

肥効調節型肥料を活用した葉菜類の硝酸低減化技術の検討

誌名	埼玉県農林総合研究センター研究報告 = Bulletin of the Saitama Prefectural Agriculture and Forestry Research Center
ISSN	13467778
著者名	杉沼,千恵子 佐藤,賢一 中村,幸二 山崎,晴民
発行元	埼玉県農林総合研究センター
巻/号	5号
掲載ページ	p. 1-7
発行年月	2005年10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



肥効調節型肥料を活用した葉菜類の硝酸低減化技術の検討

杉沼千恵子*・佐藤賢一*・中村幸二**・山崎晴民***

Study of Technique to Decrease Nitrate Concentration in Leafy Vegetables Using Controlled Release Fertilizer

Chieko SUGINUMA, Kenichi SATO, Kouji NAKAMURA and Haruhito YAMAZAKI

要 約 硝酸濃度が高い葉菜類のコマツナ及びチンゲンサイについて、診断施肥法と肥効調節型肥料を組み合わせた硝酸低減化技術を検討した。肥効調節型肥料のリニア 70 日型被覆肥料は夏まき、秋まき栽培とも生育を落とさずに、植物体中の硝酸濃度を速効性肥料と比較して1～2割低減できる。

硝酸は、それ自体、人体に有害ではないが、体内に取り込まれ、消化器官で亜硝酸に還元されると、呼吸阻害を起こす恐れがある。また、亜硝酸はアミンと反応してニトロソアミンを生成し、これがジアゾアルカンに変化すると発ガン性を帯びるようになる[6]。

これらのことから、硝酸の摂取量はできるだけ低いことが望ましく、FAO/WHO 合同食品添加物専門家会合(JECFA)では、一日許容摂取量(ADI)を硝酸塩(硝酸ナトリウム)として5mg/kg/dayとしている[7]。また、硝酸の最大摂取源が野菜である[4]ことから、EUではハウレンソウ、レタス、サラダナの硝酸(イオン)濃度の上限値を定めている[7]。

日本国内でも、消費者の健康意識が高まる中、野菜の硝酸濃度に対する関心が強くなっており、硝酸濃度低減化技術の開発が求められている。

山崎[5]は硝酸濃度の高い葉菜類のハウレンソウ、コマツナについて、作付け前の土壌中無機態窒素濃度をもとに施肥量を調節する診断施肥を行うと植物体中の硝酸濃度が低くなることを明らかにした。

そこで、本研究では、植物体の硝酸濃度を更に低減させるため、診断施肥と肥効調節型肥料を組み合わせた葉菜類の施肥技術について検討した。

材料及び方法

1 試験場所・土壌条件

農総研園芸研究所内パイプハウス(細粒褐色低地土)において、夏まき栽培及び秋まき栽培で試験を実施した。

作付前土壌は、夏まき栽培時 pH(H₂O) 6.62, EC0.3811mS/cm, 秋まき栽培時 pH(H₂O) 6.67, EC0.1208mS/cmであった。

2 供試作物及び品種

コマツナとチンゲンサイを供試し、コマツナでは夏まき栽培で‘ひとみ’(トーホク)を、秋まき栽培で‘夏楽天’(タキイ種苗)を供試した。チンゲンサイでは夏・秋まき栽培とも‘青美’(サカタのタネ)を供試した。

3 試験区の構成

試験区の構成及び施用資材を表1に示した。

各資材の施用量は診断施肥により以下のとおり算出した。

診断施肥における窒素量の目安を、夏まき栽培は10kg/10a, 秋まき栽培は12kg/10a[5]とし、それらから作付前土壌中無機態窒素濃度を引いた量を各作期の施用窒素量とした。作付前土壌中無機態窒素濃度は、夏まき栽培時は2.5mg/100g 乾土, 秋まき栽培

*農産物安全性担当, **農産物安全性担当(現副所長), ***農産物安全性担当(現園芸研究所露地野菜担当)

表1 各試験区における施用資材

試験区名	施用資材
速効性肥料	燐硝安加里S555
L40日被覆 (リニア型40日タイプ被覆肥料)	被覆燐硝安加里313-40, 重過石
L70日被覆 (リニア型70日タイプ被覆肥料)	被覆燐硝安加里313-70, 重過石
LPS40日 (シグモイド型40日タイプ被覆肥料)	LP尿素S40, 重過石, 硫加
S70日被覆 (シグモイド型70日タイプ被覆肥料)	スーパーロング424, 重過石

