

Quality of Japanese Radish (*Raphanus sativus* L.) under the Compost Successive Application

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): Radish (<i>Raphanus sativus</i> L.), compost, Nitrate nitrogen, sugar, Isothiocyanate, Ascorbic acid 作成者: 浦嶋, 泰文, 須賀, 有子, 福永, 亜矢子, 池田, 順一, 堀, 兼明 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/00001459

有機物連用圃場におけるダイコンの品質

浦嶋泰文*・須賀有子・福永亜矢子・池田順一・堀 兼明

Key words : Radish (*Raphanus sativus* L.), compost, Nitrate nitrogen, sugar, Isothiocyanate, Ascorbic acid

目 次

I 緒 言	61	2 葉色と葉部窒素含量の関係	68
II 材料及び方法	62	3 有機物施用と硝酸態窒素含量の関係	68
1 供試圃場とその前歴	62	4 有機物施用と辛み成分の関係	70
2 ダイコンの栽培	63	5 有機物施用と糖含量の関係	71
3 施肥条件及び有機物施用条件	63	6 有機物施用とアスכולビン酸含量の 関係	72
4 収穫物の品質調査	63	7 今後の課題	72
III 結 果	64	V 摘 用	73
1 ダイコンの生育	64	謝 辞	73
2 ダイコンの葉色	66	引用文献	73
3 ダイコンの各成分含量	66	Summary	75
IV 考 察	67		
1 ダイコンの生育	67		

I 緒 言

近年、国民の生活水準の向上により農産物に対する品質ニーズが多様化してきている。消費者は農産物に対して栄養源及び美味しさに加えて、機能性・健全性といったところにも関心を寄せており、高品質・機能性・安全性等を志向する傾向が強い。こうしたなか、野菜についても高品質化・安全性といった観点から、「有機農産物」や「有機野菜」に対する需要（要望）が増加している。ま

た、生産者の側でも有機認証制度¹⁵⁾の発足に伴い有機栽培に対する関心が高まっている。

有機栽培された野菜の品質は高いとの声も聞かれるが、有機農産物の品質の実態については必ずしも明らかではなく、有機物施用による野菜の品質向上については、論議されながら一定の結論は得られていない⁹⁾。

我々の中国農試畑地利用部（現 近畿中国四国農業研究センター野菜部）には、農薬は使用しているものの、化学肥料のみを連用した区、イナワラ

（平成13年11月26日受理）

野菜部

* 野菜茶業研究所 葉根菜研究部

牛糞堆肥やオガクズ豚糞堆肥のみを連用した区とそれらの施用量の違い、更にマルチと無マルチを組み合わせた試験区がある。この圃場でダイコンを17作まで（年2作）作付けしてきた。この圃場は上記の「有機物施用で野菜の品質は良くなるか？」という論点を解析するための一事例として有効な圃場と考えた。

これまでに、著者らはこの圃場を用いて、ダイコン栽培試験を実施し、有機物施用とマルチ栽培を組み合わせることによって、化学肥料と同等以上の秀品収量が得られることを示した²⁴⁾。また有機物施用区においても無マルチ条件では肥料成分および随伴成分が下層土まで浸透溶脱していることも明らかにした²³⁾。また、ダイコンの品質成分としては、本報で我々が分析した辛味成分であるイソチオシアネート等がこれまでに取り上げられており^{3,4,5,8)}、土壌の違いや肥料成分等の環境要因との関係が検討されているが、報告数は多くない。

そこで本研究ではこの圃場においてダイコンを栽培し、有機物の種類、施用量およびマルチとの組合せがダイコン根部の硝酸、イソチオシアネート、糖、

アスコルビン酸含量に与える影響を検討した。

Ⅱ 材料及び方法

1 供試圃場とその前歴

著者らの既報^{22,23,24)}と同じく、中国農試畑地利用部青野圃場（細粒褐色低地土壌）の連用試験区画を供試した。この圃場は1992年秋作より連用試験を継続してきている。圃場は1区を1.2m×6.7m=8m²とした32区に分割されており、それぞれ施肥前歴が異なる。各区の施肥内容を第1表に示す。施用した牛糞堆肥はイナワラ牛糞堆肥（以下牛糞堆肥：試験場にて1年間堆積し作製）、豚糞堆肥はオガクズ豚糞堆肥（以下豚糞堆肥：完熟に近いものを京都府夜久野町養豚団地より購入）である（第2表）。化成肥料区ではCDU化成（15-15-15）を用いた。標準施用量は京都府の施肥基準に基づき窒素で18kg/10aとした。牛糞堆肥区および豚糞堆肥区では、第2表に示した値を用いて標準区の標準区の施肥窒素量が18kg/10aとなるように施肥量を決定した。標準区の現物施用量は牛糞堆肥では3.75t/10a、豚糞堆肥では2.66t/10a

第1表 有機物連用試験および残効試験の試験区

連用区		第1～17作 (1992-2000年)	残効区	第1～8作 (1992-1996年)	第9～17作(1996-2000年) (残効第1～9作)
無マルチ	牛糞堆肥	3倍 標準 半量	無マルチ	牛糞堆肥	3倍 標準 半量
	豚糞堆肥	3倍 標準 半量		豚糞堆肥	3倍 標準 半量
	化成肥料	標準 半量		化成肥料	標準 半量
マルチ	牛糞堆肥	3倍 標準 半量	マルチ	牛糞堆肥	3倍 標準 半量
	豚糞堆肥	3倍 標準 半量		豚糞堆肥	3倍 標準 半量
	化成肥料	標準 半量		化成肥料	標準 半量

注) マルチ区のマルチ資材はシルバーポリマルチとした。

第2表 供試有機物の成分組成

	窒素全量	リン酸全量	カリウム全量	石灰全量	苦土全量	炭素全量	C/N比
牛糞堆肥	1.37	4.30	4.30	1.25	2.35	38.40	28.03
豚糞堆肥	1.90	4.50	0.85	5.35	0.90	43.20	22.74

C/N比以外は乾物あたりの含有率(%)

であった。また牛糞および豚糞堆肥の施用に当たり、 P_2O_5 、 K_2O の化成肥料区に対する過不足は調節しなかった。

試験区には連用区と残効区があり、連用区では1992年秋作から2000年まで年2回のダイコン作付けを継続し、毎作、第1表に示した量の有機物あるいは化成肥料を施用した。これに対し、残効区では1992年秋作から1996年春作まで年2回のニンジン作付けを継続し、この間は毎作、有機物あるいは化成肥料を施用したが、1996年秋作から2000年までは無肥料で年2回のダイコン作付けを継続した。

本報告は、連用区の第16作（春作）、第17作（秋作）および残効区無施肥第8作目（春作）、第9作目（秋作）についての調査結果である。

2 ダイコンの栽培

2000年に春作および秋作としてダイコンを栽培した。供試品種は春作「おはる」、秋作「耐病総太り」とした。前歴期間中と同様の試験区構成とし、無マルチ区とマルチ区を設けた。栽植密度は60cm×25cm、52株/区とし、栽培管理は慣行に従った。春作は4月13日には種し、6月13日に一斉収穫調査した。秋作は9月18日には種し、11月29日に一斉収穫調査した。

