

# ダイコン栽培品種におけるイソチオシアネート含有量の差異

誌名	近畿中国四国農業研究
ISSN	13476238
著者名	秋本, 哲史 浅尾, 浩史 川島, 伸一 越智, 康治 梶田, 季生
発行元	近畿中国四国農業研究協議会
巻/号	20号
掲載ページ	p. 21-28
発行年月	2012年3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



[原 著]

## ダイコン栽培品種におけるイソチオシアネート含有量の差異

秋本 哲史・浅尾 浩史・川島 伸一\*・越智 康治\*・梶田 季生\*

奈良県農業総合センター 634-0813 橿原市四条町88

\*ナント種苗株式会社研究開発部 633-2101 宇陀市大宇陀五津7-8

## Difference of Isothiocyanate Contents between Japanese Radish Cultivars

Akihito SUGIMOTO, Hiroshi ASAO, Shinichi KAWASHIMA\*, Yasuharu OCHI\* and Suelo KAJITA\*

Nara Prefectural Agricultural Experiment Station, Kashihara, Nara 630-0813

\*Nanto Seed Co. Ltd. Research and Development Division, Uda, Nara 633-2101

### Summary

Isothiocyanates (ITC), which have specific cruciferous pungent or bitter tastes, are associated with antibacterial, antimicrobial, and anti-carcinogenic properties. We investigated ITC contents obtained in different root parts of radish (*Raphanus sativus* L.) grown in one of two seasons (August or November harvest). Radish cultivars were 13: 5 green neck radish cultivars (Aokubi), 2 white neck radish cultivars (Shirokubi), and 6 mini radish cultivars (Mini daikon) including 'Iwaidaikon' as a vegetable of "traditional vegetables of Yamato area". Results show that ITC contents of Aokubi were higher in plants harvested in August than in those harvested in November. ITC contents of Aokubi and Shirokubi were significantly higher in the lower part of root than in the upper or middle parts. However, no significant difference of ITC contents was found in a vertical direction of some Mini daikon. The ITC contents of the summer type of Aokubi were higher than those of Shirokubi or the autumn type of Aokubi. Cluster analysis of ITC contents in three different root parts among Mini daikon suggested six cultivars of three groups: each group has a similar vertical distribution of ITC. Furthermore, the distribution of ITC in roots of 'Iwaidaikon' was similar to that for cultivars consumed as a salad.

(Received Oct. 17, 2011; Accepted Jan. 11, 2012)

アブラナ科植物には、特有の二次代謝物であるカラシ油配糖体のグルコシノレートが存在する。グルコシノレートは $\beta$ -チオグルコシド、スルフォネートオキシムおよび側鎖から構成される。側鎖はそれぞれ、メチオニン、トリプトファンおよび、フェニルアラニンあるいはチロシンのアミノ酸に由来し、その構造によってグルコシノレートは、それぞれ、アリファティック系、インドール系およびアロマティック系の3グループに大別される。グルコシノレートは、植物組織の損傷や破壊を受けると内在酵素のミロシナーゼ（チオグルコシダーゼ、EC 3.2.1.147）によって、イソチオシアネート、ニトリル、チオシアネート、エピチオニトリルおよびオキサゾリジンなどの化合物に加水分解される<sup>3)</sup>。それらの中でも

“NCS”基を持つイソチオシアネートは、アブラナ科野菜が持つ独特の風味、苦味あるいは辛味の原因となる成分であり、Friis・Kjær<sup>9)</sup>によってダイコンの根部を潰したときに生じる辛味成分はアリファティック系のグルコシノレートであるグルコラファサチンから生じた4-メチル-3-チオブテニルイソチオシアネートであると同一定されている。ダイコン7品種における食味試験と4-メチル-3-チオブテニルイソチオシアネート含有量を比較した報告<sup>15)</sup>では、含有量が高い品種ほど食べた時に辛味を感じる傾向が示された。これまで、4-メチル-3-チオブテニルイソチオシアネートの抗バクテリア作用<sup>1)</sup>や抗菌作用<sup>17)</sup>が報告されている。さらに、イソチオシアネートの発がん抑制効果に関して検討した知見も多く、尿中のイソチオシアネートの排泄量が多いほど閉経期前後の乳がんのリスクが低くなる<sup>8)</sup>、あるいはアリ

ルイソチオシアネートが膀胱がんの化学的予防や治療薬として期待できる<sup>2)</sup>などの報告がある。これらのことから、イソチオシアネートはダイコンの食味を左右する成分であることや機能性も期待できるため、ダイコンの育種を行ううえで重要な指標になると考えられる。

