水耕ホウレンソウの糖,アスコルビン酸,硝酸,シュウ酸含有率に及ぼす養分中断処理の効果と問題点

誌名	日本土壌肥料學雜誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者名	吉田,敦 原田,利夫 菅原,彰敏 但野,利秋
発行元	日本土壌肥料學會
巻/号	69巻2号
掲載ページ	p. 178-184
発行年月	1998年4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

水耕ホウレンソウの糖，アスコルビン酸，硝酸，シュウ酸含有率に及ぼす養分中断処理の効果と問題点*1

吉田　敦*2・原田和夫*2・菅原彰敏*3・但野利秋*4

キーワード　ホウレンソウ，水耕，糖，アスコルビン酸，硝酸

1. まえがき

ホウレンソウは，ビタミンA，B_2，Cやカルシウム，鉄などを多く含み，日本の各地で周年的な生産が可能であること，さらに調理適性が広く食生活の多様化に対応できる素材であるなどの理由から野菜の中でも中心的な位置を占めている．

従来，ホウレンソウの品質評価は，主として外観に依存してきた．このため，色彩，しおれ，損傷の程度，さらに葉の形態，葉身と葉柄の割合，根の色などが重視されてきた．しかし，近年，野菜の品質に対する消費者の要請の内容は変化してきており，栄養面や安全性が重視され始めている．このため，今日の野菜生産においては，栄養面や安全性に関わる品質の向上を目指した栽培方法が重要な課題となってきている．

ホウレンソウは好硝酸性植物であるために，硝酸態窒素の施用で良好な生育を示すが，過剰の硝酸態窒素の施用は葉柄における硝酸の集積をもたらす．硝酸の多量摂取は，亜硝酸やN-ニトロソ化合物の生成につながり，これらは人体に有害である[1]．また，ホウレンソウは，コマツナなどと異なり，体内に多量のシュウ酸を蓄積する野菜でもある．このシュウ酸は，野菜の灰汁の主成分であり，多量摂取した場合にはカルシウムの吸収阻害や結石の原因になることが報告されている[2,3]．

一方，葉菜類に共通して好ましい成分としては，食味や栄養面から糖やビタミン類があり，これらの成分の増加が望まれている．このため，土耕栽培や水耕栽培方式を用いてホウレンソウの硝酸やシュウ酸含有量の低下，さらに，糖やビタミンC（アスコルビン酸）含有量を増加させるためのいくつかの検討がなされてきた[4~14]．

露地栽培で従来行われてきた窒素施肥量を減らして，品質向上をはかる方法では，生育が劣り，葉の黄化も起こりやすいなどの問題点があった．そこで，我々は水耕栽培方式を用いて，栽培後期に培養液中の窒素濃度を低減させることにより，生育に大きな影響を与えない条件下でのホウレンソウの品質向上法を検討してきた．また，この方法は培養液の調整に手間がかかるなどの問題点があるため，簡便な方式として養液を調整しない地下水への切り替えによる品質向上と問題点についても検討したので，これらの結果を併せて報告する．

2. 材料および実験方法

実験Ⅰ．養分中断処理による水耕ホウレンソウの品質の向上と問題点

1）栽培条件および方法

栽培は，平成6年7月20日から9月3日（夏期栽培）と9月7日から10月20日（秋期栽培）の2回実施した．

ホウレンソウ種子を地下水を加えたウレタンキューブに播種し，人工気象装置内で7日間育苗した．この苗を室温を約20～30°Cに制御したガラスハウス内の100 mg L^{-1}の硝酸態窒素を含む培養液を加えた140 L容の栽培ベットに144個体を定植し，草丈が市場規格である約25 cmに達するまで28日間栽培した．なお，夏期栽培においては晩抽性の品種であるトニック，秋期栽培では早抽性の品種であるソロモンを用いた．

その後，48株ずつを100 mg L^{-1}の硝酸態窒素を含む通常の培養液（対照区），無窒素培養液（－N区）および養分を添加しない地下水（地下水区）にそれぞれ移植し，さらに10日間栽培した．各培養液中の成分組成を第1表に，地下水の成分を第2表に示した．なお，栽培期間中の各培養液のpHは前栽培時および対照区が6.1～6.5，－N区が5.8～6.3，水区が6.5～6.9であっ

