

# 有機質肥料の施用及びそれを用いた減肥がニホンナシの樹体生育、収量、果実品質及び土壌化学性に及ぼす影響

戸谷智明・押田智子\*<sup>1</sup>・川瀬信三\*<sup>2</sup>・鈴木 健

キーワード：「豊水」、施肥、新梢生育、硝酸態窒素、堆肥

## I 緒 言

果樹は永年作物であり、高収量・高品質の生産を維持するために、長期間にわたって肥料や堆肥の施用がなされている。ニホンナシ（以下ナシとする）栽培では、高樹齢化による生産量低下の回復や大玉生産と多収を期待して積極的に施肥が行われており、落葉果樹の中でも窒素施肥量が204kg/haと最も多い（梅宮，2004）。その中でも、「幸水」は収穫量が2t/10a程度で、目標とする3t/10aを大幅に下回っており、これを補うため施肥量や施肥回数が多くなっている（植田，2002）。千葉県では、主力品種「幸水」の老木の割合が高く、生産者が施用している年間窒素成分量は1994～1998年の平均が32kg/10a（千葉県，2015）であり、当時の施肥基準である20kg/10a（千葉県，1996）を大幅に超過している。これに加え、堆肥を施用する生産者の割合は90%であり、平均で毎年1,567kg/10a施用されている（千葉県，2015）。このため、県内の黒ボク土のナシ園の土壌化学性は、2009～2012年の土壌実態調査ではpHが6.0より高い調査地点が8割あり、交換性カルシウム、マグネシウム及び加里、可給態リン酸及び陽イオン飽和度が過剰な地点が7割以上であった（千葉県，2015）。

肥料及び堆肥の過剰施用は、生産コストを高めるだけでなく、過剰な硝酸態窒素による環境負荷も増大させる。茨城県ではナシの栽培面積が多くなると地下水の硝酸態窒素濃度が上昇することや集水域の窒素負荷が増大することが報告されている（梅宮，2004）。また、秋冬期に家畜糞堆肥を

大量に施用すると、冬期に花蕾中の全窒素含量が高まることでナシの耐凍性が低下し、発芽不良の発生が助長されることが報告されている（Sakamoto et.al., 2017）。これらのことから、長期的にナシ栽培を行っていくためには、生産者に減肥を促すことが必要である。一方で、ナシ栽培において減肥は、樹の生育や収量及び果実品質に対する影響が大きいと考えられており、抵抗を感じる生産者が多い。

このような生産者の懸念を解消するため、千葉県では1993年より環境に負荷を与えないで農作物の持続的安定生産を図ることをねらいにした「環境保全型農林業技術開発研究事業」を実施し、ナシでは窒素施肥量を50%削減する試験研究に取り組んだ。本報告では、その取り組みの一部として、緩効的な養分供給が期待される有機質肥料を主体とした施肥及びその減肥栽培を13年間継続して行い、ナシの樹体生育、収量、果実品質及び土壌化学性を調査し、ナシ栽培に及ぼす影響について明らかにしたので報告する。

## II 材料及び方法

### 1. 供試圃場及び供試樹

千葉県農林総合研究センター内のナシ植栽圃場（表層腐植質黒ボク土）において試験を実施した。7.2m×7.2mの間隔で植栽された17年生の「豊水」（1998年4月現在、4本主枝折衷式平棚仕立て）12樹を用いた。1樹当たりの処理面積は51.8m<sup>2</sup>である。

### 2. 処理区の設定

本試験は、1998年の秋肥から2011年の秋肥まで13年間同一の施肥設計（第1表）で行った。処理区は有機区、有機半減区及び慣行区を、完全無作為法で配置し、1区1樹の4反復とした。有機半減区は2006年と2007年に白紋羽病で1樹ずつ枯死したため、その後は、残った2樹について調査した。

有機区は、基肥で牛糞堆肥（窒素：リン酸：加里=0.5:0.8:0.7、朋友肥料（株）製）1,000kg/10a、なたね油かす（窒素：リン酸：加里=5:2:1）100kg/10a及び発酵鶏糞（窒素：リン酸：加里=2.9:5.1:2.7）140kg/10aを、秋肥でなたね油かす120

受理日 2018年8月2日

\*<sup>1</sup> 現千葉県千葉農業事務所

\*<sup>2</sup> 元千葉県農林総合研究センター

本報告の概要は、日本土壌肥料学会支部講演会（2004年）及び落葉果樹研究会（2012年）で発表した。本試験は、千葉県の県単プロジェクト「環境保全型農林業技術開発研究事業」第Ⅱ期（1998～2002年）、第Ⅲ期（2003～2007年）及び農林水産省の委託事業「農業生産環境対策事業のうち減肥基準策定に向けたデータ収集事業」（2010～2011年）で実施した。

