ニンジンの硝酸塩と硝酸還元酵素活性の変化について

園芸食品の硝酸・亜硝酸塩に関する研究（第3報）

畑 明 美*, 緒 方 邦 安**

* 京都府立大学家政学部

** 大阪府立大学農学部

Nitrate Content and Nitrate Reductase Activity in Carrot Plant Studies on Nitrate and Nitrite in Horticultural Products (Part 3)

Akemi Hata*, Kuniyasu Ogata**

* Faculty of the Science of Living, Kyoto Prefectural University, Sakyo-ku, Kyoto

** College of Agriculture, University of Osaka Prefecture, Sakai, Osaka

J. Jap. Soc. Food and Nutr., 24 (9), 485~488 (1971)

The present paper is concerned with the changes in nitrate content and nitrate reductase activity of carrot plant during the periods of growth and post harvest storage. Nitrate content of carrot plant was higher in petioles than in the other parts of the plant during the period of growth. In the middle stage of growth, the nitrate content in petioles was three times greater as much than in leaflets and six times as much than in roots. Activity of nitrate reductase was higher in leaflets than in petioles or in roots.

Nitrate content of carrot plant harvested at younger stage and at commercial harvest-stage showed no change during storage except for a little decrease in petioles. Nitrate reductase activity in leaflets during storage showed a marked decrease in the early period of storage and gradually decreased thereafter, but no change in the activity was found in petioles and in roots during storage.

Under the condition of controlled atmosphere ($\text{CO}_2=3\%$, $\text{O}_2=3\%$) at 0°C , the content of nitrate in carrot roots was smaller than under the atmospheric condition in the earlier period of storage, but there was no difference in nitrate contents in such treatments in the latter period of storage.

The ascorbic acid contents of carrot plant during growth and post harvest (storage) periods were also determined with reference to the change in nitrate content, but there was no correlation between contents of the two compounds.

(Received September 9, 1971)

園芸作物中の硝酸塩については、缶詰トマトジュースの中毒事件でこれが問題視されて以来、栽培時における硝酸塩の蓄積などに関して研究がすすめられている。筆者らは各種園芸食品の硝酸、亜硝酸塩含量と貯蔵、加工調理に伴う消長を調べ、ホウレンソウ、ジャガイモについて報告¹⁾²⁾した。本報ではニンジンの生育時および貯蔵中の硝酸塩含量と硝酸還元酵素活性の変化について実験した結果を報告する。

実験方法

1. 供試材料

京都府立大学附属農場で1970年栽培されたニンジンで品種“平安本紅金時人参”を使用した。栽培条件は表1に示した。表に示したような条件で栽培されたニンジン を11月5日から12月29日まで1週間ごとに収穫して実験に供した。

2. 試料の調製

ニンジン は採取後水洗してポリエチレン包装し、一定時間（16時間）室温に放置後、3個体より小葉、葉柄、根の三部位について、それぞれ測定部位をきめたいえ試料に供した。根部は特に個体差を生じやすいので、あらかじめ部位別に硝酸塩含量を測定した。

表 1. 栽培条件

肥料名	元肥	追肥		計
		1回	2回	
硫安 N21%	6.5*	3.0	3.0	12.5
過磷酸石灰 P_2O_5 20%	9.0			9.0
塩化カリ K60%	2.3	1.0	1.0	4.3
施肥日	70.8.21	10.16	10.28	
石灰窒素 N20%	10.0			10.0
施肥日	70.8.13			

* kg/a

播種 8月24日 中耕除草 9月24・25日
 畦幅 120cm 2条植
 間引 1回 9月16・17日
 2回 9月21・22日
 3回 10月2・3日
 4回 12月1・2日

表 2. ニンジン根部の部位別硝酸塩含量 (ppm)

部 位	A (小)	B (中)	C (大)
心 部	582.0	218.0	288.0
肉 部	210.0	75.0	70.0
皮 部	75.0	60.0	65.0

(小) 約50g (中) 約80g (大) 約125g
 A. B. Cについてそれぞれ5回測定の平均値

表 3. ニンジン根部の部位別硝酸塩含量 (ppm)

部 位	A (小)	B (中)	C (大)
先端部	147.5	65.0	13.0
中央部	147.5	95.0	12.5
頭部(葉柄基部下の肩部)	125.0	95.0	15.5

