

## 野菜の品質は有機質肥料の施用で向上されるのか？

武田 容枝\*

Does the Application of Organic Fertilizers Improve  
the Nutritional Quality of Vegetables?

Masae TAKEDA\*

### Abstract

This study, consisting of four experiments, examined whether the addition of organic fertilizers can improve the nutritional quality of vegetables. In Experiment 1, among six leaf vegetables and two root vegetables tested, qing-geng-cai and radish particularly exhibited the ability to utilize amino acids for growth under aseptic conditions. In Experiment 2, spinach was equivalently grown in soil receiving ammonium sulfate and rapeseed cake, despite the fact that soil inorganic N was lower in the latter treatment. It is suspected that addition of rapeseed cake promoted spinach growth by increasing soil pH rather than enhancing the uptake of amino acids. At harvest, spinach contained smaller amounts of not only nitrate but amino acids, corresponding to the lower content of soil inorganic N, in the treatments with rapeseed cake than with ammonium sulfate. In Experiment 3, mizuna was grown under 13 different conditions: combinations of six soils and four fertilizers (one inorganic and three organic fertilizers). The contents of oxalic acid and sugar, respectively, were correlated with the fresh weight of mizuna positively and negatively. Moreover, the content of amino acids in mizuna was positively correlated with the amount of N uptake. In Experiment 4, carrot was grown in 13 treatments similar to those in Experiment 3. Growth of carrot roots in soil treated with organic fertilizers was equivalent to or greater than that in soil treated with inorganic fertilizer. Similarly to spinach, it seems that proper soil pH and physical conditions improved carrot root growth in the treatment of organic fertilizers. Sugar and carotene contents of carrot roots were little influenced by the kind of fertilizers. Overall, this study showed little evidence that application of organic fertilizers enhances the uptake of amino acids by vegetable crops and that it improves the nutritional quality of vegetables. It should be noted, however, that vegetables were grown in pots or planters, not under field conditions.

Key words : vegetables, nutritional quality, organic fertilizers

キーワード : 野菜、品質、有機質肥料

## 1 緒言

有機栽培の野菜は、慣行栽培の野菜と比べて、栄養価があり機能性が高いと考える消費者が多い。しかし、このような消費者の認識が“レフェリーのいる”学術論文で客観的に証明された例は少ない<sup>1)</sup>。慣行栽培の野菜よりも品質が優れるとするもののほかに、同等とするもの、劣るとするものが混在する。栽培方法以外にも、品種、微気候条件、熟度、土壌条件などに違いがあり、そのことが一定の見解を得られない要因となっているのかもしれない<sup>2)</sup>。例えば村山ら<sup>3)</sup>は地域、作型、品種を同一として有機農家と慣行農家で栽培されたミニトマトを比較し、有機栽培のミニトマトの特性（果実硬度が小さく、アスコルビン酸とリコペンが多い）に出荷物の熟度の違い（エチレン生成量が低い）が関与していた可能性を指摘している。有機栽培と慣行栽培の間には品種、防除方法、栽培時期などさまざまな違いが存在するが、本研究では肥料の違いに重点をおき、栄養面からみた野菜の品質が有機質肥料の施用で向上されるかどうかを検討するために、下記の実験1～4を実施した。

### 実験1 形態の異なる窒素を用いた野菜の無菌栽培

有機質肥料と化成肥料を施用した土壌では養分の存在形態が異なる。有機質肥料の施用でアミノ酸などの有機態窒素の量が増加する<sup>4) 5)</sup>。福島県浪江町の現地実証圃において、有機栽培で5年以上管理された土壌の方が慣行栽培の土壌よりもアミノ酸を多く含むことが実際に確認された（未発表データ）。植物は一般に土壌中の無機態窒素（ $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ ）を優先的に吸収するが、もし有機態窒素の吸収に優れる野菜品目があるとすれば、それらの野菜は有機質肥料を施用した土壌において生育・品質の面から有利となる可能性がある。

野菜ではチンゲンサイ、ホウレンソウ、ニンジンが有機態窒素の吸収に優れるのではないかと考えられている<sup>5) 6) 7)</sup>。Matsumoto *et al.*<sup>6)</sup>は土壌中の高分子有機態窒素をリン酸緩衝液で抽出し（通称PEON、分子量約8000～9000Da）、無菌条件下でピーマン、チンゲンサイ、ニンジンに与えた。その結果、PEONの添加割合の増加にともなってチンゲンサイとニンジンの窒素吸収量が増加したことを示した。いっぽうMiyazawa *et al.*<sup>7)</sup>は、チンゲンサイとリーフレタスのいずれにもPEONを吸収する能力がなく、チンゲンサイだけがアミノ酸を利用できたと報告している。前者の試験ではチンゲンサイがPEONを吸収できたかのようにみえるが、対照植物の生育がMS溶液の高浸透圧によって

阻害されていた可能性が懸念される<sup>7)</sup>。そこで本試験では、PEONのような高分子有機態窒素ではなくアミノ酸の利用能力について検討した。上記のチンゲンサイ、ホウレンソウ、ニンジンを含む計8品目を対象とし、初期生育に対するアミノ酸の効果を無菌条件で調べた。

### 実験2 化成肥料および有機質肥料を用いたホウレンソウ栽培

ホウレンソウは、菜種油粕、大豆油粕などの有機質肥料を施用しても、化成肥料を施用した場合とほぼ同等もしくはそれ以上の収量が得られる場合がある。そのため、有機物から無機化される無機態窒素だけでなく、土壌中に存在する易分解性有機態窒素も利用するのではないかと考えられている<sup>4) 5)</sup>。確かに、無菌条件において植物がアミノ酸などの有機態窒素を利用できることが示されている<sup>6) 7)</sup>。また、17組の慣行圃と有機圃（JAS認定、もしくはそれと同等の農薬、化学肥料を使用しないで管理された圃場）で栽培されたホウレンソウを比較した試験では、アミノ酸濃度が有機栽培のホウレンソウで高かったことが報告されている<sup>8)</sup>。硝酸態窒素の多い農耕地土壌では、無機化されずに吸収されるアミノ酸の量はごくわずかで、コムギを用いた試験では、添加されたアミノ酸の94%が根圏土壌の微生物によって吸収されている<sup>9) 10)</sup>。しかし、硝酸態窒素の少ない有機栽培土壌では、アミノ酸吸収の寄与が異なる可能性がある。そこで本試験では、アミノ酸を利用する可能性があるホウレンソウの2品種を用い、アミノ酸量の異なる土壌で窒素の吸収や代謝が異なるかを調べた。土壌中のアミノ酸濃度が異なるよう設定するために、窒素肥料として硫酸と菜種油粕を加えた。

### 実験3 慣行および有機管理土壌を用いたミズナ栽培

ミズナは、主に鍋や漬物に使われてきたが、近年お浸しやサラダにも利用されるようになり需要が高まっている。五訂食品成分表によると、コマツナの硝酸濃度 $5\text{ g kg}^{-1}\text{ FW}$ に対しミズナの硝酸濃度は $2\text{ g kg}^{-1}\text{ FW}$ と低い。しかし、砂ベッド栽培では液肥（窒素の9割が硝酸態）の施用量によって急激にミズナの硝酸濃度が高くなることが示されている<sup>11)</sup>。生で食べる機会が多くなった分、内部成分への関心は高まっていることが予想され、肥料の違いがどのようにミズナの品質に影響を与えるのか調べていく必要がある。

