

<原著論文>

有機栽培と慣行栽培における肥料流出および栄養成分の比較

Comparison of fertilizer efflux from soil and amount of nutrients in crops between an organic and a conventional cultivation

佐藤 晴美¹, 今西 美里², 奥村 もとよ³, 田中 智子⁴, 今井 長兵衛⁵

要 旨

植木鉢を用いた小規模実験で、有機栽培土壌と慣行栽培土壌の保水力と肥料成分の溶脱、および栽培したパプリカ（トウガラシの1栽培品種）の栄養成分含有量を比較した。本実験で用いた有機栽培培養土は慣行栽培培養土より保水性が高く、CODとリン酸態リンの溶脱量が少なかった。また、カリウムと無機態窒素の総流出量は有機栽培区と慣行栽培区で差がなかったが、流出は有機栽培区で早期に、慣行栽培区では若干遅れて始まる傾向がみられた。パプリカ熟果のRQフレックスによる測定では、グルコースの含有量に有意差はなかったが、ビタミンCの含有量は有機栽培区で有意に多かった。上記の結果は、個別の栽培条件と対象作物についての実験的研究の結果であり、パプリカについての結論を得るには、異なる条件、異なるスケールでの実験を積み重ねる必要がある。

Abstract

Fertilizer effluents from soil and nutrition contents of crops were compared between an organic- and a conventional cultivation method by using small pots with 30cm diameter and 30cm depth. An organic type of soil consisting 10.7L of commercial organic soil, 83g of organic lime, and 98g of compound organic fertilizer (nitrogen 5.0%, phosphorus 7.0% and potassium 5.0%) were prepared in each of four pots (organic experiments), and a conventional type of soil consisting 7.0L of loamy soil, 6.0L of leaf mold, 83g of slaked lime, and 78g of compound inorganic fertilizer (nitrogen 6.0%, phosphorus 5.0% and potassium 6.0%) in each of another four pots (conventional experiments). One sapling of paprika, a cultivated variety of pepper, *Capsicum annum* (Solanaceae) was planted in each of the eight pots in the beginning of June. Amount of effluent water from soil of each pot was measured every two weeks except the first period of four weeks, and concentration of fertilizing substances in the sample water was examined. Amounts of the fertilizer effluents were estimated as [water amount] x [substance concentration]. The amounts of effluents of water, COD, and phosphorus were significantly less in the organic experiments than in the conventional ones whereas no significant difference was detected for the amounts of effluents of potassium, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, and total inorganic nitrogen. In late September to early October, matured yellow fruits of paprika were sampled for measuring of their nutrient contents. The content of Vitamin C was significantly larger in the fruits from the organic experiments than in those from the conventional ones, but no significant difference was detected for the contents of glucose.

キーワード：グルコース, リン, パプリカ, ビタミンC, 流出水

Capsicum annum, Glucose, Phosphorus, Vitamin C, Water effluent

緒 言

有機農業の推進に関する法律（2006年12月制定）に基づき、農林水産省では2007年4月末に有機農業

の推進に関する基本的な方針¹⁾を策定している。それによれば、有機農業は、「農業の自然循環機能を増進し、農業生産活動に由来する環境への負荷を大幅に低減するものであり、生物多様性の保全に資するもので

- | | | | | |
|-------------------|--------|-------|--------|-----------------|
| 1 Harumi SATO | 千里金蘭大学 | 生活科学部 | 食物栄養学科 | 受理日：2011年10月25日 |
| 2 Misato IMANISHI | 千里金蘭大学 | 生活科学部 | 食物栄養学科 | |
| 3 Motoyo OKUMURA | 千里金蘭大学 | 生活科学部 | 食物栄養学科 | |
| 4 Tomoko TANAKA | 千里金蘭大学 | 生活科学部 | 食物栄養学科 | |
| 5 Chobei IMAI | 千里金蘭大学 | 生活科学部 | 食物栄養学科 | |

ある」とされ、「消費者の食料に対する需要が高度化し、かつ、多様化する中で、安全かつ良質な農産物に対する消費者の需要に対応した農産物の供給に資するものである」と謳われている。また、有機栽培の手法として、「化学肥料及び農薬を使用しないこと並びに遺伝子組換え技術を利用しないことを基本とする」と定めている。

有機JAS規格（有機農産物の日本農林規格）では、以下のような天然に存在する物質の有機栽培における使用を認めている。有機肥料の使用は当然であるが、他に様々な無機物質の使用が認められている。それらは、草木灰、炭酸カルシウム（苦土炭酸カルシウムを含む）、塩化カリ、硫酸カリ、硫酸カリ苦土、天然りん鉱石、硫酸苦土、水酸化苦土、石こう、硫黄、生石灰（苦土生石灰を含む）、消石灰、微量元素（マンガン、ほう素、鉄、銅、亜鉛、モリブデンおよび塩素）、岩石を粉碎したもの、塩基性スラグ、鉍さいけい酸質肥料、よう成りん肥、塩化ナトリウム、リン酸アルミニウムカルシウム、塩化カルシウムなどである。また、使用可能な農薬は、除虫菊乳剤およびピレトリン乳剤、なたね油乳剤、マシン油エアゾル、マシン油乳剤、大豆レシチン・マシン油乳デンプン水和剤、脂肪酸グリセリド乳剤、メタアルデヒド粒剤、硫黄くん煙剤、硫黄粉剤、硫黄・銅水和剤、水和硫黄剤、硫黄・大豆レシチン水和剤、石灰硫黄合剤、シイタケ菌糸体抽出物液剤、炭酸水素ナトリウム水溶剤および重曹、炭酸水素ナトリウム・銅水和剤、銅水和剤、銅粉剤、硫酸銅、生石灰、天敵等生物農薬、性フェロモン剤、クロレラ抽出物液剤、混合生薬抽出物液剤、ワックス水和剤、展着剤、二酸化炭素剤、ケイソウ土粉剤、食酢の30種類である。

