

チンゲンサイのビタミンC, 糖, 硝酸含量に及ぼす 品種, 栽培条件の影響

池羽智子・貝塚隆史・石井 貴・鹿島恭子

Effects of Races and Cultivation Conditions on the Contents of Ascorbic Acid,
Sugar and Nitrate in Qing gin cai (*B. campestris* L. ssp. *chinensis* Makino)

Tomoko IKEBA, Takashi KAIZUKA, Takashi ISHII and Kyoko KASHIMA

Summary

Effects of races and cultivation condition on the contents of ascorbic acid, sugar and nitrate were investigated in qing gin cai.

1. 'Butei' and 'Natusintoku' grown in summer, 'Niihaosin1gou' and 'Fuyusyumi' in winter were high quality by containing a large quantity of ascorbic acid and sugar, and a small quantity of nitrate.
2. The contents of each component in qing gin cai fluctuated with the season. Especially, the nitrate content of plants grown in the summer was about 2 times higher than that of plants grown in the winter. The sugar content showed a completely opposite tendency to nitrate content, and was higher in the winter. The tendency of ascorbic acid content by season was not clear.
3. Even if the cultivation house was covered with cheesecloth to prevent damage from harmful insects, the temperature in the plastic green house could fall by opening the window in the ceiling, and ascorbic acid and sugar contents increased, and nitrate content decreased.
4. Ascorbic acid and sugar contents of the plants given 7 kg/10a nitrogen were higher than that of the plants given 10 kg/10a. Opposite to this, the nitrate content of the plants given 7 kg/10a nitrogen showed a lower tendency than 10 kg/10a.

キーワード：チンゲンサイ, ビタミンC, 還元糖, 硝酸, 品種, 収穫時期, 換気, 窒素施肥量

I. 緒言

茨城県におけるチンゲンサイの栽培面積は、2002年現在で254haであり、静岡県に次いで全国第2位の生産地となっている。特に北浦町を中心とした鹿行地域や猿島町で、地域特産野菜として周年栽培が行われている(7)。

チンゲンサイは中国から入ってきた野菜として定着し、カロテンやビタミンCが豊富なことから、緑黄色

野菜のひとつとして、その栄養価が注目されている(3)。特に近年では、野菜に対する消費ニーズも多様化し、外観だけではなく、おいしさや栄養価が野菜の品質を評価する上で重要な指標となっている。一方、葉菜類は硝酸含量が多いとされており(5)、体内に入った硝酸が、毒性の高い亜硝酸や発ガン性のあるN-ニトロソアミンに変換される懸念があるため(8)、チンゲンサイに含まれる硝酸もできるだけ少ない方が望ましい。

これらの観点から、今後の消費ニーズに応じていくためには内容成分にも言及し、食味が良く有効成分が多く、有害成分の少ないチンゲンサイの栽培を検討する必要がある。本試験では品種、収穫時期、換気方法、窒素施肥量がチンゲンサイ中のビタミンC、還元糖、硝酸含量に及ぼす影響を検討したので、その結果を報告する。

II. 材料および方法

実験1 夏作および冬作における品種比較

夏作はチンゲンサイ‘夏賞味’、‘ニイハオ新1号’、‘夏帝’、‘武帝’、‘夏しんとく’、‘陽夏’の6品種を供試し、所内圃場の表層腐植質黒ボク土で雨よけ栽培を行った。窒素を10kg/10a施肥し、側窓部に目合い1.0mmの寒冷紗を被覆して遮光率を約30%とした。2002年6月24日播種、8月1日収穫と2003年8月7日播種、9月30日収穫の2作で品種を比較検討した。

冬作は‘ニイハオ4号’、‘ニイハオ114’、‘冬賞味’、‘醍醐味’の4品種を供試し、窒素を15kg/10a施肥して、寒冷紗無被覆で栽培を行った。2002年12月13日播種、2003年3月13日収穫と2004年2月4日播種、4月6日収穫の2作で品種を比較検討した。

夏作、冬作とも品種の内容成分における優劣性は、総ビタミンC、還元糖、硝酸含量で評価した。

実験2 収穫時期が内容成分に及ぼす影響

雨よけハウスで栽培したチンゲンサイを2002年7月29日、10月3日、2003年3月13日、9月30日、12月18日、2004年4月6日の6回収穫し、総ビタミンC、還元糖、硝酸含量を測定して収穫時期と内容成分との関係を調査した。栽培方法は茨城県の栽培基準に準じ、夏作では‘夏賞味’を供試して、窒素施肥量10kg/10a、天窓開放・寒冷紗被覆（目合い1.0mmの寒冷紗を側窓部と天窓部に被覆して遮光率約30%とし、終日開放とした。天窓部は降雨時のみ閉鎖。）の条件下で栽培を行った。冬作では‘冬賞味’を供試し、