kg/10aを施用し、年間窒素成分量を20kg/10aとした(第1表)。有機半減区は、有機区と同様の資材を半量施用し、年間窒素成分量を10kg/10aとした。慣行区は、生産者が慣行的に用いる高度複合ナシ専用(窒素:リン酸:加里=12:14:7、有機物含有率20%、太平物産(株)製)を基肥で75kg/10a及び秋肥で50kg/10aを施用し、牛糞堆肥1,000kg/10aと合わせて年間窒素成分量を20kg/10aとした。いずれの区も、基肥は12月に、秋肥は9月に施用した。牛糞堆肥など有機質肥料の肥効率は考慮しなかった。なお、年間窒素成分量20kg/10aは、本試験を開始した1998年当時の千葉県の標準施肥量である。また、毎年1月に炭酸苦土石灰(アルカリ分:可溶性苦土:く溶性苦土=55:15:10、吉澤石灰工業(株)製)100kg/10aをすべての処理区で施用した。秋肥の施用後に、深さ20cm程度まで耕耘した。

剪定枝や落葉は肥料成分とならないよう園外に持ち出し処分した。着果管理は、1999~2002年と2010~2011年では樹冠面積1m<sup>2</sup>当たり11果、2003~2009年は結果枝1m当たり3~4果とした。清耕栽培とし、剪定等の栽培管理は慣行とした。

### 3. 調査項目

#### (1) 樹の生育

新梢の生育は、処理12年目及び13年目に当たる2010年及び2011年11月に調査した。長さ30cm以上の新梢を調査対象とし、発生本数及び長さを測定した。総伸長量は長さで発生本数を掛け合せて算出した。また、長さ50cm以上の新梢について、基部から10cm上部の節間の直径を基部径として測定した。

葉色は、2010年及び2011年の8月に各樹20枚の果そう葉を葉緑素計(SPAD-502、コニカミノルタ(株)製)で測定した。葉の成分含量は、2010年及び2011年の8月に各樹20枚の果そう葉を採取し、通風乾燥した後粉砕したものを分析試料とした。全窒素はケルダール蒸留法で抽出し、乾式燃焼法で分析した。カルシウム、マグネシウム及びカ

リウムは湿式灰化後に原子吸光光度法で、リンは湿式灰化後に吸光光度法で分析した。

#### (2) 収量及び果実品質

収穫盛は累積収穫果数率が50%を超えた日とした。1果平均重は、樹別に収量を収穫果数で除して求めた。収穫果数及び収量は、2010~2011年ではm<sup>2</sup>当たりの値を前年度の剪定後の樹冠占有面積で除して算出した。処理前及び1999年~2009年は樹冠専有面積を測定していないため、1樹当たりの値を示した。なお、樹冠占有面積は、落葉後、前年度の剪定箇所を投影法で作図し、自動面積計(AAM-9型、林電工(株)製)で値を求めた。

1果平均重及び収量は、処理前4年間と処理後1~4年目(1999~2002年)及び処理後5~8年目(2003~2006年)のデータをJMP(バージョン5.0.1J)の共分散分析によりその有意性を検定した。

果実品質は、収穫盛期に平均的な大きさの果実を1樹当たり15果調査した。硬度はマグネステラー硬度計(D. Ballauf.Mfg製、10lbs.)、ブランジャーは5/16インチ)を、糖度は糖度計(RX-5000、(株)アタゴ製)を、酸度はpHメーター(F-22C、(株)堀場製作所製)を用いて、育成系統適応性検定試験・特性検定調査方法(農林水産省果樹試験場、1994)に基づき測定した。

#### (3) 土壌化学性

処理4年目に土壌中の硝酸態窒素の月別変動を調査した。2002年3月18日、4月15日、5月15日、6月26日、7月26日、8月23日、9月24日に、主幹から1.5m離れた位置の深さ0~15cmを、1樹当たり1か所採取して化学性を分析した。硝酸態窒素は10%塩化カリウム抽出し、吸光光度法で分析した。試験終了時の土壌の化学性は、2011年11月に、主幹から1.5m離れた位置の深さ0~60cmを15cm毎に4層に分け、1樹当たり5か所採取して化学性を分析した。pHはガラス電極法、無機態窒素は10%塩化カリウム抽出し吸光光度法で、可給態リン酸はトルオーグ法で抽出し分光光度法で、

第1表 処理区の施肥設計(kg/10a)

| 処理区  | 合計成分量  |        |        | 基肥(12月) |        |      |      | 秋肥(9月) |      |
|------|--------|--------|--------|---------|--------|------|------|--------|------|
|      | 窒素     | リン酸    | 加里     | 牛糞堆肥    | なたね油かす | 発酵鶏糞 | 複合肥料 | なたね油かす | 複合肥料 |
| 有機   | 20(14) | 20(17) | 13(12) | 1,000   | 100    | 140  | -    | 120    | -    |
| 有機半減 | 10(7)  | 20(9)  | 7(6)   | 500     | 50     | 70   | -    | 60     | -    |
| 慣行   | 20(14) | 26(19) | 16(12) | 1,000   | -      | -    | 75   | -      | 50   |

注1) 各資材とも肥効率は考慮しない。

2) 各資材の成分量(窒素:リン酸:加里)は、牛糞堆肥が0.5:0.8:0.7、なたね油かすが5:2:1、発酵鶏糞が2.9:5.1:2.7、複合肥料が12:14:7