ダイコンは日本の野菜生産量の中でバレイショに次いで2番目の生産量(1,593千t/年)であり、奈良県におけるダイコンの生産量は約5,000t/年と全国では第43位である<sup>14)</sup>。奈良県は四十日ダイコンから系統選抜された直径3cm程度の細いものを「祝だいこん」とし「大和の伝統野菜」に認定している。「祝だいこん」は「雑煮だいこん」とも呼ばれ、大和地方では正月の雑煮用として使用されており、季節に欠かせない野菜である。「祝だいこん」や同系統の四十日ダイコンは、地上部が葉物野菜やカイワレダイコンとして出荷されているが、根部の他の用途を検討することは需要時期を延ばし、生産を拡大するために重要である。

これまで、ダイコンのグルコシノレート含有量に関して、Carlsonら<sup>4)</sup>は品種間差異を幅広く検討しており、江崎・小野崎<sup>7)</sup>は部位、生育ステージあるいは品種間差異について報告している。石井・西條<sup>11)</sup>は土性の種類、肥料、作型およびマルチ被覆などの栽培方法によるダイコンのイソチオシアネート含有量の違いについて報告している。最近では、Nakamuraら<sup>13)</sup>が青首ダイコンや伝統的に栽培されているダイコンを用いてミロシナーゼの分布やその活性あるいはグルコシノレート含有量について報告している。グルコシノレートの生成は栽培中の気温や日射によって影響を受けること<sup>6, 16)</sup>が知られており、2年間同じ期間で栽培したレッドラディッシュのグルコシノレート含有量は栽培年で有意に変化したとの報告<sup>5)</sup>もある。多岐にわたってダイコンのイソチオシアネートやグルコシノレートについての報告があるが、同一期間で栽培したダイコンの品種間差異や異なる

栽培時期において根部の部位ごとの分布を比較した報告は少ない。

本報告では、同時期に栽培したダイコンの品種間差異や異なる栽培時期において根部の部位ごとのイソチオシアネート含有量の評価を行うとともに、奈良県の「大和の伝統野菜」である「祝だいこん」と他の品種のイソチオシアネート含有量を比較することで新たな用途を検討した。

## 材料および方法

### 1) 供試材料

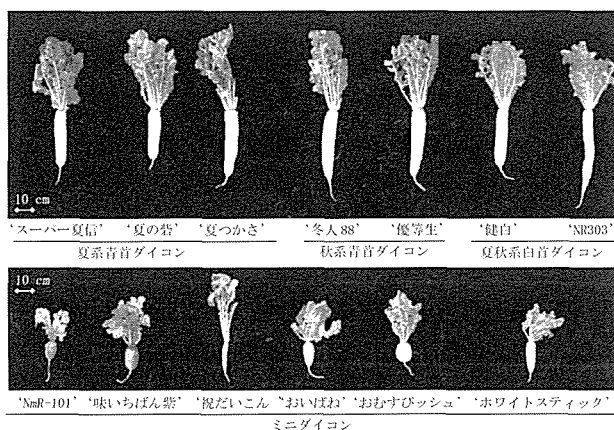
夏系青首ダイコン3品種(「スーパー夏信」、夏の砦」および「夏つかさ」、秋系青首ダイコン2品種(「冬人88」と「優等生」、夏秋系白首ダイコン2品種[「健白」と「NR303」(ナント種苗育種系統)]、およびミニダイコン6品種[「NmR-101」(ナント種苗育種系統)、「味いちばん紫」、おいばね」、おむすびッシュ」、ホホワイトスティック」および「祝だいこん」)を含めた全13品種を、ナント種苗(株)宇陀育種研究農場(奈良県宇陀市)において2010年8月から12月にかけて3回に分けて収穫した(第1図)。

「スーパー夏信」、夏の砦」および「夏つかさ」を6月8日に播種し、8月6日に収穫した。栽培条件は条間40cm、株間25cmの2条植えとし、施肥条件は慣行どおりとした。各品種についてそれぞれ3個体の根部を供試材料とし1個体ごとにサンプリングした。

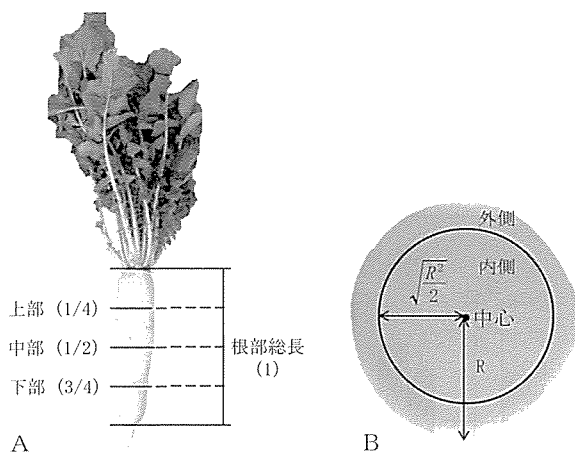
「スーパー夏信」、夏の砦」、夏つかさ」、冬人88」、優等生」、健白」および「NR303」(ナント種苗育種系統)の計7品種を9月6日に播種し、11月16日に収穫した。栽培条件は、条間40cm、株間25cmの2条植えとし、施肥条件は慣行どおりとした。各品種あたりそれぞれ3個体の根部を供試材料とし1個体ごとにサンプリングした。

