ダイコンの生育・貯蔵ならびに漬け物加工時における 硝酸・亜硝酸塩含量の消長について†

畑 明 美*・緒 方 邦 安**

Nitrate and Nitrite Contents in Japanese Radish and the Changes during Growing, Storage and Pickling Process

AKEMI HATA* and KUNIYASU OGATA**

Nitrate and nitrite contents and the activity of nitrate reductase of Japanese radish were analyzed during growing, storage and pickling with salt or salt-bran.

(1) The varieties of radish used in this experiments were Minowase-spring type (sowing, April; harvesting, end of June), Minowase No 2-summer type (sowing, August; harvesting, end of October), and Miyasige (sowing, September; harvesting, end of November).

2) Nitrate concentration in a root was higher toward the root tip and there were no significant difference in nitrate contents among cortex, vascular bundle and parenchyma at the middle part of the root.

3) Nitrate concentrations of the petioles, roots, and leaf blade were 1400-1600 ppm, 700 ppm, and 200-350 ppm 40 days after sowing, respectively. During the growing stage from the above period to the harvesting date, nitrate contents of these parts decreased by about one-tenth of the initial ones. In Miyasige variety for which the times of fertilizing was increased, the decreasing rate for the period was about a half.

4) Nitrate reductase activity in Minowase-spring type was higher in leaf blade and lower according to the decreasing order of petioles and roots. During the growing stage, the activity increased in leaf blade, but were constant other two parts.

5) These three varieties of the radish roots were stored at 1 and 20°C. Changes of nitrate contents during the storage were not noted in both Minowase varieties, but in Miyasige, nitrate contents decreased slightly. Nitrate reductase activity were maintained at the low level during storage.

6) Changes of the amount of nitrate were observed through the process of pickling with salt-bran. After 26 days, the amounts became to be the equal level of nitrate in the roots and salt-bran. Maximum content of nitrite was only 0.4 ppm in the process.

7) In the process of pickling with salt only, the changes of nitrate contents in the roots and in brine both at 6 and 20°C were similar to those of pickling with salt-bran. Nitrite contents had maximum, 3 days after the start of pickling at 20°C (30 ppm in the root and 230 ppm in the brine), but the formation of nitrite at 6°C was suppressed markedly. (Received Sept. 28, 1977)

† 園芸食品の硝酸・亜硝酸塩に関する研究 (第7報) (前報, 文献6) 参照
Studies on Nitrate and Nitrite in Horticultural Products (Part 7)

* 京都府立大学, 生活科学部 (京都市左京区下鴨半木町)

Faculty of Living Science, Kyoto Prefectural University. Simogamo, Kyoto

** 大阪府立大学, 農学部 (堺市百舌鳥梅町)

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

植物体に含まれる硝酸・亜硝酸塩が人体や反すう動物に悪影響を及ぼすといわれ、現在社会的にも関心が高まっている。筆者らはおもに園芸食品の硝酸・亜硝酸塩について研究を進め、一連の報告^{1)~6)}をしてきたが、本報は根菜類のダイコンについて調べた結果である。ダイコンはわが国で栽培される野菜の中で生産量が最も多く、貯蔵・加工品などへの利用度も高いものである。まず硝酸・亜硝酸塩の生育時期別、部位別含量分布を明らかにし、同時に硝酸還元酵素活性についても検討した。また貯蔵と漬け物加工をした場合における消長について調べた。

実験方法

1. 供試材料

実験に使用したダイコンは、京都府立大学附属農場産のもので、春、夏、秋など利用シーズンを異にした品種であり、栽培条件は表 1, 2, 3 の通りである。いずれの場合も栽培期間中は間引を行ない、株間 30 cm とし、中耕、除草、薬剤散布するなどの一般的な栽培方法を行っている。夏みの早生 2 号、宮重総太は生育良好であったがこれと比較し、春蒔みの早生では追肥を一回で終ったこと、雨量が少なかったことなどから生育状態はやや良好ではなかった。

表 1 春蒔みの早生ダイコンの栽培条件

肥料名	基肥*	追肥
消石灰	10.0	住友 1 号液肥原液 2 l
硫酸	4.9	N:P:K=15:6:6
過リン酸石灰 (17.5%)	8.8	
塩化カリ	1.3	

播種 4 月 30 日 収穫適期 6 月 26 日 * kg/100 m²

表 2 夏みの早生二号ダイコンの栽培条件

肥 料 名	基 肥*	追 肥	
		1 回	2 回
硫 安	5.0	3.3	3.3
過リン酸石灰 (17%)	8.9		
塩化カリ	1.3	0.9	0.9
ゴールドF**	10.0		