3) 3処理区とも、1月に苦土石灰を100kg/10a施用

4) 合計成分量の( )内は基肥成分量を示す。

交換性陽イオンはショールンベルガー法で抽出し原子吸光法で分析した。CECはAUTO-CEC法により置換し、インドフェノール法で定量した。

### III 結 果

#### 1. 有機質肥料の施用及びその減肥が樹の生育に及ぼす影響

新梢の発生本数は、2010年と2011年の平均では、有機区が10.5本/m<sup>2</sup>で最も多く、次いで有機半減区が8.3本/m<sup>2</sup>、慣行区は8.1本/m<sup>2</sup>であった（第2表）。長さは、2010年と2011年の平均では、有機区が81.8cmで最も長く、次いで有機半減区が77.3cm、慣行区は75.6cmであった。総伸長量は、2010年と2011年の平均では、有機区が8.7m/m<sup>2</sup>で最も長く、次いで有機半減区が6.5m/m<sup>2</sup>、慣行区が6.2m/m<sup>2</sup>であった。また、基部径は、処理区間に差が認められなかった。

葉色や葉中の全窒素、カルシウム、マグネシウム、カリウ

ム及びリンの含有量は、処理区間に差が認められなかった（第3表）。

#### 2. 有機質肥料の施用及びその減肥が収量や果実品質に及ぼす影響

果実の収穫盛は、2010年が9月10～12日で、2011年が9月8～9日であり、両年ともに処理による差が認められなかった（第4表）。

1果平均重、収穫果数、収量、果実の硬度、糖度及びpHは、処理区間に差が認められなかった。また、処理前の4年間の平均及び処理開始後の1999～2009年における1樹当たりの1果平均重、収穫果数及び収量は、処理区間に差が認められなかった（第1～3図）。1果平均重と収量については、処理前と処理後4年間及び次の4年間に分けて共分散分析を行ったが、有意な差は認められなかった（第5～6表）。

第2表 施肥の違いがニホンナシの新梢生育に及ぼす影響

| 調査年度             | 処理区  | 発生本数<br>(本/m <sup>2</sup> ) | 長さ<br>(cm) | 総伸長量<br>(m/m <sup>2</sup> ) | 基部径<br>(mm) |
|------------------|------|-----------------------------|------------|-----------------------------|-------------|
| 2010<br>(処理12年目) | 有機   | 11.9 ±1.65                  | 87.9 ±2.74 | 10.5 ±1.74                  | 9.8 ±0.20   |
|                  | 有機半減 | 9.7                         | 83.0       | 8.1                         | 9.7         |
|                  | 慣行   | 9.9 ±0.91                   | 80.3 ±2.28 | 7.9 ±0.76                   | 9.6 ±0.32   |
| 2011<br>(処理13年目) | 有機   | 9.1 ±0.79                   | 75.6 ±4.40 | 6.9 ±0.91                   | 9.8 ±0.15   |
|                  | 有機半減 | 6.9                         | 71.6       | 4.9                         | 9.7         |
|                  | 慣行   | 6.3 ±0.92                   | 70.8 ±3.34 | 4.4 ±0.63                   | 9.9 ±0.31   |
| 平均               | 有機   | 10.5 ±1.90                  | 81.8 ±7.16 | 8.7 ±2.27                   | 9.8 ±0.18   |
|                  | 有機半減 | 8.3                         | 77.3       | 6.5                         | 9.7         |
|                  | 慣行   | 8.1 ±2.03                   | 75.6 ±5.53 | 6.2 ±1.89                   | 9.8 ±0.35   |

注1) 平均値±標準偏差で示す。

2) 有機半減区は2反復のため平均値のみ示す。

第3表 施肥の違いがニホンナシの葉色、葉の無機成分含有量に及ぼす影響

| 調査年度             | 処理区  | 葉色<br>(SPAD値) | 全窒素<br>(%) | Ca<br>(%) | Mg<br>(%) | K<br>(%)  | P<br>(%)  |
|------------------|------|---------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 2010<br>(処理12年目) | 有機   | 49.9 ±1.78    | 2.1 ±0.19  | 1.9 ±0.14 | 0.4 ±0.06 | 1.2 ±0.08 | 0.2 ±0.01 |
|                  | 有機半減 | 48.9          | 2.0        | 2.0       | 0.4       | 1.3       | 0.3       |
|                  | 慣行   | 50.1 ±0.75    | 2.1 ±0.10  | 1.9 ±0.19 | 0.4 ±0.04 | 1.1 ±0.11 | 0.2 ±0.02 |
| 2011<br>(処理13年目) | 有機   | 50.3 ±1.06    | 2.5 ±0.09  | 2.0 ±0.22 | 0.5 ±0.04 | 1.6 ±0.16 | 0.3 ±0.02 |
|                  | 有機半減 | 49.6          | 2.8        | 1.9       | 0.4       | 1.6       | 0.3       |
|                  | 慣行   | 50.0 ±0.35    | 2.5 ±0.05  | 1.9 ±0.19 | 0.4 ±0.03 | 1.3 ±0.16 | 0.2 ±0.03 |
| 平均               | 有機   | 50.1 ±1.48    | 2.3 ±0.27  | 1.9 ±0.19 | 0.4 ±0.07 | 1.4 ±0.24 | 0.2 ±0.03 |
|                  | 有機半減 | 49.3          | 2.4        | 1.9       | 0.4       | 1.4       | 0.3       |
|                  | 慣行   | 50.0 ±0.58    | 2.3 ±0.22  | 1.9 ±0.19 | 0.4 ±0.05 | 1.2 ±0.18 | 0.2 ±0.03 |