赤ダイコン品種の「NmR-101」(ナント種苗育種系統)、紫ダイコン品種の「味いちばん紫」、辛味ダイコン品種の「おいばね」、サラダや煮炊き用に育種された「おむすびッシュ」と「ホホワイトスティック」、および奈良県の「大和の伝統野菜」の一つである「祝だいこん」のミニダイコン6品種を9月21日に播種し、12月10日に収穫した。栽培条件は、条間20cm、株間20cmの3条千鳥植えとし、施肥条件は慣行どおりとした。「祝だいこん」は9個体、他の品種はそれぞれ3個体の根部を供試材料とし1個体ごとにサンプリングした。

全ての供試材料の根端を除いた長さに対し基部から1/4、1/2および3/4にあたる部分を厚さ1cmの輪



第1図 ダイコン13品種の形態



第2図 ダイコンの垂直方向 (A) と水平方向 (B) の部位のサンプリング

A：根部から根端を除いた総長を1として基部からの長さが1/4、1/2および3/4を中心に厚さ1cmの部位をそれぞれ上部、中部および下部とした

B：垂直方向のサンプリング後、採取した断面において内側と外側の面積比が1：1となる部位を内側（実線に囲まれた部分）と外側（実線より外の部分）とした

切りにし、それぞれ上部、中部および下部とした（第2図A）。さらに9月6日に播種し、11月16日に収穫したダイコン7品種について、上部、中部および下部の断面の内円と外輪が面積比で1：1となるよう内側と外側に分けた（第2図B）。それぞれの部位を凍結乾燥させ、粉末化し、分析まで-30℃で保存した。

### 2) イソチオシアネート含有量の測定

イソチオシアネート含有量の測定は、イソチオシアネートを1,2-ベンゼンジチオールで環化縮合反応させ、クロマトグラフィーにおいて吸光度率が非常に高く、単体で安定的な1,3-ベンゾジチオール-2-チオンを生成させるZhangら<sup>18)</sup>の方法から、イソチオシアネートの抽出と環化縮合反応試薬の濃度を改変させ以下のとおりで行った。

供試材料の凍結乾燥粉末50 mgに70% (v/v) メタノールを3.0 ml加え、80℃、300 rpmで30分間振とうすることで、内在酵素のチオグルコシダーゼを失活させるとともに、グルコシノレート抽出した。その後、遠心分離 (3,000 rpm, 10 min) し、上清を孔径0.45 μmのフィルター (東洋濾紙) でろ過し、グルコシノレート抽出液とした。グルコシノレート抽出液1.0 mlに対し、1.0 mlの超純水と0.5 mlの1.0 Unit/mlチオグルコシダーゼ/PBS (リン酸緩衝生理食塩水) を添加し、混和後、室温で30分間酵素反応させた。酵素反応で生じたイソチオシアネ

ートを酢酸エチル層へ移行させるために、5.0 mlの酢酸エチルを加え、20℃、200 rpmで10分間振とうさせ、遠心分離 (3,000 rpm, 5 min) した。酢酸エチル層1.0 mlに対して1.0 mlのメタノールを加え、混和して0.5 mlを採取し、0.5 mlの50 mMホウ酸ナトリウム緩衝液 (pH8.5) と0.05 mlの8 mM 1,2-ベンゼンジチオール/メタノールを加え、混和後、65℃で60分間、環化縮合反応を行い、1,3-ベンゾジチオール-2-チオンを生成させた。反応後、室温まで放冷させ、孔径0.45 μmのフィルター (東洋濾紙) でろ過し、分析用試料とした。

分析は高速液体クロマトグラフ (HPLC) 装置 (Waters co., Allience HPLCシステム) と検出器 (Waters co., フォトダイオードアレイ検出器 2996) を用い、Zhangら<sup>19)</sup>の方法から流速を変え、以下の条件で行った。分析には、カラムはCOSMOSIL 5C<sub>18</sub>-AR-II (ナカライテスク、内径4.6 mm×長さ150 mm) を用い、カラム温度を35℃に設定した。検出波長は365 nmとした。移動相に80% (v/v) メタノールを用いて流速を1.0 ml/minとし、10分間分析した。定量は、30、50および100 μMフェネチルイソチオシアネート (Sigma) /酢酸エチルを外部標準品として用いて上記と同様の方法で環化縮合反応を行った後、HPLCで分析し、ピーク面積と既知の濃度から検量線を作成することで行った。イソチオシアネート含有量はフェネチルイソチオシアネート換算 (MW：163.24) の値とした。