*1 本研究の概要は1994年4月の日本土壌肥料学会大会（仙台）において発表した．

*2 北海道電力(株)総合研究所（067-0033 江別市対雁2-1）
*3 北電興業(株)土木部（060-0031 札幌市中央区北1条東3丁目1）
*4 北海道大学農学部（060-0809 札幌市北区北9条西9丁目）

1997年3月12日受付・1997年9月24日受理
日本土壌肥料学雑誌　第69巻　第2号　p. 178～184(1998)

た．

処理開始後0，4，6，8および10日目にそれぞれ3株ずつ採取し，糖，アスコルビン酸，硝酸およびシュウ酸の成分分析に用いた．

2）生育調査

－N区および地下水区が生育に及ぼす影響を確認するために，処理開始の5日前から収穫当日（処理10日目）まで数日間隔で10株ずつサンプリングし草丈を測定するとともに，葉色の変化を葉緑素計（ミノルタ SPAD-502）を用いて測定した．

3）生体成分分析

糖，アスコルビン酸の日変化を予備的に調査したところ，14時のサンプリングが平均して最も高含有率を示したので，0，4，6，8および10日目の14時に各処理区から3株ずつのホウレンソウを採取した．

糖含有率は，粉砕した凍結乾燥（48時間）試料200 mgを800 mL L^{-1}エタノールで抽出し，エタノールを蒸発させ，0.15 Mの水酸化バリウムを加え除タンパクした後，アンスロン硫酸法により測定した[15]．アスコルビン酸は，収穫直後の生体試料5 gに50 g L^{-1}のメタリン酸溶液を加えて磨砕した後，ヒドラジン比色法で測定した[16]．一方，硝酸およびシュウ酸は，吉田らの方法[16]に準じ，収穫後速やかに－20°Cで凍結保存しておいた試料2 gに精製水を加えて磨砕し，加温抽出後，イオンクロマトグラフィーにより測定した．

その他の無機成分は，凍結乾燥処理後－20°Cで保存しておいた試料を，湿式灰化法（硝酸-過塩素酸法）により分解し，原子吸光法を用いて測定した．

第1表　基本培養液の成分組成

成分	濃度（mg L^{-1}）	供試塩類
N	100	KNO_3，$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$
P	52	KH_2PO_4
K	300	K_2SO_4，KNO_3
Ca	164	$CaCl_2 \cdot 2H_2O$，$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$
Mg	45	$MgSO_4 \cdot 5H_2O$
Mn	1.2	$MnSO_4 \cdot 5H_2O$
Fe	2.7	Fe-EDTA
B	1.5	H_3BO_4

第2表　使用した地下水の成分濃度（mg L^{-1}）

NO_3-N	NH_4-N	P	Cl	Na	K	Ca	Mg	Fe	Mn
0.06	ND	0.1	6.1	6.2	3.0	2.0	2.7	ND	0.01

実験Ⅱ．地下水区の生理障害発生の要因解析と回避法の検討

秋期栽培において地下水区で褐色斑点が発生し，その原因として光強度および無機成分のバランス異常が想定されたので，これらについて検討した．

1）光強度の影響

平成6年11月2日から平成7年1月1日にかけて，光強度による褐色斑点発生誘導の有無を確認するための試験を実施した．

標準培養後の地下水区に，12月22日から1月1日の7～17時の間，660 Wの高圧ナトリウムランプを点灯して光強度を約20 klx増加し，光強度の違いによる褐色斑点の発生状況および無機成分含有率を調査した．

2）障害発生におよぼすカリウム，カルシウムおよびリン酸添加の影響

栽培は平成7年1月12日から3月10日にかけて実施した．供試品種としてソロモンを用い，ハウス内で実験Ⅰと同様に，草丈が約25 cmに達するまで前栽培を行った．

その後，対照区，地下水区および地下水区に対照区と同濃度のカリウム，カルシウムおよびリン酸を添加した区を設け，それぞれに48株を移植し，10日間栽培した．処理後0，4，6，8および10日目に各添加イオンによる褐色斑点の発生状況を観察した後，それぞれ各試験区から3株ずつを収穫し，実験Ⅰと同様に無機成分の測定を行った．