有機栽培は慣行栽培（無機栽培）と比較して肥料の土壌流出が少なく²⁾、作物の栄養成分に優れているといわれている³⁾。しかし、これまでに得られている知見では、研究ごとに結果がかなり異なり、明確な結論は出ていないように思われる⁴⁾。これは、有機栽培にも多様な方法があり、研究対象の作物や実験地の立地条件なども研究ごとに異なっている結果とも考えられ、今後も知見を重ねることが明確な結論付けに不可欠といえる。

本研究では、植木鉢を用いるという小規模な実験条件ではあるが、有機栽培と慣行栽培の両手法によってナス科トウガラシ *Capsicum annuum* の1栽培品種、パプリカを栽培し、培養土からの肥料成分の流出状況および成熟果実のビタミンCとグルコースの含有量を比較検討した。

材料と方法

1. 栽培方法

1) 培養土

有機栽培の培養土は、コーナン商事販売の有機培養土「有機培養土園芸の土」10.7L、シーシーエフジャパン販売の有機石灰「天然かきから」83g、株式会社大和販売の有機配合肥料「富士131号」98g（63 ml）をよく混合したものを4個の植木鉢の各々に入れて用いた。「有機培養土園芸の土」は配合肥料無添加で、主な配合原料はパーク堆肥、粒土、ピートモス、ココユーキ、パーライト、ゼオライト、ネオトリマーであり、pHは6.0±0.5、EC（電気伝導度 mS/cm）は1.0以下である。有機石灰「天然かきから」は副産石灰肥料で、アルカリ分は46.0%である。有機配合肥料「富士131号」の原料は有機質（油粕、菌体肥料、魚粉、アミノ酸肥料、大豆粕）が68%、無機質（重過リン酸石灰、硫酸カリ、硫酸安）が32%であり、窒素5.0%、リン酸7.0%、カリウム5.0%が含まれている。

慣行栽培の培養土は、グリーンプラン株式会社販売の赤玉土小粒7L、グリーンプラン株式会社販売のパーク入り腐葉土6L、シーシーエフジャパン販売の消石灰83g、ハイポネックスジャパン販売の無機肥料「マグアンプK複合肥料1号」78g（98 ml）をよく混合したものを4個の植木鉢の各々に入れて用いた。「マグアンプK複合肥料1号」は窒素6.0%、リン酸5.0%、カリ6.0%、マグネシウム1.0%を含有している。

鉢底石は有機栽培と慣行栽培で同じものを各植木鉢に1.25L使用した。

2) その他の栽培条件

実験に用いた植木鉢は上部の直径33cm、底部の直径30cm、土を入れる部分の深さ30cmで、底は二重になっており、土の下に深さ4cmまで水が溜まり、培養土や根系はそれより上部にとどまるように設計されている。また、底から4cmの高さに排水口があり、そのふたを常時開けておき、大雨等で供給される水量が多い場合には、そこから排水されるように条件を整えた。植木鉢の底から130cmの支柱を4本立て、適宜、太枝をビニール紐で支柱から吊り下げるのに用いた。植木鉢は直径42cm、深さ5cmの受け皿の上に置き、植木鉢の底から4cmの穴から溢れ出す水を採取できるようにした。

植木鉢は8個用意し、4個には有機栽培用の培養

土、別の4個には慣行栽培用の培養土を入れて2日間放置した後、有機栽培区と慣行栽培区の各々にパプリカの苗を1株ずつ植えた。

すべての株に対して給水量は同量にしたが、各実験区の半数の植木鉢にはCOD（化学的酸素要求量）15mg/週に相当する量の米の研ぎ汁を添加した。しかし、添加量が少なかったため、分散分析の結果、米の研ぎ汁の効果はいずれの実験区、いずれの調査項目においても検出できなかったため、以下では添加区と無添加区を込みにして解析する。

栽培期間は2010年6月1日から9月10日までであった。

2. 実験区の設定

実験区は有機栽培区と慣行栽培区を設け、各々の実験区に4反復（植木鉢数）を準備した。栽培は千里金蘭大学4号北館1階西側の窓際に植木鉢を1列に並べて行ったので、パプリカは午後に直射日光を浴びていたことになる。ただし、実験場所の西側に疎林があり、全ての日射が常に実験区に到達していたわけではない。日照条件が実験区間で偏らないよう、有機栽培区の鉢と慣行栽培区の鉢を交互に配置した（Fig. 1）。



Fig. 1 Scenery of experimental cultivation.

