

千葉県内有機野菜栽培圃場における土壌の化学性等の一調査事例

岩佐博邦・斉藤研二

キーワード：有機農業，野菜，土壌化学性，黒ボク土，千葉県

I はじめに

2006年12月に「有機農業の推進に関する法律」が施行された。この法律に基づき国は2007年4月に基本方針を公表し、2011年度までにすべての都道府県で推進計画の策定を目指すことがうたわれた。千葉県では2008年度から県推進計画の策定及び有機農業者の主体的な取り組みを支援するために「有機農業支援事業」が開始された。

有機農業における土壌管理の基本は有機質資材の施用であるが、有機質資材の中にはリン酸やカリウム等の養分を多く含むものが認められる。他県の調査では、このような資材を多量に施用して有機栽培を行った結果、リン酸及びカリウムの圃場への蓄積が認められている(瀧・加藤,1998)。本県ではこれについて不明な点が多いため、調査が必要であると判断された。

そこで、「有機農業支援事業」の一環として、今後の県内有機農業生産における土壌管理技術の向上に資するため、長年、有機野菜栽培を実践してきた生産者1戸の圃場において堆肥施用量、堆肥の養分含有率、土壌の化学性及び農作物の養分収支に関する調査を実施したので、その結果をここに報告する。

II 材料及び方法

1. 調査時期及び調査対象

2009年5月から2010年5月にかけて、千葉県佐倉市の有機野菜生産者の圃場で調査を実施した。

2. 調査項目及び調査方法

(1)調査対象農家の栽培概況等

2009年9月に調査対象農家に対して、有機野菜栽培の概況、施用堆肥の原材料及び施用量に関する聞き取り調査を行った。

(2)調査圃場の土壌の化学性

2010年5月26日に調査圃場の深さ0~60cmの土壌を深さ15cm間隔で採取し、pH、電気伝導度(以下ECとする)、無機態窒素含有量、可給態窒素含有量、全窒素含有率、全

炭素含有率、可給態リン酸含有量、陽イオン交換容量(以下CECとする)、交換性陽イオン(石灰、苦土、加里)含有量を以下の方法で測定した。

pH及びECは生土10gに対して純水50mLを加え、30分振とう後にpHメーター(HM-30V,東亜ディーケーケー社製)及びECメーター(CM-40V,東亜ディーケーケー社製)を用いて測定した。

無機態窒素含有量は生土20gに対して10%塩化カリウム溶液90mLを加えて30分間振とう、抽出した後、硝酸態窒素は銅・カドミウム還元—ナフチルエチレンジアミン吸光度法(土壌環境分析法編集委員会,1997)、アンモニア態窒素はインドフェノール青吸光度法(土壌環境分析法編集委員会,1997)により、フローインジェクション分析装置(FA-100,アクア・ラボ社製)を用いて測定した。

可給態窒素含有量は畑状態保温静置法(土壌環境分析法編集委員会,1997)により測定した。

全窒素含有率及び全炭素含有率は乾式燃焼法(植物栄養実験法編集委員会,1990)によりNCアナライザー(SUMI GRAPH NC900,住化分析センター製)を用いて測定した。

可給態リン酸含有量はトルオーグ法(土壌環境分析法編集委員会,1997)で測定した。CEC及び交換性陽イオン含有量はAUTO-CEC分析法(千葉県,2005)により、全自動汎用抽出ろ過装置(SPAD AUTO CEC-10,富士平工業社製)を用いて抽出し、フローインジェクション分析装置及び原子吸光分光光度計(Z-5010,日立ハイテクノロジーズ社製)を用いて測定した。