3 施肥条件及び有機物施用条件

各試験区画に対し前歴期間と同様の施肥あるいは有機物施用を行った。すなわち、上記の「連用区」については牛糞堆肥、豚糞堆肥および化成肥料を用いて、施肥窒素量を54kg/10aとする3倍量区、18kg/10aとする標準量区、9kg/10aとする半量区を設け、残効区についてはこれらの施肥を行わなかった。

施用法としては、各家畜糞堆肥は毎作播種15日前に全面に施用し、耕耘機（耕耘深度13cm）にて混合した。有機物連用区は無マルチ区、マルチ区とも全量基肥で施用した。化成肥料連用区は無マルチ栽培では、半量を基肥で半量を追肥にて施用した。化成肥料連用区のマルチ区においては全量基肥で施用した。

4 収穫物の品質調査

1) ダイコン根部の硝酸態窒素含量

根部の中央部位の生サンプルを、おろし金でおろした後、ガーゼで搾った汁を蒸留水にて希釈した。その希釈液を0.2 μ mのメンブレンフィルターで濾過し、試料中の硝酸イオン含量をイオンクロマトグラフィにて測定した。

2) イソチオシアネート含量

イソチオシアネートの分析は江崎ら³⁾の方法に準じ、石井ら⁸⁾の方法を参考にして行った。すなわち、根部の中央部位の生サンプルをおろし金でおろした後ガーゼで搾った。その搾汁液を密栓し、30℃で30分間静置し、イソチオシアネートを生成させた。そのイソチオシアネート溶液5mlに20mlのエタノール—アンモニア溶液（39:1 v/v）を添加し30℃で60分間静置し、チオウレアを生成させた。チオウレア溶液25mlに1mlの50%酢酸を添加し、ろ紙（No.5C）でろ過した。ろ液（中和されたチオウレア溶液）1mlに4mlの改良グロート試薬（25倍希釈液）を加え、37℃で45分間静置した。静置後、溶液の吸光度（600nm）を測定した。イソチオシアネート含量は、あらかじめ作成したアリルチオウレアの検量線（0.05 mgおよび0.1mg/ml 75%エタノール）から次式によりアリルイソチオシアネートを計算した。

イソチオシアネート含量（mg/100g搾汁液）＝アリルチオウレア含量（mg/ml）×26/5×99/116×100

3) 糖含量

a 糖用屈折計示度

根部の生サンプルを、おろし金でおろした後ガーゼで搾った汁を、糖度計にて測定した。

b Fキット

根部の生サンプル5gに80%エタノール8mlを加え、ポリトロンで1分間磨砕し、70℃で50分間静置した。加熱後3000rpmで遠心し、上澄みを25mlのメスフラスコに移した。遠心管に6mlの80%エタノールを加え同様に抽出した。この抽出操作を2回繰り返した。これらの抽出液を合わせ80%エタノールにて25mlに定容した¹⁸⁾。抽出液5mlを試験管に分注し、真空エバポレーターを用いてエタノールを除去した。試験管に5mlの蒸留水を加えミキサーにてよく混合し、Fキット（ショ糖／グルコース／フルクトース用、ベーリンガー・マンハイム株式会社）にて、グルコース、フルクトースおよびシュクロース含量を測定した。

4) 還元型アスコルビン酸含量

根部の生サンプルを細かくきざみ、20gのサンプルに10%メタリン酸50mlを加え、ポリトロンで1分間磨砕し、水で100mlに定容してろ過し、最終的に5%メタリン酸の抽出液とした。抽出液にリフレクトuant試験紙を浸し、反応終了時に試験紙を小型反射式光度計システム(RQフレックスシステム)にて測定した¹⁹⁾。

5) 葉 色

収穫直前に各試験区から無作為に10株を選び、各株の最大葉について葉緑素計示度(ミノルタSPAD-502)を計測し、平均値を算出した。

6) ダイコンの全窒素含量

根部を70℃にて乾燥後、粉碎し、ケルダール法にて全窒素含量を測定した。

7) 土壌中の水溶性硝酸イオン、硫酸イオン含量

栽培終了後に作土(0~10cm)を採取し、風乾後、2mmの篩にて篩別した。風乾細土を5gとり10mlの蒸留水を加え、1時間振とう後、濾過した。含まれている試料中の硝酸イオン、硫酸イオン含量をイオンクロマトグラフィにて測定した。

なお、生育については各試験区で収穫した健全株全てを調査し、品質に関しては各試験区より平均的な大きさのものを3株を供試し3反復で調査した。

Ⅲ 結 果

1 ダイコンの生育

収穫時におけるダイコンの平均根重(以下根重)を第3表に示す。連用区において根重は春作(16作)および秋作(17作)ともに有機物あるいは化成肥料の施用量が多いほど大きく、特に3倍量施用区では根重が1000gを超えていた。またマルチ区では無マルチ区より根重が大きかった。同一施用量で比較するとマルチ区と無マルチ区の差は16作では52~358g(平均206g)、17作では161~379g(平均287g)であった。一方、作付け前に施肥を行わなかった残効区では、連用区に比較して根重が小さく、300~800g程度であったが、残効区においてもマルチによる根重の向上が認められた。とくに前歴で多量の有機物が施用されている区でマルチ栽培をした場合には770~800g程度の根重が得られ、この値は、作付け前に施肥を行った化成肥料連用区でマルチをし

第3表 有機物連用圃場における施肥内容の違いがダイコンの根重に及ぼす影響

圃場 ¹⁾	施肥内容 ²⁾	第16作(8作) ³⁾		第17作(9作) ³⁾	
		無マルチ区	マルチ区	無マルチ区	マルチ区
連用	牛糞3倍	1124	1272	1195	1402
	牛糞標準	893	1251	930	1309
	牛糞半量	573	798	810	1182
	豚糞3倍	1310	1362	1041	1355
	豚糞標準	995	1120	987	1225
	豚糞半量	624	826	857	1150
	化成標準	692	1006	871	1206
	化成半量	591	821	826	987
残効	牛糞3倍	518	804	833	1179
	牛糞標準	403	596	718	1015
	牛糞半量	367	550	629	953
	豚糞3倍	523	767	745	1166
	豚糞標準	406	740	686	1065
	豚糞半量	375	749	706	1018
	化成標準	300	447	631	912
	化成半量	320	448	659	998

注) 1 連用: 1992年より年2作連用 残効: 1992年より4年(8作)連用後、無施肥で栽培

2 標準量: 京都府の施肥基準に基づき窒素で18kg/10a施用

牛糞: イナワラ牛糞堆肥 豚糞: オガクズ豚糞堆肥 化成: CDU化成肥料(15-15-15)