3. 肥料成分流出量の推定

1) 流出水量の推定

各々の植木鉢からの流出水の採取は7月2日、7月16日、7月30日、8月13日、8月27日および9月10日に実施した。植木鉢の底近くの側面に設けられた排水口のふたを取り、底に溜まった水を受け皿に移して、メスシリンダーにより水量を測定した。

ほぼ毎日実施した見回りのときに、受け皿に水は溜まっていなかったため、今回の実験においては常時開

放しておいた上部排水口から溢れた水が受け皿に溜まるという事態は生じなかったものと思われる。また、雨水が受け皿に降り込んで水量調査時まで滞留することはなく、雨水が加わった水量を測定して流出水量を過大推定するということは実験期間中まったくなかった。雨水の降り込みが殆どなかったのは、鉢を建物の壁近くに置き、防虫ネットで受け皿の大部分を覆ったこと、および実験期間における時間降水量が多くなかったことによると考えられる。したがって、今回の実験における流出水量の推定値は正確であったといえる。

2) 試料水の採取

試料水の採取は、各々の植木鉢からの流出水の全量をよく攪拌したのち、100mlの容器にその一部をとり、5℃の冷蔵庫で保管した後、通常は10日以内に水質測定を行った。

3) 試料水の水質測定

共立理化学社製パックテストを用いてCOD（化学的酸素要求量）を測定した。また、共立理化学社製パックテストを用いて発色させ、同社製デジタルパックテストマルチで、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素、リン酸態リン、カリウムの濃度を測定した。

4) 肥料成分流出量の推定

各測定物質の流出量は、[各物質の濃度 mg/L]×[流出水量 L]として、繰り返し実験ごとに推定した。

4. パプリカ果実のビタミンCとグルコース含量の測定

1) 検体の採取

検体のパプリカは完熟して全体が黄色を呈するものを選んで採取した。有機栽培区からは9月24日に2個、10月8日に2個の合計4個を採取し、慣行栽培区からは10月1日に1個、10月8日に4個の合計5個を採取した。このうち、慣行栽培区で10月8日に採取した2個はまとめて1検体としたので、検体数は有機栽培区4個、慣行栽培区4個となった。

パプリカの果実から種子とへたの部分を取り除いて可食部の重量を測定した。可食部を切り刻んで2等分し、ビタミンCとグルコース用の検体とした。

2) ビタミンCの定量

検体重量と等量の5%メタリン酸溶液を加え、ブレンダー（ブラウン マルチクイック プロフェッショナル MR5550 MCA）を用いて細かく粉碎し、2倍希釈の試料液を調製した。この試料0.6gをマイクロチューブに量りとり、メタリン酸を加えて1.5gにした。この操作で可食部は5倍希釈されたことになる。それを遠心分離機（TOMY ECO-Fuge EF-1300）に13000rpm、4℃で5分間かけ、上清を測定に用いた。

測定には反射式光度計「RQフレックスプラス10（藤原製作所）」を用いた。マニュアルに従って、同一試料につき測定を3回行い、その平均値を測定値とした。

測定値を5倍して可食部における実際の濃度を求め、さらに単位をmg/100gに換算した。

3) グルコースの定量

検体重量の9倍量の純水を加え、ブレンダーで細かく粉碎して10倍試料液を調製し、室温にて1時間静置した。その上清1.5mLをマイクロチューブに量りとり、遠心分離機に5分間かけ、さらに、その上清を純水で50倍希釈し、測定に用いた。この操作で可食部は500倍希釈されたことになる。

測定には反射式光度計「RQフレックスプラス10（藤原製作所）」を用いた。マニュアルに従って、同一試料につき測定を3回行い、その平均値を測定値とした。

測定値を500倍して可食部における実際の濃度を求め、さらに単位をg/100gに換算した。

4) 解析方法

平均値の差の検定には分散分析を用いた。また、総量については、平均値と95%信頼区間を求めて図示した。果実の重量とビタミンC・グルコース含有量との関係の解析には、回帰分析を用いた。

結 果

1. 水および肥料成分の流出量

1) 総流出水量

実験期間である6月1日から9月10日までに流出した水の総量は、慣行栽培区と比較して、有機栽培区で有意に少なかった（有意水準 $P < 0.001$ ，Fig. 2）。

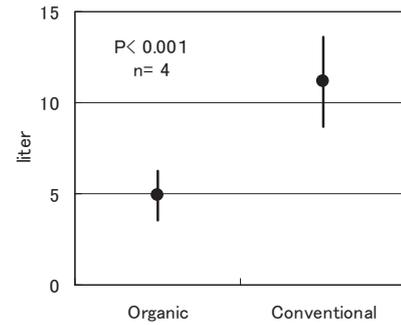


Fig. 2 Comparison of total water effluent from soil between an organic and a conventional cultivation experiments. Dots and vertical bars are averages and 95% confidential ranges, respectively. P value implies significant level of difference between two experiments, and n means sample size.