(3)施用堆肥の養分含有率及び施用量

i 養分含有率

2009年5月26日に施用されている堆肥を採取し、以下の方法により養分含有率等を測定した。

水分率は105℃で24時間乾燥し測定した。

pH及びECは生重10gの堆肥に対して純水100mLを加え、30分振とう後に土壌と同様に測定した。

全窒素含有率及び全炭素含有率は乾式燃焼法によりNCアナライザーを用いて測定した。

全リン酸含有率は風乾・粉碎した堆肥サンプル500mgに硝酸8mLを添加し、マイクロウェーブサンプルプロセッサ(ETHOS900,マイルストーンゼネラル社製)で加熱分解した液を純水で希釈し、バナドモリブデン酸法(作物

受理日2011年8月22日

第1表 調査圃場の土壌の化学性 (その1)

| 圃場 | 深さ (cm) | pH (H ₂ O) | EC (mS/m) | 無機態窒素(mg/100g) | | | 全窒素 (%) | 全炭素 (%) | C/N比 |
|------------------------|------------|--------------------------|--------------|----------------|--------|-----|------------|------------|------|
| | | | | 硝酸態 | アンモニア態 | 計 | | | |
| 調査圃場 | 0-15 | 6.1 | 14.8 | 1.4 | 5.1 | 6.5 | 0.42 | 4.89 | 11.7 |
| | 15-30 | 6.3 | 12.9 | 1.4 | 4.4 | 5.8 | 0.41 | 4.86 | 11.9 |
| | 30-45 | 6.0 | 12.3 | 0.9 | 3.7 | 4.6 | 0.32 | 4.10 | 12.8 |
| | 45-60 | 5.9 | 13.5 | 0.5 | 3.7 | 4.2 | 0.24 | 3.31 | 13.6 |
| 県内黒ボク土 | 0-15 | 6.4 | 17.0 | 2.1 | 1.1 | 3.2 | 0.30 | 3.50 | 11.7 |
| 野菜畑圃場平均値 ²⁾ | 15-30 | 6.4 | 19.0 | 2.6 | 0.9 | 3.5 | 0.28 | 3.30 | 11.8 |

注1) 風乾土について分析

2) 農林水産省土壌保全対策事業「課題名：土壌機能実態モニタリング調査」2巡目(2004~2007)で測定された千葉県内黒ボク土野菜畑圃場62地点の平均値

第2表 調査圃場の土壌の化学性 (その2)

| 圃場 | 深さ (cm) | CEC (me/100g) | 交換性陽イオン(mg/100g) | | | 陽イオン 飽和度 ³⁾ (%) | 可給態 窒素 ⁴⁾ (mg/100g) | 可給態 リン酸 (mg/100g) |
|------------------------|------------|------------------|------------------|------|------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| | | | CaO | MgO | K ₂ O | | | |
| 調査圃場 | 0-15 | 42.2 | 509 | 62.7 | 47.6 | 53.3 | 12.5 | 5.0 |
| | 15-30 | 42.5 | 506 | 63.3 | 49.2 | 52.6 | 12.0 | 5.1 |
| | 30-45 | 38.3 | 263 | 33.4 | 34.9 | 30.9 | 5.3 | 3.1 |
| | 45-60 | 39.2 | 208 | 27.9 | 21.9 | 23.7 | 2.7 | 2.4 |
| 県内黒ボク土 | 0-15 | 31.0 | 460 | 60.0 | 66.0 | 66.0 | 7.6 | 21.0 |
| 野菜畑圃場平均値 ²⁾ | 15-30 | 30.0 | 427 | 58.0 | 57.0 | 64.0 | 6.4 | — |

注1) 風乾土について分析

2) 農林水産省土壌保全対策事業「課題名：土壌機能実態モニタリング調査」2巡目(2004~2007)で測定された千葉県内黒ボク土野菜畑圃場62地点の平均値

3) 3塩基(石灰、苦土、加里)飽和度

4) 培養後の無機態窒素量から培養前の無機態窒素量を引いた値

分析法委員会, 1975) により分光光度計 (U-2900, 日立ハイテクノロジー社製) を用いて比色測定した。

全加里含有率, 全石灰含有率及び全苦土含有率は, 全リン酸含有率の測定と同様に加熱分解した後, 分解液を純水で希釈し, 原子吸光法 (作物分析法委員会, 1975) により原子吸光分光光度計を用いて測定した。

ii 施用量

2010年5月14日に調査圃場に長さ1 m, 幅0.95mのポリマルチを敷き, 耕耘機のトレーラー上からスコップで手散布された堆肥のうち, ポリマルチ上に乗ったものの生重及び乾物率を測定し, 単位面積当たりの堆肥施用量を計算した。乾物率は105℃, 24時間乾燥で測定した。測定は5反復で行った。

