

# 葉面散布によるキョウナ（ミズナ）の可食部 硝酸イオン濃度の低減化

加藤一幾・植田稔宏・河野 隆\*・松本英一

The Effect of Foliar Application on Nitrate Concentration in Mizuna  
(*Brassica rapa* L. Japonica Group) Plants

Kazuhisa KATO, Toshihiro UETA, Takashi KAWANO, and Eiichi MATSUMOTO

## Summary

Mizuna was cultivated in planters in a greenhouse. The effects of various foliar applications on nitrate concentration in plants were investigated. Nitrate concentration in plants was remarkably reduced by foliar application of a 1% glucose solution or phosphite solution ( $P_2O_5:0.7\%$ ,  $K_2O:0.625\%$ ). Therefore these treatments were applied under field conditions in a greenhouse.

Each treatment by itself had no effect on the nitrate concentration in plants, however, the nitrate concentration in plants was reduced by the concurrent treatment. This treatment was most effective 2 days after treatment

キーワード：亜リン酸，ブドウ糖，硝酸イオン，葉面散布，葉菜類

## I. 緒言

葉菜類はミネラル，ビタミンなどの人の健康にとって有効な成分を多く含んでいる反面，硝酸イオンを植物体内に蓄積しやすいことが知られている。硝酸イオン自体には人体に害はないが，一部は人の体内で亜硝酸イオンに還元され，亜硝酸イオンは焼き魚などに含まれる第二級アミンと反応して発ガン性を持つN-ニトロソ化合物を生成したり，乳児期において血液中のヘモグロビンと結合しメトヘモグロビンを形成し，正常な酸素運搬機能を失ったりすることから，その摂取量は少ない方が望ましい(安田，2004；米山，1982)。そのためEUでは野菜の可食部硝酸イオン濃度の基準量(ホウレンソウでは $2500 \sim 3000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ F.W.}$ 以下など)が設定されているが，日本ではいまだ設定されていない。

一方，硝酸イオンは人体に有害ではなく，むしろ有益であるという考えもある(リロンデル・リロンデル，2006)。しかしながら可食部硝酸イオン濃度を低減すると，ビタミンCや糖含量が増加する(中川ら，

2000；建部ら，1995)ことから，安全で高品質な野菜を作るためにも可食部硝酸イオン濃度の低減化技術の確立は重要である。

日本で市販されている葉菜類の可食部硝酸イオン濃度の調査によると，コマツナ，タカナ，タアサイなどアブラナ科の葉菜類の平均値が比較的高くなっている(寄藤ら，2005)。キョウナ(別名ミズナ)は京都が原産地で，鍋物やサラダ用途野菜として近年生産量が急増しているが，アブラナ科の葉菜類であることから，可食部硝酸イオン濃度が比較的高いことが予想される。

硝酸イオンの植物体内への蓄積に関しては，土壌からの硝酸態窒素の植物への吸収(硝酸吸収)量と植物体内に吸収された硝酸イオンの同化(硝酸同化)量との関係が重要である。硝酸吸収は窒素施肥量によって制御可能であり，硝酸同化には硝酸代謝の鍵酵素である硝酸還元酵素が重要な役割を果たす。硝酸還元酵素遺伝子の発現は光や光合成産物により誘導される(末吉，2000)ことから，硝酸同化には日照時間，日射量およびそれに伴う光合成産物量の影響が大きい。

\* 現茨城県農業総合センター山間地帯特産指導所

そこで本研究では植物の硝酸同化の促進を目的として、光合成の促進（亜リン酸）、光合成生産物（炭素源）の代替物質（酢酸、ブドウ糖）の施与、硝酸代謝の促進（Mo）などに関与すると考えられる様々な葉面散布することで、キョウナの可食部硝酸イオン濃度の低減化の可能性について検討した。