期間別の流出水量は、7月2日～16日では有意な差が検出されなかったが、それ以外の5つの期間では、有機栽培区の流出水量が慣行栽培区より有意に少なかった（Fig. 3）。

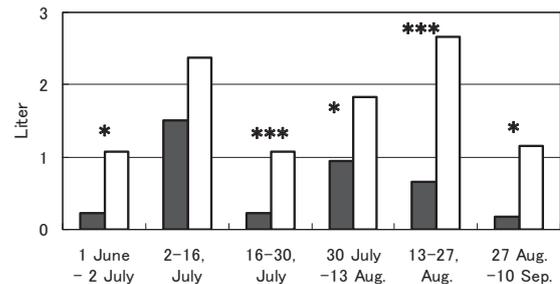


Fig. 3 Time course of water effluent in two experiments. Black and white histograms are the results of an organic and a conventional cultivation experiments, respectively. One, two and three asterisks show significant difference at $P < 0.05$, $P < 0.01$, and $P < 0.001$, respectively, between the results of two experiments.

2) CODの流出量

CODの総流出量は、慣行栽培区に比べて有機栽培区で有意に少なかった（ $P < 0.001$ ，Fig. 4）。

期間別のCOD流出量は、6月1日～7月2日では

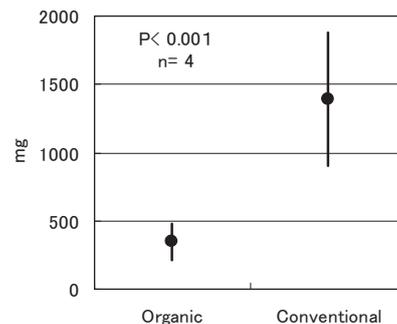


Fig. 4 Comparison of total COD effluent from soil between an organic and a conventional cultivation experiments. For further explanation, see the legend of Figure 2.

有意な差が検出されなかったが、それ以外の5つの期間では、有機栽培区の流出量が慣行栽培区より有意に少なかった (Fig. 5).

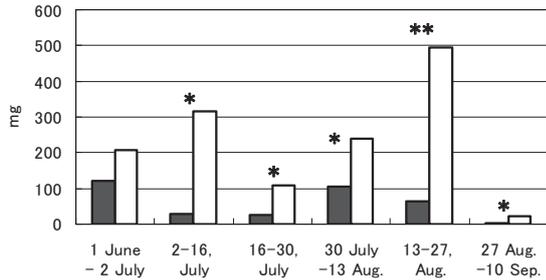


Fig. 5 Time course of COD effluent in two experiments. For further explanation, see the legend of Figure 3.

3) カリウムの流出量

カリウムの総流出量は有機栽培区と慣行栽培区で有意な差が見られなかった ($P = 0.920$, Fig. 6).

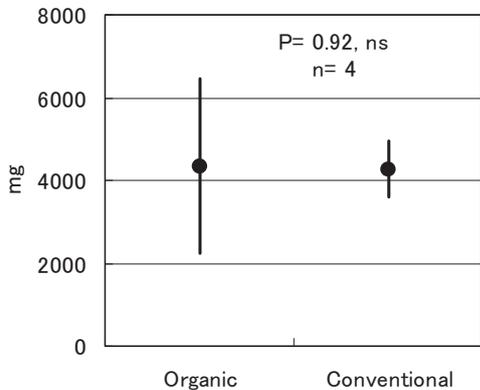


Fig. 6 Comparison of total potassium effluent from soil between an organic and a conventional cultivation experiments. The mark, ns, means non-significant difference. For further explanation, see the legend of Figure 2.

カリウムの期間別流出量 (Fig. 7) は、6月1日～7月2日では有機栽培区で有意に多く ($P < 0.01$), 次の7月2日～16日では流出量が実験区間で拮抗し、その次の7月16日～30日では逆転して慣行栽培区の流出量が有意に多かった ($P < 0.01$). すなわち、カリウムの流出は有機栽培区で早期に始まり、若干遅れて慣行栽培区で始まっている。また、いずれの実験区においても、実験開始1ヵ月半ころまでに大部分が流出している。

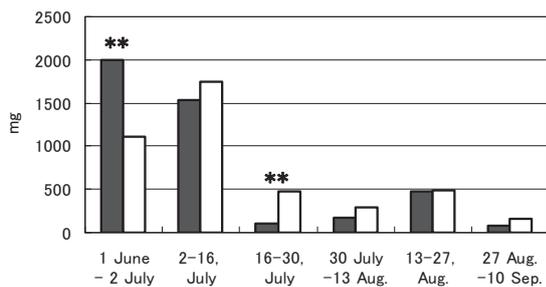


Fig. 7 Time course of potassium effluent in two experiments. For further explanation, see the legend of Figure 3.

4) アンモニア態窒素 $\text{NH}_4\text{-N}$ の流出量

アンモニア態窒素の総流出量は実験区の間で有意差が無かった ($P = 0.145$, Table 1).

