すニトロソアミンが生成されることは知られていても、どの程度の量が有害な閾値であるかなどについてははっきりしていない。欧州諸国ではホウレンソウの硝酸濃度の参考値または基準値は2000~3500 ppm・FWに設定されている(山下, 2002)が、これらの数値は消費者サイドに立った行政における、消費者への「安心」を確保することを最優先にした施策であると考えられる。WHO(世界保健機構)では、硝酸の摂取量の制限値(週間摂取量 1540 mg, 1日の許容摂取

量として体重1 kg当たり3.7 mg)を設けているが、我が国の摂取量(週間摂取量 2249 mg, 大部分が野菜からの摂取)はこれをはるかに上回っており(山下, 2002)、これが慢性的に作用して疾病を引き起こしている可能性も全くないとはいえないことから、消費者への「安心」確保の面からも我が国の対応が注目される場所である。

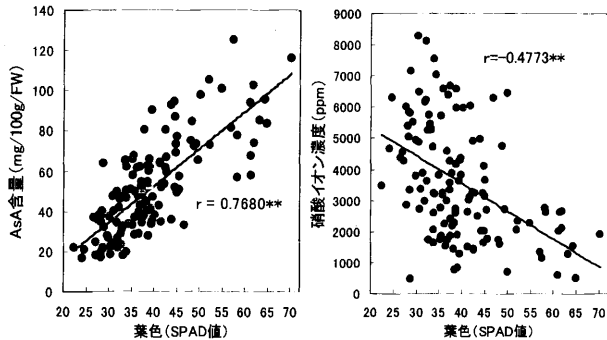
ホウレンソウの硝酸イオン濃度は五訂日本食品標準成分表では2000 ppm・FWとなっているが、安田(2004)によれば2000~5000 ppm・FW、伊達ら(1980)が行った東京都の事例では3000~5000 ppm・FWとされている。今回の調査結果では、夏期に調査したホウレンソウの多くが5000 ppm・FWを越えており8000 ppm・FWを越えるものもあった一方で、冬から春にかけて調査したものでは、2000 ppm・FWを下回るものも多く、中には1000 ppm・FWを下回るものもあった。このように、硝酸イオン濃度の変動幅は非常に大きく、特に高濃度のものがあった事実については、消費者が夏期の購入を控える原因にもなりかねないと考えられることから、早急に実効ある対策をとる必要があるのではないかとと思われる。

野菜の硝酸塩含量の低減技術については、伊達ら(1980)が早くから取り組んでおり、多肥条件でC/N比の高い堆肥を施用することにより野菜中の硝酸イオン濃度を減らせることや、春作より秋作で硝酸塩含量が高くなりやすいことなどを報告している。ホウレンソウの硝酸塩含量の低減技術については、水耕栽培で比較的多く検討されており、収穫前の培養液中硝酸態窒素の除去(福田ら, 1999; 塩見ら, 1996; 今西・五島, 1990)、窒素肥料源の一部のアンモニア態への置換(須賀ら, 2003; 塩見ら, 1996; 建部ら, 1995)、NFT水耕での給液中断による水ストレスの付与(渡邊ら, 1988)など、かなり実用的なレベルまで検討されている。一方、土耕栽培については、先に挙げた伊達ら(1980)の報告の他に、施肥量の削減(建部, 1995)、緩効性窒素肥料を用いた条施肥(建部, 1996)、有機質肥料の連用(廣田ら, 2002; 松本ら, 1999; 中本ら, 1998)などの報告がある。しかし、土耕栽培では、土壌の種類が様々であること、地下水位が異なること、肥料切り管理が困難であることなど、実用面での克服すべき問題点が多く、市販のホウレンソウの大部分が土耕栽培で生産されている我が国においては、研究成果を生産場面で十分に生かすことができないのもホウレンソウの硝酸塩含量が減少しない一因であろう。なお、本研究では、可食部の硝酸塩含量を上部(葉身側)と下部(葉柄側)に分けて調査した結果、建部(1999)が述べているように、葉柄側で葉身側よりも高くなる傾向が認められたが、夏期においてこの傾向が顕著であった。このことは、葉柄部の硝酸塩含量を低くすることが夏期に硝酸塩含量の低いホウレンソウを生産するためのポイントとなることを示唆している。

第1表 外観形質と内部品質成分との相関 (r: 相関係数)

	アスコルビン酸含量	硝酸イオン濃度	標本数 (n)
草丈	r = -0.0671	r = 0.0755	127
生体重	r = 0.3530 **	r = -0.2931 **	127
葉数	r = 0.0316	r = 0.0632	127

** : 1%水準で有意差あり



第7図 ホウレンソウの葉色 (SPAD 値) と L-アスコルビン酸 (AsA) 含量および硝酸イオン濃度との関係 (**: 1%水準で有意, n=127)