3．結　果

実験Ⅰ．養分中断処理による水耕ホウレンソウの品質の向上と問題点

1）生育状況

草丈の伸長は，－N区および地下水区とも処理を開始して5日目にはほぼ停止した．また，クロロフィル含有率は，－N区および地下水区ともに処理開始後7日目から低下した（第1図）．

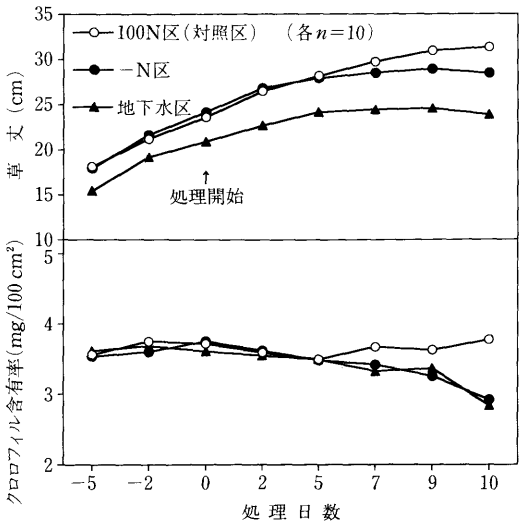
なお，秋期栽培においては，地下水区で処理後4日目あたりから葉に褐色斑点が発生し，処理後8日目では葉縁部が部分的に褐色化した（第3表）．