Table 1 Comparison of total effluent of $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ between an organic and a conventional cultivation experiments

Effluent	Organic cultivation	Conventional cultivation	P-value
$\text{NH}_4\text{-N}$	$28.6 \pm 9.95^*$	$74.2 \pm 25.30^*$	0.145
$\text{NO}_2\text{-N}$	1.70 ± 0.671	2.39 ± 0.900	0.560
$\text{NO}_3\text{-N}$	1087.8 ± 177.75	1474.0 ± 132.31	0.132

*average \pm standard error

期間別流出量の平均値は6月1日～7月2日と7月2日～16日では有機栽培区で多く、それ以後は慣行栽培区で多かったが、統計的検定で慣行栽培区の流出量が有意に多かったのは、8月13日～27日の1期間だけであった ($P < 0.05$).

5) 亜硝酸態窒素 $\text{NO}_2\text{-N}$ の流出量

亜硝酸態窒素の総流出量は実験区の間で有意差が無かった ($P = 0.560$, Table 1). 期間別流出量の平均値は全実験期間において有機栽培区で少なかったが、反復実験間の変動が大きく、有意差が検出されたのは、7月16日～30日 ($P < 0.05$) と8月13日～27日 ($P < 0.01$) の2つの期間のみであった。平均値で比較する限り、流出量のピークは有機栽培区では比較的早期に見られ、慣行栽培区ではピークが遅れて出現した。

6) 硝酸態窒素 $\text{NO}_3\text{-N}$ の流出量

硝酸態窒素の総流出量は、アンモニア態や亜硝酸態窒素より顕著に多かったが、有機栽培区と慣行栽培区で有意差は認められなかった ($P = 0.132$, Table 1). 流出量の推移をみると、6月1日～7月2日には有機栽培区で有意に多く ($P < 0.01$), 7月2日～16日 ($P < 0.05$), 7月30日～8月13日 ($P < 0.01$) には慣行栽培区で有意に多かった。

7) 無機態窒素の流出量の推移

無機態窒素はアンモニア態→亜硝酸態→硝酸態と変化する。ここではこれら三態の窒素流出量を合計したものを無機態窒素の流出量とする。無機態窒素の総流出量は実験区の間で有意な差が認められなかった ($P = 0.113$, Fig. 8).

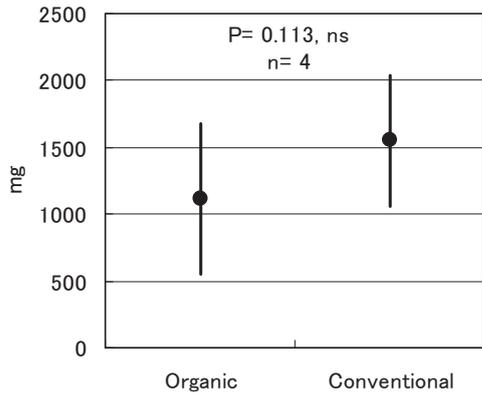


Fig. 8 Comparison of total inorganic nitrogen effluent from soil between an organic and a conventional cultivation experiments. For further explanation, see the legends of Figures 2 and 6.

流出量の推移を見ると、6月1日～7月2日には有機栽培区で有意に多かった ($P < 0.01$) が、7月2日から8月27日までは、逆に慣行栽培区の流出量が有意に多かった (Fig. 9).

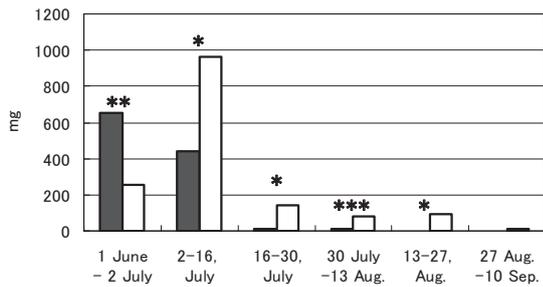


Fig. 9 Time course of inorganic nitrogen effluent in two experiments. For further explanation, see the legend of Figure 3.

8) リン酸態リン PO_4 -Pの流出量

リン酸態リンの総流出量は有機栽培区で慣行栽培区より有意に少なかった ($P < 0.05$, Fig. 10).

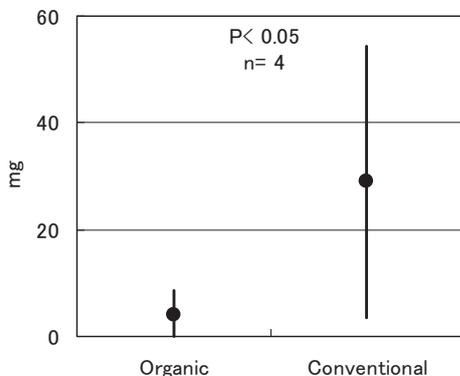


Fig. 10 Comparison of total phosphorus effluent from soil between an organic and a conventional cultivation experiments. For further explanation, see the legend of Figure 2.

流出量の推移をみると、平均値は全実験期間を通じて慣行栽培区で多く、6月1日～7月2日と7月16日～30日には有意差が認められた (Fig. 11).

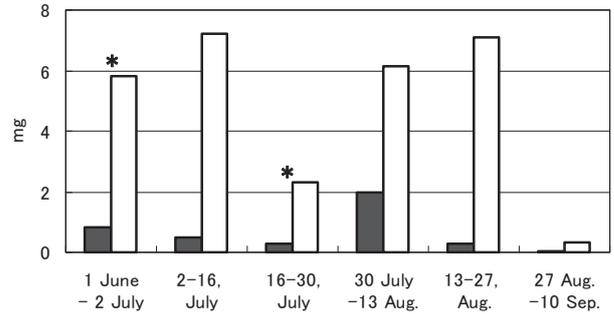


Fig. 11 Time course of phosphorus effluent in two experiments. For further explanation, see the legend of Figure 3.