化成肥料と有機質肥料の効果を比較するにあたって問題となるのは、生育量と品質成分濃度の関係であ

る。有機質肥料の施用によってミズナの品質が向上したとしても、生育量が異なる場合、肥料自体の効果なのか、それとも作物の生育が遅れたためなのか、明確にすることがむずかしい<sup>12) 13)</sup>。山崎と六本木の試験<sup>14)</sup>では、窒素肥効率の低い有機質肥料の施用によりチンゲンサイ、レタスおよびキャベツの硝酸濃度が減少し糖濃度が増加したが、生育量は化成肥料の場合と比べて低かった。ハウレンソウとコマツナでも生育量が少ない（窒素施肥量が少ない）場合に、硝酸とシュウ酸が少なく、糖とアスコルビン酸が多いことが報告されている<sup>15)</sup>。ミズナはコマツナやチンゲンサイと同じアブラナ科に属するため同じような関係性が予想されるが、生育量と品質成分の関係を報告した例は少ない。そこで本試験では、さまざまな土壌（未耕地、慣行栽培、有機栽培）と肥料を使ってミズナを栽培し、生育量と品質成分濃度との関係を調査した。

#### 実験4 慣行および有機管理土壌を用いたニンジン栽培

ニンジンでは有機物の連用試験で稲わら堆肥の増収効果が認められている。要因として土壌の物理性や酸性度の改善、また黒ボク土の場合はリン酸固定能の低下による可給態リン酸の増加が挙げられている<sup>16) 17)</sup>。このように有機物施用の効果が現れやすいこと、野菜の中では比較的病害虫が少ないことなどから、ニンジンは有機栽培に向いていると考えられる。ただし、ニンジンに関しても、有機栽培と慣行栽培の間に品質に違いがあるのか、一定した結論が得られていない。3年間の圃場試験では、施肥量を調整するなど生育量の影響を極力排除した場合、ニンジン可食部のカロテン、糖の濃度は必ずしも高くなかった<sup>12) 18)</sup>。一方で、有機質肥料で栽培したニンジンでカロテン濃度が高かったことを示す試験も存在する<sup>19)</sup>。糖（甘さ）はニンジンに対する消費者の好みを決定する成分として<sup>20)</sup>、また、カロテンはプロビタミンAとしての働きや抗酸化作用などの効能を持つ成分として重要である。そこで本試験では、ミズナ栽培（実験3）後の土壌に化成肥料または有機質肥料を施用してニンジンを栽培し、その品質成分に有機質肥料の効果が現れるかを検討した。

## 2 試験方法

### 実験1 形態の異なる窒素を用いた野菜の無菌栽培

#### A 供試野菜

葉菜類はコマツナ（サカタ「小松菜」）、チンゲンサイ（タキイ「長陽」）、キャベツ（サカタ「中早生二

号」）、ブロッコリー（タキイ「ハイツSP」）、リーフレタス（サカタ「グリーン」）、ハウレンソウ（サカタ「ソロモン」）の計6種を、根菜類はダイコン（タキイ「YRてんぐ」）、ニンジン（カネコ「ひとみ5寸」）の計2種を用いた。種子表面を殺菌する（B. 参照）必要性からコーティングなどが施されていないものを選択した。

#### B 窒素処理と無菌栽培

窒素処理は（1）超純水（対照区、最終濃度0 mg N L<sup>-1</sup>）、（2）硝酸ナトリウム溶液（硝酸区、最終濃度70 mg N L<sup>-1</sup>）、および（3）アミノ酸混合溶液（アミノ酸区、最終濃度70 mg N L<sup>-1</sup>）の3処理区を設定し、3反復で試験した。フィルター滅菌した10倍濃度の窒素処理液をオートクレーブ滅菌した溶液（窒素以外の養分を含む）に混合し、1/2ホーグランド溶液を調整した。3処理液とも希塩酸または水酸化ナトリウム溶液を使ってpH6.0に調製した。アミノ酸混合溶液は、土壌に存在するタンパク質のアミノ酸組成<sup>21)</sup>をもとに、15種類のアミノ酸（グリシン、アラニン、バリン、ロイシン、イソロイシン、セリン、スレオニン、フェニルアラニン、チロシン、プロリン、アスパラギン酸、グルタミン酸、ヒスチジン、リジン、アルギニン）を混合し作成した<sup>7)</sup>。

種子は80%エタノールに30秒間、続いて1%次亜塩素酸（Tween20を含む）に30分間浸漬した。滅菌水で洗浄した後、3倍量（w/w）の水を含むパーミキュライト（オートクレーブ滅菌）上に移し、根が5 mm程度になるまで無栄養および無菌条件で培養した。その後、1/2ホーグランド溶液45 mLを含むパーミキュライト（15g、オートクレーブ滅菌）に移植し、人工気象機で9000lx、22/15℃（16/8時間）の条件で2週間栽培した。各作物、各処理ともに1株を1反復として供試した。栽培とは別に、種子10粒を寒天培地（3%ショ糖+0.3%ポリペプトン）上で培養し、微生物が繁殖しないことを確認した。

#### C 調査方法

地上部は新鮮重と60℃で3日間乾燥した後の乾物重を測定した。地下部はパーミキュライトを取りのぞいた後に地上部と同様に乾燥し、乾物重を測定した。

### 実験2 化成肥料および有機質肥料を用いたハウレンソウ栽培

#### A 供試土壌および試験区の構成

供試土壌は未耕地の黒ボク土で、化学特性は全炭素8.1%、全窒素0.41%、NO<sub>3</sub>-N 3.2mg 100g<sup>-1</sup>、NH<sub>4</sub>-N 2.5mg 100g<sup>-1</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.1mg 100g<sup>-1</sup>、K<sub>2</sub>O 12.7mg 100g<sup>-1</sup>、pH5.2であった。

試験区は窒素肥料の2処理区とホウレンソウ品種の2処理区(B. 参照)を組み合わせた4処理区からなり、3反復で試験した。窒素肥料は化成肥料として硫酸、有機質肥料として菜種油粕を使用した。予備試験で鶏糞と菜種油粕を比較したところ、土壌アミノ酸は後者の方が高かったため、本試験では菜種油粕を用いた。

2010年9月1日、土壌に窒素肥料(0.14g N kg<sup>-1</sup>)、過リン酸石灰(0.33g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup>)、アグロ加里(0.14g K<sub>2</sub>O kg<sup>-1</sup>)、苦土カル(7.68g kg<sup>-1</sup>)を加え、1/5000aワグネルポットで前培養した。このとき土壌水分は最大含水量の60%とし、栽培期間中もドリップ灌水と週一回の調整によって水分含量を初期値と同じ程度に保った。

### B 供試野菜および栽培方法

農業総合センター内のガラス室でホウレンソウ2品種(「アクティブ」(サカタ)、「まほろば」(サカタ))を4株/ポットで栽培した。9月17日に播種し、10月15日、10月28日、11月19日の3回にわたって、作物体を調査のために採取した(窒素2処理×2品種×調査3回×3反復=36ポット)。

### C 調査方法

土壌調査は9月15日、10月15日、10月28日、11月19日の4回実施した。調査時に採取した土壌は未風乾のまま2M KCl溶液(土壌:溶液=1:10)で抽出した。無機態窒素はオートアナライザー(ビーエルテック)で、アミノ酸はOPAME(o-phthaldialdehyde+β-mercaptoethanol)処理後に分光蛍光光度計(日立ハイテク)で定量した<sup>22)</sup>。11月19日の土壌はpHも調査した。

ホウレンソウは、調査1回目に全体を、2回目以降は葉身と葉柄をそれぞれ調査した。新鮮重をはかった後に細かく刻み、一部を2M塩酸で抽出してシュウ酸と硝酸をHPLC(日立ハイテク、カラム: Mightysil RP-18GP Aqua 150-4.6mm φ5 μm、溶離液: 5 mM 硫酸水素テトラブチルアンモニウムを含む50mMリ

ン酸ナトリウム緩衝液(pH6.8)、流速: 1.0mL min<sup>-1</sup>、検出器: UV/VIS 210nm、カラム温度: 25℃)で分析した。また、一部を80%エタノールで抽出した後エタノールを蒸発させて水溶液とし、グルコース、フルクトース、スクロースをHPLC(日立ハイテク、カラム: Mightysil NH2 250-4.6mm φ5 μm、溶離液: アセトニトリル: 水=3:1、流速: 1.0mL min<sup>-1</sup>、検出器: 示差屈折率、カラム温度: 40℃)で分析した。試料は糖分析後に0.4M塩酸と等量混合し、アミノ酸を定量した(日立ハイテク、アミノ酸分析計L-8800)。調査2回目以降の試料は80℃で3日間乾燥後に全窒素を分析した(エレメンタル、VarioMAX)。