2）体内成分含有率の変化

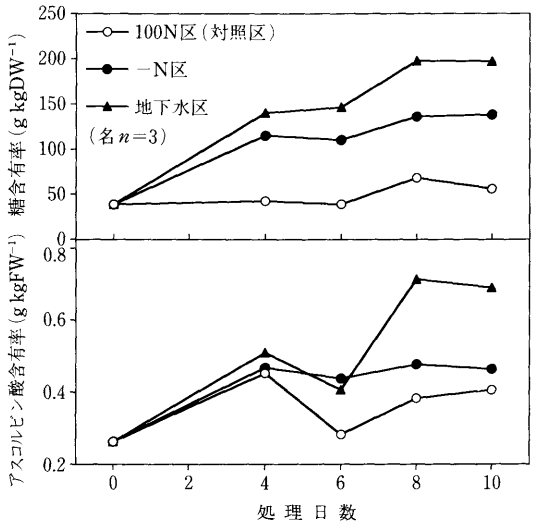
－N区および地下水区の糖およびアスコルビン酸含有率の経日変化を第2図に示した．

糖含有率は，－N区および地下水区ともに処理後の日数の経過に伴って顕著に上昇した．この上昇傾向は－N区に比べて地下水区において顕著であった．

アスコルビン酸含有率も同様に－N区と地下水区で



第 1 図　窒素低減（−N 区）および水への切り替え（地下水区）処理に伴う草丈およびクロロフィル含有率の推移

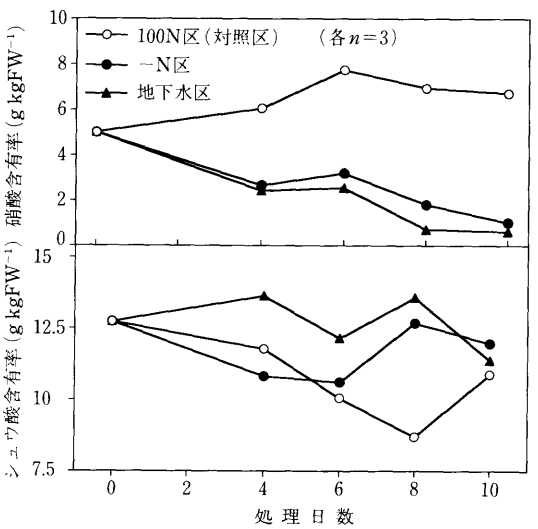


第 2 図　−N 区および地下水区の糖およびアスコルビン酸含有率の変化

第 3 表　秋期栽培時の褐色斑点発生状況

処理日数	100 N 区	−N 区	地下水区
4 日	−	−	+
8 日	−	−	++

−：正常，+：斑点発生，++：葉縁部褐変．



第 3 図　−N 区および地下水区の硝酸およびシュウ酸含有率の変化

増加し，地下水区では，処理後 8 日目で対照区の約 2 倍 (0.71 g kgFW^{-1}) まで上昇し，その差は 10 日目まで持続した．

一方，硝酸含有率は，第 3 図に示すとおり，−N 区および地下水区とも，処理後次第に低下し，処理後 8 日目には−N 区で対照区の約 4 分の 1，地下水区では約 10 分の 1 まで低下した．この硝酸含有率の低減効果も地下水区で顕著であった．シュウ酸含有率は，各試験区で明瞭な差は見られなかった．

3）地下水区の褐色斑点の発生と生体中の無機成分の変化

褐色斑点発生時（秋期栽培）と未発生時（夏期栽培）の無機成分含有率を第 4 図に示した．褐色斑点の発生が見られた地下水区のナトリウム含有率は次第に上昇し，8 日目では，処理開始日の約 8 倍 (3.5 g kgDW^{-1}) まで上昇した．これに対して未発生時には，地下水区のナトリウム含有率の増加は認められなかった．

褐色斑点の見られた地下水区のカルシウム含有率も次第に増加し，8 日目には処理開始日の約 1.6 倍になった．しかし，未発生時にはこのような増加傾向は見られず，ほぼ一定であった．

一方，カリウム含有率は，褐色斑点の見られた地下水区で次第に低下し，処理開始 8 日目の地下水区では 30%低下した．しかし，この低下は未発生時の地下水区でも同様であった．

実験II．地下水区の生理障害発生の要因解析と回避法の検討

1）光強度の影響

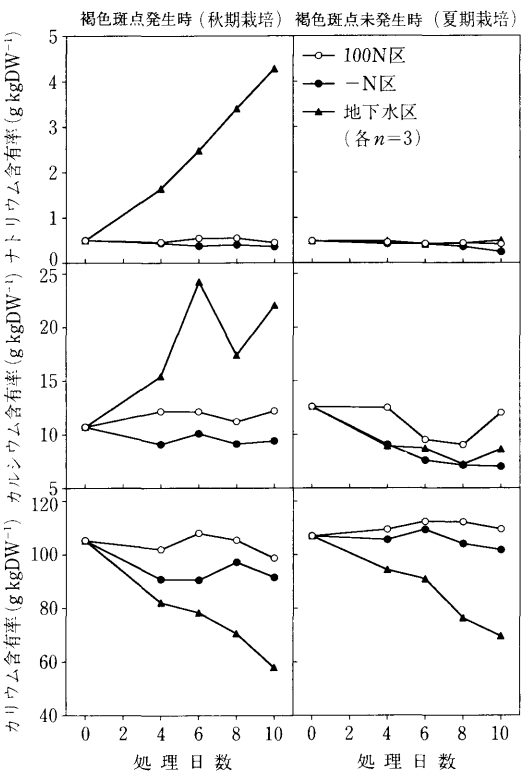
日射量の少ない11月から12月頃にかけて再度行った自然光下での栽培試験では，地下水処理による褐色の斑点は見られなかったが，高圧ナトリウムランプにより光強度を増した場合，上述と同様の斑点発生が認められた（データ省略）．

この際，ナトリウム含有率は，光強度を増した区で処理後8日目から10日目にかけて上昇し，処理開始日の約15倍に増加した（第5図）．このナトリウム含有率の増加は処理後7日目頃から起こり，褐色斑点の発生時期と良く一致した．一方，カリウムおよびカルシウム含有率には，光強度の違いによる顕著な差は認められなかった．

2）地下水へのカリウムやカルシウムなどの添加が生理障害発生に及ぼす影響

カリウムやカルシウムを添加した際の褐色斑点の発生状況を第4表に示した．地下水区，カルシウム添加区およびリン酸添加区では褐色斑点の発生が認められたが，カリウム添加区では発生しなかった．地下水区では8日目前後から褐色斑点が発生したのに対し，カルシウム添加区では処理後4日目から認められた．