2. パプリカ熟果のビタミンCとグルコース含量

1) 果実の重量

果実の重量は、有機栽培区では36.1g～75.1g、慣行栽培区では37.2g～104.7gであり、分散分析の結果、実験区の間で果実の重量に有意差は検出されなかった ($P = 0.357$).

2) ビタミンC

RQフレックスを用いて同一検体から無作為に取り出した2サンプルのビタミンC含有量 (mg/100g) を測定したところ、測定値は136.2と139.2となり、両者の比較から、RQフレックスを用いた場合のビタミンCの測定誤差はきわめて小さいと判断できる。

ビタミンC含有量は有機栽培区の果実4個で慣行栽培区の果実4個より有意に多かった ($P < 0.05$, Fig. 12).

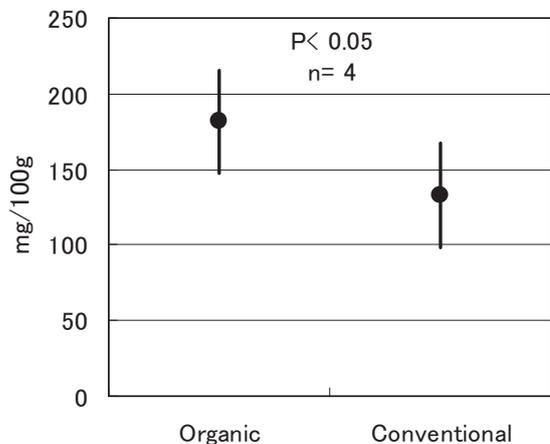


Fig. 12 Vitamin C content in matured yellow paprika fruit cultivated with an organic and a conventional soils. For further explanation, see the legend of Figure 2.

また、回帰分析の結果、果実重量とビタミンC含有量の間には、有意な相関は認められなかった（全体 $R=0.139$, $P=0.743$ ；有機栽培区 $R=0.553$, $P=0.447$ ；慣行栽培区 $R=0.946$, $P=0.0537$ ）。

3) グルコース

RQフレックスを用いて同一検体から無作為に取り出した2サンプルのグルコース含有量（g/100g）は1.8と1.9であり、RQフレックスを用いた場合のグルコースの測定誤差はきわめて小さいと判断できる。

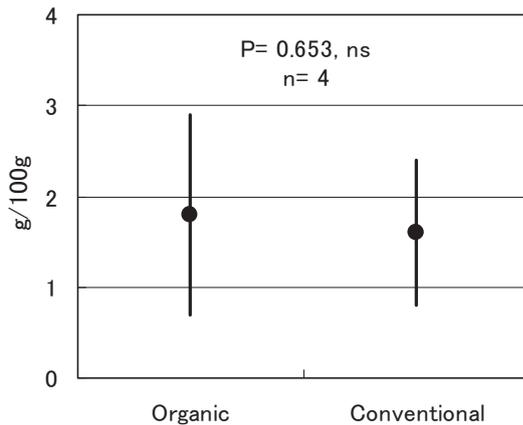


Fig. 13 Glucose content in matured yellow paprika fruit cultivated with an organic and a conventional soils. For further explanation, see the legends of Figures 2 and 6.

グルコース含有量は有機栽培区の果実4個と慣行栽培区の果実4個で有意な差が認められなかった（ $P=0.653$, Fig.13）。

また、回帰分析の結果、果実重量とグルコース含有量の間には、有意な相関は認められなかった（全体 $R=0.354$, $P=0.390$ ；有機栽培区 $R=0.167$, $P=0.833$ ；慣行栽培区 $R=0.814$, $P=0.186$ ）。

考 察

1. 有機栽培土壌の保水性

有機栽培は慣行栽培（無機栽培）と比較して肥料の土壌流出が少ないとされるが³⁾、研究ごとに結果がかなり異なり、明確な結論は出ていないように思われる⁴⁾。

今回の実験では培養土の乾燥の程度に応じて給水を行い、厳密な量を記録しなかった。また、降雨によって流入した水量も不明であるが、実験デザインから有機栽培区と慣行栽培区で給水量と降雨量に差が無かったと考えられる。一方、流出水量は、慣行栽培区と比較して、有機栽培区で有意に少なく（Fig. 2）、この

傾向は実験のほぼ全期間で認められた（Fig. 3）。このことから、本実験で用いた有機培養土は慣行培養土より保水性が高かったといえる。他に同様の研究報告がないので、この結果が有機栽培一般と慣行栽培一般に当てはまるかどうかは不明であり、今後さらにスケールアップした実験あるいは圃場試験による詳細な検討が必要である。