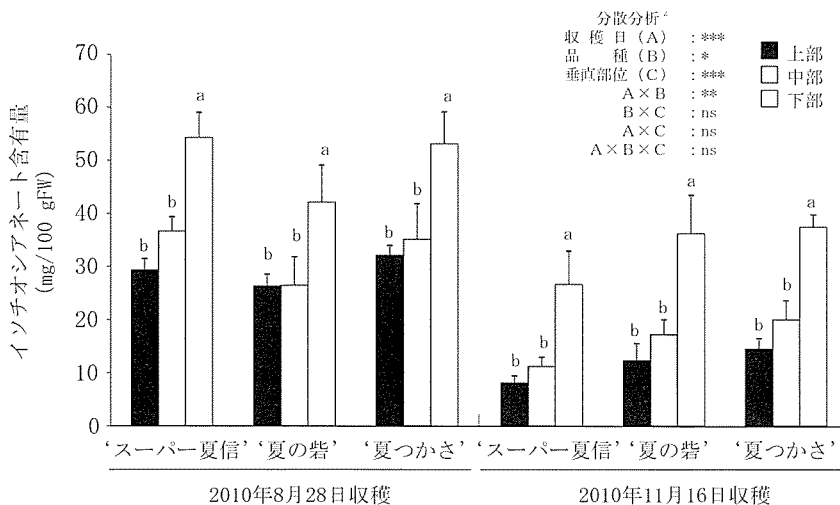
### 3) 統計処理

統計的な比較は、分散分析あるいは多重比較検定によって行った。さらに、12月10日収穫のミニダイコン6品種の根部におけるイソチオシアネートの分布特性を分類するため、上部、中部および下部の三項目におけるイソチオシアネート含有量の平均値を用いて、階層的クラスタ分析を行い標準化ユークリッド平方距離による重心法により樹形図を作成した。これら全ての統計処理にはフリーの統計解析ソフトであるR (R-2.11.1) を用いた。

## 結 果

### 1) 異なる栽培時期における夏系青首ダイコンのイソチオシアネート含有量

異なる2つの栽培時期 (8月28日収穫と11月16日収穫) における夏系青首ダイコン3品種 ('スーパー夏信', '夏の砦' および '夏つかさ') のイソチオシアネート含有量を第3図に示す。夏系青首ダイコンのイソチオシアネート含有量は、栽培時期に関わらず、下部が上部や中部に比べて多かった。8月28日収穫では 'スーパー夏



第3図 異なる栽培時期と部位の青首ダイコンにおけるイソチオシアネート含有量

図中の縦棒は標準偏差 (n = 3)

異なるアルファベット間には同一の収穫日と品種においてTukey法により5%水準で有意差あり

\*\*\*, \*\*, \*はそれぞれ0.1%, 1%, 5%水準で有意, nsは5%水準で有意でない

信' と '夏つかさ' の下部がそれぞれ54.3 mg/100 gFW (以下, mg/100 g) と53.1 mg/100 gで最も多く, 次に '夏の砦' の下部が多く (42.1 mg/100 g), 上部と中部の含有量は26.3~36.7 mg/100 gの範囲であった. 11月16日収穫のイソチオシアネート含有量は 'スーパー夏信', '夏の砦' および '夏つかさ' の下部では, それぞれ26.6, 36.2および37.4 mg/100 gであり, 8月28日収穫の下部に比べて51, 30および14%少なかった. 上部と中部のイソチオシアネート含有量は8.1~20.1 mg/100 gの範囲であり, 8月28日収穫に比べて28~65%少なかった. 収穫日と品種の間に交互作用が認められ, 二つの栽培時期におけるイソチオシアネート含有量の変化は品種によって異なった. 収穫日と品種間を除いて交互作用は認められなかった.

2) 青首ダイコンと白首ダイコンの7品種のイソチオシアネート含有量

夏系青首ダイコン3品種, 秋系青首ダイコン2品種および夏秋系白首ダイコン2品種の根部におけるイソチオシアネートの分布を第1表に示す. イソチオシアネート含有量は, 品種や内側と外側 (水平部位) に関わらず, 下部が上部や中部に比べて有意に多く, 夏秋系白首ダイコンの 'NR303' の内側では上部, 中部および下部の順で有意に多かった. 内側と外側のイソチオシアネート含有量については, 夏系青首ダイコン3品種では '夏の砦' の下部を除くすべてで有意な差は認められなかったのに対し, 秋系青首ダイコン2品種では品種に関わらず, 上部と中部で内側のイソチオシアネート含有量 (5.7~10.0 mg/100 g) が外側 (4.5~7.1 mg/100 g) に比べて有意

に多かった. 夏秋系白首ダイコン2品種では上部の外側のイソチオシアネート含有量が内側に比べて有意に多かったが, 中部と下部ではイソチオシアネート含有量の水平分布に差は認められなかった. 分散分析の結果, 品種と水平方向の部位との間に交互作用が認められた.