(4) 秋まき冬どりダイコンの養分収支

i 耕種概要

2009年5月に堆肥を施用し, 2009年9月15日にダイコン「秋づまり」(タキイ種苗) を播種し, 12月4日に収穫調査を行った。畦間65cm, 株間30cmで, 10a当たりの栽植株数は5,128株であった。

ii 収量及び養分吸収量

収穫したダイコン3株について生体重, 乾物重及び養分含有率をそれぞれ測定し, その平均値に栽植株数を乗じて10a当たりの生体重, 乾物重, 窒素吸収量, リン酸吸収量,

加里吸収量, 石灰吸収量, 苦土吸収量を算出した。各養分含有率は前述の堆肥の養分含有率と同様な方法で測定した。

Ⅲ 結果及び考察

1. 調査対象農家の栽培概況

調査対象とした千葉県佐倉市の生産者は, 有機農業歴約30年で, 栽培面積は240a, 栽培品目は果菜, 葉菜, 根菜あわせて80品目以上であった。

粉碎された剪定枝, 鶏ふん及び米ぬかを原材料とした堆肥を, 年に1回, 10a当たり3tから4t程度施用していた。

2. 調査圃場の土壌の化学性

調査圃場の土壌分類は千葉県に広く分布する表層腐植質黒ボク土である。調査圃場の深さ0~15cmの全窒素含有率は0.42%, 全炭素含有率は4.89%であった(第1表)。また可給態窒素含有量は12.5mg/100gであった(第2表)。

これらの数値を土壌モニタリング調査2巡目で得られた千葉県内黒ボク土野菜畑圃場62地点の平均値(千葉県, 2011)と比較したところ, 調査圃場は全窒素含有率, 全炭素含有率及び可給態窒素含有量が高いことが明らかとなった。これは, 調査圃場への約30年間にわたる年1回の継続的な堆肥の投入により, 土壌中に窒素及び炭素が蓄積されているためであると考えられた。

第3表 調査圃場への堆肥施用量

| 施用量(t/10a) | |
|-------------|-------------|
| 生重 | 乾物重 |
| 5.58 (0.70) | 2.16 (0.33) |

注) ()内の数値は標準偏差(n=5)

第4表 施用堆肥の養分含有率

| 水分 (%) | pH (H ₂ O) | EC (mS/m) | 全窒素 (N) (%乾物) | 全炭素 (C) (%乾物) | C/N比 | 全リン酸 (P ₂ O ₅) (%乾物) | 全加里 (K ₂ O) (%乾物) | 全石灰 (CaO) (%乾物) | 全苦土 (MgO) (%乾物) |
|--------|-----------------------|-----------|---------------|---------------|------|---|------------------------------|-----------------|-----------------|
| 45.4 | 8.2 | 88.7 | 0.7 | 9.7 | 13.3 | 2.9 | 1.3 | 3.0 | 1.8 |

注) pH及びECは生重:水=1:10で測定

第5表 調査圃場で栽培された秋まき冬どりダイコンの養分吸収量

| 部位 | 生体重 (kg/10a) | 乾物重 (kg/10a) | 養分吸収量(kg/10a) | | | | |
|-----|--------------|--------------|---------------|--------------------------------------|-----------------------|----------|----------|
| | | | 窒素 (N) | リン酸 (P ₂ O ₅) | 加里 (K ₂ O) | 石灰 (CaO) | 苦土 (MgO) |
| 地上部 | 2,160 | 155 | 5.5 | 1.9 | 8.7 | 7.2 | 1.2 |
| 地下部 | 5,350 | 305 | 5.7 | 2.8 | 19.8 | 2.8 | 1.5 |
| 合計 | 7,510 | 460 | 11.2 | 4.7 | 28.5 | 10.0 | 2.7 |