窒素施肥量15kg/10a、寒冷紗無被覆の条件下で栽培した。

実験3 夏季栽培の換気方法が内容成分に及ぼす影響

‘夏賞味’、‘ニイハオ新1号’の2品種を供試し、側窓開口部に寒冷紗を被覆したA区、寒冷紗無被覆のB区、天窓と側窓部に寒冷紗を被覆して天窓を開放したC区の3区について、換気方法が内容成分に及ぼす影響を調査した（表1）。寒冷紗は目合いが1.0mmのものを使用し、いずれの区も側窓部は終日開放したが、C区は天窓部も開放し、降雨時のみ天窓部を閉鎖した。播種期Iは2002年6月24日に播種し、側窓部寒冷紗被覆区のみ生育が早いため7月29日に収穫したが、他の2区は8月1日に収穫し、成分分析を行なった。播種期IIは2002年8月19日に播種し、側窓部寒冷紗被覆区のみ10月3日、他の2区は10月17日に収穫して、成分分析を行なった。窒素施肥量は両時期とも10kg/10aとした。

実験4 窒素施肥量が内容成分に及ぼす影響

‘夏賞味’と‘ニイハオ新1号’を用い、土壌診断を行なって、窒素を夏作慣行の10kg/10a施肥した区と、3割減肥して7kg/10a施肥した区を設け、窒素施肥量が内容成分に及ぼす影響を調査した。栽培方法は天窓開放・寒冷紗被覆とし、2003年9月30日収穫（8月7日播種）と12月18日収穫（10月6日播種）の2作で検討した。

内容成分の分析方法

いずれの実験においても、内容成分の分析は総ビタミンC、還元糖、硝酸の3項目について行った。試料は午前中に収穫し、任意に4株ずつ採取して、すぐに前処理を行なった。総ビタミンCはメタリン酸で抽出し、ヒドラジン法により定量した。還元糖は水抽出した後たんぱく除去を行い、ソモギー・ネルソン法によりグルコースを標準として定量した。硝酸は水抽出して適宜希釈した後、RQフレックスで測定した。

表1. ハウスの換気方法と遮光率

試験区	換気方法	遮光率	収量・外観
A	側窓部寒冷紗被覆	30%	カップリング等の高温障害がしやすい
B	寒冷紗無被覆	なし	虫害が顕著
C	天窓開放・側窓部寒冷紗被覆	30%	良好

実験1の試料については、職員30名程度をパネラーとした食味試験を行なった。葉を一枚一枚切り離し、沸騰水中で1分間ゆでた後冷水中で冷やし、軽く絞って供試した。葉柄と葉身の両方を試食し、外観、雑味の有無、味等を総合的に5段階で評価した。

Ⅲ. 結果

実験1 夏作および冬作における品種比較

夏作に供試した6品種のうち、‘武帝’と‘夏しんとく’は、還元糖含量が多く、硝酸含量が少ない傾向がみられ、食味試験の結果も良好であった。ただし、収量・外観から評価すると、‘武帝’はやや株元の締りが悪く、‘夏しんとく’は調製重が小さい傾向がみられた。逆に、‘ニイハオ新1号’は外観が大きく、‘夏帝’は株元の締りが良好であり、両者ともビタミンC含量は多かったが、還元糖含量が少なく硝酸含量が多い傾向にあり、食味が劣った。(表2)

冬作に供試した4品種については、‘ニイハオ4号’、‘冬賞味’がいずれの項目においても良好であり、収量・外観も優れていた。‘醍醐味’は収量・外観に優れ

るがビタミンC，還元糖含量が少なく、硝酸含量が多い傾向がみられた。(表3)

実験2 収穫時期が内容成分に及ぼす影響

成分含量は収穫時期による影響が非常に大きく、夏作と冬作ではいずれの項目も大きな差がみられた。特に硝酸含量は夏作で多く、2002年の8月と10月収穫では7000mg/kgを超えたが、冬作の2003年3月収穫では、約半分の3815mg/kgであった。2003年度は全体的に2002年度より少なめであったが、同様の傾向があり、9月収穫では5001mg/kg、2004年4月ではその半分の2374mg/kgであった。