第6図にはカリウムおよびカルシウム添加区のホウレンソウ中のナトリウムとカルシウム含有率を示した．ナトリウム含有率の増加は地下水区でのみ認められ，その他の試験区ではほとんど変化は見られなかった．カルシウム含有率は，地下水区とカルシウム添加区で次第に上昇し，処理後10日目では地下水区で処理開始前の約1.7倍まで，カルシウム添加区では約3.5倍まで上昇した．しかし，カリウム添加区では，このような上昇は見られず，カリウム含有率は，地下水区およびカルシウム添加区で，処理後8日目で対照区に比べて約10～20%低下した．

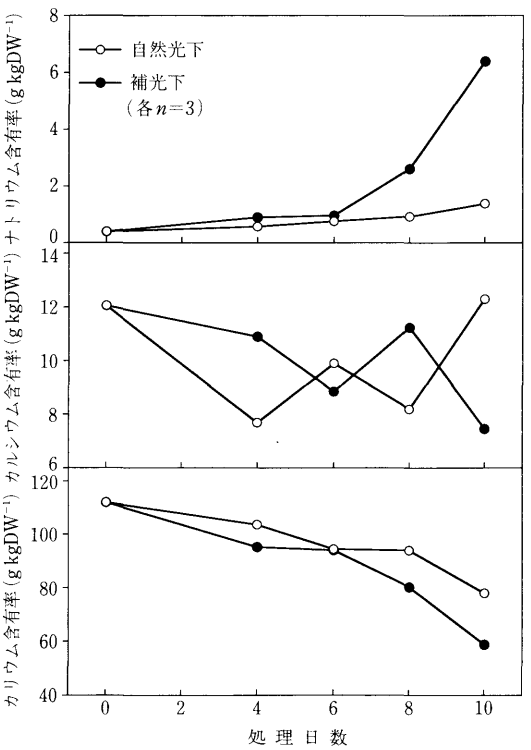


第4図　褐色斑点発生時および未発生時の無機成分含有率の変化

4．考　察

1）糖，硝酸およびシュウ酸含有率

建部ら[14]は，淡色黒ボク土で，ホウレンソウ（品



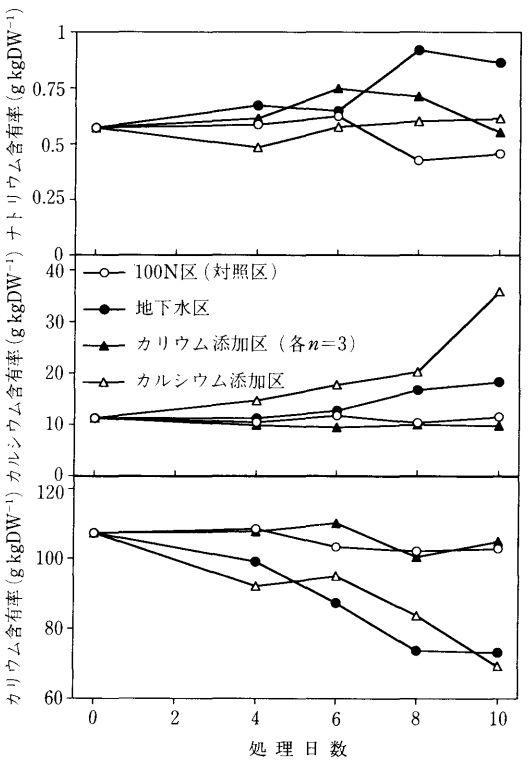
第5図　光強度の違いによる無機成分含有率の変化
補光区は，光強度を補強するために，7時から17時の間，高圧ナトリウムランプ（660 W）を点灯し，光強度を約20 klx増加した．