3 連用16作(残効8作): 2001年4月13日は種、6月13日一斉収穫調査
連用17作(残効9作): 2001年9月18日は種、11月29日一斉収穫調査

第4表 収穫期におけるダイコンの葉色値（SPAD値）

圃場	施肥内容	第16作(8作)		第17作(9作)	
		無マルチ区	マルチ区	無マルチ区	マルチ区
連用	牛糞3倍	42.4	43.7	40.7	37.6
	牛糞標準	38.7	45.7	38.3	39.8
	牛糞半量	37.2	40.7	37.6	39.4
	豚糞3倍	41.2	45.4	36.7	40.6
	豚糞標準	39.4	43.3	38.5	41.6
	豚糞半量	37.5	39.9	37.5	40.6
	化成標準	44.5	48.0	37.3	43.1
	化成半量	39.6	43.1	38.1	41.2
残効	牛糞3倍	40.5	43.1	38.1	38.7
	牛糞標準	38.8	40.4	37.9	39.7
	牛糞半量	36.6	38.5	34.6	40.4
	豚糞3倍	39.8	43.4	38.8	40.1
	豚糞標準	36.1	40.0	36.6	41.0
	豚糞半量	38.4	40.6	36.8	40.3
	化成標準	38.4	42.4	37.5	40.5
	化成半量	35.2	43.2	37.8	39.2

第5表 ダイコン根部の硝酸態窒素含量（mg/100g FW）

圃場	施肥内容	第16作(8作)		第17作(9作)	
		無マルチ区	マルチ区	無マルチ区	マルチ区
連用	牛糞3倍	24.2	38.6	46.9	63.0
	牛糞標準	12.2	14.6	20.1	45.5
	牛糞半量	7.9	8.9	22.1	35.1
	豚糞3倍	17.5	34.0	48.3	56.1
	豚糞標準	7.9	13.7	30.3	58.3
	豚糞半量	1.7	8.0	27.1	40.8
	化成標準	26.1	21.3	28.6	41.6
	化成半量	14.8	11.4	15.4	47.1
残効	牛糞3倍	12.3	12.3	25.4	34.3
	牛糞標準	6.2	4.6	26.2	33.2
	牛糞半量	7.4	7.4	12.1	36.2
	豚糞3倍	8.7	8.6	30.9	46.0
	豚糞標準	9.0	7.4	22.6	48.1
	豚糞半量	6.3	13.6	16.1	35.2
	化成標準	8.0	8.3	22.7	28.1
	化成半量	5.4	5.9	11.1	33.3

ない場合(692g)より大きかった。

2 ダイコンの葉色

第4表にダイコンの葉色のSPAD値（ミソルタの葉緑素計を用いて測定した値；0～80の数値で示され、数値が高いほど葉色が濃い）を示す。SPAD値は16、17作とも、連用区および残効区の両方で施用量が多いほど増加した。マルチの影響としては同一施用量ではマルチ区のSPAD値が平均で3.7（16作）、2.4（17作）高い傾向にあった。

3 ダイコンの各成分含量

根部の硝酸態窒素含量を第5表に示す。硝酸態窒素含量は春作（連用区16作および残効区8作）においては、1.7～38.6mg/100g FW程度であったが、秋作（連用区17作および残効区9作）においては、11.1～63.0mg/100g FWと春作より高い傾向にあった。また春作、秋作ともに無マルチ区（春作：5.4～26.1mg/100g FW，秋作：11.1～48.3mg/100g FW）よりもマルチ区（春作：4.6～38.6mg/100g FW，秋作：28.1～63.0mg/100g FW）において、残効区

（春作：4.6～13.6mg/100g FW，秋作：11.1～48.1mg/100g FW）よりも連用区（春作：1.7～38.6mg/100g FW，秋作：15.4～63.0mg/100g FW）において硝酸態窒素含量が高い傾向にあった。さらに有機物あるいは化成肥料の施用量が多くなるほど根部の硝酸態窒素含量が高くなる傾向にあった。

ダイコンの辛み成分であるイソチオシアネート含量を第6表に示す。イソチオシアネートは春作においては29.1～62.1mg/100g 搾汁液であったのに対し、秋作においては11.1～16.2mg/100g 搾汁液であり全般的に春作で含量が高い傾向にあった。また連用区（春作29.1～51.2mg/100g 搾汁液，秋作11.1～18.2mg/100g 搾汁液）よりも残効区（春作33.2～62.1mg/100g 搾汁液，秋作16.0～19.3mg/100g 搾汁液）で含量が高い傾向にあり、春作の連用区においては有機物連用区（29.1～46.4mg/100g 搾汁液）よりも化成肥料連用区（41.6～51.5mg/100g 搾汁液）で含量が高い傾向にあった。

根部搾汁液の糖度（Brix）を第7表に示す。糖度は連用区では4.50～5.10%，残効区は4.60～5.77%の範囲にあり、残効区で糖度が高い傾向にあった。ま

第6表 ダイコン根部のイソチオシアネート含量 (mg/100g 搾汁液)

圃場	施肥内容	第16作(8作)		第17作(9作)	
		無マルチ区	マルチ区	無マルチ区	マルチ区
連用	牛糞3倍	34.6	36.5	11.1	12.2
	牛糞標準	31.7	36.5	16.4	14.4
	牛糞半量	35.0	33.9	13.2	13.9
	豚糞3倍	32.1	29.1	12.4	14.4
	豚糞標準	29.1	34.3	12.9	17.9
	豚糞半量	46.4	39.8	16.7	18.2
	化成標準	51.5	42.3	14.7	14.4
	化成半量	41.6	43.4	16.1	16.9
残効	牛糞3倍	36.1	35.4	16.0	17.2
	牛糞標準	39.8	36.1	16.9	17.5
	牛糞半量	42.7	36.1	19.3	17.5
	豚糞3倍	42.3	43.4	16.5	18.5
	豚糞標準	49.3	39.4	16.5	18.3
	豚糞半量	50.0	26.9	17.5	16.8
	化成標準	62.1	49.6	17.9	18.1
	化成半量	48.2	33.2	19.2	18.4

第7表 ダイコン根部の糖含量 (Brix %)

圃場	施肥内容	第17作(9作)	
		無マルチ区	マルチ区
連用	牛糞3倍	4.83	4.60
	牛糞標準	4.77	4.50
	牛糞半量	5.00	4.90
	豚糞3倍	4.73	4.67
	豚糞標準	4.67	4.90
	豚糞半量	5.10	4.63
	化成標準	5.07	5.03
	化成半量	5.03	4.53
残効	牛糞3倍	5.33	4.83
	牛糞標準	5.40	5.03
	牛糞半量	5.77	4.93
	豚糞3倍	5.27	4.67
	豚糞標準	4.97	4.93
	豚糞半量	5.20	4.60
	化成標準	5.23	5.03
	化成半量	5.20	5.10

たマルチ区においては4.50～5.10%であり、無マルチ区においては4.67～5.77%と無マルチ区のほうが糖度が高い傾向にあった。

根部の糖組成（シュクロース、グルコース、フルクトースの割合）を第8表に示す。糖組成割合は処理区間で大きな違いは見うけられなかったが、3種類の糖の合計含量は連用区（3.09～4.55g/100g FW）よりも残効区（4.22～5.74g/100g FW）で高く、マ

ルチ区（3.09～5.74g/100g FW）よりも無マルチ区（3.98～5.37g/100g FW）で全般的に高い傾向にあり、糖度（Brix）と同じ傾向にあった。