3) 品質成分の変動幅

AsA 含量あるいは硝酸塩含量の同一時期の変動幅は、春夏秋冬いずれの時期も少なくとも2倍以上の幅があり、季節によってはこの変動幅が非常に大きくなった。このため、冬に購入したホウレンソウはアスコルビン酸が夏より多いとか、冬に購入したものは硝酸塩含量が低いといったことは、今回の調査結果からは、必ずしも言えることではないと判断された。しかし、本研究の結果は、季節による品質の周年変動が明らかに存在することを示している。同一時期の品質の変動幅が大きくなる原因として、わが国の主要な栽培方法である土耕栽培では、同じ地域の圃場でも、土壌の性質が異なったり、前作の違いにより跡地土壌の肥料成分が異なることや地下水位の違いにより土壌の水分条件が大きく異なることなど、多岐にわたる栽培環境因子が存在することがあげられる。今後、これらの栽培環境因子によって品質が左右されない栽培技術が実用技術として求められるであろう。

2. 外観形質と内部品質成分との関係

2つの成分 (AsA 含量と硝酸塩含量) と草丈、葉数との間には有意な相関は認められず (第1表)、生体重、葉色 (SPAD 値) との間には有意差 1% 水準での相関が認められた (第7図)。有意性がみられたものでも特に葉色 (SPAD 値) と2つの成分との相関が高かったものの、データの変動幅が大きいいため、葉色 (SPAD 値) から含有量を判断できるほどの関係までには至らないと判断した。したがって、今回調査した2つの内部品質成分については、消費者が外観で好ましい品質のものを選ぶのはかなり難しいと考えられる。

3. 今後取り組まれるべき課題

今回の調査結果から、AsA 含量と硝酸塩含量の2つの

成分から見たホウレンソウの品質は、冬に高く夏に低い傾向が読みとれた。ただし、同じ季節でも品質成分の変動幅は非常に大きく、しかも外見からはそれらの含量の多寡を十分に推定し得ないものと考えられた。品質成分の中でも特に硝酸塩については、消費者の「安心」の視点から基準値の設定 (山下, 2002) も有効な施策かもしれないが、設定された値によっては、生産現場に混乱を招くのは必至であると考えられ、安定供給の面からは好ましくないと考えられる。しかし、近い将来、トレーサビリティの充実により栽培履歴が明確で、かつ、内部品質成分が保証されたホウレンソウを消費者が要求する日が来るものと考えられる。生産者は来るべき日に備えて、高品質で成分変動の少ないホウレンソウの安定生産に取り組む必要がある。また、同時に研究と技術開発の成果をこれまで以上に生産現場へ活用することが、産業として競争力のある強い日本の農業生産を実現する上で不可欠であると考えられる。

摘 要

1. 京都府綾部市において、2003年6月~2004年5月までの1年間に毎月2~3回の間隔で購入した市販のホウレンソウ (合計127サンプル) に含まれる L-アスコルビン酸 (AsA) と硝酸塩の周年変動を調査した。
2. AsA 含量は、夏期 (7月~8月) に低く冬期から春先 (1月~3月) にかけて高い傾向が認められた。また、この傾向は可食部上部 (葉身側) で特に高かった。
3. 硝酸塩含量は、7月~9月に高く、1月~3月に低い傾向が認められた。また、この傾向は可食部下部 (葉柄側) で顕著であった。
4. 生体重および葉色 (SPAD 値) と2つの品質成分 (AsA 含量と硝酸塩含量) との間には有意な相関が認められたが、これらの相関関係は外観形質から品質成分の多寡を推定するには十分ではないと判断された。

引用文献

- 荒木陽一・剣持謙二・濱野 恵・山田 盾. 2001. 地下水位制御がホウレンソウの生育ならびに品質に及ぼす影響. 農研センター研報. 34: 1-16.
- 東 敬子. 1997. 野菜の新しい品質構成要素-機能性研究の現状と課題. 野菜機能性研究の現状と今後の課題. p. 50-56. 平成9年度課題別研究会資料野菜の品質をめぐる最近の諸問題. 野菜・茶業試験場.
- 伊達 昇・米山徳造・都田紘志・加藤哲郎. 1980. 野菜の硝酸根蓄積に及ぼす肥培管理の影響. 東京都農試研報. 13:

- 3 13.
- 福田直也・宮城 慎・鈴木洋二・池田英男・高柳謙治. 1999. 深夜照明と培養液からの NO_3^- 除去がホウレンソウの生育と葉の汁液中 NO_3^- 濃度に及ぼす影響. 園学雑. 68: 146-151.
- 廣田智子・永井耕介・福嶋 昭・井上喜正. 2002. 土壌と肥料の違いがホウレンソウの生育および品質に及ぼす影響. 兵庫農技研報(農業). 50: 41-46.
- 今西三好・五島 皓. 1990. 培地栄養素の組成がホウレンソウの生育と品質関連成分の含有量に及ぼす影響. 中国農研報. 7: 1-16.
- 井上昭司・村上健二・熊倉裕史・荒木陽一. 2000. 環境改善によるホウレンソウ生産の安定化. 中国農研報. 21: 13-40.
- 香川芳子. 2003. 五訂日本食品標準成分表. 野菜類. p. 64-103. 香川芳子監修. 五訂食品成分表 2003. 女子栄養大学出版部. 東京.
- 加藤忠司・青木和彦・西山弘恭. 1995. 冬期ハウス栽培ホ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有量に対する外気低温の影響. 土肥誌. 66: 563-565.
- 北澤栄樹. 2002. 野菜の流通形態の変化と流通事例. 農林水産技術研究ジャーナル. 25: 34-39.
- 小林 保・大森 豊. 1987. ホウレンソウの夏期生産に関する研究第1報雨よけ被覆資材の効果について. 兵庫農総セ研報. 35: 65-70.
- 黒住 徹・大原正行・土井正彦・川島信彦. 1988. 遮光による昇温抑制効果を活用した夏まきホウレンソウ栽培. 奈良農試研報. 19: 31-37.
- 松本真悟・阿江教治・山縣真人. 1999. 有機質肥料の施用がホウレンソウの生育および硝酸, シュウ酸, アスコルビン酸含量に及ぼす影響. 土肥誌. 70: 31-38.
- Miyajima, D. 1994. Effects of concentration of nutrient solution, plant size at harvest, and light condition before harvest on the ascorbic acid and sugar concentrations in leaves of hydroponically grown komatsuna (*Brassica campestris* L. rapifera group). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 63: 567-574.
- 宮崎由子. 1985. 市販野菜中の還元型ビタミンC量の季節変動の統計解析. 家政学雑誌. 36: 833-839.
- 目黒孝司. 1993. ホウレンソウの内部品質向上試験からみた栄養診断の課題. 農業技術. 48: 6-11.
- 中本 洋・黒島 学・塩澤耕二. 1998. 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, 堆肥施用の影響. 北海道立農試集報. 75: 25-30.
- 中野浩平・前澤重禮. 1999. ホウレンソウの小売店販売時における外観還元法. 岐阜大農研報. 64: 55-59.
- 野口正樹. 2001. 暮らしと野菜と健康. 野菜は暮らしと健康のパロメーター. アンケートが語る“野菜像”. p. 19-23. 中村 浩編著. 野菜の魅力~暮らしの中の野菜と健康~. 「今月の農業」編集室. 化学工業日報社. 東京.
- 王子善清・高 祖明・脇内成昭・岡本三郎・河本正彦. 1984. 野菜中での硝酸塩及び亜硝酸塩の集積と亜硝酸塩の毒性. 神大農研報. 16: 291-296.
- 篠原 温. 1987. 野菜の栽培条件と品質-特に光および施肥条件とアスコルビン酸含量との関係-. 筑波大農林学研究. 3: 61-156.
- 小澤智美・馬場英實・中山利明・土屋弘道. 1999. ホウレンソウの夏まき栽培における被覆資材利用によるシャ光効果について. 長野南信農試報. 3: 9-14.
- 塩見文武・浦島泰文・堀 兼明. 1996. 湛液型水耕栽培における窒素の濃度及び形態がホウレンソウの硝酸, シュウ酸含量に及ぼす影響. 近畿中国農研. 92: 50-54.
- 孫 尚穆・米山忠克. 1996. 野菜の硝酸: 作物体の硝酸の生理, 集積, 人の摂取. 農及園. 71: 1179-1182.
- 須賀有子・福永亜矢子・浦嶋泰文・堀 兼明・池田順一. 2003. 培養液窒素形態の変更がホウレンソウの硝酸, シュウ酸, アスコルビン酸含量に及ぼす影響. 近畿中国四国農研. 3: 3-8.
- 建部雅子. 1999. 窒素栄養の制御による作物品質成分の改善に関する研究. 農研センター研報. 31: 19-83.
- 建部雅子・石原俊幸・松野宏治・藤本順子・米山忠克. 1995. 窒素施用がホ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.
- 建部雅子・佐藤信仁・石井かおる・米山忠克. 1996. 緩効性窒素肥料の施用がホウレンソウのシュウ酸, アスコルビン酸, 糖, 硝酸含有率に与える影響. 土肥誌. 67: 147-154.
- 建部雅子・米山忠克. 1995. 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および還元型アスコルビン酸の簡易測定法. 土肥誌. 66: 155-158.
- 田村 晃. 2004. 栽培期間中の気温がホウレンソウおよびコマツナの糖とビタミンC含量に及ぼす影響. 園学研. 3: 187-190.
- 渡邊容子・内山総子・吉田企世子. 1994. 夏期および秋期栽培ホウレンソウの生育過程における部位別成分について. 園学雑. 62: 889-895.
- 渡邊幸雄・志和信一・嶋田典司. 1988. 水耕ホウレンソウのアスコルビン酸, 糖, 硝酸およびシュウ酸含量に及ぼす間断給液の影響. 土肥誌. 59: 563-567.
- 山下昭道・松田弘毅・松本通夫・安藤一嘉. 1991. ホウレンソウの低温流通技術. 鳥取食品加工研報. 31: 12-17.
- 山下市二. 2002. 野菜の硝酸. 食衛誌. 43: 12-15.
- 安田 環. 2004. 野菜の硝酸濃度とその低減対策. 農及園. 79: 647-651.
- 米山忠克・朴 養虎. 2002. 新しくなった植物アスコルビン酸(ビタミンC)の合成回路. 農及園. 77: 577-579.