還元糖含量は硝酸含量とほぼ負の相関関係がみられ、硝酸含量の多い夏作では還元糖含量が少なく、硝酸含量の少ない冬作で多くなる傾向がみられた。収穫時期ごとにみると、還元糖含量は8月～9月収穫の夏作で440mg/100g程度、12月～4月収穫の冬作では1490mg/100g程度の値であった。

総ビタミンC含量と収穫時期との関係は、明確な傾向がみられなかったものの、夏作でも比較的多く保持され、冬作でわずかに少なくなる傾向がみられた。年

表2. 夏作における内容成分の品種間差異

品種名	調製重 (g)	株元の締り	総Vc (mg/100g)	還元糖 (mg/100g)	硝酸 (mg/kg)	食味
夏賞味	131	1.62	44.19	165	5805	3.00
ニイハオ新1号	154	1.78	47.40	189	6840	2.81
夏帝	126	2.00	50.01	236	7740	2.59
武帝	132	1.70	49.23	395	6210	3.38
夏しんとく	129	1.65	47.33	305	6255	3.08
陽夏	128	1.76	41.55	147	6345	-

：評価の高い数値

食味：1-悪い，2-やや悪い，3-普通，4-やや良い，5-良い

株元の締り：劣(1)～(3)優

総Vc：総ビタミンC

表3. 冬作における内容成分の品種間差異

品種名	調製重 (g)	株元の締り	総Vc (mg/100g)	還元糖 (mg/100g)	硝酸 (mg/kg)
ニイハオ4号	237	2.30	41.2	1436	3360
ニイハオ114	183	2.27	34.1	1222	3642
冬賞味	166	2.10	37.2	1644	2771
醍醐味	175	2.17	30.0	1125	4113

：評価の高い数値

株元の締り：劣(1)～(3)優

間を通して、チンゲンサイのビタミンC含量は41mg/100g前後の値であった。(図1)

実験3 夏季栽培の換気方法が内容成分に及ぼす影響

換気方法が異なるハウス内の環境条件は、側窓部寒冷紗被覆区で、30%程度の遮光状態となり、日射量が少なくなえ通気が悪く高温になりやすい。ハウス内の気温の変化は、午前中の気温の上昇が早く、日中の最

高気温も他の2区に比べて3~5℃高かった。(図2) 寒冷紗無被覆区では光が十分あたって通気性もよく、1日のハウス内気温は最も低く推移した。天窓開放・側窓部寒冷紗被覆は、側窓開口部と天窓に寒冷紗を被覆して虫害を防ぎ、天窓を開放することにより、ハウス内の気温の上昇も寒冷紗無被覆区と同等に抑えることができた。(図2)