2. 有機栽培土壌からの肥料流出

実験期間である6月初めから9月上旬までのCODの総流出量は慣行栽培区に比べて有機栽培区で有意に少なかった（Fig. 4）。この有意差は実験のほぼ全期間で認められ（Fig. 5）、実験期間を通じて有機栽培区におけるCOD流出量が少なかったといえる。CODは有機物量の指標であり、今回の実験では、主として慣行栽培区に添加した腐葉土から流出したものではないかと推測する。

カリウムの総流出量は有機栽培区と慣行栽培区で有意な差が見られなかった（Fig. 6）が、流出は有機栽培区で早期に始まり、若干遅れて慣行栽培区でも顕著になっているのが特徴的である（Fig. 7）。また、いずれの実験区においても、実験開始1ヵ月半ころまでに全流出量のほとんどが流出しているのも注目値する。このような結果が一般性を持つかどうかは、比較すべき先行研究が無いので不明である。

無機態窒素は土壌有機物・有機肥料の分解や無機肥料に由来し、アンモニア態→亜硝酸態→硝酸態と変化し、硝酸態窒素が安定な最終産物である。亜硝酸態窒素はアンモニア態窒素から硝酸態窒素への中間産物で、不安定な物質である。今回の実験で亜硝酸態窒素の流出量が反復実験間で大きく変動したのは、亜硝酸態窒素の不安定性によるものと推測する。今回の実験では、これら3態の無機態窒素の総流出量、および3態の窒素流出量の合計は有機栽培区と慣行栽培区で有意な差が認められなかった（Table 1, Fig. 8）。また、実験開始1ヵ月間は有機栽培区からの流出が多く、それ以後は慣行栽培区からの流出が多くなっている（Fig. 9）。したがって、さらに長期間の実験を行った場合、無機態窒素の流出量は慣行栽培区で有意に多くなるという推測が可能である。

著者らの知る限り直接の比較が可能な先行研究はないが、7年間有機栽培を行った有機栽培茶園の土壌の窒素含有率が隣接する慣行栽培茶園の約2.5倍に達するという報告がある⁵⁾。この研究では流出水とともに

流出する窒素の量は測定されていないが、有機栽培区で窒素の流出が少なかったために土壌の窒素含有量が多くなったと考えても矛盾はない。少数の事例ではあるが、長期的スパンでは、有機栽培土壌が窒素の流出を抑制すると考えても良いのではなかろうか。

リン酸態リンの総流出量は有機栽培区で慣行栽培区より有意に少なく (Fig. 10), 平均値で見ると、実験開始後3ヵ月まで、すなわちほぼ全実験期間において、慣行栽培区での流出量が多かった (Fig. 11)。農耕地からのリンの流出に関しては、多くの先行研究があるが⁶⁾、有機栽培と慣行栽培における比較を扱ったものは無いようである。したがって、今回の結果を一般化するには、今後の研究の発展に待たねばならない。

以上をまとめると、今回の実験で用いた有機栽培土壌はCODとリン酸態リンの溶脱（流出水による流出）を抑制する機能を持つことが示唆された。また、カリウムと無機態窒素の総流出量は有機栽培区と慣行栽培区で差がなかったが、流出は有機栽培区で早期に、慣行栽培区では若干遅れて始まる傾向がみられた。

3. パプリカ熟果のビタミンCとグルコース含量

RQフレックスは野菜等の成分含有量の簡易な測定機器として、農業分野で普及している⁷⁻⁹⁾。本研究においても、同一検体から無作為に取り出した2サンプルのビタミンC含有量とグルコース含有量を測定したところ、測定誤差はきわめて小さいと判断できる結果を得ている。したがって、RQフレックスによる測定は簡易な手法ではあるものの信頼に足るものと判断できる。

ビタミンC含有量は有機栽培区の果実で慣行栽培区の果実より有意に多かった (Fig. 12)。五訂増補食品成分表¹⁰⁾では、黄色ピーマンのビタミンC含有量は150mg/100gであり、今回の実験の慣行栽培では同程度、有機栽培では成分表記載より多い値であったといえる。

高澤らは、トマト果実のビタミンC含量が有機栽培区で多く、複数の栽培地のすべてにおいて食品成分表値¹⁰⁾を上回っていることを見出し、有機肥料の効果と考えている¹¹⁻¹³⁾。同様の結果は、他の研究者によるトマト¹⁴⁾やミニトマト¹⁵⁾でも認められている。一方、ホウレンソウのビタミンC含有量は有機栽培と慣行栽培で差がなく^{16, 17)}、イモ類とエダマメでも差がないと

いう結果が得られている¹⁷⁾。

本研究で用いたパプリカと同一種で近縁な品種であるピーマンでは、有機栽培区と慣行栽培区でビタミンC含有量に有意差がないと報告されている¹³⁾。同じ論文では、トマトは赤く熟したものを試験に使い、ピーマンは30~50g程度のものを供試したと記されており、この記述から、ピーマンは未熟な生育段階にある緑色のものが用いられたと考えるのが自然であろう。五訂増補食品成分表¹⁰⁾によると、ビタミンC含有量（100gあたり）は青ピーマン76mg、赤ピーマン（赤パプリカ）170mg、黄ピーマン（黄パプリカ）150mgとされており、青ピーマンのビタミンC含有量は熟果である着色ピーマンの約2分の1にすぎない。このことから、ピーマンのビタミンC含有量は登熟途上のものの値が測定されたと考えられる。