(小) 約50g (中) 約80g (大) 約125g
 A. B. Cについてそれぞれ5回測定の平均値

表2はニンジン根部を心部、皮部、肉部に分けて硝酸塩含量をみた結果を示した。心部は維管束がとおっており、この部分は特に硝酸塩含量が高いが、皮部には少ない。輪切りにすると表3に示したように、葉柄基部に近い肩の部位と先端の細い部位とでも含量差は表2にくらべて非常に少ない。したがって以後のニンジン根部の測定には根の中央部を輪切りにして試料をとり、さいの目切りにした後よくまぜて秤量し分析に供した。

3. 硝酸塩および硝酸還元酵素活性の測定方法

1) 硝酸塩は前報¹⁾と同様カドミウムカラムを用いる Kamm の改良法により行なった。

2) 硝酸還元酵素活性の測定は試料3gをツンベルグ管にとり、0.1MのPH 7.5のリン酸緩衝液 5ml、0.1Mの Malic acid 1ml、0.1M硝酸カリウム 1mlを加え、

3分間吸引後、28°Cで1時間後に生成される $NO_2-N\mu g$ を硝酸還元酵素活性として表わした。

4. アスコルビン酸の測定

2,6-ジクロールフェノールインドフェノール滴定法によった。

5. 貯蔵条件

1970年11月5日および11月28日に収穫したニンジンをも 20°Cで1週間葉をつけたまま、0.03mm厚さのポリエチレン袋に入れて有孔包装し、貯蔵中の変化をみた。また12月19日には根の重量 120g位の大きさになったものを収穫し、葉を切りおとし根の部分だけにして、0°C普通空気貯蔵と0°C CA貯蔵(CO_2 3%, O_2 3%)を行なった。

実験結果ならびに考察

1. ニンジンの生育中の硝酸塩含量と硝酸還元酵素活性の変化について

図1は生育中のニンジン硝酸塩含量と硝酸還元酵素活性の変化をみたものである。

1) 硝酸塩量について 根では11月5日に採取した時重量は約35gであったが、12月29日には160gと大きく

図 1. ニンジンの生育中の硝酸塩量と硝酸還元酵素活性の変化

なった。しかし生育初期の小さい根の硝酸塩が153 ppm、中期では185 ppmで最も高く、最後に収穫した大きくなったニンジンが167 ppmであったことから、生育がすすんでも硝酸塩量はあまり変化がないことがわかった。小葉については生育初期は290 ppmで根よりも含量が高いが、生育するとともに減少し、後期には25 ppmとなった。葉柄については根、小葉にくらべ硝酸塩量は最も高く、生育初期923 ppmあったものが生育とともに減少し、後期には398 ppmに減少した。

2) 酵素活性について 小葉が活性は最も高く、ついで葉柄、根の順であった。小葉の活性は11月5日から11月28日までは生育するとともに漸減したが、12月4日には急に高くなった。この増加の一因は、おそらく活性の高くなる前の12月1日2日に間引されたので、光が多くあたるようになったことが影響したもの³⁾⁴⁾と考えられる。

2. ニンジンの貯蔵中の硝酸塩量と硝酸還元酵素活性の変化

平均35gの生育中のニンジンをも11月5日に収穫し、葉をつけたままの状態 で 20°C に貯蔵したときの硝酸塩と硝酸還元酵素の変化をみた (図2)。

図2. ニンジンの貯蔵中の硝酸塩量と硝酸還元酵素活性の変化

1) 硝酸塩量について 貯蔵中を通じて葉柄が最も多く1,012~725 ppm, ついで小葉が233~353 ppm, 根133~213 ppmの順であった。硝酸塩は貯蔵中葉柄で減少したが、小葉、根では変化はみられなかった。

2) 酵素活性について 貯蔵当初小葉の活性は葉柄、根にくらべて非常に高かったが、貯蔵当日8.71 μg/g/h, 1日後で6.03 μg/g/h あったものが急激に減少し、以後漸次減少する傾向がみられ、8日後には0.91 μg/g/hとなり葉柄の0.99 μg/g/hとほぼ同じになった。

平均85g位の大きさに生育したニンジンをも収穫し、11月5日収穫の小さいものと比較するため同様に貯蔵して硝酸塩と硝酸還元酵素活性の変化をみた結果は図3に示したが、図2の小さいときのニンジンと大体同じような傾向がみられた。

つぎに12月19日に収穫したニンジンをも根だけ貯蔵したときの硝酸塩と硝酸還元酵素の変化をみた(図4)。貯蔵条件は0°C普通空気区および0°C CA貯蔵(CO₂ 3%, O₂ 3%)区とした。