* kg/100 m²

** 成分 Mn 7~8% Fe 20~30%

SiO₂ 27~30% Ca(OH)₂ 21~23%

Mg 9~10% P₂O₅ 1~2% B 175 ppm

播種 8 月 29 日 収穫適期 10 月 31 日

表 3 宮重総太ダイコンの栽培条件

肥料名	基肥*	追肥		
		1 回	2 回	3 回
消石灰	10.0			
硫酸	5.0	3.3		
過リン酸石灰	8.9			
塩化カリ	1.3	0.9		
ゴールド F50	10.0			
住友 2 号液肥**	原液 3 l			原液 3 l

* kg/100 m²

** 住友 2 号液肥 (N:P:K)=10:5:8

播種 9 月 11 日 収穫適期 11 月 29 日

漬け物には一部大阪東部市場入荷直後のダイコンを用いた。

2. 分析方法

1) 硝酸、亜硝酸塩の分析方法は KAMM らの Cd-カラム法⁷⁾で行ないその含有量は NO₃-N および NO₂-N の ppm で表わした。

2) 硝酸還元酵素活性の測定は MULDER らの方法⁸⁾に準じて行なった。試料を 2×2 mm に切り、その一定量と 0.1 M リン酸緩衝液 (pH 7.5) 5 ml を氷冷したツンベルグ管の主室に入れ、側室に 0.1 M のリンゴ酸カリウム溶液 1 ml、0.1 M の硝酸カリウム溶液 1 ml を加え脱気し、ついで空気を入れ、再び脱気した後側室の液を主室に混合し、28℃ 1 時間反応後生成した NO₂-N μg を硝酸還元酵素として表わした。測定は室内環境下で行なった。

3. 測定部位

図 1 に示す通り根では上、中、下の部位 (斜線部) および根中央部の輪切りを皮部、維管束部、髓部について、また葉の部分は葉柄と葉身 (斜線部) について測定

図 1 ダイコンの測定部位

した。

4. 貯蔵条件

貯蔵実験にはいずれも収穫適期に生長したダイコンを重量、品質、大きさを揃えて選び、地上茎部 3cm を残して葉茎部を切り落した後、厚さ 0.03mm 大きさ 23×34cm のポリエチレン袋に直径 3mm の穴を 20 個あけた袋に入れ 1℃、20℃ の温度下に貯蔵した。

5. 漬け物の条件

糠漬けに用いたダイコンは、大阪東部市場に入荷したものを購入し、部位別分布と個体による硝酸塩、亜硝酸塩含量差を調べ、その結果からダイコン根部上部の一定の位置の硝酸塩含量のほぼ同じダイコンを選んで丸のまま、糠漬けした。糠床の処方市販の糠 2kg を焙ったものに食塩 450g と水 1800ml を沸騰させた後冷して混ぜ十分攪拌して床が熟成するように一日 20℃ 下において後ダイコンを漬けた。

ダイコンは一つの床に 5 本宛漬けた。一回毎に床は新しく調整することとし、繰返し同実験を行なった。

一夜漬けに用いたダイコンは品種、宮重総太（京都府大農場産）で硝酸塩含量は根中央部で 520 ppm 前後のものを、品質、重量のそろったものを選び、厚さ 2mm の輪切りにした後よく混合した中から 500g 計量し、これに食塩 5% を加え攪拌した後、漬け物容器に入れ一定の圧力を加えて漬けた。この漬け物容器は 6℃ と 20℃ の温度下に保存した。

実験結果および考察

1. 硝酸塩含量と部位別分布

1) 品種、宮重総太と品種、春蒔みの早生の 2 品種について市場出荷適期に収穫し、根部の硝酸塩含量の部位別分布状態を調べ表 4 に示した。宮重総太は高含量であるのに対し春蒔みの早生は平均 250 ppm と低含量であった。

春蒔みの早生の硝酸塩の低含量は前述の通り栽培中の追肥 1 回のみの実施、雨量不足などで植物体の生活機能が衰えたことなどに関連し生じたものと考えられる。夏みの早生 2 号の硝酸塩含量は宮重総太と同様平均 400～500 ppm と高含量であった。

2) 硝酸塩含量の部位による差異は上部に少なく下部に多かった（表 4）。このことは糠漬けに用いた市販ダイコンについて調べた結果でも同じような傾向にあった（表 5）。また根部の中央部の横断切片を図 1 のように区分して測定した結果を同じく表 4 に示したが、皮部、維管束部、髓部で大差はみられなかった。