注1) 平均値±標準偏差で示す。

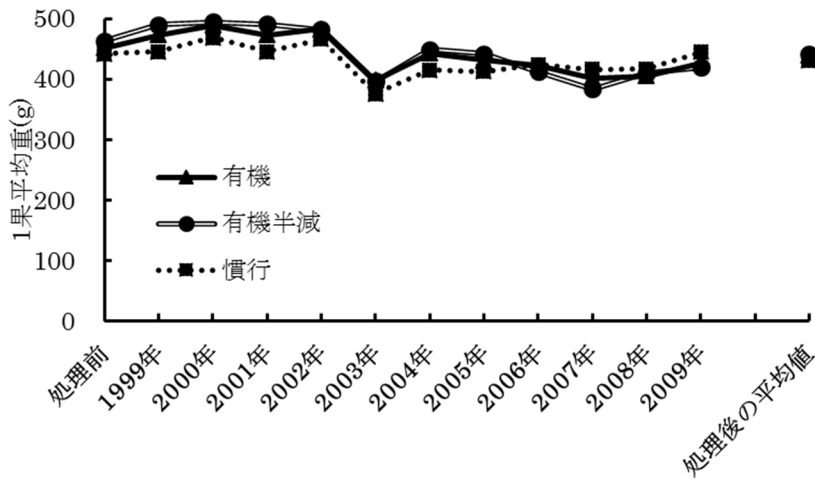
2) 有機半減区は2反復のため平均値のみ示す。

第4表 施肥の違いがニホンナシの収量及び果実品質に及ぼす影響

| 調査年度             | 処理区  | 収穫盛<br>(月日) | 1果平均重<br>(g) | 収穫果数<br>(果/m <sup>2</sup> ) | 収量<br>(kg/m <sup>2</sup> ) | 硬度<br>(lbs.) | 糖度<br>(brix%) | pH        |
|------------------|------|-------------|--------------|-----------------------------|----------------------------|--------------|---------------|-----------|
| 2010<br>(処理12年目) | 有機   | 9月11日       | 376 ±14.8    | 8.2 ±1.29                   | 3.1 ±0.61                  | 4.3 ±0.12    | 13.4 ±0.42    | 4.6 ±0.03 |
|                  | 有機半減 | 9月12日       | 392          | 7.0                         | 2.8                        | 4.5          | 13.8          | 4.6       |
|                  | 慣行   | 9月10日       | 355 ±5.55    | 10.2 ±0.68                  | 3.6 ±0.26                  | 4.4 ±0.09    | 13.4 ±0.24    | 4.6 ±0.03 |
| 2011<br>(処理13年目) | 有機   | 9月8日        | 374 ±8.29    | 11.7 ±0.71                  | 4.4 ±0.28                  | 4.1 ±0.06    | 12.2 ±0.56    | 4.7 ±0.03 |
|                  | 有機半減 | 9月8日        | 364          | 11.3                        | 4.1                        | 4.1          | 11.9          | 4.6       |
|                  | 慣行   | 9月9日        | 366 ±6.94    | 10.7 ±0.44                  | 3.9 ±0.21                  | 4.3 ±0.13    | 12.2 ±0.42    | 4.6 ±0.06 |
| 平均               | 有機   | 9月10日       | 375 ±12.1    | 10.0 ±2.04                  | 3.8 ±0.79                  | 4.2 ±0.13    | 12.8 ±0.78    | 4.7 ±0.05 |
|                  | 有機半減 | 9月10日       | 378          | 9.2                         | 3.5                        | 4.3          | 12.8          | 4.6       |
|                  | 慣行   | 9月10日       | 360 ±8.34    | 10.5 ±0.62                  | 3.8 ±0.28                  | 4.4 ±0.14    | 12.8 ±0.68    | 4.6 ±0.05 |