夏系青首ダイコン, 秋系青首ダイコンおよび夏秋系白首大根の3つの系統における部位ごとのイソチオシアネート含有量を第2表に示す. 3つの系統間でイソチオシアネート含有量は有意な差があった. 部位ごとにイソチオシアネート含有量を比較すると, 下部の内側では, 夏系青首ダイコン (31.9 mg/100 g) は秋系青首ダイコン (19.3 mg/100 g) や夏秋系白首ダイコン (20.5 mg/100 g) に比べて多く, 下部の外側では, 夏系青首ダイコンのイソチオシアネート含有量 (34.8 mg/100 g) は秋系青首ダイコン (16.3 mg/100 g) に比べて多かった.

3) ミニダイコン6品種のイソチオシアネート含有量

ミニダイコン6品種 ('NmR-101', '味いちばん紫', '祝だいこん', 'おいばね', 'おむすびっシュ' および 'ホワイトスティック') のイソチオシアネート含有量を第4図に示す. ミニダイコンのイソチオシアネート含有量は, 'おいばね' の下部が16.9 mg/100 gと最も多く, '味いちばん紫' の上部 (4.9 mg/100 g) が最も少なく, 11月16日収穫の青首ダイコンや白首ダイコンに比べて少なかった. 各品種におけるイソチオシアネートの垂直方向の分布について, 'おむすびっシュ' と 'ホワイトスティック' は上部 (それぞれ5.3と6.5 mg/100 g), 中部 (9.6と9.7 mg/100 g) および下部 (13.8と15.5 mg/100 g) の順に有意に多くなり, '祝だいこん' の下

第1表 ダイコン7品種のイソチオシアネート含有量の分布

系 統	品 種	垂直部位	イソチオシアネート含有量 (mg/100 gFW)			t 検定 <sup>z</sup>	
			内 側	外 側			
夏系青首	‘スーパー夏信’	上部	9.5±1.8	b	6.8±1.1	b	ns
		中部	13.4±0.9	b	9.0±2.9	b	ns
		下部	27.3±4.5	a	26.0±8.9	a	ns
	‘夏の碧’	上部	11.5±2.8	b	13.1±3.7	b	ns
		中部	16.2±3.2	b	17.9±2.7	b	ns
		下部	32.6±8.2	a	39.5±7.1	a	*
	‘夏つかさ’	上部	14.6±2.0	b	14.5±2.4	b	ns
		中部	20.3±3.4	b	19.9±4.2	b	ns
		下部	35.8±2.9	a	38.9±2.8	a	ns
秋系青首	‘冬人88’	上部	5.7±1.4	b	4.8±1.3	b	*
		中部	9.7±1.9	b	7.1±1.7	b	*
		下部	19.8±1.9	a	17.2±2.8	a	ns
	‘優等生’	上部	7.3±0.4	b	4.8±1.0	b	*
		中部	10.0±1.3	b	4.5±1.8	b	*
		下部	18.8±1.9	a	15.4±4.0	a	ns
夏秋系白首	‘健白’	上部	8.6±0.6	b	10.9±0.9	b	*
		中部	9.4±0.8	b	10.9±2.3	b	ns
		下部	21.1±1.5	a	25.9±5.3	a	ns
	‘NR303’	上部	4.9±1.0	c	13.2±2.0	b	*
		中部	9.7±0.5	b	13.5±3.5	b	ns
		下部	19.9±2.6	a	27.2±3.7	a	ns
分散分析 <sup>y</sup>		品種 (A)	***				
	垂直部位 (B)	***					
	水平部位 <sup>x</sup> (C)	ns					
	A × B	ns					
	A × C	*					
	B × C	ns					
	A × B × C	ns					

値は平均±標準偏差 (n = 3)

異なるアルファベットは、同列と同一品種においてTukey法により5%水準で有意差あり

<sup>z</sup> \*は内側と外側のイソチオシアネート含有量についてt検定により5%水準で有意差あり、nsは5%水準で有意差なし

<sup>y</sup> \*\*\*, \*はそれぞれ、0.1%, 5%水準で有意、nsは5%水準で有意でない

<sup>x</sup> 水平部位：内側と外側

部 (15.1 mg/100 g) は、上部 (7.0 mg/100 g) や中部 (8.9 mg/100 g) に比べて有意に多かったのに対し、‘NmR-101’ (5.9~8.6 mg/100 g), ‘味いちばん紫’ (4.9~6.4 mg/100 g) あるいは ‘おいばね’ (13.9~16.9 mg/100 g) のイソチオシアネートの垂直方向の分布に有意な差は認められなかった。また、ミニダイコン6品種のイソチオシアネート含有量の変動係数は、上部、中部および下部で5.2~61.4%の範囲であった。‘祝だいこん’のイソチオシアネート含有量の変動係数は37.7~61.4%であり、他品種 (5.2~24.5%) の1.6~7.3倍の値となって個体間の差異が大きかった (第3表)。