そのように考えを進めると、熟果においては差が生じる果菜であっても、登熟途上の果実では有機栽培区と慣行栽培区の間で差が認められないということがあっても不自然ではない。すなわち、熟果ではピーマンでもビタミンC含有量に差が生じる可能性を否定できないということである。いずれにせよ、ピーマンは青いうちに食するのが通常の食習慣であり、私たちが食する青ピーマンにおいては、ビタミンC含有量に対する有機栽培の効果は期待できないと考えてよからう。

一方、グルコース含有量は有機栽培区の果実と慣行栽培区の果実で有意な差が認められなかった (Fig. 13)。同様に、ミニトマトの糖分やホウレンソウのスクロース含有量でも、有機栽培区と慣行栽培区で有意差が認められていない^{15, 16)}。糖類に関する報告は多くなく、一般的な結論を導くのは困難であるが、ある種の野菜や果菜における糖類の含有量は有機栽培と慣行栽培とで顕著な差は存在しないものと推測される。

4. 研究方法の限界性

本研究では、植木鉢を用いるという小規模な実験条件ではあるが、有機栽培と慣行栽培の両手法によってナス科の野菜パプリカを栽培し、培養土からの肥料成分の流出状況および成熟果実のビタミンCとグルコース含有量を比較検討した。

有機栽培と慣行栽培の比較は、栽培方法と対象作物によって多様な組み合わせが存在し、今回の実験結果から一般的な結論を導くことは不可能である。この種の研究の目的は、どのような有機栽培方法が地下水へ

の肥料成分の流出を抑制しつつ、いかなる作物の栄養成分を増加させることができるかなどを明らかにすることである。個別の栽培条件と対象作物についての実験的研究の成果を蓄積する以外に目的達成に至る道はない。本研究がその一助となれば、深甚である。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、栽培実験の場所を提供して下さった千里金蘭大学学生支援センターの皆様、および分析実験の場所を提供くださった同大学教授 長田久美子先生にお礼申し上げます。また、ビタミンCやグルコースの定量法について有意義な助言を賜った同大学助手の中本恵子先生に感謝申し上げます。なお、本研究は、2010年度千里金蘭大学生活科学部公衆衛生学ゼミの卒業研究として実施したものである。

引用文献

- 1) 有機農業の推進に関する基本的な方針の公表について.
<http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyoyuuki/pdf/d-2.pdf>
- 2) 梅宮善章 (2004) 果樹園の施肥に由来する窒素負荷の現状. 園芸学研究 3(2): 127-132.
- 3) Alyson E. Mitchell et al. (2007) Ten-year comparison of the influence of organic and conventional crop management practices on the content of flavonoids in tomatoes. J. Agric. Food Chem. 55(15): 6154-6159.
- 4) 藤原孝之 (2006) 有機野菜の品質評価研究の課題と展望. 園芸学研究 5(1): 1-5.
- 5) 森洋介・巽二郎 (2003) 有機栽培茶樹におけるδ15N値の変動. 東海作物研究 134: 1-4.
- 6) 竹内 誠 (1997) 農耕地からの窒素・リンの流出. 日本土壌肥科学雑誌 68(6): 708-714.
- 7) 農民連食品分析センター. RQフレックスを使ったビタミンCの測定法.
<http://earlybirds.ddo.jp/bunseki/topics/RQFlex/rqvc/rqvcl.html>
- 8) 岡山県農業試験場. RQフレックスを用いたピオーネの葉中マンガンの診断.
http://www.pref.okayama.jp/norin/nousou/noushi/seikaPDF/H12/H12_0013.pdf
- 9) 茨城県農業総合センター. 加熱ネギのおいしさは生ネギの還元糖含量と破断強度で評価できる.
<http://www.pref.ibaraki.jp/bukyoku/nourin/engei/seika/pdf/h21/s21.y03.pdf>
- 10) 香川芳子 (2010) 五訂増補食品成分表2010. 女子栄養大学出版部.
- 11) 高澤まき子・保井明子 (1999) 有機栽培トマトの品質と土壌成分. 日本食生活学会誌10: 32-38.
- 12) 高澤まき子・保井明子 (2002) 肥料の違いによる露地栽培トマト果実の成分の比較. 仙台白百合女子大学紀要 7: 115-125.
- 13) 高澤まき子・保井明子 (2002) 産地の違いによる有機栽培トマトの成分. 日本食生活学会誌 13: 163-167.
- 14) 小林和広・金築賀依子・今木正 (1996) 有機栽培が果菜類 (トマト・ピーマン) の栄養価におよぼす影響. 島根大学生物資源科学部研究報告 1: 29-33.
- 15) 村山徹・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違い. 日本食品科学工学会誌 57: 314-318.
- 16) 村山徹・宮沢佳恵・長谷川浩 (2008) 秋冬作ホウレンソウの品質に対する有機栽培と慣行栽培の差異. 日本食品科学工学会誌 55: 494-501.
- 17) 鯨幸夫・中山真希 (1997) 有機栽培が野菜の品質に及ぼす影響. 北陸作物学会報 32: 91-94.