## 実験3 慣行および有機管理土壌を用いたミズナ栽培

### A 供試土壌および試験区の構成

実験2で用いた未耕地土壌の他に、慣行栽培、有機栽培で5年以上管理されてきた福島県内の土壌5種を用いた(表1)。浪江町の土壌は2004年より現地実証圃として管理されていた場所から採取した。窒素施用量は2005年まで有機圃で多かった(慣行圃の130%)がそれ以降は同量であり、同一作物・作型で露地野菜栽培が継続されていた。会津若松市の2圃場は隣接しており客土に使用した土壌は同じであったが、肥培管理や作型が異なった(慣行圃は露地野菜、有機圃はハウス野菜)。喜多方市の有機圃はダイズ、麦などが栽培されていた。これらの土壌は現地での栽培準備が始まる前、2010年3月30日と31日の2日間に採取した。

2010年4月27日、各土壌に化成処理区と有機処理区を設け、硫酸または有機質肥料を12g N m<sup>-2</sup>になるように処理した。化成区には過リン酸石灰(12g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> m<sup>-2</sup>)と硫酸カリ(12g K<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>)をさらに加えた。有機質肥料は有機農家が使用していたものを用いた。未耕地土壌と浪江町慣行・有機圃の土壌には浪江町有機圃で使われていた菜種油粕と発酵鶏糞を、会津若松慣行・有機圃の土壌には会津若松有機圃で使われていた

表1 供試土壌の化学特性

採取圃場	T-C	T-N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	pH	EC mS cm <sup>-1</sup>
	----- % -----		----- mg kg <sup>-1</sup> 風乾土 -----					
未耕地	8.1	0.41	32.2	25.1	<1	105	5.5	0.29
浪江町慣行圃	5.0	0.37	18.4	2.6	165	1113	6.0	0.61
浪江町有機圃	4.4	0.35	20.0	3.0	109	1050	6.7	0.68
会津若松市慣行圃	2.2	0.18	7.1	2.7	116	590	4.4	0.49
会津若松市有機圃	3.8	0.30	300.9	2.9	1967	682	6.8	2.04
喜多方市有機圃	4.2	0.24	6.9	1.3	40	210	5.3	0.44

pH、EC以外は施肥前の土壌を、pHとECは化成区の土壌を調査。

ぼかし肥料と発酵鶏糞を、そして喜多方有機圃の土壌には自家製ぼかし肥料を施用した。すべての土壌に苦土石灰を $100\text{g m}^{-2}$ になるように加えた。未耕地土壌にはさらに、有機質肥料を倍量施用した有機N2区 ( $24\text{g N m}^{-2}$ ) を設け、計13処理を3反復で試験した。

### B 栽培方法

農業総合センター内のガラス室でミズナ「京みぞれ」(タキイ)をプランター(縦 $18\text{cm}$ ×横 $58\text{cm}$ ×高さ $15\text{cm}$ )で栽培した。5月11日に播種、5月18日に11株(株間 $5\text{cm}$ 、条間 $9\text{cm}$ )×2条/プランターに間引き、6月14日と6月21日に1条ずつ収穫した。栽培前、未耕地土壌の水分含量は最大容水量の60%とし、現地土壌については圃場から採取した時の水分状態に調整した。栽培期間中は、すべての土壌に対して同じ量をドリップ灌水した。

### C 調査方法

播種前(5月11日)と収穫時(6月14日、21日)の土壌を採取し、分析に用いた。無機態窒素の分析方法は実験2のC.に記載されたとおりである。

ミズナはプランター端の2株を除き平均的な3株/区を供試した。収穫後直ちに新鮮重を測定し、調整(上部1/3を細断)まではビニール袋に入れ $8^{\circ}\text{C}$ で保管した。細断試料の一部を $4\sim 10^{\circ}\text{C}$ の5%メタリン酸で抽出しアスコルビン酸をHPLC(日立ハイテック、カラム: Mightysil RP-18GP Aqua  $150\text{-}4.6\text{mm } \phi 5\ \mu\text{m}$ 、溶離液:  $5\text{mM}$ 硫酸水素テトラブチルアンモニウムを含む $50\text{mM}$ リン酸ナトリウム緩衝液( $\text{pH}6.8$ )、流速:  $1.0\text{mL min}^{-1}$ 、検出器: UV/VIS  $254\text{nm}$ 、カラム温度:  $40^{\circ}\text{C}$ )で分析した。硝酸、シュウ酸、糖、アミノ酸の分析については実験2のC.に記載したとおりである。残りの試料は $80^{\circ}\text{C}$ で3日間乾燥し、窒素分析(住化分析センター、スミグラフ)に用いた。

## 実験4 慣行および有機管理土壌を用いたニンジン栽培

### A 供試土壌および試験区の構成

実験3のミズナ栽培跡土壌の水分含量を栽培前の設定値に戻した後で混合し、本実験に用いた。2010年7月29日、各土壌に化成処理区と有機処理区を設け、硫酸または有機質肥料を $15\text{g N m}^{-2}$ になるように処理した。化成区には過リン酸石灰( $15\text{g P}_2\text{O}_5\ \text{m}^{-2}$ )と硫酸カリ( $15\text{g K}_2\text{O}\ \text{m}^{-2}$ )をさらに加えた。有機質肥料は実験3と同じものを使用した。ただし、実験3での窒素肥効率を考慮し、喜多方有機圃の土壌には自家製ボカシ肥料を $30\text{g N m}^{-2}$ になるように施用した。未耕地土壌には実験3と同様に有機N2区( $30\text{g N m}^{-2}$ )を設け、計13処理を4反復で試験した。

### B 栽培方法

農業総合センター内のガラス室でニンジン「向陽二号」(タキイ)をポット栽培した。8月12日に播種、8月31日と9月13日に間引いてポット(直径 $12.5\text{cm}$ ×高さ $30\text{cm}$ )あたり1株とし、12月16日に収穫した。栽培期間中、ドリップ灌水と手動調整(10~14日間に1回)によって水分含量を栽培前と同じ程度に保った。

### C 調査方法

播種前(8月11日)と収穫後(12月17日)の土壌を採取し、分析に用いた。無機態窒素とアミノ酸の分析方法は実験2のC.に記載されたとおりである。

収穫物の地上部は新鮮重と窒素濃度を求めた。地下部(可食部のみ)は長さ、重さ、乾物率、窒素、糖(グルコース、フルクトース、スクロース)およびカロテン( $\alpha$ および $\beta$ )の濃度を測定した。地上部は $60^{\circ}\text{C}$ で7日間乾燥後に全窒素を分析した(エレメンタール、VarioMAX)。地下部は凍結乾燥した後で粉碎し、分析まで $-20^{\circ}\text{C}$ 、暗所で保存した。糖は80%エタノールを用い $70^{\circ}\text{C}$ で抽出した後にHPLC(実験2のC.参照)で、カロテンはアセトン抽出後に簡易分別定量法<sup>23)</sup>で定量した。未耕地土壌のニンジンには生育不良で品質分析が不可能であったため、調査対象から外した。

## 3 結果および考察

### 実験1 形態の異なる窒素を用いた野菜の無菌栽培

野菜の生育量は、無菌状態において、硝酸区、アミノ酸区、対照(無窒素)区の順で多かった( $P<0.05$ )。品目毎に比較すると、対照区よりもアミノ酸区で生育(乾物重)が上回ったのは、チンゲンサイの地上部、ブロッコリーの地下部、ダイコンの地上部と地下部であった( $P<0.05$ ) (図1)。乾物試料が小さかったため窒素濃度は測定できなかったが、同じような無菌栽培試験で乾物重と窒素吸収量は同様の傾向を示した<sup>24)</sup>。本実験でも、アミノ酸の添加により生育量が多くなった品目はアミノ酸を窒素源として利用したことが考えられ、アミノ酸利用能力が高いと推察できる。