これらの栽培方法で育てたチンゲンサイの内容成分

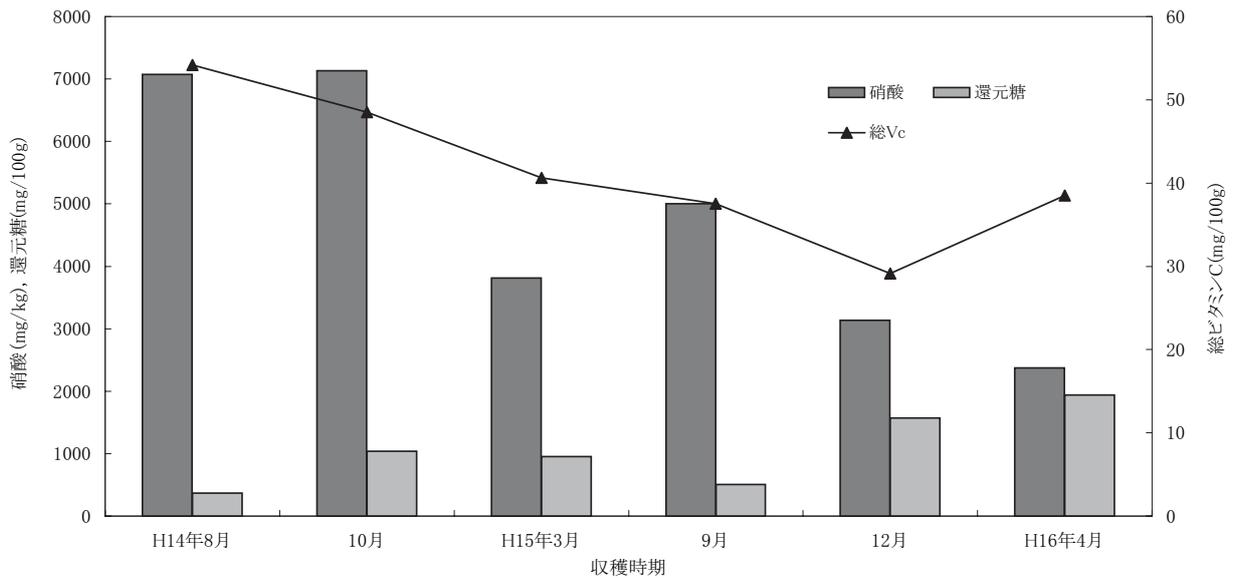


図1 収穫時期が内容成分に及ぼす影響

夏秋作：品種「夏賞味」、施肥量 10kg/10a、屋根換気
 冬春作：品種「冬賞味」、施肥量 15kg/10a、寒冷紗無被覆

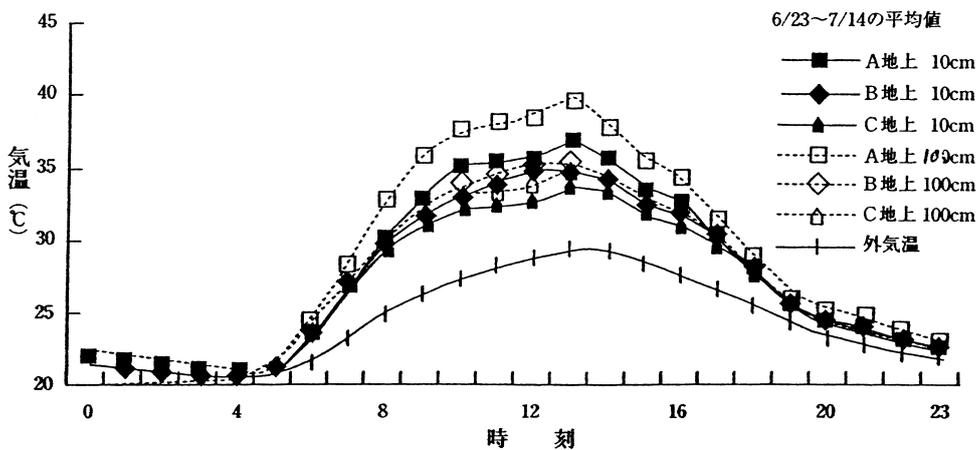


図2 換気方法がハウス内気温に及ぼす影響

ハウス開口率は、A区(側窓部寒冷紗被覆) 21.2%，B区(側窓部寒冷紗無被覆) 21.2%，C区(屋根・側窓部寒冷紗被覆) 35.5%である。

を比較すると，7月下旬から8月上旬収穫となる播種期Ⅰでは，遮光・高温条件となる側窓部寒冷紗被覆区でビタミンC，還元糖，硝酸含量が，いずれも少なかった。寒冷紗無被覆区と天窓開放・側窓部寒冷紗被覆区を比較すると，ビタミンC，還元糖含量はほぼ同等であったが，硝酸含量は遮光のない寒冷紗無被覆区で多くなる傾向がみられ，成分の面では天窓開放・側窓部寒冷紗被覆区が最も良好であった。

10月上，中旬収穫となる播種期Ⅱでは，側窓部寒冷紗被覆区の生育が速く，他の2区に比べて2週間ほど収穫時期が早かった。しかし，成分面では還元糖含量が極端に少なくなり，硝酸含量が多くなる傾向がみられた。寒冷紗無被覆区と天窓開放・側窓部寒冷紗被覆区を比較すると，還元糖，硝酸含量はほぼ同等であっ

たが，ビタミンC含量は寒冷紗無被覆区で少ない傾向がみられ，成分面では天窓開放・側窓部寒冷紗被覆区が最も良好であった。(表4)

実験4 窒素施肥量が内容成分に及ぼす影響

チンゲンサイの窒素施肥量を，夏作栽培基準量の10kg/10aと3割減肥した7kg/10aで栽培し，内容成分を比較した。その結果，3割減肥した区でビタミンCと還元糖含量が多くなる傾向がみられた。硝酸含量については，‘ニイハオ新1号’では減肥すると減少したが，‘夏賞味’では減肥の効果が見られなかった。減肥による成分の改善効果は‘夏賞味’よりも‘ニイハオ新1号’でより顕著であり，9月収穫よりも12月収穫で差が大きかった。(表5)