## II. 材料および方法

### 1. 植物材料と試験方法

#### 1) プランター試験

キョウナ‘早生千筋京水菜’を供試し、所内のビニルハウスでプランター（約0.1 m<sup>2</sup>）を用いて試験を行った。窒素施肥量が20 g・m<sup>-2</sup>となるように有機質窒素50%の肥料（N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=8:10:4）をよく混合した。プランター当たり10kgの有機質肥料を混合した風乾土を用い、2005年の8月に試験を開始した。8月10日に播種し、8月17日に20株/プランターとなるように間引きした。8月24日に100mL/プランター、8月31日、9月6日に200mL/プランターの葉面散布処理を行った。9月7日に各処理区から無作為に抽出し、生育調査（全重、調製重、根重、葉長、葉色）を行った。9月7、8日に可食部硝酸イオン濃度を測定した。処理区は対照区として水道水を、Mo区として50ppmモリブデン酸ナトリウム溶液を、酢酸区として100倍希釈市販醸造酢（酸度4.2%、100ml当たりタンパク質0.1g、炭水化物8.7g、ナトリウム18mg）を、ブドウ糖区として1%ブドウ糖溶液を、亜リン酸区として亜リン酸溶液（N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=0:28:26）を葉面散布処理した。

#### 2) 圃場試験

供試植物はプランター試験と同様であり、所内の土壌が表層腐植質黒ボク土のビニルハウスで栽培試験を行った。施肥前に土壌分析を行い（表1）、茨城県の施設栽培壤改善基準（茨城県農林水産部農

業技術課、1997）に従い土壌改良を行った。窒素肥料を施肥せず、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>とK<sub>2</sub>Oは過リン酸石灰、硫酸加里により、それぞれ10kg・10a<sup>-1</sup>施用した。9月27日に播種し、11月22日に約200ml/10株を葉面散布処理した。処理2日後の11月24日に体内硝酸イオン濃度を測定した。試験区は対照区として葉面散布を行わない区を、葉面散布対照区として水道水を、ブドウ糖区および亜リン酸区はプランター試験と同じ処理を、ブドウ糖+亜リン酸区は同時処理した。次にブドウ糖と亜リン酸の同時処理の有効処理期間を明らかにするために、12月12日が分析日となるように葉面散布処理を行った。分析日の1、2、3、5、7日前にブドウ糖と亜リン酸を同時処理した試料の可食部硝酸イオン濃度を測定した。対照区は無処理とした。

### 2. 生育調査および分析方法

収穫は各区とも午前9～11時に行い、10株を生育調査個体として、全重、調製重、葉長、葉色を測定した。葉長、葉色については最大葉のものを測定した。調製重については根を切除し、傷みの見られる葉を除去した後に計測した。調製後の植物全体を可食部として、可食部硝酸イオン濃度の測定に用いた。

プランター試験では採取した土壌をよく乾燥させた後、よく混ぜ合わせたものを、圃場試験では作土層（深さ0～15cm）5か所から採取した土壌をまとめて、よく混合し乾燥させたものを分析に用いた。pHは乾土20gと1N塩化カリウム（pH7.0）50mLを30分間振とうし、30分間静置した後、pHメータ（TOA、HM-30V）で測定した。ECは乾土10gと蒸留水50mLを60分間振とうし、ECメータ（TOA、CM-40V）を用いて測定した。可給態リン酸は乾土0.5gと0.002N硫酸100mLを30分間振とうし、上澄みをろ過したものをトルオーグ法により分光光度計（HITACHI、U3210）を用いて測定した。

表1 試験前の土壌の化学性

試験	pH	BC (dS・m <sup>-1</sup> )	可給態				
			NO <sub>3</sub> -N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	交換性 CaO	交換性 K <sub>2</sub> O	交換性 MgO
プランター	6.01	0.34	1.6	0.5	227	54	42
圃場	6.01	0.48	7.2	26.0	556	14	111

交換性塩基は乾土 2g と 1N 酢酸アンモニウム 40mL を 60 分間振とうし、上澄みをろ過し、塩化ストロンチウムを最終濃度が 1000ppm となるように加え希釈し、原子吸光度計（HITACHI, Z-8100）を用いて測定した。土壤中硝酸態窒素含量は EC 測定に用いた混合液の上澄みをろ過し、測定した。