注1) 平均値±標準偏差で示す。

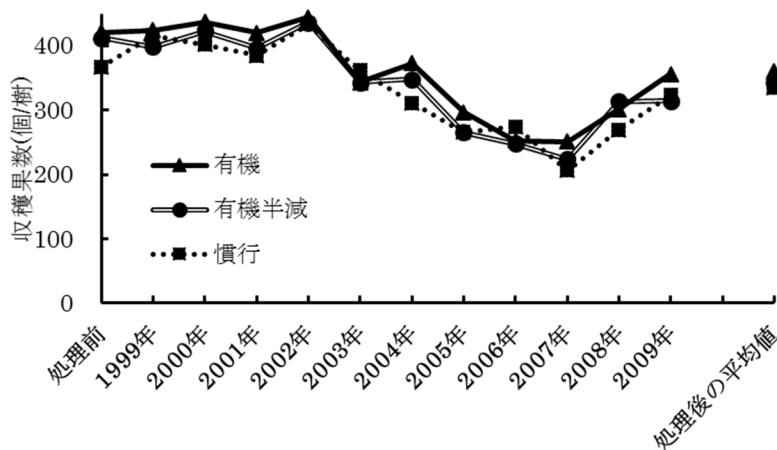
2) 有機半減区は2反復のため平均値のみ示す。



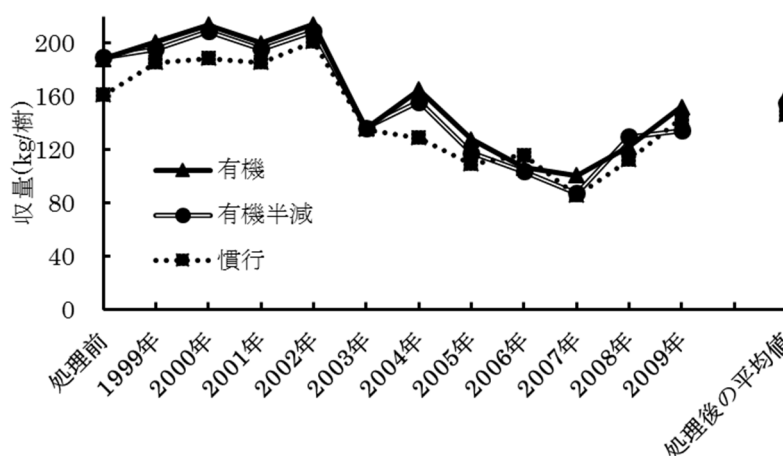
第1図 処理前4年間の平均と処理後の1999～2009年における1果平均重の推移  
注) 処理前は1995～1998年の平均値

第5表 施肥の違いが処理後4年間及び次の4年間の1果平均重に及ぼす影響

| 処理区           |                     | 処理後4年間<br>(1999～2002年) | 処理後5～8年<br>(2003～2006年) |
|---------------|---------------------|------------------------|-------------------------|
| 1果平均重<br>(g)  | 有機                  | 479                    | 424                     |
|               | 有機半減                | 489                    | 425                     |
|               | 慣行                  | 456                    | 407                     |
| 処理            |                     | 0.28                   | 0.34                    |
| 共分散分散<br>(p値) | 処理前1果平均重<br>(4年間平均) | 0.74                   | 0.39                    |
|               | 交互作用                | 0.97                   | 0.60                    |



第2図 処理前4年間の平均と処理後の1999～2009年における収穫果数の推移  
注) 処理前は1995～1998年の平均値



第3図 処理前4年間の平均と処理後の1999～2009年における1樹当たりの収量の推移  
注) 処理前は1995～1998年の平均値

第6表 施肥の違いが処理後4年間及び次の4年間の1樹当たりの収量に及ぼす影響

| 処理区           |                  | 処理後4年間<br>(1999～2002年) | 処理後5～8年<br>(2003～2006年) |
|---------------|------------------|------------------------|-------------------------|
| 収量<br>(kg/樹)  | 有機               | 207                    | 134                     |
|               | 有機半減             | 202                    | 129                     |
|               | 慣行               | 190                    | 122                     |
| 共分散分散<br>(p値) | 処理               | 0.42                   | 0.63                    |
|               | 処理前収量<br>(4年間平均) | 0.95                   | 0.13                    |
|               | 交互作用             | 0.96                   | 0.13                    |

3. 有機質肥料の施用及びその減肥が土壤化学性に及ぼす影響

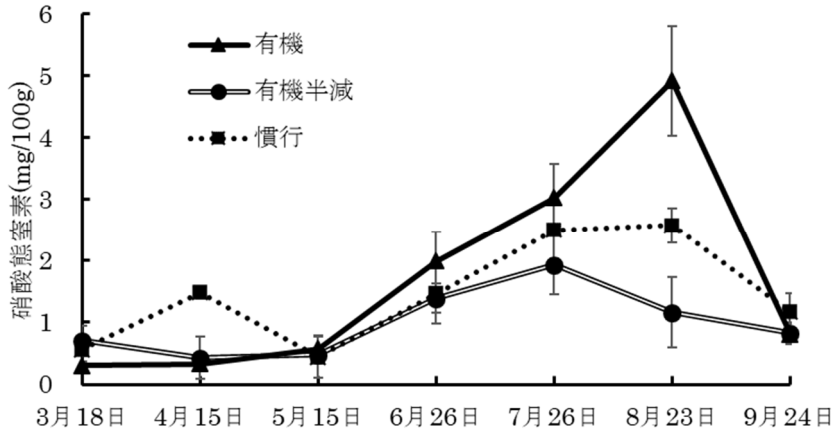
(1) 土壤中の窒素含量の月別変動

処理4年目の深さ0~15cmの土壤中の硝酸態窒素含量は、有機区では、3~4月及び9月が0.3~0.8mg/100gで慣行区の0.6~1.5mg/100gと比べ低かったが、5~8月では0.6~4.9mg/100gで慣行区の0.4~2.6mg/100gと比べと同程度もしくはそれ以上となった(第4図)。有機半減区では、3月及び5~6月が0.5~1.4mg/100gで慣行区の0.4~1.5mg/100gと比べ同程度であったが、4月及び7月~9月が0.4~1.9mg/100gで