根部のアスコルビン酸含量を第9表に示す。春作のアスコルビン酸含量は各試験区間で顕著な違いは認められなかったが、残効区（26.0～33.0mg/100g FW）が連用区（24.5～30.5mg/100g FW）よりも高い傾向が認められた。

ダイコンの根部、葉部の全窒素含量を第10表に示す。春作、秋作ともに葉部の窒素含量が根部のそれよりも高い傾向にあった。またマルチ区の含量が高く、連用区の含量が高かった。また施肥量が増加するにつれ、窒素含量も高まった。

IV 考 察

1 ダイコンの生育

ダイコン栽培において、マルチ栽培を行うことにより、化学肥料と窒素施用量を同一とした牛糞・豚糞堆肥連用でも化学肥料と同等以上の秀品収量を維持できることを前報²⁴⁾で報告したが、本試験の第16、17作においても、マルチ区の根重は無マルチ区を上回る傾向を示し、基肥重点型の栽培でのマルチの有利性が確認された。

第8表 ダイコン根部の糖組成 (g/100g FW)

圃場	施肥内容	第17作(9作)					
		無マルチ区			マルチ区		
		シュクロース	グルコース	フルクトース	シュクロース	グルコース	フルクトース
連用	牛糞3倍	1.94	1.02	1.03	1.52	0.76	0.81
	牛糞標準	2.07	1.08	1.10	1.71	0.90	0.91
	牛糞半量	1.97	1.05	1.04	1.92	1.05	1.02
	豚糞3倍	1.91	1.09	1.01	1.64	0.89	0.87
	豚糞標準	1.95	1.00	1.03	2.05	1.07	1.09
	豚糞半量	2.16	1.25	1.14	2.10	1.17	1.11
	化成標準	1.94	1.17	1.03	2.00	1.07	1.06
	化成半量	1.93	1.08	1.02	2.15	1.15	1.14
残効	牛糞3倍	2.48	1.42	1.32	2.13	1.17	1.13
	牛糞標準	2.50	1.42	1.32	2.74	1.54	1.45
	牛糞半量	2.39	1.37	1.26	2.29	1.25	1.21
	豚糞3倍	2.58	1.42	1.37	2.02	1.13	1.07
	豚糞標準	2.54	1.48	1.34	2.34	1.21	1.24
	豚糞半量	2.29	1.46	1.21	2.15	1.28	1.14
	化成標準	2.32	1.37	1.23	2.13	1.34	1.13
	化成半量	2.36	1.37	1.25	2.42	1.41	1.28

2 葉色と葉部窒素含量の関係

ダイコンの葉色SPAD値はダイコン葉部の窒素含量(乾物%)と相関(春作: $r=0.57878$, 秋作: $r=0.55693$)が認められた(第1図)。

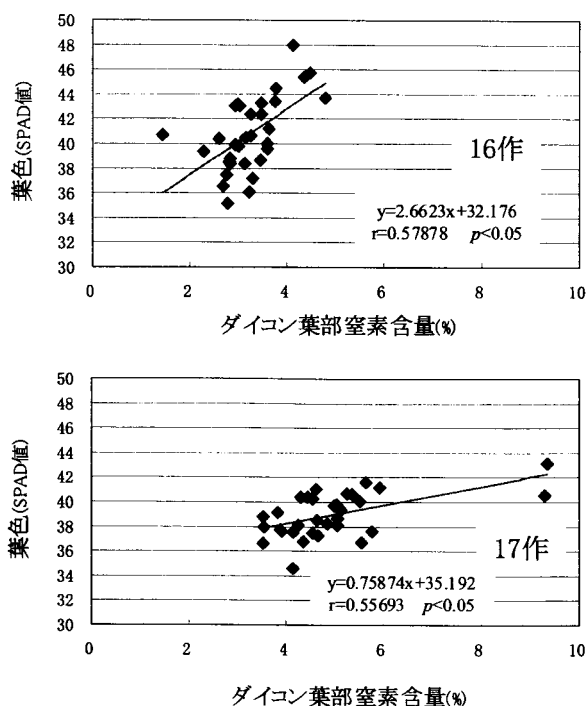
藤原⁹⁾によれば, 葉色は種々の要因により変化するが, 現段階では窒素栄養の診断にとどめるべきとし, コマツナの診断事例を示している。

3 有機物施用と根部の硝酸態窒素含量の関係

窒素は多くの野菜では大部分が硝酸で吸収され, 硝酸がアミノ酸に還元同化されてはじめて利用される。硝酸還元活性よりも多量の硝酸が作物体内に吸収されれば未還元の硝酸として液胞に集積する。野菜の硝酸は, 人間が摂取した場合, アミノ酸やタンパク質のように人体の窒素源とならないばかりか,

第9表 ダイコン根部のアスコルビン酸含量 (g/100g FW)

圃場	施肥内容	第16作(8作)	
		無マルチ区	マルチ区
連用	牛糞3倍	28.0	26.0
	牛糞標準	24.5	27.5
	牛糞半量	29.0	25.0
	豚糞3倍	26.0	26.0
	豚糞標準	27.0	24.5
	豚糞半量	27.0	28.5
	化成標準	26.0	30.5
	化成半量	27.5	25.0
残効	牛糞3倍	30.0	29.0
	牛糞標準	29.0	26.0
	牛糞半量	30.5	26.5
	豚糞3倍	29.0	27.5
	豚糞標準	28.5	26.5
	豚糞半量	31.0	26.5
	化成標準	33.0	31.5
	化成半量	30.0	31.0

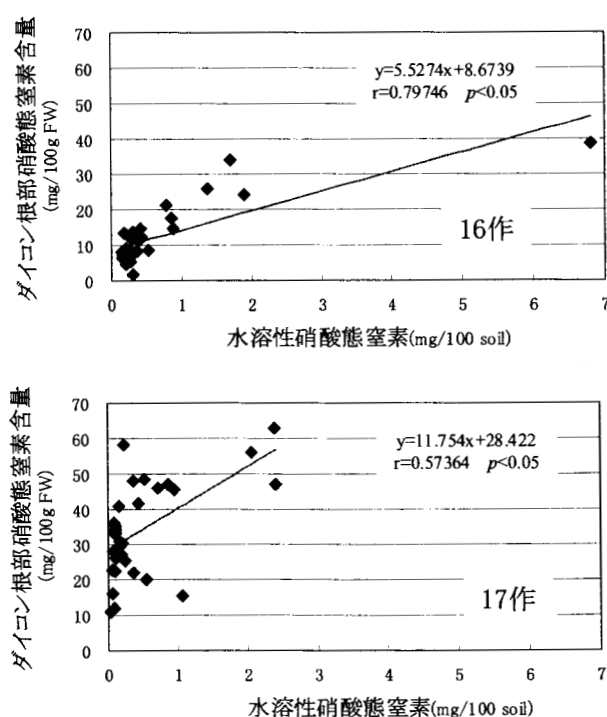


第1図 ダイコンの葉色とダイコン葉部の窒素含量(乾物%)の関係

第10表 ダイコンの全窒素含量(乾物%)