各品種の上部、中部および下部におけるイソチオシアネート含有量の平均値を基に行った階層的クラスタ分析の結果を第5図に示す。ミニダイコン6品種は ‘おむ

すびっシュ’, ‘ホワイトスティック’ および ‘祝だいこん’ (クラスター1), ‘NmR-101’ と ‘味いちばん紫’ (クラスター2), および ‘おいばね’ (クラスター3) の3つのクラスターに分類された。

## 考 察

江崎・小野崎<sup>7)</sup>は短形宮重総太ダイコンの根部を6等分して部位ごとのイソチオシアネート含有量を比較し、ダイコンは先端部に近づくにつれてイソチオシアネート含有量が多くなり、最先端部では頭部の約10倍も多かったことを示した。このことは、青首や白首ダイコンのイソチオシアネート含有量が、栽培時期に関わらず、下部が上部や中部に比べて有意に多かったという本報告

第2表 ダイコン3系統のイソチオシアネート含有量

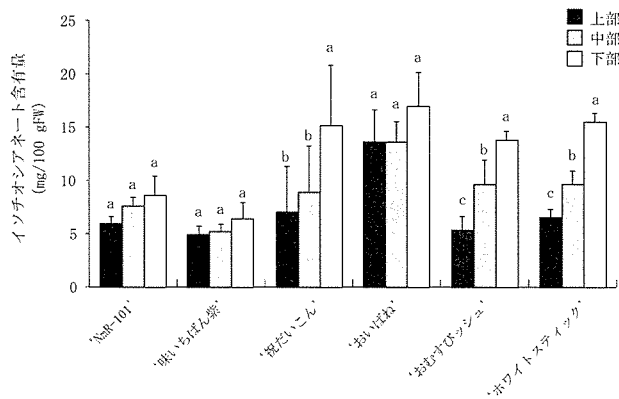
垂直部位	系統	イソチオシアネート含有量 (mg/100 gFW)	
		内側	外側
上部	夏系青首	11.9 a	11.5 a
	秋系青首	6.5 a	4.8 a
	夏秋系白首	6.8 a	12.1 a
中部	夏系青首	16.6 a	15.6 a
	秋系青首	9.8 a	5.8 a
	夏秋系白首	9.5 a	12.2 a
下部	夏系青首	31.9 a	34.8 a
	秋系青首	19.3 b	16.3 b
	夏秋系白首	20.5 b	26.6 ab
分散分析 <sup>z</sup>	系統	***	
	垂直部位	***	
	水平部位 <sup>y</sup>	ns	

<sup>z</sup> \*\*\*は0.1%水準で有意, nsは5%水準で有意でない

2要因以上の組合せはすべて5%水準で有意でない

<sup>y</sup> 水平部位: 内側と外側

値は各系統の平均(夏系青首: n=3, 他の系統: n=2)  
異なるアルファベットは, 同列と同一垂直部位において  
Tukey-Kramer法により, 5%水準で有意差あり



第4図 ミニダイコン6品種におけるイソチオシアネート含有量

図中の縦棒は標準偏差('祝だいこん': n=9, 他の品種: n=3)

異なるアルファベット間には同一品種において  
Tukey法により5%水準で有意差あり

の結果と一致する。

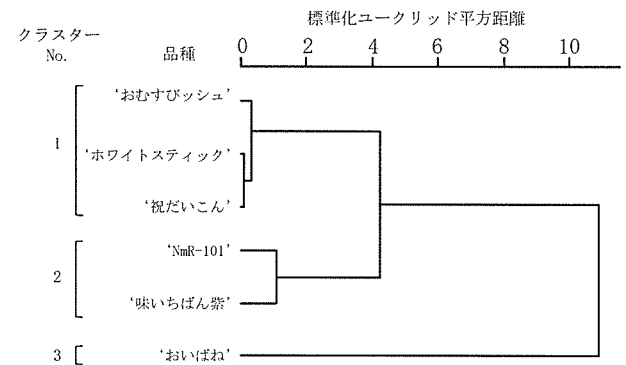
夏系青首ダイコンにおけるイソチオシアネート含有量は, 8月6日収穫が11月16日収穫に比べて多かった。このことは, 春まきと晩夏まきの2つの作型で栽培した青首ダイコンの'夏みの早生3号'と白首ダイコンの'耐病総太り'におけるイソチオシアネート含有量を比較し, 両品種とも晩夏まきに比べて長日と高温に向う春まきの作型で含有量が多かった報告<sup>11)</sup>と一致する。

分散分析の結果から, 同時期に栽培した青首と白首ダイコンのイソチオシアネート含有量は品種間で有意な差

第3表 ミニダイコン6品種のイソチオシアネート含有量の変動係数

品種	変動係数(%)		
	上部	中部	下部
'NmR-101'	11.9	10.5	20.9
'味いちばん紫'	16.3	13.5	23.4
'祝だいこん'	61.4	48.3	37.7
'おいばね'	22.1	14.0	18.9
'おむすびっシュ'	24.5	24.0	5.8
'ホワイトスティック'	12.3	12.4	5.2