表 4 ダイコン（根部）の部位別硝酸塩含量

(NO₃-N ppm/新鮮物)

測定部位	宮重総太*	春蒔みの早生**
上部	330	220
中部	420	215
下部	570	270
皮部	570	220
維管束部	415	280
髓部	415	280

* 播種後 80 日、11 月収穫 ** 播種後 57 日、6 月収穫

表 5 ダイコン（市販）の部位別硝酸塩含量

(NO₃-N ppm/新鮮物)

部位	分析群	硝酸塩含量	
		A 群	B 群
イ		345	292
ロ		340	335
ハ		545	349
ニ		550	400
ホ		550	450
ヘ		560	500
ト		660	590
チ		690	600

各分析群は 10 本の平均値、NO₃-N は平均 0.3 ppm

2. 生育に伴う硝酸塩含量、硝酸還元酵素活性の変化

図 2 から春蒔みの早生の生育に伴う硝酸塩含量と硝酸還元酵素活性の変化をみると硝酸塩含量は葉柄、根、葉身で含量差が顕著であり、葉柄が最も高く、ついで根、葉身の順であった。しかもいずれの部位も生育に伴って硝酸塩含量は著しく減少したが、収穫適期以後においては部位による含量の差異は少なくなった。一方硝酸還元酵素活性は葉柄と根では全生育期間を通じ大きな変化はみられなかったが、葉身では生育中期から活性は急激に増大した。なおニンジンについてもまったく一致した傾向を認めている⁸⁾。

生育中の硝酸塩含量については宮重総太についても検討した（図 3）が生育初期（播種後 40 日）の含量は春蒔みの早生とほぼ同含量であり、かつ生育に伴って減少する傾向もみられたが、春蒔みの早生に比較して減少の度合は緩やかであった。したがって収穫適期における両品種の根の硝酸塩含量には前述のような（表 4）差が生

図 2 ダイコンの生育中の硝酸塩量と硝酸還元酵素活性の変化
品種: 春蒔みの早生

図 3 ダイコンの生育中の硝酸塩含量の変化
品種: 宮重総太

じたものと考えられる。

3. 貯蔵中の硝酸塩含量の変化

ダイコン根部を収穫後 1℃ と 20℃ の温度下に貯蔵して分析した。図 4 は春蒔みの早生について皮部、維管束部、髓部の 3 部位に分けて貯蔵中の硝酸塩含量の変化を示したものである。いずれの部位も貯蔵中大きな変化はみられなかった。さらに図 5 は夏みの早生 2 号と宮重総太の品種について貯蔵中の根部上部の硝酸塩含量と硝酸還元酵素活性の関係を示したものであるが、硝酸塩含量は夏みの早生は春蒔みの早生と同様貯蔵中ほとんど変らなかったが、宮重総太についてはやや減少する傾向がみられた。一方、硝酸還元酵素活性は貯蔵全期間を通じてみた場合、両品種とも比較的低かった。

宮重総太の 1℃ 貯蔵区においてのみ貯蔵 1~3 週間後

図 4 ダイコンの貯蔵中の部位別硝酸塩含量の変化

品種: 春蒔みの早生
○— 1℃ 皮部 △— 1℃ 維管束部 ×— 1℃ 髓部
●— 20℃ 皮部 ▲— 20℃ 維管束部 ×— 20℃ 髓部

図 5 ダイコンの貯蔵中の硝酸塩量と硝酸還元酵素活性の変化

夏みの早生 2 号 10.31 収穫
▲ 20℃ 硝酸塩
△ 1℃ 硝酸塩
▲ 20℃ 硝酸還元酵素活性
△ 20℃ 硝酸還元酵素活性
宮重総太 11.29 収穫
● 20℃ 硝酸塩
○ 1℃ 硝酸塩
● 20℃ 硝酸還元酵素活性
○ 1℃ 硝酸還元酵素活性

にやや高くなる傾向がみられたが、その量は僅少であった。いずれにせよダイコン (根部) では貯蔵中硝酸塩含量の顕著な減少はみられず酵素活性も常に低く、しかも貯蔵中に増大するような傾向は認められなかった。この結果はエンジン (根部)³⁾ と同様の傾向であることが伺われた。しかし貯蔵中に硝酸塩含量が減少傾向を示すカボチャでは酵素活性が高くなる傾向を認めていることと併せ考え、きわめて興味深いものがある。