今回調査した野菜品目のうち、チンゲンサイ、ホウレンソウ、ニンジンには有機態窒素を吸収しやすい品目とされている<sup>5) 6) 7)</sup>。今回の実験結果から、チンゲンサイに加えてブロッコリー、ダイコンもアミノ酸を利用する能力があることが示唆された。いっぽう、ホウレンソウとニンジンについてはとくにアミノ酸を利用しやすい品目とは言えなかった。ただし、本結果は生育期間の短い幼植物が示したものである。また、根の生育差がアミノ酸の利用能力に影響を及ぼした可能性

も考慮しなければならない。作物の初期生育は種類によって大きく異なり、ダイコンは根の生育速度が速かった（図1）ため、アミノ酸の利用が促進された可能性が考えられる。

以上のことから、本実験の結果は根の初期生育の効果を含めた、播種後2週間という生育初期のアミノ酸の利用能力を比較したものであり、その後の生育過程におけるホウレンソウとニンジンのアミノ酸利用能力を否定するものではない。

## 実験2 化成肥料および有機質肥料を用いたホウレンソウ栽培

窒素動態は硫安（化成区）と菜種油粕（有機区）を施用した土壌で異なった。播種前、無機態窒素は化成区で多く（ $P<0.001$ ）、アミノ酸窒素は有機区で多かった（ $P<0.01$ ）。10月15日以降、硝酸態窒素にのみ違いが認められた（化成区>有機区、 $P<0.001$ ）（表2）。

土壌の窒素動態は異なったが、ホウレンソウの生長に処理間差はみられなかった（図2）。11月19日の土壌pHが化成区（5.89）よりも有機区（6.03）で高かった（ $P<0.001$ ）。このことから、有機区は硝酸態窒素が少なかったが、pHの上昇によりホウレンソウの生長が促進された可能性が考えられる。家壽多ら<sup>17)</sup>は、黒ボク土で稲わら堆肥の施用によるホウレンソウの増収を認め、pH調整による効果が大いいと述べている。

ホウレンソウ体内の硝酸は土壌の硝酸濃度の低下とともに有機区で減少した。同じ傾向がグルタミンやアスパラギン等のアミノ酸と全窒素に認められた（図3および表3）。土壌アミノ酸は播種前（施肥2週目）に化成区よりも有機区で多かったが、施肥6週目、幼植物体内のアミノ酸の量（図3）に違いはみられなかった。つまり、ホウレンソウ体内のアミノ酸濃度は全窒素に左右されるのであって、土壌のアミノ酸濃度の影響を受けないことが示唆された。この考察

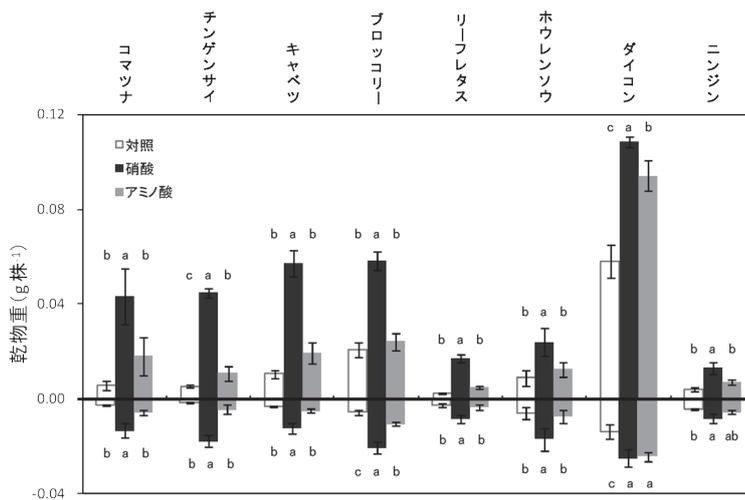


図1 野菜8品目の地上部乾物重（正值）と地下部乾物重（負値）

エラーバーは標準偏差。Tukey法により異符号間に有意差あり（ $P<0.05$ 、 $n=3$ ）。

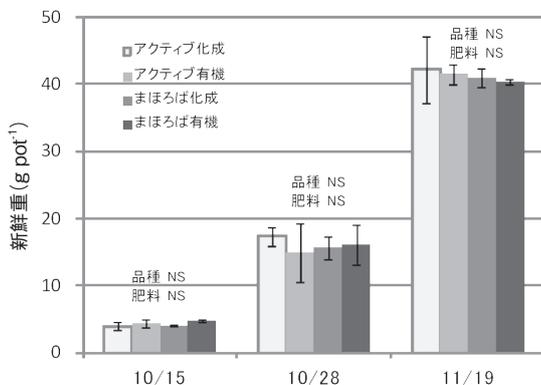


図2 ホウレンソウ新鮮重の推移

エラーバーは標準偏差。2要因（品種+肥料）×2水準の分散分析におけるP値（NS： $P>0.05$ 、 $n=3$ ）を示す。

はOkazaki *et al.*の報告<sup>25)</sup>からも裏付けられる。彼らはGC-MSを用いたホウレンソウのメタボリックプロファイリングによって、窒素増加にともなうアミノ

酸のプールが増加する流れを見出している。

植物によるアミノ酸吸収量は土壌中のアミノ酸濃度に比例するという報告がある<sup>26)</sup>。アミノ酸吸収のための膜輸送体の存在は確認されているが、アミノ酸のような水溶性有機態窒素は主に蒸散にともなう水流によって移動し、硝酸などの無機塩類と同じように吸収されると最近の試験で示されている<sup>10)</sup>。橋本ら<sup>27)</sup>は、牛糞堆肥や豚糞堆肥を全層施肥した場合よりも局所施肥した場合の方が葉菜類のアミノ酸濃度が高かったことを示している。この場合、堆肥の施用量は約100t ha<sup>-1</sup>に相当する量であり現実的とは言えないが、局所的に土壌中のアミノ酸濃度が高かったために植物によるアミノ酸吸収量が多くなった可能性が考えられる。本実験の場合、菜種油粕の施用によって土壌アミノ酸の量は一時的に増加したが、ホウレンソウ体内のアミノ酸量を高める程度ではなかったと言える。土壌中で

表2 土壌の無機態窒素および遊離アミノ酸

調査日	肥料	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	アミノ酸-N
----- mg kg <sup>-1</sup> 乾土 -----				
9/15	硫安	44.8	156.1	2.265
	菜種油粕	37.4	92.3	2.803
10/15	硫安	110.5	0.0	3.035
	菜種油粕	74.5	0.1	3.050
10/28	硫安	72.0	0.4	2.819
	菜種油粕	44.4	0.5	2.807
11/19	硫安	22.6	1.2	2.754
	菜種油粕	0.6	0.9	2.770

9/15はn=18、その他の調査日はn=6。

表3 11/19に収穫したホウレンソウの主要アミノ酸濃度 (mg N kg<sup>-1</sup> FW)

肥料	品種	葉身					葉柄				
		グルタミン	アルギニン	グルタミン酸	アスパラギン	アラニン	グルタミン	アルギニン	グルタミン酸	アスパラギン	アスパラギン酸
化成	アクティブ	240.7	42.6	22.3	15.3	12.5	482.8	33.5	13.8	16.8	8.9
	まほろば	259.1	19.8	24.2	18.7	12.4	441.0	23.4	14.7	15.3	8.8
有機	アクティブ	171.6	30.0	22.5	11.8	12.4	239.0	17.0	14.0	12.1	8.0
	まほろば	115.3	10.2	21.4	9.3	15.1	151.8	6.3	11.7	7.4	7.6
分散分析 (P値)	肥料	0.004	0.119	0.557	0.014	0.250	0.005	0.171	0.053	0.035	0.045
	品種	0.447	0.013	0.856	0.806	0.262	0.337	0.374	0.309	0.236	0.570
	交互作用	0.161	0.809	0.517	0.159	0.225	0.726	0.975	0.034	0.514	0.688