表4. 換気方法が内容成分に及ぼす影響

播種期	品種名	換気方法	収穫日	総Vc (mg/100g)	還元糖 (mg/100g)	硝酸 (mg/kg)
Ⅰ (6月24日)	夏賞味	A	7/29	44.2	165	5805
		B	8/1	52.6	433	6615
		C	8/1	54.2	371	6255
	ニイハオ新1号	A	7/29	47.4	189	6840
		B	8/1	65.6	266	8370
		C	8/1	67.9	306	6345
Ⅱ (8月19日)	夏賞味	A	10/3	54.3	474	6885
		B	10/17	41.8	1353	5580
		C	10/17	48.5	1038	6075
	ニイハオ新1号	A	10/3	44.7	448	7335
		B	10/17	37.1	735	6390
		C	10/17	44.3	793	5805

換気方法 A：側窓部寒冷紗被覆，B：寒冷紗無被覆，C：天窓開放・側窓部寒冷紗被覆

表5. 窒素施肥量が内容成分に及ぼす影響

収穫時期	品種名	窒素施肥量 (10a 当たり)	総Vc (mg/100g)	還元糖 (mg/100g)	硝酸 (mg/kg)
9月	夏賞味	10kg	37.5	504	5001
		7kg	38.4	619	5300
	ニイハオ新1号	10kg	40.4	394	6046
		7kg	40.7	616	5197
12月	夏賞味	10kg	29.1	1570	3134
		7kg	32.8	1983	3493
	ニイハオ新1号	10kg	32.6	1389	4544
		7kg	42.8	2246	2975

・栽培方法：天窓開放・側窓部寒冷紗被覆

Ⅳ. 考 察

最近では、野菜の内容成分に関する報告が数多く出され、主にハウレンソウを対象とした水耕栽培で、内容成分に影響を及ぼす栽培条件が明らかになっている(11, 9, 6)。張ら(11)は培養液の窒素濃度が低くなるほど、アスコルビン酸と糖含量が増加し、硝酸、シュウ酸含量が減少すると報告しており、塩見(9)も収穫1週間前に窒素をアンモニア態窒素に切り換えることにより、硝酸含有率が90%低下することを示した。肥料以外でも、遮光、気温、かん水、堆肥の施用がハウレンソウの内容成分に影響を及ぼすことが報告されている(6)。しかし、現地の土耕栽培ではこれらの条件をうまくコントロールすることは難しく、品種や収穫時期による成分含量の特徴を把握した上で、栽培管理や施肥体系を組み合わせ、内容成分を改善していく必要がある。

従来、品種の選定にあたっては、栽培のしやすさや収量、外観が重視され、成分や食味は二の次となる傾向があった。しかし、他産地との差別化を図るためには、成分や食味も重要な要素となり、栄養素として期待されるビタミンC、食味との相関が高い糖、有害物質に変換されるとして低減化が望まれる硝酸の3成分が、品質を評価する際の目安となっている。ただし、成分・食味の内的品質と収量・外観といった外的品質は、両立がなかなか困難であり、本試験でも冬作の品種は‘ニイハオ4号’、‘冬賞味’で両立できたが、夏作の場合、‘武帝’、‘夏しんとく’は内的品質に優れるが外的品質で劣り、‘ニイハオ新1号’、‘夏帝’は外的品質に優れるが内的品質で劣る傾向がみられた。しかし、慣行栽培法では成分面で劣る‘ニイハオ新1号’でも、実験3、実験4にみられるように、品種に合った栽培方法や施肥を行えば、かなりの成分改善効果が認められる。今後は品種に合った栽培条件を把握し、品種ごとに適した栽培管理が求められると思われる。

収穫時期と内容成分の関係をみると、冬から春にかけては還元糖含量が多く、硝酸含量が少なくなり、食味も良好である。しかし、夏から秋にかけては還元糖含量が少なく、硝酸含量が非常に多くなり、改善の余地が大きい。

夏季栽培の場合、寒冷紗無被覆では虫害が顕著になるため、現地の農家でも側窓開口部を寒冷紗被覆して栽培するのが慣行となっている。しかし寒冷紗で被覆すると通気が悪くなり、ハウス内の気温が上昇して、