注)3株の平均値と10a当たりの栽植株数から求めた

また、調査圃場の深さ0～15cmの交換性加里含有量は47.6mg/100g、可給態リン酸含有量は5.0mg/100gであった。この数値は県内の黒ボク土の野菜圃場と比較して低く、瀧・加藤(1998)が指摘している有機栽培圃場でのリン酸及びカリウムの蓄積は認められなかった。

3. 施用堆肥の養分含有率及び施用量

生産者からの聞き取り調査では、調査圃場における10a当たりの堆肥施用量は3tから4t程度であった。しかし、実測値は生重で約5.6tであり(第3表)、聞き取り調査に比べて大きな差がみられた。したがって、調査圃場への養分投入量を正確に把握するためには、堆肥施用量を直接測定する必要があると考えられた。

施用堆肥の養分含有率等を調査したところ、水分率は45.4%、pHは8.2、ECは88.7mS/mであった(第4表)。全窒素含有率は0.7%、全炭素含有率は9.7%、C/N比は13.3であった。また、全リン酸含有率は2.9%、全加里含有率は1.3%、全石灰含有率は3.0%、全苦土含有率は1.8%であった。

多田ら(1997)は、堆肥化開始直後の剪定枝堆肥はpHが4程度と低く、4週間程度堆積することで8前後まで高くなり、その後はpHがほとんど変動しないとしている。したがって施用された堆肥はある程度の期間堆積されていると判断された。

多田ら(1997)が示した全窒素含有率からC/N比を推定する式によると、調査対象とした施用堆肥の全窒素含有率は0.7%であるため、C/N比は70程度と推定された。しかし

測定されたC/N比は13.3と低かった。これは剪定枝に比べてC/N比が低いとされる鶏ふんや米ぬかが混合されているためと考えられた。

また、施用堆肥が含んでいる窒素-リン酸-加里の比率はほぼ1:4:2であった。この数値は原田(2004)が示した家畜ふん堆肥の平均的な値と比較すると窒素に対してリン酸の比率が高かった。

4. 秋まき冬どりダイコンの養分収支

調査圃場で栽培されたダイコンの生体重は10a当たり7,510kg、乾物重は10a当たり460kgであった(第5表)。10a当たりの養分吸収量は窒素が11.2kg、リン酸が4.7kg、加里が28.5kgであった。

この数値は大橋・岡本(1985)がおがくず入り牛ふん堆肥を連用した細粒グライ土の圃場で栽培された春どりダイコンで得た10a当たりの窒素吸収量6.0kg、リン酸吸収量3.8kg、加里吸収量15.5kgと比較して高い。本調査とは土壌及び作型が異なるため、吸収量に関する単純な比較はできないが、吸収された窒素-リン酸-加里の比率を比較すると、大橋・岡本(1985)の事例では1.6:1:4.1であるのに対し、今回の事例では2.4:1:6となり、リン酸に対して窒素と加里の吸収量が多いという特徴が認められた。この理由は、一般的に細粒グライ土と比較して黒ボク土のリン酸吸収係数が高いことにより、作物によるリン酸吸収がより困難なためと推測される。

秋まき冬どりダイコンにおける養分施用量は、施用堆肥の養分含有率に堆肥施用量を乗じて算出した。堆肥施用量

第6表 調査圃場で栽培された秋まき冬どりダイコンの養分収支

| | (kg/10a) | | | | |
|--------------------|-----------|---|--------------------------|-------------|-------------|
| | 窒素 (N) | リン酸 (P ₂ O ₅) | 加里 (K ₂ O) | 石灰 (CaO) | 苦土 (MgO) |
| 施用量 ¹⁾ | 15.7 | 62.5 | 28.0 | 64.7 | 38.8 |
| 吸収量 | 11.2 | 4.7 | 28.5 | 10.0 | 2.7 |
| 養分収支 ²⁾ | +4.5 | +57.8 | -0.5 | +54.7 | +36.1 |