圃場	施肥内容	第17作(9作)					
		無マルチ区			マルチ区		
		シュクロース	グルコース	フルクトース	シュクロース	グルコース	フルクトース
連用	牛糞3倍	1.94	1.02	1.03	1.52	0.76	0.81
	牛糞標準	2.07	1.08	1.10	1.71	0.90	0.91
	牛糞半量	1.97	1.05	1.04	1.92	1.05	1.02
	豚糞3倍	1.91	1.09	1.01	1.64	0.89	0.87
	豚糞標準	1.95	1.00	1.03	2.05	1.07	1.09
	豚糞半量	2.16	1.25	1.14	2.10	1.17	1.11
	化成標準	1.94	1.17	1.03	2.00	1.07	1.06
	化成半量	1.93	1.08	1.02	2.15	1.15	1.14
残効	牛糞3倍	2.48	1.42	1.32	2.13	1.17	1.13
	牛糞標準	2.50	1.42	1.32	2.74	1.54	1.45
	牛糞半量	2.39	1.37	1.26	2.29	1.25	1.21
	豚糞3倍	2.58	1.42	1.37	2.02	1.13	1.07
	豚糞標準	2.54	1.48	1.34	2.34	1.21	1.24
	豚糞半量	2.29	1.46	1.21	2.15	1.28	1.14
	化成標準	2.32	1.37	1.23	2.13	1.34	1.13
	化成半量	2.36	1.37	1.25	2.42	1.41	1.28

硝酸の一部から毒性の高い亜硝酸やニトロソ化合物が生成することが指摘されている¹⁷⁾。野菜の硝酸濃度については、土壌の窒素含量と密接な関係が認められている²⁰⁾。本研究において春作においては土壌の水溶性硝酸態窒素含量とダイコン根部の硝酸態窒素含量との間に比較的高い相関 ($r=0.79746$) が認められたが、秋作においては春作に比べて相関係数が低かった ($r=0.57364$ 第2図, 第11表)。その理由のひとつは秋作では土壌の水溶性硝酸態窒素含量が低くても、ダイコン根部の硝酸態窒素含量が大きくなる区が比較的多く混在したことにあるが、本試験の秋作でなぜこのような傾向が生じたのかは明確でない。野菜類の栽培期間中の土壌における硝酸含量の適正值は渡辺²⁰⁾によれば10mg/乾土100gとされている。第11表は収穫時の結果なので、栽培期間中よりも低い値であると考えられるが、それを考慮に入れてもこの試験区全体が硝酸に関しては低いレベルでの試験であったといえる。本試験では、有機物施用により、化学肥料施用よりも作物の硝酸含量が減少するといったような傾向は認められず、本試験



第2図 ダイコンの根部の硝酸態窒素と土壌の水溶性硝酸態窒素の関係

第11表 栽培跡地土壌の水溶性硝酸含量 (mg/100g soil)

圃場	施肥内容	第16作(8作)		第17作(9作)	
		無マルチ区	マルチ区	無マルチ区	マルチ区
連用	牛糞3倍	1.89	6.81	0.87	2.39
	牛糞標準	0.43	0.41	0.55	0.96
	牛糞半量	0.28	0.20	0.36	0.12
	豚糞3倍	0.85	1.70	0.53	2.06
	豚糞標準	0.33	0.31	0.21	0.23
	豚糞半量	0.30	0.24	0.19	0.16
	化成標準	1.37	0.78	0.13	0.44
	化成半量	0.88	0.40	1.07	2.40
残効	牛糞3倍	0.27	0.34	0.24	0.11
	牛糞標準	0.22	0.20	0.11	0.08
	牛糞半量	0.18	0.16	0.08	0.08
	豚糞3倍	0.53	0.27	0.17	0.72
	豚糞標準	0.21	0.22	0.09	0.36
	豚糞半量	0.16	0.18	0.07	0.11
	化成標準	0.15	0.37	0.06	0.07
	化成半量	0.27	0.18	0.04	0.11

の範囲においては、有機物施用は必ずしも作物の硝酸の集積を少なくする手段とはならないと推察された。

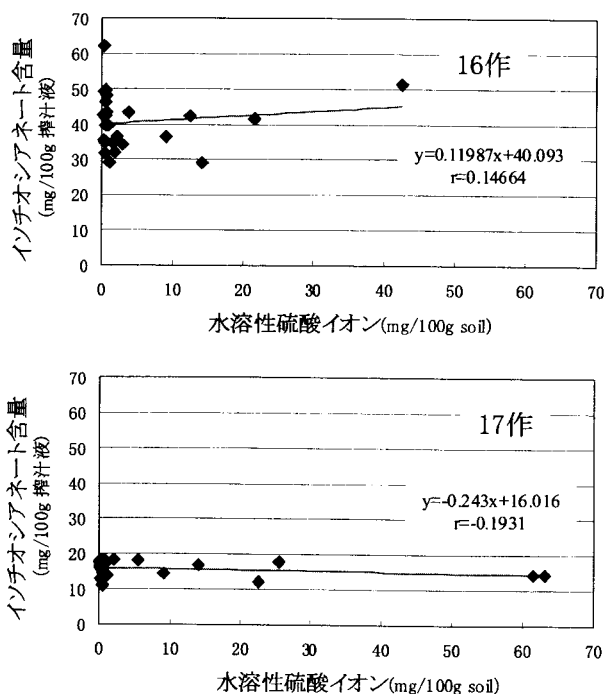
野菜の硝酸濃度とその安全性評価については明確でない点が多く、我が国においては基準値の設定はされていないが、本報における養分管理下のダイコンは、国内における濃度の計測例に比較して高濃度ではなく、外国での参考値・制限値に比べて低いレベルであった。