※ S70 日被覆区は秋まき栽培のみ設置

培時は 2.5mg/100g 乾土であった。

したがって、施用窒素量は夏まき栽培で 7.5kg/10a, 秋まき栽培で 9.5kg/10a となった。N-P-K の成分比が異なる肥料の試験区では、各成分の施用量が同量となるよう、重過石及び硫加を施用してリン酸、加里成分を補った。全ての肥料は、基肥としては種直前に施用した。

試験区の規模は、夏まき栽培では両作物とも 2 m²/区, 3 反復, 秋まき栽培ではコマツナ 1.1 m²/区, チンゲンサイ 1.8 m²/区, 3 反復とした。

4 耕種概要

(1) 夏まき栽培

コマツナは 2003 年 8 月 6 日には種し, 8 月 31 日に収穫した。栽植密度は, ベット幅 1 m, 6 条播き, 株間 5cm とした。

チンゲンサイは 2003 年 8 月 6 日には種し, 9 月 6 日に収穫した。栽植密度は, ベット幅 1 m, 6 条播き, 株間 7.5cm とした。

(2) 秋まき栽培

コマツナは 2003 年 11 月 4 日には種し, 12 月 27 日に収穫した。

チンゲンサイは 2003 年 11 月 4 日には種し, 2004 年 1 月 25 日に収穫した。

栽植密度は両作物とも, 夏まき栽培と同様とした。

5 調査方法

(1) 植物体

夏まき栽培のコマツナ, チンゲンサイ及び秋まき栽培のコマツナは, 全試験区において草丈が 25cm に達した時点でサンプリングを行った。秋まき栽培チンゲンサイは, 草丈約 20cm, 株重約 150g を目安にサンプリングを行った。

各試験区から 10 株をサンプリングし, 根及び黄化した下葉を除去したものを可食部として, 分析に

供した。

各試料の草丈, 葉枚数, 株重を測定した。

硝酸濃度は, 各株を 2 等分し, 重量で 4 倍量の蒸留水を加えミキサーで磨砕後, ろ過し, 10 倍希釈したろ液を小型反射式光度計にかけて測定した。

(2) 土壌

生育期間中及び収穫跡地土壌を各区 5 地点からサンプリングした。硝酸態窒素濃度は, 生土 20 g を 2N 塩化カリウム溶液 100 ml で抽出後, 蒸留法により測定した。

(3) 肥料

栽培期間中埋設しておいた被覆肥料を収穫後に堀出し, ケルダール法により全窒素量を測定し, 肥料中の残存窒素率を求めた。

また, 栽培期間中の地温を測定し, 「JA 施肥改善支援システム施肥名人」により, 地温に基づく各被覆肥料の窒素溶出シミュレーションを行った。

結 果

1 夏まき栽培

植物体の硝酸濃度は, コマツナでは 4,571 ~ 5,065mg/kg, チンゲンサイでは, 4,383 ~ 5,124mg/kg であった (表 2)。

L40 日被覆区は, 植物体の硝酸濃度がコマツナでは速効性肥料区より高くなり, チンゲンサイではほとんど差がなかった。

L70 日被覆区は, 植物体の硝酸濃度を約 1 割低減させることができた。

LPS40 日区では, 両作物とも, 植物体の硝酸濃度は速効性肥料区とほとんど差がなかった。

全ての試験区間において, 生育に有意な差は認められなかった。

土壌中硝酸態窒素は, 生育途中, 収穫跡地土壌とも施用量以上検出された区があったが, チンゲンサ

表2 夏まきコマツナ及びチンゲンサイの硝酸濃度及び生育

作物名	試験区	硝酸濃度	草丈	葉数	株重	葉身重/葉柄重
		(mgNO ₃ /kg)	(cm)	(枚)	(g)	
コマツナ	速効性肥料	4942	28.0	5.1	14.2	0.87
	L40日被覆	5065	28.7	5.2	15.5	0.90
	L70日被覆	4571	27.6	4.9	13.9	0.92
	LPS40日	4838	27.7	5.0	15.4	0.93
チンゲンサイ	速効性肥料	5124	26.8	6.2	54.5	0.58
	L40日被覆	4985	27.3	7.0	62.9	0.55
	L70日被覆	4573	27.3	7.1	59.2	0.57
	LPS40日	4985	26.7	6.8	53.1	0.61