図3. ニンジンの貯蔵中の硝酸塩量と硝酸還元酵素活性の変化

図4. ニニン(根)貯蔵中の硝酸塩量と硝酸還元酵素活性の変化

硝酸塩含量についてみるとCA貯蔵区は普通空気貯蔵区を上回ることとはなく、むしろ普通空気区よりも減少する傾向がみられたが貯蔵末期では大体同じ値になった。

酵素活性についてみると、いずれの貯蔵区も貯蔵初期に減少し、以後漸次増加した。しかし活性は増加してもその値は非常に低いもので、硝酸塩の増減と必ずしも相関性はないようであった。

生育および貯蔵中のニンジンの実験から硝酸塩量と硝酸還元酵素活性の関係をみると、硝酸還元酵素が誘導酵素であるといわれている⁹⁾が、硝酸塩量と酵素活性との間に相関関係はみられなかった。Beeverら⁹⁾によると硝酸還元酵素の誘導は組織中の硝酸塩量の増加とともに直線的に増加するが高濃度の硝酸塩量はむしろ酵素の誘導を抑えると報告している。本実験でニンジン葉柄の硝

酸塩量は非常に多かったのに、酵素活性がそれ程高くなかったのはそのような理由によるのかも知れない。

3. アスコルビン酸について

アスコルビン酸は非酵素的な硝酸還元に関係し、硝酸還元を促進するといわれている⁷⁾⁸⁾。そこでニンジンの生育中の還元型アスコルビン酸の変化を調べた(図5)。小葉の還元型アスコルビン酸は発育初期 124 mg あったものが、生育するとともに急激に減少し、12月29日には 15.5 mg となった。葉柄、根では生育中あまり変化がみられなかった。また11月28日に収穫したニンジンをも 20°C に貯蔵し、貯蔵中の還元型アスコルビン酸の変化をみた。結果は図6のとおりで、小葉では貯蔵中減少したが

図5. ニンジンの生育中のアスコルビン酸の変化

図6. ニンジンの貯蔵中のアスコルビン酸の変化

根および葉柄ではあまり変化がみられなかった。このようなことから生育中、貯蔵中のアスコルビン酸の消長と硝酸塩量との間に特にみるべき関係はなかった。

要 約

本研究はニンジンの生育時および貯蔵中における硝酸塩含量と硝酸還元酵素活性の変化について調べたものである。

(1) 生育中硝酸塩含量は葉柄が最も多く、生育中期には小葉の3倍、根の6倍量もあった。葉柄、小葉では硝酸塩含量は生育するに伴い減少したが、根はほとんど変化しなかった。

(2) 生育中の酵素活性は小葉が最も高く、葉柄、根の順であった。

(3) 生育の中期および後期に葉のついたまま 20°C に貯蔵すると、硝酸塩量は葉柄の部分で少し減るが小葉、根は変化がなかった。このときの酵素活性は、小葉で貯蔵初期に急減し、以後も漸次減少したが、葉柄、根では変化がなかった。

(4) ニンジンの根を 0°C で CA貯蔵 (CO₂ 3%, O₂ 3%) したときの硝酸塩量は、普通空気区よりも減少する傾向がみられるが、貯蔵末期では大体同じ値になった。

(5) ニンジンの還元型アスコルビン酸について生育中および貯蔵中の含量をみたが、硝酸塩量との間に特に関係はみられなかった。

実験を行なうにあたりご協力いただいた菱中了儀氏に深謝する。また材料の提供をうけた京都府立大学附属農場寺田友良氏に厚くお礼を申し上げる。

(本研究の要旨は昭和46年第25回日本栄養・食糧学会総会に発表した。)

文 献

- 1) 畑 明美, 緒方邦安: 栄養と食糧, 22, 9 (1969)
- 2) 畑 明美, 緒方邦安: 栄養と食糧, 24, 6 (1971)
- 3) 坂村 徹: 植物生理学上巻, 857~904 (1958) 裳華房 (東京)
- 4) Steward, F. C.: *Plant Physiology IV A.*, 598~601 (1965)
- 5) Mulder, E. G., Bozma, R. and Vanveen, W. L.: *Plant and Soil.*, 10, 335~355 (1959)
- 6) Beevers, L. and Hageman, R. H.: *Ann. Plant Physiol.*, 691~698 (1965)
- 7) 坂村 徹: 植物生理学上巻, 820~924 (1958) 裳華房 (東京)
- 8) Bar-Akiva, A. and Sternbaum, J.: *Physiologia Plantarum*, 422~428 (1966)

(昭和46年9月9日受理)