4 有機物施用と辛味成分の関係

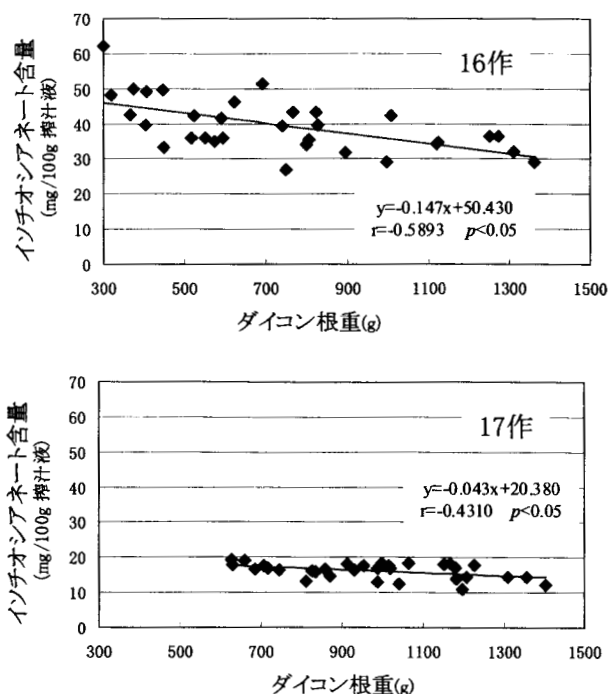
生食用ダイコンでは辛味の程度が重要な品質要素となっている。ダイコンの辛味成分はイソチオシアネート類とされており、これらは組織の破壊と同時に含硫配糖体（グルコシノレート）がミロシナーゼの作用によって分解されて生成するとされている⁹⁾。Freemanら⁹⁾は培養液の硫酸イオン濃度を6段階に変えてダイコンを砂耕栽培し、根部のイソチオシアネート類との関係を調べた。その結果、イオウ濃度が増加するに伴い、イソチオシアネート類の含量が高くなることを報告している。ダイコン根部に含まれるグルコシノレートは、その分子中にイオウ原子が3個あり、分子量の約20%を占める。このため、本物質の根部での蓄積には植物体のイオウ代謝が密接に関連し、培地中の硫酸イオンレベルの多少がイソチオシアネート含量に影響を与えると石井ら⁹⁾は述べている。本試験においては土壌の水溶性硫酸イオンとイソチオシアネート含量との間には相関関係（春作： $r=0.14664$ ，秋作： $r=-0.1931$ ）が認められなかったが（第3図）、イソチオシアネート含量とダイコンの重量との間には負の相関（春作： $r=-0.5893$ ，秋作： $r=-0.4310$ ）が認められ（第4図）、根部生育量が小さいほど含量が高くなった。また、春作においては有機物連用区よりも化成肥料連用区のダイコンのイソチオシアネート含量が高い傾向が認められた。これは化成肥料連用区においては土壌中の水溶性硫酸イオン濃度が12~63mg/100g soilと高いためではないかと推察された。

またポリマルチ栽培はイソチオシアネート含量を増加させるといった研究報告⁹⁾がある。今回、ポリマルチ栽培によるイソチオシアネート含量の増減については明確な相違が認められなかったが、栽培条

件とダイコンの辛味との関係で、土壌の硫酸イオンの影響や土壌水分の影響等を今後検討する必要があると考えられる。



第3図 ダイコン根部のイソチオシアネート含量と土壌の水溶性硫酸との関係



第4図 ダイコン根部のイソチオシアネート含量とダイコンの根重との関係

イソチオシアネート含量は春作と秋作とで大きな違いがあり、春作で高かった。岡野ら¹⁶⁾はダイコンの辛み成分には品種間差があり、‘耐病総太り’などの‘宮重’系統は、含量が低いとしている。本試験においては、秋作は‘耐病総太り’春作は‘おはる’であるが、‘おはる’も‘耐病総太り’と同様な青首総太り系である。同じ系統のなかでも辛味成分含量に品種間差があることは食味の傾向から推測されるが、詳細な報告は見当たらず、今後の検討課題である。一方、春作と秋作のイソチオシアネート含量の差には、作期に伴う環境要因（地温や土壌水分）の違いも影響を及ぼすと考えられるが、そのメカニズムについても現在のところ十分な知見はない。上に述べたように、春作についてはイソチオシアネート含量は収穫時の根重が小さいほど高くなる傾向があり、生育あるいは肥大速度の遅い株はイソチオシアネート含量が高くなりやすいのではないかと考えられる。生育速度は肥効に左右されるので、有機物施用区では、生育前半期の低地温が窒素の無機化速度を遅らせ、その結果として生育が遅れ、イソチオシアネート含量が高まる可能性がある。

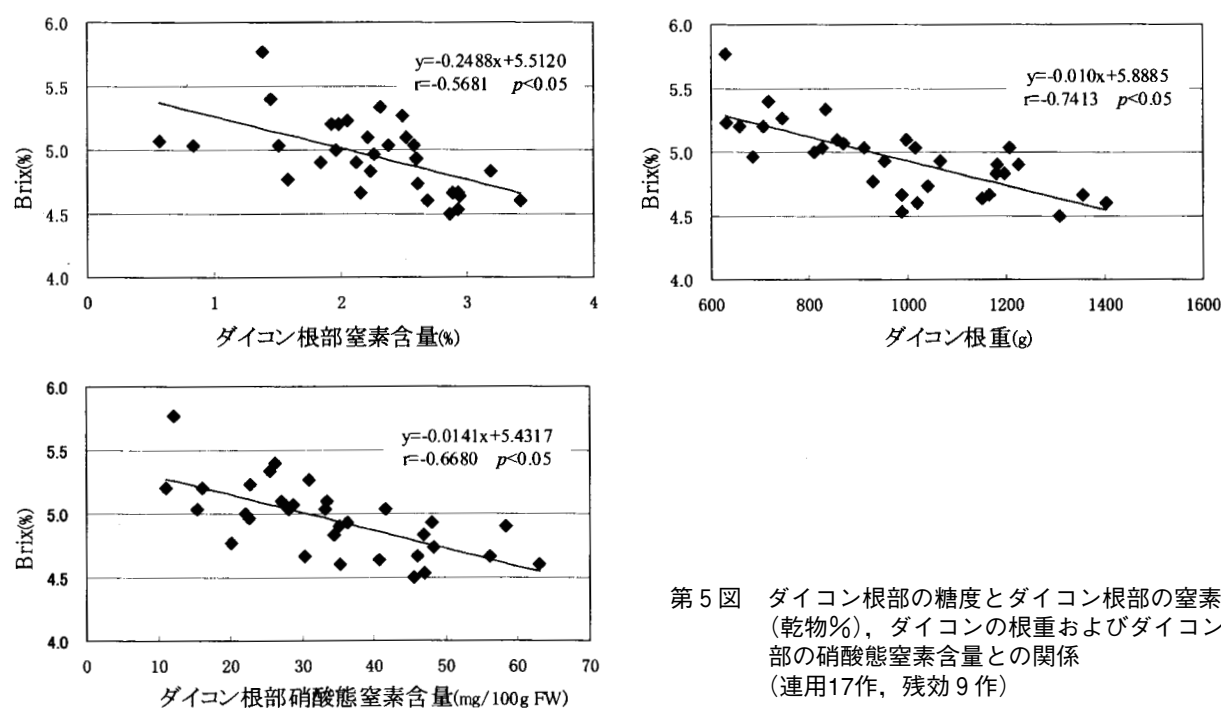
ダイコンのイソチオシアネートには抗ガン作用といった機能が見いだされてきており、機能性物質として認められている⁷⁾。現在のところ消費者の意識としては「甘い」＝「高品質」であり、青首系の

‘耐病総太り’のような辛みの少ない品種が主流を占めるようになってきている²⁾。イソチオシアネートの機能性を重視した場合、生育が遅く一定期間内にSクラス程度にしか生長できなかった株を見捨てるのではなく、逆に辛み成分含量が少ないと言われる青首総太り系品種でも、イソチオシアネート含量が高いことで商品化する可能性があるのではなかろうか。