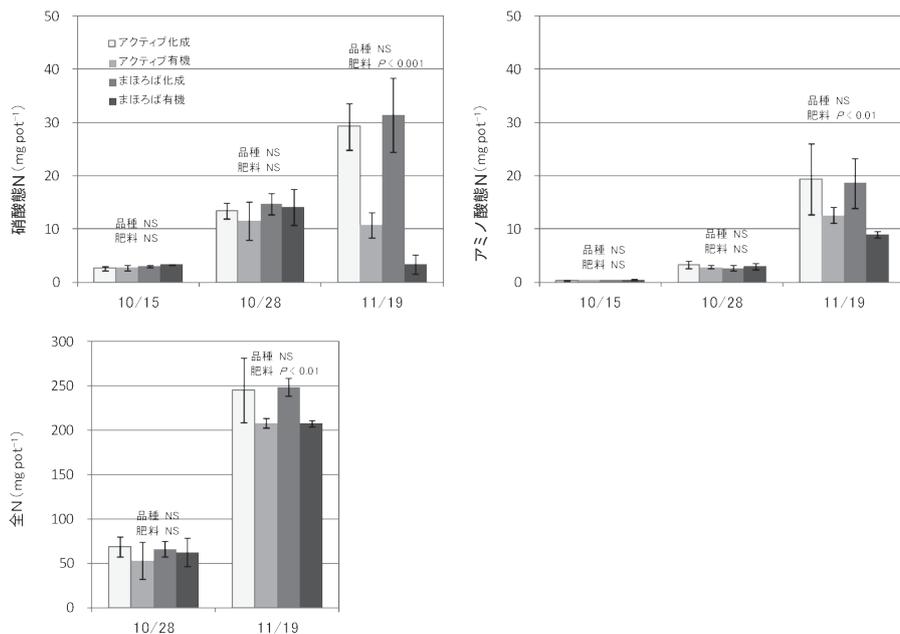


図3 ホウレンソウに含まれる窒素量の変化

エラーバーは標準偏差。2要因（品種+肥料）×2水準の分散分析におけるP値（NS：P>0.05、n=3）を示す。

持続的にアミノ酸が溶出されるような条件（例えば有機物の連用下）で再検討が必要と考える。

### 実験3 慣行および有機管理土壌を用いたミズナ栽培

播種前土壌の無機態窒素は有機区よりも化成区で多く、ミズナの窒素吸収量も同様の傾向を示した（表4）。pH 6未満の未耕地、会津若松慣行および喜多方

表4 播種前の土壌無機態窒素およびミズナ地上部の窒素吸収量

土壌	肥料	----- 土壌 -----			----- 地上部N吸収量 -----			
		NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	無機N	6/14		6/21	
		(mg kg <sup>-1</sup> 乾土)			(mg 株 <sup>-1</sup> )			
未耕地	化成	28.5	173.5	202.0 (100)	23.3 (100)	48.4 (100)		
	有機	30.2	105.8	136.0 (67)	17.0 (73)	36.3 (75)		
	有機N2	34.5	198.5	233.0 (115)	32.7 (141)	52.6 (109)		
浪江慣行	化成	178.9	0.8	179.8 (100)	22.0 (100)	33.8 (100)		
	有機	99.4	0.8	100.2 (56)	17.5 (80)	26.0 (77)		
浪江有機	化成	172.7	1.0	173.7 (100)	25.6 (100)	35.3 (100)		
	有機	116.7	1.4	118.1 (68)	16.9 (66)	31.6 (90)		
会津若松慣行	化成	72.4	81.2	153.6 (100)	13.0 (100)	30.3 (100)		
	有機	55.2	2.5	57.7 (38)	4.0 (31)	9.2 (30)		
会津若松有機	化成	462.6	1.0	463.6 (100)	46.2 (100)	67.7 (100)		
	有機	382.7	1.0	383.7 (83)	32.7 (71)	52.8 (78)		
喜多方有機	化成	88.0	40.1	128.1 (100)	17.4 (100)	48.9 (100)		
	有機	12.9	0.5	13.4 (10)	5.1 (29)	18.7 (38)		
分散分析 (P値)	土壌	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		
	肥料	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		
交互作用		<0.001	<0.001	0.059	0.577	0.008		

分散分析は未耕地「有機N2」以外に適用。

表5 6/14に収穫したミズナの新鮮重および品質成分濃度

土壌	肥料	6/14	6/21	窒素	アスコルビン酸	硝酸	シュウ酸	糖	総アミノ酸
		----- g株 <sup>-1</sup> -----							
未耕地	化成	10.7	19.3	2.16	1.21	0.004	0.34	6.23	0.96
	有機	10.4	17.8	1.57	1.06	0.038	0.83	6.01	0.81
	有機N2	14.0	21.4	2.32	0.98	0.138	1.71	6.11	0.72
浪江慣行	化成	14.1	20.1	1.56	1.39	0.003	0.69	6.21	0.51
	有機	12.6	17.4	1.38	1.29	0.001	0.67	7.01	0.39
浪江有機	化成	14.4	21.0	1.78	1.33	0.002	0.83	5.69	0.52
	有機	12.1	18.5	1.40	1.44	0.002	0.69	8.89	0.42
会津若松慣行	化成	9.3	14.9	1.38	1.25	0.002	0.52	12.34	0.52
	有機	5.6	6.8	0.71	1.27	0.002	0.36	10.00	0.36
会津若松有機	化成	17.9	30.0	2.59	1.02	0.038	1.38	5.98	0.78
	有機	15.3	26.1	2.11	1.05	0.026	1.24	4.98	0.74
喜多方有機	化成	13.0	20.8	1.34	1.27	0.008	0.65	9.06	0.43
	有機	6.7	11.7	0.77	1.11	0.002	0.54	9.85	0.32
分散分析 (P値)	土壌	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.022	<0.001	<0.001	<0.001
	肥料	<0.001	<0.001	<0.001	0.244	0.653	0.779	0.637	0.001
	交互作用	0.057	0.048	0.479	0.178	0.285	0.002	0.025	0.844

分散分析は未耕地「有機N2」以外に適用。

表6 6/21に収穫したミズナの新鮮重および品質成分濃度

土壌	肥料	新鮮重	窒素	アスコルビン酸	硝酸	シュウ酸	糖	総アミノ酸
		--- g株 <sup>-1</sup> ---						
未耕地	化成	19.3	2.51	1.20	0.003	0.55	10.2	0.87
	有機	17.8	2.04	1.19	0.002	0.80	9.2	0.55
	有機N2	21.4	2.48	1.19	0.003	1.53	10.6	0.61
浪江慣行	化成	20.1	1.66	1.36	0.004	0.71	10.8	0.38
	有機	17.4	1.50	1.30	0.006	0.83	10.7	0.36
浪江有機	化成	21.0	1.69	1.40	0.008	0.82	9.2	0.45
	有機	18.5	1.68	1.31	0.011	0.82	10.0	0.41
会津若松慣行	化成	14.9	2.03	1.18	0.006	0.88	13.5	0.55
	有機	6.8	1.34	1.23	0.003	0.48	12.1	0.35
会津若松有機	化成	30.0	2.27	1.19	0.006	1.35	10.4	0.58
	有機	26.1	2.03	1.25	0.002	1.10	10.3	0.60
喜多方有機	化成	20.8	2.34	0.89	0.134	1.28	6.3	0.68
	有機	11.7	1.60	1.00	0.002	0.71	9.5	0.49
分散分析 (P値)	土壌	<0.001	<0.001	0.003	0.013	0.001	<0.001	<0.001
	肥料	<0.001	<0.001	0.863	0.050	0.055	0.662	<0.001
	交互作用	0.048	0.005	0.874	0.009	0.022	0.140	0.001