'祝だいこん': n=9, その他の品種: n=3



第5図 ミニダイコンのイソチオシアネート含有量に基づく樹形図

各品種の上部, 中部および下部のイソチオシアネート含有量の平均値('祝だいこん': n=9, その他の品種: n=3)を用いた標準化ユークリッド平方距離に基づき, 重心法によって階層的クラスター分析を行った

があり, さらに, イソチオシアネートの水平方向の分布に違いが認められた。また, 夏系青首ダイコンの下部におけるイソチオシアネート含有量は, 内側では秋系青首や夏秋系白首ダイコンに比べて有意に多く, 外側では秋系青首ダイコンに比べて有意に多かった。作型に合わせて収穫した7品種のダイコンのイソチオシアネート含有量が品種によって異なるという報告<sup>7)</sup>では, 品種によるイソチオシアネート含有量の違いが品種による相違なのか, 栽培時期による差なのか明らかではなかった。一方, 本報告では, 品種によってイソチオシアネート含有量が異なり, 同じ青首ダイコンであっても, 夏系のダイコンのイソチオシアネート含有量が秋系のダイコンに比べて多い傾向であり, 同一の品種であっても栽培時期によってイソチオシアネート含有量が異なっており, 夏季収穫(8月6日収穫)の方が秋季収穫(11月16日収穫)に比べて多いことを明らかにした。

イソチオシアネートの水平方向の分布について, 夏秋系白首ダイコンの上部では内側に比べて外側が有意に多

くなったのに対し、夏系青首ダイコンでは‘夏の砦’の下部を除いて内側と外側に有意な差は認められず、秋系青首ダイコンの上部と中部では外側に比べて内側が有意に多くなった。このことは、市販されている青首ダイコンの垂直方向の中央部（中部）で2 cmの厚みで切断し、断面におけるメチルチオブチルグルコシノレートの分布を調べ、内側に比べて外側が有意に多くなった報告<sup>13)</sup>や、ダイコンの師部におけるメチルチオブチルグルコシノレート含有量が木部に比べて多かったという報告<sup>12)</sup>と異なる。これらの報告とは検出目的の物質や供試材料の採取方法の違いが挙げられるが、本報告の結果と異なる原因を明確にするには更なる研究が必要である。

ミニダイコンの品種の中には、‘祝だいこん’、‘おむすびっシュ’あるいは‘ホワイトスティック’のように青首ダイコンや白首ダイコンと同様のイソチオシアネートの垂直方向の分布を示す品種も見られたが、‘NmR-101’、‘味いちばん紫’あるいは‘おいばね’のように、上部、中部および下部のイソチオシアネート含有量の差が小さい品種も見られた。これは、ミニダイコンの根長が青首や白首ダイコン品種に比べて短く、上部、中部および下部の間の距離が小さいことが原因として考えられる。

イソチオシアネートの垂直方向の分布に品種ごとの傾向が見られたことから、階層的クラスター分析を行い、分布の傾向が異なる三つのクラスターに分類した。クラスター1は、サラダや煮炊き用に育種された‘おむすびっシュ’と‘ホワイトスティック’に‘祝だいこん’を加えた3品種であり、これら3品種は、イソチオシアネート含有量が上部から下部にかけて段階的に多くなる傾向を示した。クラスター2は酢漬けなどの加工用に育成された赤ダイコンや紫ダイコンの品種である‘NmR-101’と‘味いちばん紫’の2品種で構成され、イソチオシアネート含有量が少なく、垂直方向の部位間の差が見られなかった。クラスター3は、薬味の用途に適した辛味ダイコンの‘おいばね’であり、イソチオシアネート含有量は垂直方向の部位に関わらず、安定して多かった。目的の用途に合わせて育種された系統ごとにイソチオシアネート含有量の傾向が類似していることが明らかとなり、これまで、正月の雑煮用という限られた用途でのみ消費されている‘祝だいこん’はサラダや煮炊き用のダイコン品種と同様の傾向を示したことから、新たな用途が期待できる。

‘祝だいこん’の利用拡大を考慮すると、秋季収穫に比べ夏季に収穫したダイコンのイソチオシアネート含有量が多かったことから、‘祝だいこん’を夏季に収穫出来れば、辛味の強いおろし用ダイコンとしての利用が期