5 有機物施用と糖含量の関係

浅野¹⁾は窒素施肥総量を3kg/aとする条件で化成肥料と肥効発現の遅い有機質肥料を組み合わせる数種の野菜を栽培し、キャベツ、レタス、ダイコン等の葉根菜類では収穫部位の全窒素量（乾物%）と全糖（生重%）の間に負の相関があることを認めている。この結果から、施肥窒素に占める有機質肥料の割合が大きいと、初期の肥効が低下し、体内窒素濃度が抑制され、収穫物の糖度が向上しやすいことが示唆される。今回の連用試験においてはダイコン根部の糖度は浅野の結果と同様にダイコンの全窒素と負の相関（ $r=-0.5681$ ）が認められた。さらに根重およびダイコン根部の硝酸態窒素含量と負の相関（各々 $r=-0.7413$, $r=-0.6680$ ）が認められ（第5図）、根部の生育が小さいほど含量が高かった。

有機物施用によるダイコンの糖含量の増加といっ



第5図 ダイコン根部の糖度とダイコン根部の窒素含量（乾物%）、ダイコンの根重およびダイコンの根部の硝酸態窒素含量との関係（連用17作，残効9作）

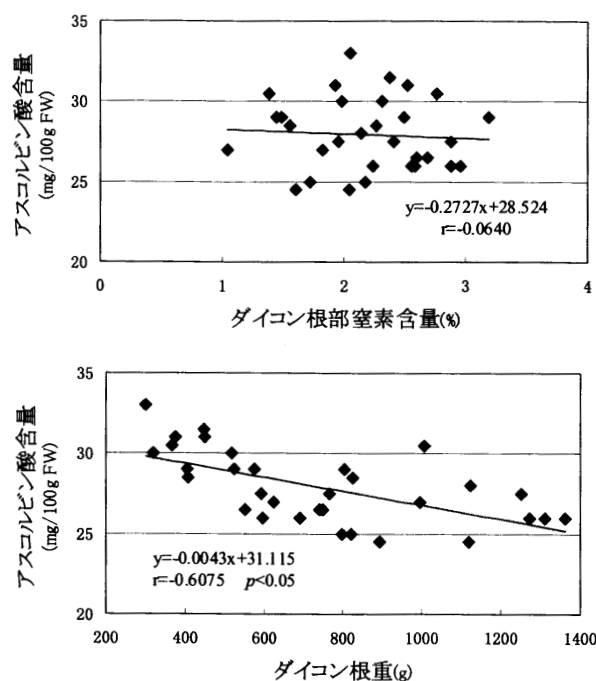
た正の効果は、今回の試験においては認められなかった。これまでも有機栽培により野菜の糖含量が高まった等の報告²⁶⁾が散見されるが、糖含量の高まった原因は、窒素の緩効的な発現によるものと推察される。有機栽培された野菜では普遍的に糖含量が高いとする一部の認識があるが、本試験の結果はそれを支持しなかった。

窒素栄養と収穫物の糖含量の関係については数多く研究されているが、グルコース、フルクトース、シュクロースに分けて考察した事例は少ない。建部ら²⁰⁾はハウレンソウ、コマツナにおいて窒素栄養条件を変化させると3種類の糖の組成割合が変動することを示し、シュクロースとグルコースでは窒素施肥に対する反応が異なるため、糖の主体がシュクロースである作物とグルコースなどの還元糖である作物では、窒素施用量と糖含量率との関係が異なる可能性があるとして述べている。今回のダイコンにおいては窒素施用量と糖組成の間には明確な差異は認められなかった。また有機物施用の有無やそれに伴う根部窒素量の違いが糖組成に及ぼす影響も小さく、全糖(3糖)合計値の増減とともにそれぞれの糖含量も増減していた。

6 有機物施用とアスコルビン酸含量の関係

MOZAFAR¹²⁾は窒素肥料とアスコルビン酸に関する文献のレビューを行い、上昇、変化なし、低下の3つの傾向に分類した後に考察し、全ての場合にあてはまらないが、窒素施用量の増加にともないアスコルビン酸含有率は低下する傾向にあると結論している。建部ら²⁰⁾がハウレンソウとコマツナを供試して行った試験では、窒素吸収量が増加するにつれて、生育量と全窒素含有率がともに上昇し、生育量や全窒素含有率と総アスコルビン酸含有率との間には高い負の相関が成り立ち、作物体が小さい個体ほど、また窒素含有率が低い個体ほど葉身と葉柄の生重当たりの総アスコルビン酸含有率が高まると報告している。しかしこの場合、窒素含有率の低い株は作物体の水分含有率も低く、水分含有率が総アスコルビン酸含有率の高低を決める要因になっていると建部らは示唆している。本試験においては、アスコルビン酸含量は根部の窒素含有量との相関は明確でない($r=-0.0640$)ものの根重との間には負の相関($r=-$

0.6075)が認められ(第6図)、建部ら²⁰⁾の報告と同様の傾向を示し、根部の生育が小さいほど含量が高まっていた。すなわち本試験ではダイコンのアスコルビン酸含量が有機物施用で普遍的に増加するといった現象は認められず、根部の窒素含有率および根重との関連がより大きかった。



第6図 ダイコン根部のアスコルビン酸含量と根部の全窒素含量およびダイコンの根重との関係(連用16作、残効8作)

7 今後の課題

ダイコンは販売可能な大きさに達したもののから間引き収穫される場合が多い¹³⁾が、本試験では一斉収穫を行った。そのために残効区では野菜出荷標準規格¹⁴⁾のMクラスの下限值である根重700g未満の株が多かった。こうした観点から、第4, 6図を見直すと、根重が700g未満のものを除いた場合には、根重の増加に伴って、イソチオシアネート含量(第4図)、アスコルビン酸含量(第6図)等の値が低下するといった負の相関は明確でなくなるように見受けられる。このことは、ダイコンの根部生育が著しく悪い場合には、これらの品質成分含量が高まることがあるが、根部生育が順調または十分に肥大した時に成分含量が薄まることはないことを示し

ていると考えられる。また、生殖期ではなく栄養生長期に収穫する多くの野菜にあつては、収穫物の品質成分含量が収穫物の大きさに左右される場合があることは想像に難くない。本試験は一斉収穫を行ったが、間引き収穫や収穫を何回かに分けて行えば、収穫物の大きさの要因を排除できる可能性が予想される。こうした点は今後の検討課題としたい。

近年、有機農産物に対するニーズが高まり、有機農業の野菜は品質がよいという認識が消費者の間に広まっている⁹⁾。しかしながら本試験では、化成肥料を用いずに有機物を利用することが、ダイコンの内部品質向上に常に有効であるとの結論は得られなかった。

有機物施用により作物が高品質化するとのメカニズムについて、森¹⁰⁾は、有機物の低い肥効および有機物施用による土壌の物理性の改善により、作物が良い意味での水分ストレスを受けたため引き起こされたものであると結論づけている。筆者ら²⁰⁾も有機物施用による土壌の物理性改善効果を認めてきた。一方、ティパワンら²¹⁾は、地力窒素の比較的高い土壌で化学肥料のみ、化学肥料と堆きゅう肥併用および堆きゅう肥のみのような施肥条件で、ダイコン、チンゲンサイ栽培試験を行い、化学肥料と堆きゅう肥の併用および堆きゅう肥のみの施用など収量減を極力抑えた範囲での窒素供給量の低減によって、硝酸態窒素を減らし、全糖濃度を高めるなど品質改善を図ることができた事例を報告している。これらの報告および上記の考察の中で述べたように、有機物施用と作物の品質については、今後解明すべき課題が多いと考えられる¹⁰⁾。