分散分析は未耕地「有機N2」以外に適用。

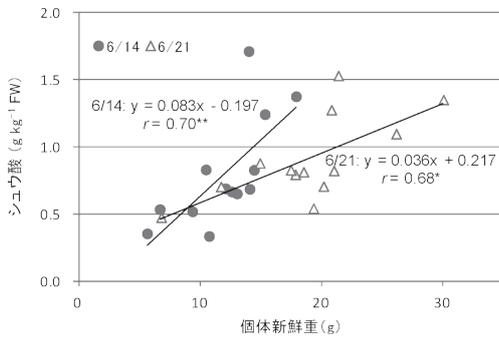


図4 ミズナの新鮮重とシュウ酸濃度  
ピアソンの相関係数 (r) の後に有意性の有無 (\*\*:P<0.01, \*:P<0.05, n=13) を示す。

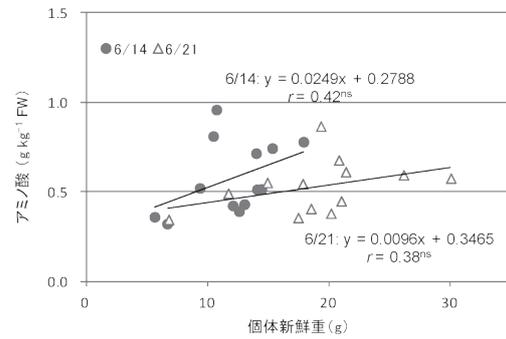


図6 ミズナの新鮮重とアミノ酸濃度  
ピアソンの相関係数 (r) の後に有意性の有無 (ns:P>0.05, n=13) を示す。

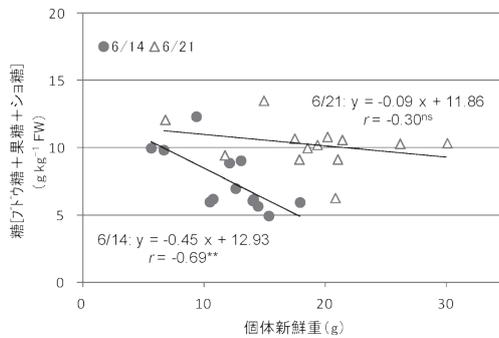


図5 ミズナの新鮮重と糖濃度  
ピアソンの相関係数 (r) の後に有意性の有無 (\*\*:P<0.01, ns:P>0.05, n=13) を示す。

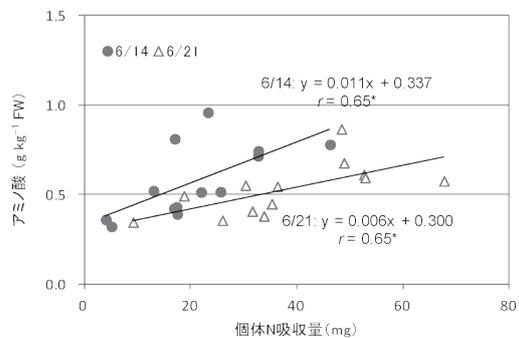


図7 ミズナの窒素吸収量とアミノ酸濃度  
ピアソンの相関係数 (r) の後に有意性の有無 (\*:P<0.05, n=13) を示す。

有機土壌で、無機態窒素の $\text{NH}_4\text{-N}$ 割合が高く、6月14日から6月21日の生長が大きかった(表5)。このことから、土壌での $\text{NO}_3\text{-N}$ 生成とともにミズナの生長が促進された可能性が考えられ、ミズナは無機態窒素の中でも硝酸を優先的に吸収することが推察された。

ミズナの新鮮重も有機区よりも化成区で多かったが、品質成分は土壌によって傾向が異なった(表5、表6)。品質成分のうち新鮮重に対して相関を示したのはシュウ酸と糖であった(図4、図5)。シュウ酸は生育量が多いものほど濃度が高かった。いっぽう糖は、6月14日に新鮮重との負の相関を示したが、生育にともなう減少はみられず6月21日に新鮮重との相関はなかった。このことから、生育量と糖濃度の関係は一定ではなく、環境条件や植物の栄養状態の変化とともに推移し、収穫時期によって異なることが示された。また、アミノ酸は新鮮重ではなく窒素吸収量との相関を示した(図6、図7)。ミズナの総アミノ酸量は、実験2のハウレンソウと同様に、土壌からの窒素供給量によって左右されると考えられた。

今後は、上に述べた生育量と品質成分量の関係を考慮し、肥料自体のミズナ品質への効果を検証していく必要がある。中川ら(2000)<sup>12)</sup>は、未耕地土壌と堆肥連用土壌に対して化成肥料(リン加安と熔成リン肥)と有機質肥料(米ぬかに豆腐粕を添加し発酵後ペレット化したもの)を4から5段階の施用量で加え、

コマツナの生育量と品質成分(硝酸、糖、アスコルビン酸および $\beta$ -カロテン)との関係を化成区と有機区で比較した。関係性を比較することによって、生育量の違いが品質成分濃度にもたらす影響を排除している。彼らの試験では、必ずしも有機質肥料がコマツナの成分品質を向上させないことが示されている。

#### 実験4 慣行および有機管理土壌を用いたニンジン栽培

播種前土壌の無機態窒素は実験3と同様に化成区で多かったが、遊離アミノ酸は有機区で多かった(表7)。ミズナとは異なり、ニンジンの窒素吸収量は必ずしも土壌の無機態窒素量を反映していなかった。窒素吸収量が化成区の方で多かったのは会津若松有機土壌のみであった( $P<0.05$ )。ニンジンは無菌状態で有機態窒素を利用できることが示されており<sup>6)</sup>、本実験の有機区で有機態窒素がニンジンの生育に寄与していた可能性は否定できない。しかし、アミノ酸濃度が最も高かった未耕地土壌でニンジンの生育が阻害された(図8)ことから、土壌窒素以外の要因が生育自体そして窒素吸収量を大きく左右していたと考えられる。

有機区のニンジン可食部は、化成区のものと比較して、同等かそれ以上の重量、長さであった(表8)。化成区よりも有機区で大きかったのは浪江有機、会津若松慣行、喜多方有機の土壌であった(表7、

表7 播種前の土壌窒素およびニンジンの窒素吸収量

土壌	肥料	土壌				-- N吸収量 -- (mg 株 <sup>-1</sup> )
		$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	無機N (mg kg <sup>-1</sup> 乾土)	アミノ酸N	
未耕地	化成	114.5	28.7	143.2 (100)	1.52	16.5 (100)
	有機	89.8	0.7	90.6 (63)	1.71	28.9 (175)
	有機N2	184.3	1.3	185.6 (130)	1.80	22.1 (134)
浪江慣行	化成	236.7	0.4	237.1 (100)	0.96	176.7 (100)
	有機	185.6	0.5	186.1 (78)	1.19	173.2 (98)
浪江有機	化成	257.2	0.5	257.7 (100)	1.29	129.7 (100)
	有機	211.9	0.9	212.8 (83)	1.49	151.4 (117)
会津若松慣行	化成	114.6	45.8	160.4 (100)	0.47	73.0 (100)
	有機	96.3	0.7	97.0 (60)	0.59	136.6 (187)
会津若松有機	化成	422.9	1.8	424.7 (100)	0.74	248.7 (100)
	有機	323.0	1.4	324.5 (76)	0.69	203.7 (82)
喜多方有機	化成	122.8	1.6	124.4 (100)	0.43	93.4 (100)
	有機	66.9	0.5	67.4 (54)	0.72	168.3 (180)
分散分析 (P値)	土壌	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	肥料	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.024
	交互作用	<0.001	<0.001	<0.001	0.004	0.003