葉縁が枯れるチップバーンや、葉身がお椀型になるカップリング等の高温障害が発生しやすい(4)。ただし、寒冷紗を被覆しても天窓を開放すれば、気温の上昇が抑制され、高温障害を防ぐ効果が報告されている(4)。これらの栽培方法を成分面から検討すると、遮光・高温となる側窓部寒冷紗被覆では、光の照射が不足して光合成が十分行なわれず、還元糖含量が著しく低下するものと考えられた。

また、硝酸の代謝に関与する硝酸還元酵素は光によって活性化されることが報告されており(1)、池羽ら(2)がハウレンソウで行なった試験でも、遮光率が高くなるにつれて硝酸含量が増加した。播種期Ⅱについては側窓部寒冷紗被覆と無被覆で、遮光率の高い寒冷紗被覆の方が硝酸含量が多い。しかし、播種期Ⅰについては寒冷紗無被覆区で硝酸含量が多かった。これは、チンゲンサイにも最適な日射量があり、播種期Ⅰの寒冷紗無被覆ではそれを超えてしまうため、代謝がうまく行なわれず、硝酸含量が多くなるのではないかと推測される。したがって、夏の日差しが強い時期には、適度な遮光が硝酸含量の減少に効果的であり、今後最適な日射量等の検討が必要と考えられる。また、両播種期とも成分面では天窓開放・側窓部寒冷紗被覆区が良好であり、換気により気温を低く抑えることが内容成分の改善に効果的であると推測された。

窒素施肥については、建部ら(10)によるハウレンソウとコマツナを対象とした試験で、硝酸含量は窒素施肥量に比例して増減することが報告されている。本試験でも、3割減肥した7kg/10aの区で10kg/10aよりも硝酸含量が少なく、ビタミンC、還元糖含量が多くなる傾向がみられた。ただし、窒素施肥量を減らすと収量も減少するので、どの時点で両者のバランスをとるのかは生産者の判断にまかされる。コストの削減、環境への配慮、そして内的品質からいっても、さらなる窒素施肥量の低減が望まれる。

V. 摘 要

- 成分面で良好な品種は、夏作では‘武帝’、‘夏しんとく’であり、冬作では‘ニイハオ4号’、‘冬賞味’であった。
- 夏作では硝酸含量が多く、還元糖含量が少ない傾向にあり、冬作では硝酸含量が少なく、還元糖含量が多かった。ビタミンC含量については、季節による明確な傾向がみられなかった。

3. 遮光・高温条件となる側窓部寒冷紗被覆では還元糖含量が著しく減少した。
4. 寒冷紗被覆による気温の上昇を抑制するには，天窓開放による屋根換気が効果的であり，成分面でもビタミンC，還元糖含量を増加させ，硝酸含量を減少させる効果がみられた。
5. 窒素施肥量を10a当たり10kgより7kg程度に少なくすると，ビタミンCや還元糖含量が増加し，硝酸含量が減少した。

引用文献

1. Cires, D. A., A. D. L. Torre and B. D. C. Lara. (1993). Role of light and CO₂ fixation in the control of nitratereductase activity in barley leaves. *Planta*. 190 : 277~283.
2. 池羽智子・氏家有美・鹿島恭子 (2002). ホウレンソウの品種，遮光と内容成分. 茨城農総七園研試験成績書. 243~244.
3. 科学技術庁資源調査会編 (2000). 五訂日本食品標準成分表.
4. 貝塚隆史 (2002). 高温期の軟弱野菜類のハウス屋根換気による高品質生産技術. *フレッシュフードシステム*, 31 卷 6 号, 51~54.
5. 国立医薬品食品衛生研究所 (1998). 生鮮食品中の硝酸塩，亜硝酸塩含有量.
6. 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.
7. 農林水産省 (2002). 野菜生産出荷統計.
8. Sander (1969). *Arzneimittel-Folsch*. Vol. 19.
9. 塩見文武 (1997). 溶液栽培におけるホウレンソウの硝酸，シュウ酸含量の低減化. 近畿中国地域における新技術. 31 : 103~107.
10. 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.
11. 張春蘭・渡邊幸雄・嶋田典司 (1990). 水耕ホウレンソウの生育ならびに含有成分に及ぼす窒素濃度の影響. *千葉大園学報*. 43 : 1~5.