種：マジック）の栽培を行い，無窒素区の収穫期の糖含有率は 30 g N m^{-2} 区に比べて約 1.5 倍上昇し，硝酸態窒素は約 10 分の 1 まで低下したが，シュウ酸含有率には差が見られなかったこと，また，糖成分のうちスクロースの上昇が顕著であったことを報告している．また，張ら[8]は，水耕ホウレンソウ（品種：タイタン）を用いて，N：50 mg L^{-1} 区は，N：220 mg L^{-1} 区に比べて収穫期の全糖含有率が約 1.7 倍上昇し，硝酸含有率は約 30 分の 1 に，シュウ酸含有率は約 70%まで低下したことを報告している．この程度のシュウ酸含有率の低下は，渡邉ら[4]のポリエチレングリコール（PEG）による水分ストレス処理でも認められている．さらに，今西ら[7]は，水耕ホウレンソウ（品種：深緑）を用いて，窒素濃度（5〜30 mM）が低いほど硝酸含有率は低下し，逆に，シュウ酸含有率は上昇したことを報告している．

第 4 表　地下水へのカリウム，カルシウムおよびリン酸添加時の褐色斑点発生状況

処理日数	100 N 区	地下水区	カリウム区	カルシウム区	リン酸区
4 日	−	−	−	−	−
8 日	−	+	−	++	++

−：正常，+：斑点発生，++：葉縁部褐変．



第 6 図　地下水へのカリウムおよびカルシウム添加時の無機成分含有率の変化

本実験の予備試験の結果では，ホウレンソウに含まれる糖は大部分スクロースとグルコースであり，−N 区の処理 10 日目で上昇した糖の主体はスクロースで，それは対照区の約 3.9 倍であった．このように，施肥窒素の抑制によってスクロースのみが顕著に増加する現象は，建部ら[14]の土耕栽培での報告と良く一致した．しかし，生育後期の培養液中窒素濃度の低減による糖含有率の上昇効果は，これまでに報告されている結果より一層顕著であった．

ホウレンソウ中の糖含有率は品種や栽培法により異なるが，夏期には，2 g $kgFW^{-1}$ 前後と，冬期の 10 分の 1 以下になることが知られている[9]．本実験で用いた方法では，夏期でも糖含有率を 100 g $kgDW^{-1}$ 以上に上昇させることが可能であり，今後この方式はホウレンソウの品質向上のために有効な方式であると考えられる．なお，本方式による，糖含有率を上昇させえる培養液中の窒素濃度は 10 mg L^{-1} 以下であり，窒素濃度 0 の場合に最も顕著であった．

一般に体内の硝酸含有率と施肥窒素との間には負の相関のあることが知られており，予備試験においても窒素濃度を 100 mg L^{-1} から 10，5，0 mg L^{-1} と低下させるに伴って硝酸含有率は低下した．しかし，同じ条件下で栽培したソロモン種（処理前の硝酸含有率はトニック種とほぼ同じ）では，−N 区の処理後 10 日目での硝酸含有率が対照区の約 60 分の 1 まで低下し[17]，この効果はトニックよりも約 6 倍高かった．このように窒素低減処理による硝酸含有率の低下効果は品種によって大きく異なることが考えられる．また，シュウ酸含有量も品種によって大きく異なることが報告されている[5]．したがって，他の報告と比較する場合には品種を考慮する必要があると考えられる．

植物におけるシュウ酸合成には，現在 4 つの経路が知られており[10]，ホウレンソウなどでは，アスコルビン酸の代謝によって 20〜25%のシュウ酸が生成することが報告されているが[10]，窒素低減のみではシュウ酸含有率の低下が十分でないことは，シュウ酸の合成経路が複雑なことが一因であると考えられる．シュウ酸含有率の低下方法については別の観点から更に検討を進める必要がある．

2）アスコルビン酸含有量

一般のホウレンソウ栽培において，夏期（6〜9 月頃）のアスコルビン酸含有率は約 0.2〜0.3 g $kgFW^{-1}$ 程度

であり，その他の時期の約0.5～0.6 g kgFW^{-1}に比べて著しく低いことが知られている[9]．

本実験で我々が行った夏期栽培でも，対照区でのアスコルビン酸含有率は0.25 g kgFW^{-1}であった（第2図）が，栽培後期に培養液の窒素低減あるいは地下水への切り替え処理を行うことによりアスコルビン酸含有率を4倍に高めることが可能であるという結果を得た．それに対して，建部ら[14]の土耕栽培では，無窒素区のアスコルビン酸含有率は，対照区の約1.5倍，また，張ら[8]は，水耕ホウレンソウを用いた試験で，N：50 mg L^{-1}区は，対照区（N：220 mg L^{-1}）の約1.2倍まで上昇したことを報告している．さらに，PEG処理による水分ストレスを与えた渡邉ら[4]の結果では，アスコルビン酸含有率は約1.2倍まで上昇した．これらの結果と比較しても，本方式は，アスコルビン酸含有率の顕著な上昇をもたらすという点からも有効であると考えられる．