分散分析は未耕地「有機N2」以外に適用。喜多方有機土壌の窒素施用量は有機区で化成区の2倍=3g N m<sup>-2</sup>。

$P < 0.05$ )。会津若松慣行土壌と喜多方有機土壌はもともとpHが低く(表1)、会津若松慣行土壌は保水性も悪かったため、有機質肥料の施用によって土壌の酸性度や物理性が改善されたことが生育の促進につながったと推察される<sup>16) 17)</sup>。いっぽう浪江有機土壌は酸性度、保水性ともにニンジンの生育に適した条件であったため、有機質肥料の効果に関して原因は不明である。収穫時に採取した土壌では、無機態窒素が有機区よりも化成区で多く、化成区のポットから無機態窒素が余計に流出していないことを確認した(表9)。

糖およびカロテン濃度には肥料による違いがほとんどみられなかった(表8)。化成区よりも有機区で可食部が大きかった土壌でも品質成分濃度は化成区と有

機区で同等であった。ニンジンの糖、カロテン濃度は、著しい過不足がなければ、土壌養分の影響を受けにくいと考えられる<sup>28)</sup>。唯一、会津若松慣行土壌で有機区のニンジンの方が新鮮重あたりの品質成分濃度が低い傾向であったが、これは化成区のニンジンと比べて乾物率が低かった(含水率が高かった)ためと思われる。中川ら<sup>29)</sup>は、3年にわたる圃場試験で、有機質肥料で栽培されたニンジンが化成肥料のものに比べて軟らかく、糖、カロテン濃度が低かったことを示している。圃場試験では根域が広いいため、根の発達による影響も評価できる。有機質肥料を施用した土壌では、根の発達とともに水分の吸収が促進され、糖とカロテンの濃度が減少した可能性が考えられる。本実験で使用した会津若松有機土壌はECが高かったため(表1)、逆に、水分ストレスによる糖、カロテン濃度の増加が認められた(表8)。

ニンジンに対する消費者の好みは、主に、糖(甘さ)とテルペノイド(香り)の濃度によって決まる<sup>20)</sup>。しかし、食味試験で「より甘い」と感じたニンジン試料でも、糖濃度を測定すると差がみられない場合がある<sup>30)</sup>。本実験では化学分析のみで肥料処理の比較を行ったが、今後は食味試験をあわせて行う必要がある。

喜多方市の有機生産者(本実験で使用した土壌の提供者)によれば、慣行栽培のニンジンよりも、自然農法に近い有機農法で栽培したニンジンの方がβ-カロテンの効能が高いと考える購入者が多いという。しか



図8 未耕地土壌(左:左から化成、有機、有機N2)と浪江土壌(右:左から慣行圃化成、慣行圃有機、有機圃化成、有機圃有機)のニンジン

表8 ニンジン可食部の調査結果

土壌	肥料	長さ -- cm --	個体重 -- g --	乾物率 -- % --	糖			--- カロテン ---	
					グルコース	フルクトース	スクロース	$\alpha$	$\beta$
					----- g kg <sup>-1</sup> FW -----			--- mg kg <sup>-1</sup> FW ---	
浪江慣行	化成	14.5	114.4	13.0	11.1	10.7	49.1	39.6	37.0
	有機	15.9	113.0	11.9	15.0	12.6	42.9	30.5	30.8
浪江有機	化成	13.1	81.1	13.7	12.3	11.1	53.0	34.5	34.1
	有機	14.5	97.9	13.3	12.2	11.5	55.8	35.1	35.8
会津若松慣行	化成	7.3	27.8	16.1	14.3	13.0	59.5	40.7	43.3
	有機	14.2	89.3	13.8	11.8	11.1	51.9	34.6	35.6
会津若松有機	化成	11.9	82.6	16.4	9.7	10.0	60.1	49.4	46.0
	有機	13.2	80.9	17.7	11.1	11.7	67.0	52.2	51.5
喜多方有機	化成	12.2	63.0	12.8	14.2	12.4	44.9	24.9	26.4
	有機	13.3	103.9	13.5	16.0	13.3	47.9	33.0	34.8
分散分析 (P値)	土壌	<0.001	<0.001	<0.001	0.025	0.314	<0.001	<0.001	0.001
	肥料	<0.001	<0.001	0.369	0.284	0.333	0.928	0.779	0.883
	交互作用	<0.001	<0.001	0.086	0.201	0.327	0.197	0.253	0.169

喜多方有機土壌の窒素施用量は有機区で化成区の2倍=30g N m<sup>-2</sup>。

未耕地土壌のニンジンは生育不良のため、調査から除外。

表9 ニンジン収穫時の土壤窒素

土壤	肥料	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	アミノ酸N
		----- mg kg <sup>-1</sup> 乾土 -----		
未耕地	化成	68.7	0.837	2.362
	有機	62.7	0.709	2.451
	有機N2	111.9	0.283	2.442
浪江慣行	化成	177.8	0.210	1.162
	有機	146.7	0.498	1.424
浪江有機	化成	185.6	0.338	1.528
	有機	162.3	0.562	1.730
会津若松慣行	化成	81.2	2.633	0.903
	有機	38.0	0.778	0.849
会津若松有機	化成	167.7	0.473	0.685
	有機	170.2	0.380	0.657
喜多方有機	化成	41.2	0.398	0.609
	有機	37.7	0.365	0.848

喜多方有機土壤の窒素施用量は有機区で化成区の2倍=30g N m<sup>-2</sup>。

し、過去の試験結果をみると、有機栽培ニンジンのカロテン濃度は必ずしも高くなく<sup>18) 29)</sup>、人に摂取させた場合でも抗酸化作用に違いが現れないことが報告されている<sup>2) 31)</sup>。有機野菜を好む消費者の考えが、研究者の手によって未だ客観的に評価されていないのが現状である。

## 4 総括

本研究により、アミノ酸を利用できる野菜の存在がさらに明らかとなったが、ホウレンソウ、ニンジンの生育に対する有機質肥料の効果は、アミノ酸の利用よりはむしろ、土壤の酸性度や物理性の改善に起因するものと推察された。また、栄養面からみてもミズナとニンジンの品質が必ずしも有機質肥料の施用によって向上されることが示された。しかし、これはポットやプランターを用いた室内試験で得られた結果であり、しかも化学分析に依存した結果である。「野菜の品質は有機質肥料の施用で向上されるのか？」—この質問に答えるためには、圃場レベルで長期試験を行い、化学分析に食味試験を融合させた検討が必要である。消費者が有機野菜に“品質の良さ”を求めていることは事実であり、その期待に応えるために、どのような肥培管理で野菜の品質が向上するのか、ひとつひとつ解明していくことが大切である。

たとえ有機野菜の品質が慣行栽培のものと同様であったとしても、環境負荷を与えない適切な肥培管理がなされているのであれば、有機栽培そのものに十分

な意味があることを忘れてはならない。有機栽培は本来、資源の循環利用を図り環境の保全に努めるという重要な意義をもつ。

## 5 摘要

本試験では、実験1～4を行い、有機質肥料の施用で栄養面からみた野菜の品質が向上されるかを検討した。

- (1) 実験1では、葉菜6種と根菜2種を調査し、無菌条件においてアミノ酸を利用する能力が高いと考えられたのはチンゲンサイとダイコンであった。
- (2) 実験2では、硫安と菜種油粕を施用した土壤におけるホウレンソウの生育に差が認められなかった。しかし、土壤の無機態窒素は後者で少なかった。菜種油粕の投入でアミノ酸の利用が促進されたというよりはむしろ、土壤のpHが上昇してホウレンソウの生育が促進されたと考えられた。収穫時、土壤の無機態窒素量を反映して、ホウレンソウの硝酸とアミノ酸は硫安よりも菜種油粕を施用した土壤で少なかった。
- (3) 実験3では、土壤は6種、肥料処理は化成肥料1種と有機質肥料3種、計4種を組み合わせて、13の異なる条件でミズナを栽培した。ミズナのシュウ酸濃度は生育量と正の相関があり、糖濃度は負の相関が認められた。さらに、ミズナのアミノ酸濃度は窒素吸収量と正の相関を示した。
- (4) 実験4では、実験3と同様の条件でニンジン栽培した。有機質肥料で栽培したニンジンは、化成肥料で栽培したものと比較して、同等もしくはそれ以上の大きさであった。ホウレンソウと同様に、有機質肥料の施用で土壤のpHや物理性が好条件となり、ニンジンの生育がよくなったと考えられた。糖とカロテン濃度は肥料の種類による影響をほとんど受けなかった。