慣行区の1.2~2.6mg/100gと比べ低く推移した。

(2) 処理13年目の土壤化学性

処理13年目の深さ0~15cmにおける土壤中の可給態リン酸含量は、有機半減区では8.8mg/100gであり、有機区や慣行区と比べて半分程度と低かった(第7表)。また、いずれの処理区も可給態リン酸含量は、深さ0~15cmの表層に多く、深さが15cm以上では少なかった。pHや無機態窒素、CEC及び交換性陽イオンについては処理区間に差が認められなかった。



第4図 土壤(0~15cm)中の硝酸態窒素含量の月別変動

注1) 2002年に、主幹から1.5m離れた位置の深さ0~15cmを、1樹当たり1か所採取。  
 2) エラーバーは標準偏差を示す。

第7表 処理13年目の土壤化学性

| 処理区  | 深さ (cm) | pH  | 硝酸態窒素 (mg/100g) | アンモニア態窒素 (mg/100g) | 可給態リン酸 (mg/100g) | CEC (me/100g) | 交換性陽イオン (mg/100g) |     |                  |
|------|---------|-----|-----------------|--------------------|------------------|---------------|-------------------|-----|------------------|
|      |         |     |                 |                    |                  |               | CaO               | MgO | K <sub>2</sub> O |
| 有機   | 0-15    | 7.2 | 3.8             | 1.3                | 15.7             | 52            | 796               | 167 | 69               |
|      | 15-30   | 7.0 | 2.9             | 1.2                | 4.1              | 47            | 560               | 127 | 57               |
|      | 30-45   | 6.7 | 2.9             | 1.1                | 1.3              | 43            | 356               | 101 | 50               |
|      | 45-60   | 6.5 | 3.8             | 1.1                | 1.7              | 43            | 260               | 76  | 46               |
| 有機半減 | 0-15    | 7.1 | 3.1             | 0.9                | 8.8              | 49            | 693               | 152 | 62               |
|      | 15-30   | 6.9 | 3.4             | 1.2                | 2.2              | 45            | 549               | 132 | 47               |
|      | 30-45   | 6.6 | 3.5             | 1.2                | 1.0              | 46            | 287               | 100 | 43               |
|      | 45-60   | 6.5 | 3.0             | 1.2                | 1.1              | 43            | 244               | 78  | 41               |
| 慣行   | 0-15    | 6.9 | 4.1             | 1.6                | 22.9             | 53            | 683               | 147 | 78               |
|      | 15-30   | 6.7 | 4.0             | 1.2                | 4.3              | 47            | 514               | 113 | 61               |
|      | 30-45   | 6.6 | 3.9             | 1.1                | 1.1              | 43            | 358               | 87  | 57               |
|      | 45-60   | 6.5 | 4.2             | 1.0                | 0.7              | 41            | 276               | 70  | 56               |

注) 土壤は2011年11月に、主幹から1.5m離れた位置の深さ0~60cmを4層に分け、1樹当たり5か所採取

#### IV 考 察

本研究では、ナシ「豊水」の成木に対して、1998～2011年までの13年間継続して有機質肥料もしくは化学肥料を施用し、肥料の違いが樹の生育や収量、土壌化学性に及ぼす影響を比較した。その結果、処理後12～13年目の新梢の生育は、有機質肥料を施用した区が化学肥料を施用した区に比べ優れた。肥料の種類と樹の生育に関する知見としては、ナシ「二十世紀」を用いて化学肥料を施用した区と18年間継続して比較した結果、なたね油かすを用いた有機区で果そう葉が厚く、発育枝が少ないがやや太めのものが多くなっており、原因として肥効の変動が少ない緩効性の有機質肥料によりナシ樹体内の生理の乱れが少なかったことが報告されている（浦木，1983）。一方で、葉中の成分や果実の収穫期、果実品質には差がなかった。また、13年間の1樹当たりの収穫果数、1果平均重及び収量には両区の間で差が認められなかった。肥料の種類と果実収量・品質の関係については、ナシ「南水」において化学肥料と有機質肥料を15年間比較した試験では、収量及び果実品質に差が認められないことが報告されている（斎藤ら，2011）。また、ウメにおいて有機質肥料を施用しても、化学肥料と比べ、収量、果実の熟期及び果実中無機成分に差が生じなかった（岡室ら，2013）。本研究の結果は、これらの報告と一致した。