表3 夏まき栽培における土壌の化学性

作物名	試験区	生育途中			収穫跡地		
		pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	NO ₃ -N (mg/100g)	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	NO ₃ -N (mg/100g)
コマツナ	速効性肥料	6.01	0.532	17.8	6.08	0.567	19.4
	L40日被覆	6.15	0.493	14.5	6.31	0.586	20.1
	L70日被覆	6.40	0.465	9.6	6.44	0.584	13.2
	LPS40日	6.65	0.464	4.3	6.49	0.562	13.1
チンゲンサイ	速効性肥料	6.10	0.641	10.7	6.02	0.639	12.0
	L40日被覆	6.25	0.550	11.2	6.09	0.508	9.2
	L70日被覆	6.28	0.465	9.3	6.08	0.535	14.2
	LPS40日	6.51	0.557	5.4	6.26	0.397	11.5

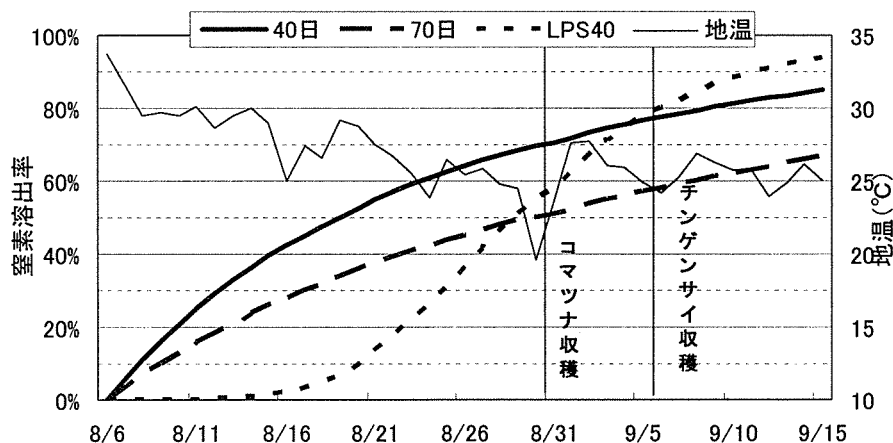


図1 夏まき栽培におけるパイプハウス内地温の推移と窒素溶出率シミュレーション ※全農”施肥名人”による

表4 夏まきコマツナ栽培期間中の肥料窒素溶出率 (埋設法による)

肥料名	窒素溶出率 (%)
L40日被覆	70.0
L70日被覆	32.1
LPS40	48.1

この収穫跡地土壌以外は速効性肥料区、L40日被覆区で濃度が高く、L70日被覆区、LPS40日区で低かった(表3)。チンゲンサイ収穫跡地土壌では、L40日被覆区で濃度が低く、他試験区で高かった。

被覆肥料のコマツナ栽培期間中の窒素成分実測溶出率は、L40日被覆肥料が70%、L70日被覆肥料が32.1%、LPS40日肥料が48.1%で(表4)、L70日被覆肥料の溶出率が最も低かった。

シミュレーションにより窒素溶出率を計算すると、コマツナ栽培期間中では L40 日被覆肥料が 72 %、L70 日被覆肥料が 52 %、LPS40 日肥料が 63 % であった。チンゲンサイ栽培期間中では L40 日被覆肥料が 76 %、L70 日被覆肥料が 58 %、LPS40 日肥料が 80 % であった。全ての肥料でシミュレーションによる溶出率の方が実測値より高かった。

2 秋まき栽培

植物体の硝酸濃度は、コマツナでは 1,496 ~ 3,173mg/kg で、チンゲンサイでは、1,201 ~ 1,505mg/kg であった。硝酸濃度は夏まき栽培と比較して、大幅に低く、チンゲンサイでは半分以下であった。また、硝酸濃度はシグモイド型の被覆肥料 (LPS40 日型, S70 日型区) で特に低かったが、コマツナでは生育がやや劣った (表 5)。