本試験では、有機質肥料の施用が野菜のアミノ酸利用を高め、品質を向上させると言える結果がえられなかった。結果はポット栽培やプランター栽培で得られたものであり、屋外試験で得られたものではない。

## 謝辞

本研究の実施にあたり、協力してくださった福島県農業総合センターの職員、臨時職員の方々に深く感謝します。また、無菌栽培については宮沢佳恵博士（東北農業研究センター）に、土壤分析に関しては三浦吉

則博士（福島県相双農林事務所）、宮丸直子氏（沖縄県農業研究センター）、唐澤敏彦博士（中央農業総合研究センター）に、野菜の品質分析と試験設計については村山徹氏（東北農業総合センター）、建部雅子博士（中央農業総合研究センター）、堀江秀樹博士（野菜茶業研究所）に貴重なアドバイスをいただきました。ここで感謝の意を表します。

## 引用文献

- 1) Dangour, A., Dodhia, S., Hayter, A., Aikenhead, A., Allen, E., Lock, K. and Uauy, R. 2009. Comparison of composition (nutrients and other substances) of organically and conventionally produced foodstuffs: a systematic review of the available literature. Report for the Food Standards Agency: 1-31.
- 2) Stracke, B.A., Ruffer, C.E., Bub, A., Briviba, K., Seifert, S., Kunz, C. and Watzl, B. 2009. Bioavailability and nutritional effects of carotenoids from organically and conventionally produced carrots in healthy men. *Brit. J. Nutr.* 101: 1664-1672.
- 3) 村山徹・長谷川浩・宮沢佳恵・武田容枝・村山秀樹. 2010. 夏秋作ミニトマトにおける有機栽培と慣行栽培による品質の差違. *食科工* 57: 314-318.
- 4) 松本真悟・阿江教治・山縣真人. 1999. 有機質肥料の施用がハウレンソウの生育および硝酸、シュウ酸、アスコルビン酸含量に及ぼす影響. *土肥誌* 70: 31-38.
- 5) 小田島ルミ子・高橋正樹・平賀昌晃・小野剛志・阿江教治・松本真悟. 2006. オガクズ牛ふんたい肥の長期施用がハウレンソウの生育および窒素吸収に及ぼす影響. *園学研* 5: 389-395.
- 6) Matsumoto, S., Noriharu, A. and Yamagata, M. 2000. Possible direct uptake of organic nitrogen from soil by chingensai (*Brassica campestris* L.) and carrot (*Daucus carota* L.). *Soil Biol. Biochem.* 32: 1301-1310.
- 7) Miyazawa, K., Murayama, T. and Takeda, M. 2008. Can plants absorb and utilize phosphate buffer extractable soil organic nitrogen without its prior mineralization? *Soil Sci. Plant Nutr.*, 54: 247-252.
- 8) 村山徹・宮沢佳恵・長谷川浩. 2008. 秋冬作ハウレンソウの品質に対する有機栽培と慣行栽培の差異. *食科工* 55: 494-501.
- 9) Owen, A.G. and Jones, D.L. 2001. Competition for amino acids between wheat roots and rhizosphere microorganisms and the role of amino acids in plant N acquisition. *Soil Biol. Biochem.* 33: 651-657.
- 10) Biernath, C., Fischer, H. and Kuzyakov, Y. 2008. Root uptake of N-containing and N-free low molecular weight organic substances by maize: A <sup>14</sup>C/<sup>15</sup>N tracer study. *Soil Biol. Biochem.* 40: 2237-2245.
- 11) 近藤謙介・竹下あゆみ・松添直隆. 2008. 施肥量の違いがミズナおよびコマツナの生育と硝酸イオン濃度に及ぼす影響. *植物環境工学* 20: 242-246.
- 12) 中川祥治・山本秀治・五十嵐勇紀・田村夕利子・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β-カロチン含量に及ぼす影響. *土肥誌* 71: 625-634.
- 13) 藤原孝之. 2006. 有機野菜の品質評価研究の課題と展望. *園学研* 5: 1-5.
- 14) 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: 7-20.
- 15) 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.
- 16) 六本木和夫・石上忠・武田正人. 1992. 稲わら堆肥の連用が野菜の生育収量に与える影響. *土肥誌* 63: 690-695.
- 17) 家壽多正樹・八槇敦・戸辺学・安西徹郎. 2003. 黒ボク土畑における有機物および土壌改良資材の連用が作物収量および土壌に及ぼす影響. *土肥誌* 74: 673-677.
- 18) Warman, P.R. and Havard, K.A. 1997. Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown carrots and cabbage. *Agr. Ecosyst. Environ.* 61: 155-162.
- 19) Lester, G.E. 2006. Environmental regulation of human health nutrients (ascorbic acid, β-carotene, and folic acid) in fruits and vegetables. *HortScience* 41: 59-64.
- 20) Howard, L.R., Braswell, D., Heymann, H., Lee, Y., Pike, L.M. and Aselage, J. 1995. Sensory attributes and instrumental analysis relationships for strained processed carrot flavor. *J. Food Sci.* 60: 145-148.
- 21) 樋口太重. 1982. 緩衝液で抽出される有機窒素化合物の性質について. *土肥誌* 53: 1-5.
- 22) Jones, D.L., Owen, A.G. and Farrar, J.F. 2002. Simple method to enable the high resolution

- determination of total free amino acids in soil solutions and soil extracts. *Soil Biol. Biochem.* 34: 1893-1902.
- 23) 永田雅靖・野口裕司・伊藤秀和・今西俊介・杉山慶太. 2007. 普通種ニンジンと金時ニンジンの $\alpha$ -、 $\beta$ -カロテンおよびリコペンの簡易分別定量法. *食科工* 54: 351-355.
- 24) 宮沢佳恵・武田容枝・村山徹. 2010. チンゲンサイは無菌条件では高分子土壌有機態窒素を窒素源として利用しない. *土肥誌* 81: 36-38.
- 25) Okazaki, K., Oka, N., Shinano, T., Osaki, M. and Takebe, M. 2008. Differences in the metabolite profiles of spinach (*Spinacia oleracea* L.) leaf in different concentrations of nitrate in the culture solution. *Plant Cell Physiol.* 49: 170-177.
- 26) Jones, D.L., Shannon, D., Junvee-Fortune, T. and Farrar, J.F. 2005. Plant capture of free amino acids is maximized under high soil amino acid concentrations. *Soil Biol. Biochem.* 37: 179-181.
- 27) 橋本真明・本田朋・頼泰樹・中村進一・服部浩之. 2009. 種々の堆肥施用が土壌及び作物の遊離アミノ酸組成、含量に与える影響について. *土肥要旨集* 55: 152.
- 28) 川越英夫. 2004. 野菜園芸大百科第2版11－ニンジン／ゴボウ／ショウガ－生理・生態を生かす栽培の基本. 農山漁村文化協会, 東京, pp.131-145.
- 29) 中川祥治・田村夕利子・山本秀治・吉田企世子・善本知孝. 2003. 有機質肥料および化成肥料で栽培したニンジン (*Daucus carota* L.) における生育量差の影響を除去した品質比較. *土肥誌* 74: 45-53.
- 30) Nakagawa, S., Yoshida, K. and Yoshimoto, T. 2003. Effects of  $\text{CO}_3$ , Cl and  $\text{SO}_4$  ions on parameters of sensory evaluations of carrots (*Daucus carota* L.) . *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 72: 312-314.
- 31) Soltoft, M., Bysted, A., Madsen, K.H., Mark, A.B., Bugel, S.G., Nielsen, J. and Knuthsen, P. 2011. Effects of organic and conventional growth systems on the content of carotenoids in carrot roots, and on intake and plasma status of carotenoids in humans. *J. Sci. Food Agric.* 91: 767-775.