処理4年目の土壌中の硝酸態窒素の月別変動を調査したところ、3～4月において、有機区が慣行区の半分以下になった。なたね油かすの窒素は、化学肥料に比べると遅効性であること（村上，2010）や発酵鶏糞も有機態窒素の分解が緩やかなため窒素の肥効がおだやかに現れること（安西，2008）から、これらの肥料を用いた有機区では窒素発現が遅くなったと推察される。一方で、有機区の新梢生育は慣行区と比べ優れており、さらに5月以降の土壌中の硝酸態窒素含量は有機質肥料であっても化学肥料と同程度もしくはそれ以上であったため、生育に負の影響がないと判断される。また、13年間の連用処理終了時の土壌化学性は、調査したすべての項目で有機区と慣行区で大きな違いが認められなかった。以上のことから、有機質肥料を13年間連用施肥しても、化学肥料を主体とする肥料を連用した場合と比べ、収量や果実品質に違いがないことが明らかとなった。前述のように他の品種においても同様の結果が得られていることを考え合わせると、本研究の結果は「幸水」等の他品種にも応用できると考えられる。

次に、有機質肥料の施肥量を半減した有機半減区を設け13年間継続して試験を行った結果、新梢の生育は慣行の施肥量の有機区より劣るものの、慣行区と同程度であった。また、収量及び果実品質は、慣行の施肥量の有機区や慣行

区と同程度を確保することができた。一方で、有機半減区では、白紋羽病により処理9年目と10年目に1樹ずつ枯死している。そこで、枯死した有機半減区の2樹の跡地土壌の化学性を処理10年目の9月に調査したところ、生育が良好な慣行区の樹の土壌と比べ、化学性に大きな差が認められなかった（データ省略）。一方で、土壌中の硝酸態窒素の月別変動を見てみると、有機質肥料を半減させた区では、慣行の施肥量の慣行区と比べ4月及び7～9月が低く推移したが、3月及び5～6月は同程度であった。5月から6月にかけて吸収された窒素は、その年の枝の充実、果実の肥大に利用されることから（平田，1983）、この時期の土壌中の窒素含量が低いと新梢や果実の生育が抑制される可能性があるが、本研究では慣行区と同程度であり、新梢の生育や果実の1果平均重も慣行の施肥量の区と比べても遜色がなかった。これらのことから、有機質肥料の施肥量を長期間半減させた場合、樹の新梢生育、果実生産及び土壌化学性の数値は慣行の施肥量と比べ大きな差がなかった。また、処理終了時の土壌中の可給態リン酸の値は、有機半減区では8.8mg/100gであり、千葉県が定める診断基準（千葉県，2009）の20～50mg/100gに届かなかった。しかし、これによる樹や収量などへの影響は見られなかった。以上のことから、有機質肥料を半減して13年間連続施用しても、化学肥料を施用した場合と比べ、収量や果実品質に違いは認められなかった。しかし、リン酸などの不足を招く可能性があるため、長期にわたる場合は、土壌診断を行い過不足のない施肥を行う必要がある。

千葉県のナシ園では、2013～2016年に行われた土壌実態調査の結果、窒素、リン酸及び加里の生産者の10a当たり施肥量はそれぞれ19kg、19kg及び8kgであり、本研究を開始した1994～1998年の調査結果の32kg、33kg及び18kgと比べそれぞれ41%、42%、56%減少している（千葉県，2018）。そのため、ナシ園の土壌中の可給態窒素や無機態窒素は減少傾向にあるが、可給態リン酸や交換性カルシウム、交換性マグネシウム及び交換性加里が過剰な状態であった（千葉県，2018）。この原因として、有機質肥料や堆肥からの持ち込みが考えられる。生産現場において堆肥を施用している割合は77%と高く、平均施用量が1,967kg/10aで本研究を開始した時点と比べ増加している（千葉県，2018）。また、本研究においても、処理終了時の土壌中の交換性カルシウム及び交換性マグネシウムは、全ての処理区で千葉県が定める診断基準（千葉県，2009）の2～3倍と過剰な状態であった。したがって、窒素のみならずリン酸や加里の過剰などの問題を回避するには、堆肥を含めた的確な施肥設計を行うことが必須条件である。果樹園では、堆肥成分を評価して化学肥料を削減することは一般的に行われておらず、肥料成分の利用率向上と環境負荷軽減の

ためにも、有機物中の肥料成分を考慮した化学肥料の減肥が必要である(梅宮, 2004)。なお、千葉県では、表計算ソフト(エクセル)上で稼働する施肥設計支援システム「エコFIT」を作成している(千葉県, 2009)。この支援システムは、化学肥料窒素量及び堆肥の肥料的効果を考慮しながら、目標とする肥料成分量を過不足なく満たす各種資材の施用量がパソコン上で簡単に算出できる。これに加え、被覆肥料利用による減肥(土田ら, 2003)などの施肥法の改良や土壌診断及び栄養診断を活用した施肥の適正化などが必要と考えられる。