可食部硝酸イオン濃度の測定はプランター試験では 3 個体を用いて、圃場試験では 1 個体を 20g 程度に等分した後、5 個体をまとめた試料約 100g と蒸留水 500mL をフードミキサーにより 1 分間均質化し、遠心分離、ろ過したものをを用いた。可食部硝酸イオン濃度はカタルド法で測定した（Cataldo ら、1975；日本土壤協会、2001）。葉色は葉緑素計（ミノルタ、SPAD-502）を用いて SPAD 値を測定した。

### Ⅲ. 結果および考察

#### 1. プランター試験

##### 1) 葉面散布処理が生育に及ぼす影響

全重、調製重、根重に各処理区間の有意差はなかった（表 2）。全重、調製重は Mo 区で軽く、根重はブドウ糖区、亜リン酸区で重くなる傾向であった。葉長は Mo 区で短かったため、Mo 区で全重および調製重が軽くなったことは生育がやや遅れたためであると考えられた。葉色は Mo 区および亜リン酸区

で対照区に対して有意に濃くなった。

Mo は硝酸還元酵素の構成要素であり（Campbell, 2001）、Mo により硝酸代謝が促進され、クロロフィル合成が促進されたことが原因と考えられた。また、亜リン酸はリン酸から酸素原子が一つ取れた形状であり、リン酸よりも葉から植物に吸収されやすいことが知られている。葉面散布によりリンが供給されることで、ATP 合成や様々な代謝経路が活性化することが考えられ、リン酸は光合成に影響を与える（白田、1994）ことから、光合成を活性化した可能性もある。ブドウ糖区でも葉色が濃くなる傾向が認められ、ブドウ糖が光合成産物の代替物質であることや、硝酸還元酵素が糖により活性化される（末吉 2000）ことから、硝酸代謝が促進されたことが原因と考えられた。

##### 2) 葉面散布処理が可食部硝酸イオン濃度に及ぼす影響

3 回目の処理 1 日後では、全ての処理区で対照区よりも可食部硝酸イオン濃度が低減した（表 3）。特に亜リン酸区では対照区の 39% まで低減した。処理 2 日後でも全ての処理区で低減効果が認められた。処理 2 日後ではブドウ糖区の低減効果が最も高く、亜リン酸区は高い効果を維持していた。収穫後の土壤中硝酸態窒素含量は約 2 ~ 4mg · 100g<sup>-1</sup> 乾土であり、可食部硝酸イオン濃度との関係は認め

表 2 プランター試験において葉面散布処理が生育に及ぼす影響

処理区	全重 (g)	調整重 (g)	根重 (g)	葉長 (cm)	葉色 (SPAD)
対照	42.0a <sup>2</sup>	37.0a	0.8a	39.5a	22.9b
Mo	32.1a	28.2a	0.8a	35.0b	27.0a
酢酸	37.5a	33.9a	0.8a	39.5a	23.3b
ブドウ糖	42.0a	35.6a	1.2a	37.6ab	24.7ab
亜リン酸	40.7a	34.5a	1.2a	38.5ab	26.4a

<sup>2</sup>Tukey 法により異なるアルファベットは 5% 水準で有意差あり (n = 10)

表 3 プランター試験において葉面散布処理が可食部硝酸イオン濃度および栽培後の土壤中硝酸態窒素含量に及ぼす影響

処理区	可食部硝酸イオン濃度 (mg · kg <sup>-1</sup> F.W.)				土壤中硝酸態窒素含量 (mg · 100g <sup>-1</sup> 乾土)
	9月7日	対照区比 (%)	9月8日	対照区比 (%)	
対照	5844	100	4881	100	3.0
Mo	4798	82	4170	85	2.1
酢酸	4255	73	3768	77	3.6
ブドウ糖	4003	68	1809	37	2.9
亜リン酸	2275	39	2202	45	2.4