L40 日被覆肥料は、植物体の硝酸濃度をコマツナ

では約 1 割低減させることができたが、チンゲンサイではほとんど差がなかった。

L70 日被覆肥料は、両植物とも生育を落とすことなく、植物体の硝酸濃度を約 2 割低減させることができた。

収穫跡地土壤中硝酸態窒素濃度は L40 日被覆肥料区でやや高く、シグモイド型被覆肥料 (LPS40 日型, S70 日型区) で低かった (表 6)。また、全ての試験区で、収穫跡地土壤中硝酸態窒素濃度が夏まき栽培より低かった。

被覆肥料のコマツナ栽培期間中の窒素成分実測溶出率は、L40 日被覆肥料が 67.3 %、L70 日被覆肥料が 37.4 %、S70 日被覆肥料が 21.4 % であった (表 7)。

シミュレーションにより窒素溶出率を計算すると、コマツナ栽培期間中では L40 日被覆肥料が 69 %、L70 日被覆肥料が 46 %、LPS40 日肥料が 4 %、S70 日被覆肥料が 13 % であった。チンゲンサイ裁

表 5 秋まきコマツナ及びチンゲンサイの硝酸濃度及び生育

作物名	試験区	硝酸濃度	草丈	葉数	株重	葉身重/葉柄重
		(mgNO ₃ /kg)	(cm)	(枚)	(g)	
コマツナ	速効性肥料	3173	28.4	7.0	32.4	0.99
	L40日被覆	2905	27.9	6.9	31.7	1.00
	L70日被覆	2522	26.9	6.7	28.3	1.05
	LPS40日	1750	25.9	6.7	27.2	1.16
	S70日被覆	1690	25.2	6.4	25.3	1.14
チンゲンサイ	速効性肥料	1505	22.2	8.9	151.0	0.40
	L40日被覆	1447	22.3	8.7	155.4	0.41
	L70日被覆	1269	21.5	8.2	128.3	0.47
	LPS40日	1201	21.3	9.3	149.4	0.48
	S70日被覆	1336	22.2	8.8	160.9	0.41

表 6 秋まき栽培における栽培跡地土壌の化学性

作物名	試験区	pH	EC	NO ₃ -N
		(H ₂ O)	(mS/cm)	(mg/100g)
コマツナ	速効性肥料	6.50	0.539	5.9
	L40日被覆	6.30	0.514	8.7
	L70日被覆	6.90	0.647	3.6
	LPS40日	6.98	0.378	1.1
	S70日被覆	6.99	0.242	1.3
チンゲンサイ	速効性肥料	6.61	0.418	2.0
	L40日被覆	6.61	0.298	3.2
	L70日被覆	6.82	0.231	2.0
	LPS40日	7.09	0.274	0.9
	S70日被覆	6.83	0.604	1.4