また環境保全的な取り組みに際して、有機物施用すること自体が環境保全であるとの過った認識が存在している。本試験圃場について以前報告²⁰⁾したように有機物を施用していても過剰に施用することで、化学肥料と同様に肥料成分が溶脱する可能性がある。有機物といえど過剰施用は禁物であることを認識しておく必要があろう。

V 摘 要

施用する全窒素量が等しくなるように有機物（イナワラ牛糞堆肥とオガクズ豚糞堆肥）および化成肥

料を連用した圃場（連用区）と有機物および化成肥料連用を中断した圃場（残効区）においてダイコンを栽培し、有機物施用がダイコンの品質成分に与える影響を検討した。

1 ダイコンの生育は連用区では資材投入量の多い区で優れた。また同一施用量ではマルチ区の生育が勝った。

2 ダイコンの葉色は、連用区および残効区とも資材の施用量が多いほど濃く、同一施用量ではマルチ区の葉色が濃かった。

3 ダイコン根部の硝酸態窒素、イソチオシアネート、アスコルビン酸等の含量は、有機物施用、化学肥料施用に関わらず、根重と相関があり、根重が小さいほど、これらの含量が高かった。

以上より、投入窒素量が同一の場合、ダイコンの内部品質成分含量は有機物あるいは化学肥料間で一定の傾向は認められず、有機物連用区で有意に高い含量ではなかった。

謝 辞

本研究の遂行に際して御協力および御助言をいただいた近畿中国四国農業研究センターの尾花実雄氏、西岡和哉氏、岡田敏壽氏、岩本辰弘氏、曾我徹氏および長澤鹿津子氏に厚く御礼申し上げる。

引用文献

- 1) 浅野次郎 1982. 野菜の品質に及ぼす有機物（油かす、パークたい肥）の影響. 農及園 57:1399-1404.
- 2) 浅野次郎. 1990. 品質をめぐる野菜品種の動向と育 種の展望. 研究ジャーナル 13(10):30-34.
- 3) 江崎秀男・小野崎博通 1980. 大根中の辛味成分の比色定量法. 栄養と食糧 33:161-167.
- 4) 江崎秀男・小野崎博通 1982. 大根おろし辛味成分の消長について. 家政学雑誌 33:513-520.
- 5) Freeman, G.C. and N.Mossadeghi 1972. Influence of sulphate nutrition on flavour component of three cruciferous plants : Radish (*Raphanus sativus*), Cabbage (*Brassica oleracea*)

- capitata), and White Mustard(*Sinapis alba*). *J.Sci.Food Agri.* 23: 387-402.
- 6) 藤原俊六郎, 1984. 葉色, 農業技術体系, 土壤施肥 編, 4: 基166-170. 農文協, 東京.
- 7) 東尾久雄 2001. 安全性・機能性等の新たな視点からの高付加価値化技術の現状と可能性, 平成13年度 野菜茶業研究所課題別研究会資料, 輸入急 増に対応した野菜の高品質・安定生産技術の現状 と今後の課題, 64-67.
- 8) 石井現相・西條了康 1987. 栽培条件がダイコン搾汁液中のイソチオシアネート含量に及ぼす影響, 園学雑 56: 313-320.
- 9) 目黒孝司 1998. 有機野菜の品質と評価, 研究ジャーナル 21(7): 30-34.
- 10) 三輪睿太郎 2001. 世紀の謎, 「有機農業野菜は品質がよいのか」, 季刊肥料 88: 8-10.
- 11) 森敏 1986. 有機物研究の新しい展望 (日本土壤肥料学会編), 博友社, 東京, 85-137
- 12) Mozafer, A. 1993. Nitrogen fertilizers and the amount of vitamins in plant: a review. *J. Plant Nutri.* 16: 2479-2506.
- 13) 農業技術体系, 1993. 野菜編9巻, ダイコン, 精農家のダイコン栽培技術.
- 14) 農林水産省, 1970. 野菜出荷標準規格, だいこん.
- 15) 農林水産省食品流通局 1999. 有機農産物の日本農林規格.
- 16) 岡野邦夫・浅野次郎・石井現相, 1990. ダイコン品種の辛味成分含量, 園学雑, 59: 551-558.
- 17) 孫尚穆・米山忠克 1996. 野菜の硝酸: 作物体の硝酸の生理, 集積, 人の摂取, 農及園 71(11): 1179-1182.
- 18) 植物栄養実験法編集委員会編 1990. 植物栄養実験法, 博友社, 東京, 207.
- 19) 建部雅子・米山忠克 1995. 作物栄養診断のための小型反射式光度計システムによる硝酸および還元型アスコルビン酸の簡易測定法, 土肥誌 66: 155-158.
- 20) 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.
- 21) ティパワン シィティランサン・土肥紘・植野玲一郎・志賀義彦・中村隆一・堀田治邦・鎌田賢一 2001. 堆きゅう肥施用がチンゲンサイとダイコンの収量および品質に及ぼす影響, 北海道立農試集報 80: 11-20.
- 22) 浦嶋泰文・塩見文武・須賀有子・堀兼明, 家畜糞堆肥連用による土壤物理性改善に及ぼすマルチの効果と残効, 近畿中国農研, 98: 13-17.
- 23) 浦嶋泰文・塩見文武・須賀有子・堀兼明 2000. 家畜糞堆肥連用およびマルチ条件における土壤の化学性の垂直分布, 近畿中国農研 100: 3-7.
- 24) 浦嶋泰文・塩見文武・堀兼明 2001. 家畜糞堆肥連用圃場におけるマルチを利用したダイコンの栽培, 近畿中国農研 101: 3-8.
- 25) 渡辺和彦, 1986. 窒素, 原色生理障害の診断法, 農文協, 東京, 197-202.
- 26) 山崎晴民・六本木和夫, 1998. 有機物施用が葉菜類の収量及び品質に及ぼす影響, 埼玉園試研報 21: 7-19.

Quality of Japanese Radish(*Raphanus sativus* L.) under the Compost Successive Application

Yasufumi URASHIMA*, Yuko SUGA, Ayako FUKUNAGA,
Jun-ichi IKEDA and Kaneaki HORI

Summary

The effect of organic matter application (organic farming) on the quality of radish was examined. The organic matter used was cattle feces compost and hog feces compost. Radish was cultivated in the experimental field, which had been continuously applied organic matter or chemical fertilizer for eight years.

After the harvest, root size, leaf color of radish and the contents of nitrate, isothiocyanate, sugars and ascorbic acid as indices of interior quality were measured.

1. The growth and leaf color of radish were superior in the continuously compost applied plots with greater rate of application. The growth and leaf color value of radish of the mulching plot were greater than those of the plot without mulching, under identical application rate .
2. The organic fertilization showed no significant effect on the quality of radish than that of the chemical fertilizer application. There was the significant relation with the amount of applied fertilizer between the quality and growth of radish.