## V 摘要

ニホンナシ栽培では、高樹齢化による生産量低下の回復などに対処するため、肥料及び堆肥の過剰施用が行われている。このことは生産コストを高めるだけでなく、環境負荷の増大や発芽不良の発生が助長されるため、生産者に減肥を促していく必要がある。本報告は、緩効的な養分供給が期待される有機質肥料を主体とした施用やそれを用いた減肥を13年間継続して行い、樹体生育、収量、果実品質及び土壌化学性を調査し、ナシ栽培に及ぼす影響について検証した。

1. 有機質肥料の施肥を連用すると、化学肥料を主体とする肥料を連用した区と比べ、新梢の生育が優れたが、収量や果実品質には違いがなかった。
2. 有機質肥料の施肥量を半減させた場合、慣行の施肥量と比べ、新梢生育や収量、果実品質に違いがなかった。処理9~10年目にかけて樹が白紋羽病で枯死したが、跡地土壌の化学性の数値には問題がなかった。
3. 処理終了時の土壌中の交換性カルシウム及び交換性マグネシウムは、全ての処理区で千葉県が定める診断基準の2~3倍と過剰な状態であった。この問題を回避するには、堆肥を含めて的確な施肥設計を行うことが必須条件である。

## VI 引用文献

- 安西徹郎(2008)有機質肥料。肥料便覧第6版。pp:210-211。農山漁村文化協会。東京。
- 千葉県(1996)主要農作物等施用基準。pp:229。千葉県。千葉。
- 千葉県(2009)主要農作物等施用基準。pp:22-23;68-69。千葉県。千葉。
- 千葉県(2015)千葉県農耕地土壌の現状と変化。pp:44-50。千葉県。千葉。
- 千葉県(2018)千葉県農耕地土壌の現状と変化。pp:58。千葉県。千葉。
- 平田尚美(1983)農業技術大系果樹編3。pp:31。農山漁村文化協会。東京。
- 村上圭一(2010)有機質肥料。新版土壌肥料用語辞典第2版。pp:198。農山漁村文化協会。東京。
- 農林水産省果樹試験場(1994)育成系統適応性検定試験・特性検定調査方法。pp:56-58。農林水産省。東京。
- 岡室美絵子・城村徳明・大江孝明・中西慶(2013)ウメ樹に対する化成肥料及び有機質肥料施用の比較と石灰施用の効果。和歌山農林水研報。1:103-112。
- 齋藤龍司・中野明正・塩原孝・今川昌平(2011)ニホンナシ「南水」への有機質肥料の連用が品質と $\delta^{15}\text{N}$ 値に与える影響。農業及び園芸。86(3):329-333。
- Sakamoto, D., K. Fujikawa, T. Sakaue, H. Inoue, A. Ito, T. Moriguchi, A. Higashi and T. Sugiura (2017) Application of Livestock Waste Compost as a Source of Nitrogen Supplementation during the Fall-winter Season Causes Dead Flower Buds in Japanese Pear 'Kosui'. *The Horticulture Journal*. 86 (1): 19-25.
- 土田通彦・相川博志・岡島量男(2003)肥効調節型肥料による露地ウンシュウミカンの年1回施肥法。熊本農研セ研報。12:122-131。
- 植田稔宏(2002)ナシ園土壌の施肥実態調査について。農業茨城。54(4):50-51。
- 梅宮善章(2004)果樹園の施肥に由来する窒素負荷の現状。園学研。3(2):127-132。
- 浦木松寿(1983)施肥の基礎と施肥設計。農業技術大系果樹編3。pp:145-159。農山漁村文化協会。東京。



## Effects on tree growth, yield, fruit quality and soil chemistry of Japanese pear in spreading organic fertilizer or reducing the same

Tomoaki TOYA, Tomoko OSHIDA, Sinzou KAWASE and Takeshi SUZUKI

Key words: compost, fertilization, 'Hosui', nitrate nitrogen, shoot growth

### Summary

In Japanese pear cultivation, excessive fertilization is carried out to counteract the decline in production seen as trees age. This increases not only production costs but also the environmental load and the occurrence of dead flower buds, so it is necessary to encourage producers to reduce fertilization. This study reported the effects, over 13 consecutive years, the reduced fertilization on 'Hosui' pear cultivars combined with the slow-release organic fertilizer. Tree growth, yield, fruit quality and soil chemistry were researched and the effect on pear cultivation was examined.

1. Yearly application of organic fertilizer resulted in superior growth of shoots but there were no differences in yield or fruit quality compared to use mainly chemical fertilizers.
2. Compared to conventional chemical fertilization, there were no differences in shoot growth, yield, or fruit quality when the amount of organic fertilizer was halved. Some of the trees died from white root rot from the 9th to the 10th year of the experiment, but there were no problems in the chemical composition of the soil they were growing in.
3. Exchangeable calcium and exchangeable magnesium in the soil at the end of the experiment were excessive in all the experimental plots, at 2 - 3 times the diagnostic criteria prescribed by Chiba Prefecture. To prevent this problem, it is important to adopt a suitable fertilization plan that includes compost.