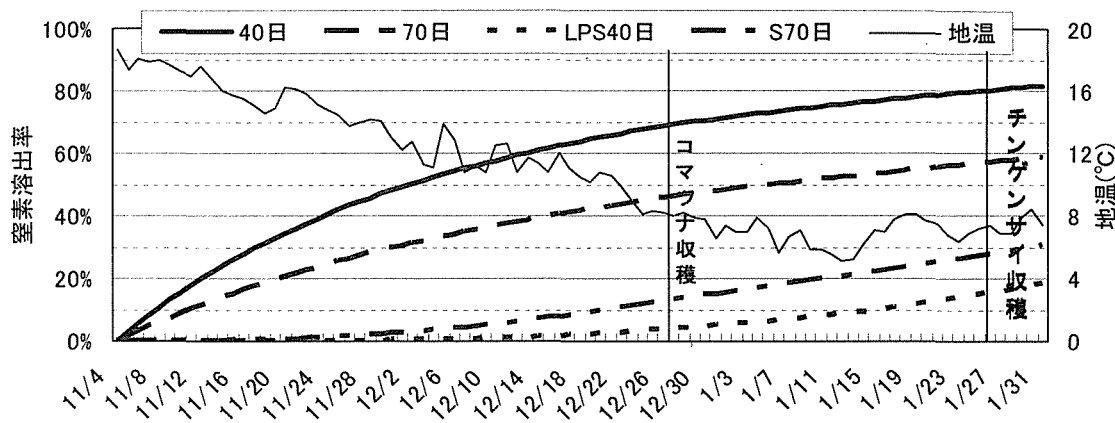


図2 秋まき栽培におけるパイプハウス内地温の推移と窒素溶出率シミュレーション
※全農”施肥名人”による

表7 秋まきコマツナ栽培期間中の肥料窒素溶出率（埋設法による）

肥料名	窒素溶出率 (%)
L40日被覆	67.3
L70日被覆	37.4
S70日被覆	21.4

培期間中では L40 日被覆肥料が 80 %，L70 日被覆肥料が 57 %，LPS40 日肥料が 15 %，S70 日被覆肥料が 27 %であった（図 2）。シミュレーションによる溶出率の方が実測値よりやや高かったが、夏まき栽培ほど差はなかった。

考 察

コマツナ及びチンゲンサイについて、診断施肥と肥効調節型肥料を組み合わせた場合の硝酸低減効果を検討した。

夏まき栽培では、供試した肥効調節型肥料の中で、速効性肥料より植物体の硝酸低減効果が高かったのは L70 日被覆肥料だけであった。

L40 日被覆肥料は 25 °C，40 日間で 80 %溶出するよう設計されているが、コマツナ生育期間中（25 日間，平均地温 27.4 °C）の窒素成分の溶出率は約 70 %，チンゲンサイ（31 日間，平均地温 27.1 °C）では約 80 %で，地温の高い夏期は溶出期間が短縮された。溶出した窒素成分は，速効性肥料より少ないが，生育は低下しなかった。また，植物体の硝酸濃度がコマツナでは速効性肥料区よりやや高くなり，

チンゲンサイではほとんど差がなかった。これは，被覆肥料が，窒素成分が長期間に渡って，徐々に溶出し，植物の生育に合わせて窒素を効かせることができることから，L40 日被覆肥料は速効性肥料より肥効率が高まり，溶出している窒素量は少なくとも，植物の窒素吸収量に差がなくなったものと推察される。L40 日被覆肥料を用いて植物体の硝酸濃度低減を図るには，速効性肥料に比べ肥効率が高い分，施用量を減らす必要がある。

LPS40 日区では，シグモイド型の被覆肥料により生育初期の窒素成分溶出を抑えた時の効果を確認した。シグモイド型の方がリニア型より，コマツナの硝酸濃度低減効果が高いという報告[2,3]があるが，本研究においては，植物体の硝酸濃度は速効性肥料区と差がなかった。上記報告[2,3]では，コマツナの収量も低下していたが，本研究では速効性肥料区と収量に差がみられなかった。上記報告[2,3]は 5 月は種栽培であったので，生育初期の肥効の遅れが収量低下を招いたものと考えられるのに対して，本研究は地温の高い 8 月は種栽培であったので，生育初期に肥効が遅れても収穫期までには窒素成分の溶出が進み，収量及び植物体の硝酸濃度とも速効性肥料との差がなくなったものと考えられる。

夏まき栽培では収穫跡地の土壌中硝酸態窒素濃度が高く，試験区によっては，施用量以上の硝酸態窒素が検出され，植物体の硝酸濃度も高かった。作物の硝酸吸収に及ぼす地温の影響については，夏期のハウレンソウ栽培において，地温を低下させることにより硝酸態窒素の吸収が抑制されたという報告[1]があるが，夏期は地温が高いため，土壌窒素の

硝酸化成が促進されることにより、土壌中の硝酸態窒素濃度が高まり、その結果、植物体の硝酸濃度が高くなったものと推察される。夏まき栽培での硝酸濃度低減化には、土壌窒素発現量を考慮に入れて検討することが重要である。

秋まき栽培では、供試した全ての肥効調節型肥料で速効性肥料より、植物体の硝酸濃度が低下した。また、夏まき栽培と比較して、速効性肥料区を含む全試験区で植物体の硝酸濃度が低かった。収穫跡地の土壌中硝酸態窒素濃度も夏まき栽培より低かったことから、地温の低い秋まき栽培では、土壌窒素発現量が少ないことが影響したと考えられる。

シグモイド型被覆肥料(LPS40日型, S70日型区)は速効性肥料と比較し植物体の硝酸濃度は低下するが、生育が劣った。低温期のため、溶出準備期間(ラグ期)が長くなり、全体として溶出速度が遅くなったため、肥料不足の状態になったものと推測できる。シグモイド型被覆肥料は、秋まき栽培等低温期の栽培には適していないと考えられる。