待できる。また、夏系のダイコンが同時期に栽培した秋系や夏秋系のダイコンに比べ、高いイソチオシアネート含有量の値を示したことから、夏系のダイコン品種は機能性食材として販売を促進するうえで有用であると考えられる。‘祝だいこん’が属する四十日群のダイコンは耐暑性がある夏ダイコンの品種である<sup>10)</sup>ことから、‘祝だいこん’を夏季に収穫することも可能であり、機能性食材として有用であると推測される。冬季（12月10日）に収穫した‘祝だいこん’について他のミニダイコン品種と比較した結果、イソチオシアネート含有量の分布はサラダや煮炊き用のダイコン品種と同様の傾向であり、さらに、下部のイソチオシアネート含有量は辛味ダイコンとして利用される‘おいばね’と同程度に高く、幅広い用途が示唆された。しかし、他のダイコン栽培品種に比べ‘祝だいこん’のイソチオシアネート含有量は個体によるバラつきが大きいことも明らかとなった。今後、‘祝だいこん’の市場的価値を高めるためには、夏季収穫におけるイソチオシアネート含有量をミニダイコン以外のダイコン品種と比較することやイソチオシアネートを安定的に含有する‘祝だいこん’の新品種を育成することが必要であると考えられる。

## 要 約

夏系青首ダイコン3品種、秋系青首ダイコン2品種、夏秋系白首ダイコン2品種および「大和の伝統野菜」の一つである‘祝だいこん’を含むミニダイコン6品種について、異なる栽培時期、根部の部位別のイソチオシアネート含有量を評価した。その結果、8月収穫の夏系青首ダイコンのイソチオシアネート含有量は11月収穫に比べて多かった。青首や白首ダイコンのイソチオシアネート含有量は上部や中部に比べて下部の方が有意に多かったが、ミニダイコンの中には垂直方向の部位の含有量に大きな差が見られない品種もあった。夏系青首ダイコンは秋系青首ダイコンや夏秋系白首ダイコンに比べて、イソチオシアネート含有量が多い傾向を示した。ミニダイコン6品種における垂直方向の部位ごとのイソチオシアネート含有量を基にクラスター分析を行った結果、傾向が類似する三つのグループに分類でき、‘祝だいこん’はサラダ用に育種されたミニダイコン品種である‘おむすびっシュ’や‘ホワイトスティック’にイソチオシアネートの分布が類似することが分かった。

## 引用文献

- 1) Beevi, S.S., L.N. Mangamoori, V. Dhand and D.S.



- Ramakrishna : Foodborne Pathogens and Disease, 6, 129-136, 2009.
- 2) Bhattacharya, A., L. Tang, Y. Li, F. Geng, J.D. Paonessa, S.C. Chen, M.K.K. Wong and Y. Zhang : Carcinogenesis, 31, 281-286, 2010.
- 3) Bones, A.M. and J.T. Rossiter : Phytochemistry, 67, 1053-1067, 2006.
- 4) Carlson, D.G., M.E. Daxenbichler, C.H. VanEtten, C.B. Hill and P.H. Williams : J. Amer. Soc. Hort. Sci., 110, 634-638, 1985.
- 5) Ciska, E., B. Martyniak-Przybyszewska and H. Kozłowska : J. Agric. Food Chem., 48, 2862-2867, 2000.
- 6) Coogan, R.C., R.B.H. Wills and V.Q. Nguyen : Food Chemistry, 72, 1-3, 2001.
- 7) 江崎秀男・小野崎博通 : 栄養と食糧, 33, 161-167, 1980.
- 8) Fowke, J.H., F-L. Chung, F. Jin, D. Qi, Q. Cai, C. Conaway, J-R. Cheng, X-O. Shu, Y-T. Gao and W. Zheng : Cancer Res., 63, 3980-3986, 2003.
- 9) Friis, P. and A. Kjær : Acta Chemica Scandinavica, 20, 698-705, 1966.
- 10) 藤枝國光 : 農業技術大系野菜編, 9, 73-91, 農文協, 東京, 1983.
- 11) 石井現相・西條了康 : 園学雑, 56, 313-320, 1987.
- 12) Isii, G., R. Saijo and J. Mizutani : J. Japan. Soc. Hort. Sci., 58, 339-344, 1989.
- 13) Nakamura, Y., K. Nakamura, Y. Asai, T. Wada, K. Tanaka, T. Matsuo, S. Okamoto, J. Meijer, Y. Kitamura, A. Nishikawa, E.Y. Park, K. Sato and K. Ohtsuki : J. Agr. Food Chem., 56, 2702-2707, 2008.
- 14) 農林水産省統計部 : 農林水産省統計表, 85, 128-144, 2011.
- 15) 岡野邦夫・浅野次郎・石井現相 : 園学雑, 59, 551-558, 1990.
- 16) Schonhof, L., H-P. Kläring, A. Krumbein, W. Claußen and M. Schreiner : Agriculture, Ecosystems and Environment, 119, 103-111, 2007.
- 17) Uda, Y., H. Matsuoka, H. Kumagami, H. Shima and Y. Maeda : Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 40, 743-746, 1993.
- 18) Zhang, Y., C-G. Cho, G.H. Posner and P. Talalay : Anal. Biochem., 205, 100-107, 1992.
- 19) Zhang, Y., K.L. Wade, T. Prestera and P. Talalay : Anal. Biochem., 239, 160-167, 1996.