4. 漬け物加工した時の硝酸・亜硝酸塩含量の変化

1) 糠漬け 原料ダイコンについては前述のように大阪東部市場に入荷直後のもので、根部上部の硝酸塩含量を調べたところ表6に示すような値であった。そこでほぼ同含量のものを選んで用いた。図6は糠漬けした時のダイコンと糠床中の硝酸・亜硝酸塩の含量の変化を示したものである。ダイコン中の硝酸塩含量は平均 550 ppm あったが、漬け込み後日数が経過するに伴い減少したが、糠床中の硝酸塩はこれとは対照的に増加しており、漬け込み後 26 日では約 80 ppm で漬けダイコンと糠床中の硝酸塩はほぼ同含量となった。これはダイコンに含まれる硝酸塩が漬け込みの進行に伴って糠の方へ流出したものと考えられる。また漬け込み前のダイコン中に亜硝酸塩含量が 0.4 ppm と僅かに認められたが、漬

け込み後日数経過につれて減少した。しかし糠中の亜硝酸塩は漬け込み後 2 日に最大含量の生成を示しその後減少した。なおキュウリについても同様の実験⁹⁾を行なっているが、キュウリはダイコンに比べ漬け上りまでの期間が早いこともあり、漬け込み後 5 日で漬けキュウリと糠床中の硝酸塩含量はほぼ等しくなったこと、亜硝酸塩の生成は糠床中では漬け込み後 3 日、キュウリ中では 1 日後に最大量を認めており、消長のパターンはダイコン、キュウリとも類似している。糠漬けは漬け込み当初の pH は 6.3 で漬け込み後 26 日で pH 5.5 であったが、亜硝酸塩の生成は非常に少なく最大時でも 0.4 ppm とわずかししか検出されなかった。このことは糠漬けでは熟成に伴って生成された乳酸菌などや糠の中の何かが亜硝酸塩の生成をさまたげたことも考えられるが、この点については、さらに検討中である。

表 6 ダイコン(市販)の硝酸・亜硝酸塩含量
($\text{NO}_3\text{-N}$ ppm/新鮮物)

分析群	硝酸塩	亜硝酸塩
A	346	0.38
B	424	0.46
C	470	1.50
D	482	0.24
E	491	0.38
F	503	0.00
G	510	0.29
H	547	0.60
I	600	0.31
J	641	0.00
K	651	0.57
L	668	0.54

品種：宮重総太，各分析群は5本の平均値，測定部位：根部上部

図 6 糠漬けダイコンと糠床の硝酸・亜硝酸塩含量の変化

図 7 塩漬けダイコンの硝酸・亜硝酸塩含量の変化

2) 塩漬け (一夜漬け) 塩漬けには品種宮重総太の収穫直後の水分 96%，硝酸塩含量は平均 520 ppm 含有の品質の揃ったものを用いた。図7は漬けた容器を 20℃ 下に管理保存した場合の漬けダイコンと漬け汁中の硝酸・亜硝酸塩含量の変化をみたものである。ダイコン中の硝酸塩含量は漬け込み後日数の経過に伴い減少した。漬かりの進行につれてダイコン細胞中の水分は食塩の滲透圧で流出し漬けダイコンと漬け汁の割合は漬け込み後 1 日で 8 : 2，3 日で，7 : 3，8 日で 6 : 4 と徐々に漬け汁は増大した。したがってダイコンに含有される硝酸塩は漬かりの進行とともに減少し，漬けて出た汁中では硝酸塩含量は漸次増大した。亜硝酸塩は塩漬けに用いた

漬ける前のダイコン中には検出されなかったが、漬け込み後1日、2日経過するに伴い漸次生成され、3日には、漬けダイコン中では 30 ppm、漬け汁中では 230 ppm と大量の生成がみられた。この頃は食べ頃のつかり状態である。生成された亜硝酸塩も5日後には減少し、8日後ではさらに少なくなった。なお漬け汁中の pH は漬け込み1日後 6.0、3日後 6.3、8日後には 5.18 と低下した。この漬け込み中の亜硝酸塩含量の変化はダイコンに含まれる硝酸塩が微生物や酵素などで還元されて亜硝酸塩を生じ、さらに pH の低下などで生成された亜硝酸塩は分解して含量は少なくなったものと思われる。図8は漬け容器を6℃に保存して漬け込み中の硝酸・亜硝酸塩含量の変化を調べたものである。図に示す通り硝酸・亜硝酸塩含量の消長の様相は 20℃ 下で保存したものに比べ緩慢で、特に亜硝酸塩の生成量は少なかった。