注1)2010年度調査で得られた堆肥施用量に,2009年度調査で得られた堆肥の養分含有率を乗じた

2)養分収支=施用量-吸収量

は2010年5月の実測値とした。なお、聞き取り調査の結果、調査対象とした生産者は例年ほぼ同量の堆肥を施用しているため、2009年と2010年の堆肥施用量は同一であると見なして2010年5月のデータを用いた。その結果、10a当たりの養分施用量は窒素が15.7kg、リン酸が62.5kg、加里が28.0kgであった(第6表)。リン酸の施用量が非常に多いのは、施用堆肥のリン酸含有率が高いためと考えられる。

秋まき冬どりダイコンの養分収支を養分施用量から前述の作物吸収量を差し引いて計算した。10a当たりの数値は窒素がプラス4.5kg、リン酸がプラス57.8kg、加里がマイナス0.5kgであった。リン酸は施用量が吸収量を大幅に上回ったが、窒素と加里は施用量と吸収量が概ね等しかった。前記のとおり、加里の蓄積が認められないのは、作物の吸収量に見合った施用が行われているためであると考えられる。

IV 摘 要

千葉県佐倉市の有機野菜生産者の圃場において、有機栽培の概要、土壌の化学性、施用堆肥及び秋まき冬どりダイコン作における養分収支を調査したところ、以下の結果が得られた。

1. 調査対象の生産者は有機栽培を30年以上実施しており、粉碎された剪定枝、鶏ふん及び米ぬかを原材料とした堆肥を年に1回施用していた。
2. 調査対象の圃場は、千葉県内の黒ボク土野菜畑圃場と比較して、全窒素及び全炭素含有率、可給態窒素含有量が高かった。
3. 10a当たりの窒素施用量は15.7kg、リン酸施用量は62.5kg、加里施用量は28.0kgであり、リン酸が多量に施用されていた。

4. 秋まき冬どりダイコンの10a当たりの養分吸収量は窒素が11.2kg、リン酸が4.7kg、加里が28.5kgであった。養分収支は窒素がプラス4.5kg、リン酸がプラス57.8kg、加里がマイナス0.5kgであった。リン酸は施用量が吸収量を大幅に上回ったが、窒素と加里は施用量と吸収量が概ね等しかった。

V 引用文献

- 千葉県 (2005) 土壌. 水質及び作物分析診断. 25-28.
- 千葉県 (2011) 土壌モニタリング調査2 巡回 (2004~2007) による千葉県耕地土壌の現状. 10.
- 土壌環境分析法編集委員会 (1997) 土壌環境分析法. 427pp. 博友社. 東京.
- 原田靖生 (2004) ふん尿と処理物の特性. 畜産環境対策大事典 (第2版) (農文協編). pp107-113. 農山漁村文化協会. 東京.
- 大橋恭一・岡本将宏 (1985) 野菜の養分吸収と土壌の化学性に及ぼすおかくず入り牛ふん厩肥連用の影響. 土肥誌. 56: 378-383.
- 作物分析法委員会 (1975) 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 73-74. 養賢堂. 東京.
- 植物栄養実験法編集委員会 (1990) 植物栄養実験法. 488pp. 博友社. 東京.
- 多田 實・百瀬英雄 (1997) 素材別・堆肥化の方法と利用剪定枝葉. 有機廃棄物資源化大事典 (有機質資源化推進会議編). pp274-284. 農山漁村文化協会. 東京.
- 瀧 勝俊・加藤 保 (1998) 有機農業実践ほ場における土壌の特徴. 愛知農総試研報. 30: 79-87.