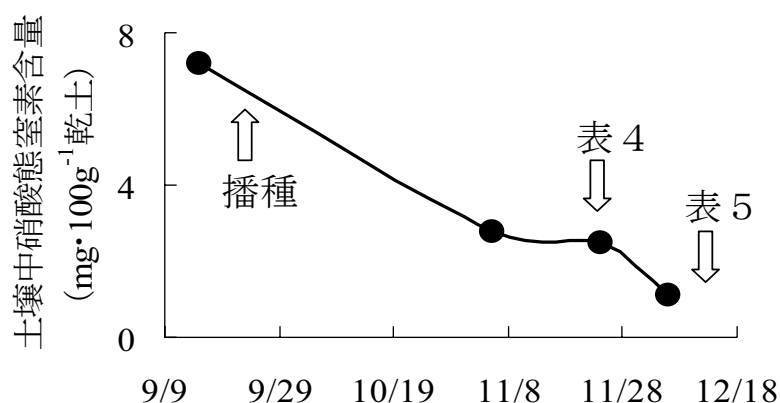


図1 圃場試験における土壤中硝酸態窒素含量の変動  
注) 播種は播種日, 表4, 表5はそれぞれの試験の終了日

られなかった。3回目の処理前の可食部硝酸イオン濃度を測定していないため、上記の結果が、3回の処理を通じての効果か、最後の処理のみの効果かははっきりわからない。ただ、葉色が対照区よりも向上していた区では、光合成量の増大が可食部硝酸イオン濃度の低減に関与した可能性がある。次にプランター試験で効果のあったブドウ糖および亜リン酸の葉面散布処理が1回のみでも有効であるかどうかを圃場試験で明らかにしようとした。

## 2. 圃場試験

### 1) 土壤中硝酸態窒素含量の変動

施肥前に土壤中硝酸態窒素含量を測定したところ、 $7.2\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$  乾土と比較的高い値であった(図1)ため窒素肥料は施肥しない条件で試験を行った。

以下の調査時(表4, 表5)には、土壤中硝酸態窒素含量は約 $1\sim 2\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$  乾土まで低下していた。  
2) ブドウ糖溶液および亜リン酸溶液の葉面散布処理が可食部硝酸イオン濃度に及ぼす影響

プランター試験で可食部硝酸イオン濃度を低減したブドウ糖溶液および亜リン酸溶液の葉面散布処理が圃場試験でも適用できるかどうかを調べた。また、本試験では収穫直前の即効性を調べることを目的として、1回のみ処理が可食部硝酸イオン濃度に及ぼす影響について調べた。その結果、それぞれ単独の処理では可食部硝酸イオン濃度の低減には効果がなかったが、両剤を同時に葉面散布処理したとき、可食部硝酸イオン濃度が対照区に比べて低減した(表4)。このことから、両剤を同時に葉面散布処理することで、相乗効果生まれることが示唆された。

表4 圃場試験において葉面散布処理が可食部硝酸イオン濃度に及ぼす影響

	対照区	葉面散布対照区	ブドウ糖	亜リン酸	両方同時
可食部硝酸イオン濃度 ( $\text{mg}\cdot \text{kg}^{-1}\text{F.W.}$ )	5209	5069	5356	4674	3681
対照区比 (%)	100	97	103	90	71

表5 圃場試験において葉面散布処理開始時期が可食部硝酸イオン濃度に及ぼす影響

処理日	対照区	1日目	2日目	3日目	5日目	7日目
可食部硝酸イオン濃度 ( $\text{mg}\cdot \text{kg}^{-1}\text{F.W.}$ )	3475	2096	1865	3121	3575	3604
対照区比 (%)	100	60	54	90	103	104

注) 処理はブドウ糖と亜リン酸の同時処理

### 3) ブドウ糖溶液と亜リン酸溶液の同時葉面散布の処理時期が可食部硝酸イオン濃度に及ぼす影響

上記のように可食部硝酸イオン濃度の低減効果があらわれた両剤の同時葉面散布処理で、最も有効な処理期間を明らかにするために処理時期をずらして、同一日に可食部硝酸イオン濃度を測定したところ、処理時期は調査2日前で最も低減し、ついで1日前で低減効果が認められた。3日以上前に処理した区では、3日前ではわずかに低減効果が認められたものの、それ以上の時期では対照区と変わらなかった（表5）。したがって、両剤の効果が即効性であり、収穫の3日以上前の処理では、低減効果あまり得られないことが示された。以上のことから、収穫2日前に処理をすることで、著しく可食部硝酸イオン濃度を低減できることが明らかになった。