図8 塩漬けダイコンの硝酸・亜硝酸塩含量の変化

一夜漬けのように低食塩で漬け物を作る場合、温度の高いところに置くと必要な微生物以外雑菌の繁殖も著しくなり、組織が柔化し食味が低下することはよく知られている。本実験における6℃と20℃の温度下で管理保存して比較した場合も、漬け込み後8日では明らかに味覚上の差が生じたが、亜硝酸塩の生成の最大値を認めた漬け込み後3日では、両温度区とも食べ頃の時期と思われる。したがって一夜漬け物の場合、食べる時期を考慮するとともに漬け物は出来るだけ低温下で保存するよう心がける必要があると思われる。

要 約

園芸食品の中でも最も生産、消費の多いダイコンにつ

いて生育時期別、部位別の硝酸塩含量の分布を調べ、さらに貯蔵、漬物加工時における硝酸・亜硝酸塩含量の変化、硝酸還元酵素活性について調べた。

(1) 4月播種6月末収穫の春蒔みの早生、8月播種10月末収穫の夏みの早生二号、9月播種11月末収穫の宮重総太ダイコンの根部の硝酸塩含量は、春蒔みの早生では平均 215 ppm であり、他は平均 450 ppm であった。

(2) 根部の硝酸塩含量の部位別分布状態は、上部に少なく下部に向うにしたがい多くなることを認めた。また中央部横断切片での皮部、維管束部、髓部の間では大差はみられなかった。

(3) 春蒔みの早生ダイコンの生育中の硝酸塩含量は、播種後40日で葉柄部に 1400~1600 ppm と最も高く、根部 700 ppm、葉身部 200~350 ppm であったが、生育に伴って減少し、収穫適期には約 1/10 に減少した。また追肥回数の多かった宮重総太の硝酸塩含量の減少割合は約 1/2 であった。

(4) 生育中の硝酸還元酵素活性は、春蒔みの早生で葉身部が最も高く、葉柄部、根部の順に低く、葉身部は生育後期に高くなったが、葉柄部、根部の活性はほとんど変化がなかった。

(5) 春蒔みの早生、夏みの早生二号ダイコン根部の1℃、20℃下における貯蔵中の硝酸塩含量の変化はほとんどみられなかったが、宮重総太では減少する傾向がみられた。また硝酸還元酵素活性は、夏みの早生、宮重総太とも貯蔵中比較的低かった。

(6) 根部を糠漬けし、漬け込み後の経時的変化をみたところ、硝酸塩含量はダイコン根部中では減少していくのに対し、糠床中では増加し、漬け込み後26日ではほぼ同含量となった。

その間に亜硝酸塩は検出されたが、その量は 0.4 ppm と低かった。

(7) 根部を塩漬けし、漬け容器を6℃と20℃下において硝酸・亜硝酸塩含量の変化を調べたところ、両温度区とも漬けダイコン中の硝酸塩は漬け込み日数経過に伴い減少し、漬け汁中では増加した。亜硝酸塩は20℃下においたもので漬け込み後3日に漬けダイコン中で 30 ppm、漬け汁中では 230 ppm の生成がみられた。しかし、これをピークにその後減少した。両温度区で亜硝酸塩の生成量には顕著な差がみられ、6℃下では生成が少なかった。

本実験を行なうにあたりご協力いただいた竹崎広氏、佐々木真氏、阪本孝志氏に深謝する。また材料ダイコン

の栽培資料提供などでお世話になった京都府立大学附属農場、寺田友良、今井俊夫両氏に謝意を表する。

文 献

- 1) 畑 明美・緒方邦安：栄養と食糧，**22**, 58(1969).
 - 2) 畑 明美・緒方邦安： 栄養と食糧， **24**, 345 (1971).
 - 3) 畑 明美・緒方邦安： 栄養と食糧 **24**, 485(1971).
 - 4) 畑 明美・南出隆久・緒方邦安：食品工誌，**20**, 421 (1973).
 - 5) 畑 明美・緒方邦安：食品工誌，**23**, 132(1976).
 - 6) 畑 明美・緒方邦安：食品工誌，**23**, 257(1976).
 - 7) KAMM, L., MCKEOWN, G.G. and SMITH, D.M.: *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.*, **48**, 892 (1965).
 - 8) MULDER, E.G., BOZMA, R. and VANVEEN, W.L.: *Plant and Soil*, **10**, 335 (1959).
 - 9) 日本栄養・食糧学会 28 回総会講演要旨集(1974).
(昭和 52 年 9 月 28 日受理)
-