リニア型被覆肥料(L40日被覆, L70日被覆区)の窒素成分の溶出率は夏まき栽培とほぼ同じであった。秋まき栽培の方が地温は低くなる(コマツナ栽培期間中平均地温 13.4℃, チンゲンサイ 11.1℃)が、生育期間が長くなる(コマツナ 53日間, チンゲンサイ 82日間)ので、生育期間中の積算地温は夏まき栽培とほぼ同じ(積算地温:コマツナ, 夏まき 739.6℃, 秋まき 721.8℃, チンゲンサイ, 夏まき 868.3℃, 秋まき 922.2℃)になり、栽培時期が違っても同一作物栽培期間中の被覆肥料溶出率は同程度となったものと推測できる。

L40日被覆肥料は、植物体の硝酸濃度をコマツナでは約1割低減させることができたが、チンゲンサイではほとんど差がなかった。秋まき栽培において、L40日被覆肥料で植物体の硝酸濃度を低減させるには、夏まき栽培と同様に、さらに施肥量の検討が必要である。

L70日被覆肥料は25℃, 70日間で80%溶出するよう設計されており、地温の高い夏期は溶出期間が短縮することが予想されたが、生育期間中の窒素成分の溶出率はコマツナで約50%, チンゲンサイで約60%であった。植物体の硝酸濃度は夏まき栽培で約1割, 秋まき栽培で約2割低減させることができた。速効性肥料区と比較し、生育に有意な差

はみられなかった。L40日被覆肥料と同様に、肥効率が高まった結果と推測できる。しかし、収穫跡地土壌に約50%の窒素成分を残存させてしまうことになるので、今後、1回の施用で2作連作する等、肥効にあった栽培方法等の検討が必要である。1回の施用で2作連作が可能であれば、減肥栽培につながる。

また、今回の試験は、細粒褐色低地土のハウスでの結果であり、今後、黒ボク土等の他の土壌や露地栽培での検討も必要である。

以上の結果から、利用方法等の検討の必要性が残っているが、診断施肥とリニア型70日タイプ被覆肥料の組合せが植物体の硝酸濃度低減に有効であり、さらに減肥栽培につながる可能性が示唆された。

なお、本報告は先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「野菜における硝酸塩蓄積機構の解明と低減化技術の開発(コマツナ, チンゲンサイ等の周年栽培体系における品種及び生育環境制御を活用した硝酸塩濃度低減化)2002~2004年度」による成果の一部であることを付記する。

謝 辞

本研究を行うに当たり、肥料の窒素成分溶出シミュレーションに御協力いただいた兼松アグリテック株式会社に御礼申し上げます。

引用文献

- [1] 青木和彦: 地中冷却によるハウレンソウ硝酸・シュウ酸含量の変動. 土肥講要集(2002)
- [2] 永井耕介ほか: 葉面散布, クリーニングクロープ等を活用したシュンギク, ダイコン, ニンジン等の硝酸塩濃度低減化. 先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「野菜における硝酸塩蓄積機構の解明と低減化技術の開発」研究推進会議資料, 60-61 (2004)
- [3] 永井耕介ほか: 葉面散布, クリーニングクロープ等を活用したシュンギク, ダイコン, ニンジン等の硝酸塩濃度低減化. 先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「野菜における硝酸塩蓄積機構の解明と低減化技術の開発」

杉沼ら：肥効調節型肥料を活用した葉菜類の硝酸低減化技術の検討

研究推進会議資料,40-41(2005)

- [4] San Mok Sohn・米山忠克：野菜の硝酸，作物体の硝酸の整理，集積，人の摂取．農業および園芸 71,1179-1181(1996)
- [5] 山崎晴民：ハウレンソウ，コマツナの硝酸含量の時期別実態と施肥管理による低減化．埼玉農総研研報 40 号 25-31(2005)
- [6] 山下市二：野菜の硝酸．食衛誌 43,J-12-J-15(2002)
- [7] 山下市二：野菜の硝酸塩低減化への取り組み・化学的リスクを低減．農耕と園芸 2004.10 月号,36-39(2004)