なお，アスコルビン酸はグルコースから合成される．第2図において，処理後4日目から6日目にかけては全ての区でアスコルビン酸の含有率が上昇しなかったが，これは，5日目から6日目午前中にかけて日射量が少なかったために，グルコースの合成が低下したためと考えられる．

3）生育およびクロロフィル含有率

ホウレンソウの出荷の際には，葉色や草丈が重要な市場規格となる．本試験では，ホウレンソウの草丈が市場規格の25 cmに達した後に培養液を窒素のみを含まない培養液あるいは水へ切り替えた．この結果，処理開始後5日目当たりから生育は停止した（第1図）が，出荷の際，規格上の問題はないものと考えられる．また，これらの処理によって，クロロフィル含有率は処理後8日目で約5%，10日目で約10%程度低下したが，この程度の低下では葉の黄化等は見られず，外観上も問題はないものと考えられる．

4）養分中断処理に伴う褐色斑点の発生と回避法

平成6年の秋期栽培における地下水区で見られた褐色斑点症は，ソロモンのみならず，同時期に並行して栽培した品種，トニックでも発生したため，この斑点発生はソロモンに特有なものではない．また，自然光下では地下水区で斑点が発生しなかった11～12月の栽培でも，光強度を補強することによって斑点の発生が誘導されたことから，この褐色斑点の発生には，光強度が関与していると考えることができる．さらに，自然光下でも地下水区で褐色斑点が発生した秋期のハウス内の昼夜温度差は，斑点が発生しなかった時期の約2倍（12～13°C）であったことから，この褐色斑点の発生には昼夜の温度差も関与している可能性が考えられる．

地下水へ切り替えた際に見られた褐色斑点の発生は，カリウムの添加によって完全に抑制され，この時ホウレンソウ中のナトリウムやカルシウム含有率の上昇も抑えられた．したがって，地下水区における褐色斑点の発生は，ある一定以上の光強度と昼夜の温度差が増大した条件下でカリウム含有率が低下した場合に，ナトリウムやカルシウムの過剰吸収が生じるためと推察されるが，その機構については更に検討が必要である．

5．要　約

ホウレンソウを100 mg L^{-1}の硝酸態窒素を含む標準培養液で草丈が市場規格の約25 cmに達するまで栽培した後，窒素を含まない培養液（－N区）あるいは栄養成分を添加しない地下水（地下水区）に移植し，さらに10日間栽培した結果，処理開始後8日目の糖およびアスコルビン酸の含有率は，－N区では，標準培養液で栽培を継続した対照区の，それぞれ約2倍および約1.3倍に上昇した．地下水区では，それぞれ約4倍および約2倍に上昇した．また，硝酸含有率は，－N区で対照区の約25%，地下水区では，約10%に低下した．このように，品質向上効果は，－N区より地下水区で顕著であった．しかし，シュウ酸含有率は，これらの処理で変化が認められなかった．なお，これらの処理期間中，生育はほぼ停止したが，クロロフィル含有率の低下はほとんど見られなかった．

地下水区では葉に褐色斑点の発生が見られる場合があった．この時，ナトリウムおよびカルシウムの含有率が上昇した．しかし，この褐色斑点の発生は，培養液へのカリウム添加によって完全に抑制された．