圃場試験は施肥前土壤中硝酸態窒素含量が比較的高かったため、窒素肥料を施肥しない条件で葉面散布処理を行い、窒素肥料を  $15\text{kg} \cdot 10\text{a}^{-1}$  施肥した区についても試験を行った（データ省略）。その結果、両剤の同時処理で可食部硝酸イオン濃度の低減効果は認められるものの、対照区の可食部硝酸イオン濃度が非常に高くなり、低減効果が小さくなった。また、低減効果のばらつきが大きくなることから実用性は低い。

## IV. 摘要

様々な葉面散布処理によるキョウナ「早生千筋京水菜」の可食部硝酸イオン濃度に及ぼす影響を調べた。プランター試験において、1%ブドウ糖溶液と亜リン酸溶液（ $\text{P}_2\text{O}_5$  : 0.7%,  $\text{K}_2\text{O}$  : 0.625%）の葉面散布処理により、水のみを処理した区に対して著しく可食部硝酸イオン濃度が低減した。そこで、圃場試験において両葉面散布処理剤について検討したところ、それぞれ単独の処理では可食部硝酸イオン濃度に影響を与えなかった。一方、両剤を同時に葉面散布処理することで、可食部硝酸イオン濃度は低減した。次にこの処理が最も効果のある処理期間を調べたところ、収穫2日前が適切な処理時期であることが明らかになった。

以上の結果から、土壌からの硝酸態窒素が過剰な条件では、葉面散布による可食部硝酸イオン濃度の低減効果が出にくい可能性が示された。葉面散布処理の低減効果を出すためには、収穫時の土壌中硝酸態窒素含

量が低くなるように診断施肥などの施肥設計を行い、土壌からの硝酸態窒素の供給を抑えた条件とする必要があると考えられた。

## 引用文献

- Campbell, W. H.. 2001. Structure and function of eukaryotic NAD(P)H: nitrate reductase, *Cell. Mol. Life. Sci.*58 : 194-204.
- Cataldo, D. A., Haroon, M., Schrader, L. E. and Youngs V. L.. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 6 : 71-80.
- Commission of the European communities(CEC). 2002. Commission Regulation (EC) No 563/2002 of 2 April 2002. *Official J. of the European Communities* L86 : 5-6.
- 茨城県農林水産部農業技術課. 1997. 土壌・作物栄養診断マニュアル. pp.82-83.
- 中川祥治・山本秀治・五十嵐勇紀・田村利子・吉田企世子. 2000. 堆肥および有機質肥料の施用がコマツナ (*Brassica campestris* L. rapifera group) の硝酸, 糖, アスコルビン酸および  $\beta$ -カロチン含量に及ぼす影響. *土肥誌*. 71 : 625-634.
- 日本土壌協会. 2001. 土壌機能モニタリング調査のための土壌, 水質及び植物体分析法. pp. 254-255. 大雄社. 東京.
- ジャン リロンデル・ジャンールイ リロンデル. 2006. 硝酸塩は本当に危険か (越野正義訳). pp. 65-125. 農文協. 東京.
- 末吉 邦. 2000. 硝酸還元酵素の遺伝子および活性発現の制御機構. *化学と生物*. 38 : 334-340.
- 白田英明. 1994. リン酸は光合成にどのような影響を与えるか. *化学と生物*. 32 : 148-151.
- 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.
- 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. 1982. 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.

寄藤俊明・新畑雅企・山村香織・大津知子・井口 潤・  
平松絹子・鈴木千恵・生本俊明・宮武 信・佐藤  
耕一・西山武夫・鈴木忠直. 2005. 市販の国産  
野菜に含まれている硝酸濃度の実態調査, 日食科  
工誌. 52 : 605-609.