以上のことから，水耕栽培ホウレンソウの品質を向上させる方法として，栽培後期に培養液をカリウムのみを添加した水に切り替える方式が有効と考えられる．

文　献

1) 米山忠克：空気，土，水，植物における硝酸，亜硝酸，N-ニトロソ化合物，保健の科学，**24**，725～729（1982）
2) Fincke, M. L. and Sherman, H. C.: The availability of calcium for some typical foods. *J. Biol. Chem.*, **110**, 420～428（1935）
3) 岩尾裕之：生体内におけるカルシウム利用に関する研究，栄養学雑誌，**12**，8～19（1954）
4) 渡邉幸雄・米山昌美・嶋田典司：ホウレンソウの糖，ビタミンCおよびシュウ酸含量に及ぼす水ストレス処理の影響，土肥誌，**58**，427～432（1987）
5) 木下隆雄・亀野　貞・野口正樹：ホウレンソウの高品質化のための栽培条件―内容成分の改善を目指して―，農及園，**63**，51～55（1988）

6) 亀野 貞・木下隆雄・楠原 操・野口正樹：ホウレンソウの栽培条件及び品種と品質関連成分の変動，中国農研報，**6**，157～178 (1990)
7) 今西三好・五島 晧：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率に及ぼす影響，同上，**7**，1～16 (1990)
8) 張 春蘭・渡邉幸雄・嶋田典司：水耕ホウレンソウの生育ならびに含有成分に及ぼす培養液の窒素濃度の影響，千葉大園学報，**43**，1～5 (1990)
9) 目黒孝司・吉田企世子・山田次良・下野勝昭：夏どりホウレンソウの内部品質指標，土肥誌，**62**，435～438 (1991)
10) 米山忠克・建部雅子：アスコルビン酸（ビタミンC)・シュウ酸・硝酸の代謝と相互関係，農及園，**67**，1055～1061 (1992)
11) 人見英里・玉置美子・友枝幹夫：ホウレンソウのシュウ酸代謝に関する研究，園学雑，**61**，431～435 (1992)
12) 香川 彰：ホウレンソウのシュウ酸をめぐる諸問題[1]品質向上のための低シュウ酸化を中心として，農及園，**68**，797～803 (1993)
13) 香川 彰：ホウレンソウのシュウ酸をめぐる諸問題[2]品質向上のための低シュウ酸化を中心として，同上，**68**，906～912 (1993)
14) 建部雅子・石原俊幸・松野宏治・藤本順子・米山忠克：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 (1995)
15) 福井作蔵：還元糖の定量法，p. 52～59，学会出版センター，東京 (1990)
16) 吉田企世子・山田次良：野菜の品質に関する調査，北海道立道南農業試験場報告，p. 1～18 (1986)
17) 吉田 敦・渡辺寛二・原田和夫・前林 衛・菅原彰敏・信濃卓郎・大崎 満・但野利秋：水耕ホウレンソウの硝酸含有率低減および貯蔵性向上に及ぼす窒素濃度低減効果，土肥要旨集，**39**，77 (1993)

Effects of the Absence of Nitrogen and All Nutrients at the Later Growth Stage on the Contents of Sugars, Ascorbic Acid, Nitrate and Oxalic Acid in Spinach (*Spinacia oleracea* L.) under Hydroponic Culturing

Atsushi Yoshida, Kazuo Harada, Akitoshi Sugawara* and Toshiaki Tadano**
(*Hokkaido Electr. Power Co., Inc., *Hokuden Kogyo Co., Inc., **Fac. Agric., Hokkaido Univ.*)

The effects of the absence of nitrogen and all nutrients on the contents of the components related to the quality of spinach were investigated at the later growth stage under hydroponic culturing.

Spinach was grown in a standard solution containing 100 mg L^{-1} NO_3-N until plant height became about 25 cm, and then transferred to the following solutions for 10 d: (1) nitrogen was removed from the standard solution (−N solution) or (2) the standard solution was exchanged for groundwater. At 8 d after the treatment, the contents of sugars and ascorbic acid in spinach were increased about 2-4 times and 1.3-2 times as compared with those grown in the standard solution, respectively. The content of nitrate was decreased about 75-90% of the standard solution after 8 d, but oxalic acid was not changed.

On the quality of spinach, treatment of groundwater was more effective than that of −N solution. However, when plants were grown in groundwater under a higher light intensity and low night temperature conditions, a physiological disorder appeared in the leaves, in which Na and Ca contents were increased and K content was decreased. This disorder was avoided completely by the addition of K to the water.

Key words ascorbic acid, hydroponics, nitrate, spinach, sugars

(Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr., **69**, 178-184, 1998)