

イチゴの $\delta^{15}\text{N}$ 値に及ぼす肥料および土壌窒素の影響

中野 明正*・上原 洋一

(平成 17 年 11 月 30 日受理)

Effect of Fertilizer and Soil Nitrogen on $\delta^{15}\text{N}$ Values of Strawberry

Akimasa NAKANO and Yoichi UEHARA

Synopsis

The average $\delta^{15}\text{N}$ values of strawberry fruits grown by inorganic and organic fertilization on different soils were $-0.4 \pm 1.5\text{‰}$, $+9.2 \pm 1.7\text{‰}$, respectively. The $\delta^{15}\text{N}$ values of the fruits reflected those of the fertilizers with almost constant values even in different soils. The effect of fertilizer application was a major factor in the composition of the $\delta^{15}\text{N}$ value of the strawberry fruits.

Without fertilization, the $\delta^{15}\text{N}$ values of the fruits reflected those of different soils. Under this condition, the correlation coefficient between the $\delta^{15}\text{N}$ values of the fruits and those of the soil was 0.731. In conventional fertilization, because the applied nitrogen was most readily available, it was taken up by the plant preferentially and the effect of the soil nitrogen was not dominant to the $\delta^{15}\text{N}$ values of the fruits.

Key Words: $\delta^{15}\text{N}$, discrimination, organic fertilizer, soil nitrogen, stable isotope, strawberry

I 緒 言

有機農産物（無農薬かつ無化学肥料）を慣行栽培の作物と判別する場合、無農薬であることの科学的な保証は土壌や植物体の残留農薬の精密分析である程度可能と考えられるが、無化学肥料の判別は困難である。著者らは有機認証された市販の果菜類の無機成分を分析して、慣行栽培された野菜と大きな差異は認められないことを明らかにするとともに（中野ら，2002）， $\delta^{15}\text{N}$ 値は有機野菜で高くなることを明らかにしている（中野ら，2004a）。 $\delta^{15}\text{N}$ 値は ^{15}N の ^{14}N に対する比（ $R = ^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ）について、標準試料（大気）の値との差から計算される値であり（ $\delta = [R（試料）/ R（標準試料） - 1] \times 1000（\text{‰}）$ ），窒素動態の研究などに用いられてきた（米山，1994）。

農産物の $\delta^{15}\text{N}$ 値分析の結果から有機物施用の有無を

判定できる可能性があり、本論文では、 $\delta^{15}\text{N}$ 値をより詳細な判別基準とするため、肥料や土壌の $\delta^{15}\text{N}$ 値と生産物の $\delta^{15}\text{N}$ 値の関係を明らかにすることを試みた。それは、野菜が吸収する窒素として肥料由来の窒素とともに土壌由来の窒素も想定されるため、その影響の程度を明らかにする必要があるためである。

本研究では、イチゴ果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値に及ぼす有機肥料と化学肥料の $\delta^{15}\text{N}$ 値の影響と、7 県から入手した異なる $\delta^{15}\text{N}$ 値を持つ土壌でイチゴを栽培し、土壌窒素がイチゴ果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値に及ぼす影響とを併せて明らかにした。イチゴは農業産出額でも米、トマトに次ぐ 3 位の 1,750 億円（2004 年生産農業所得統計 [除畜産物]）で、重要な品目であり、施肥などの生産履歴情報についても関心が高まるものと考え選択した。

栽培用土壌の提供を頂きました、長野県南信農業試験場齋藤龍司氏、福井県農業試験場野上雅弘氏、徳島県立

表-1 実験に使用した土壌の性質

	CEC ($\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$)	pH	EC $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$	C ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	N ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	C/N比	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	土壌の種類
山口	11.8	6.4	0.18	20.1	1.9	10.5	+3.3	灰色低地土
徳島	6.7	5.8	1.02	8.5	1.3	6.4	+4.5	灰色低地土
三重	21.8	5.1	0.12	46.5	2.3	20.3	+7.6	非アロフェン質黒ボク土
福井	19.1	6.4	0.34	34.0	3.2	10.6	+5.3	細粒強グライ土
長野	26.7	5.5	0.46	47.9	3.4	13.9	+7.2	淡色黒ボク
愛知	10.5	5.1	0.14	5.8	0.6	9.4	+11.0	赤黄色土
福島	9.3	7.0	0.07	4.2	0.4	9.9	+5.4	細粒質褐色森林土

農林水産総合技術センター杉本和之氏，福島県農業試験場太田弘志氏に感謝致します．

II 材料および方法

1 施肥条件

表-1に示す地域または種類が異なる7県の土壌を1/5,000aポットに化学肥料または有機肥料を施肥して充填した．肥料を添加しない無施肥区も設け，各土壌3処理区とした．1株当たりの施肥量は，化学肥料区ではCDU化成肥料（CDU化成S222，全農，12-12-12）を窒素量で1g（肥料施用量としては8.3g），有機肥料区では牛糞鶏糞ペレット堆肥（（独）九州沖縄農業研究センター，3.5-1.9-2.9）を窒素で1g（肥料施用量としては28.6g），施肥した．それぞれの肥料を約3リットルの土壌に混和し上記のポットに充填した．

2 栽培条件

3号のポリポットで生育させたイチゴ品種‘章姫’の購入苗を上記のポットに定植した．使用した苗のクラウン径は1cm程度，展開葉は4～5枚程度の標準的なものであった．定植は2003年9月30日に施肥等の調製したポットに行い，1処理区当たり3反復で実験した．ガラス温室のベンチ上にポットをランダムに配置し，暖房の設定を12℃にして栽培をした．定植直後は1リットル程度の十分な灌水を行い，その後，植物および土壌の乾燥状態を勘案して適宜灌水を行った．ポット毎に底部に受け皿を設け，ポットの排水口から排出された水は，再び翌日に灌水として使用し，灌水によるポットからの肥料成分の溶脱を最小限にするように努めた．

土壌によっては生育が著しく劣るものもあり，このようなポットは灌水を控えた．2003年11月7日から収穫を始め，翌2004年1月13日まで果実の4分の3以上

が着色した果実を収穫し，その都度重量を測定した．茎葉部については全果実収穫後地際で切除して新鮮重を測定し栽培実験を終了した．

3 土壌および植物体の分析

土壌の陽イオン交換容量（CEC）は，土壌に吸着したアンモニウムイオンを吸引法により溶脱させ（蔵本ら，1978），浸出したアンモニウムイオンを窒素自動分析装置（KJELTEC AUTO 1030 Analyzer，Tecator ab スウェーデン）で測定し，この値を基に算出した．pHとECは採取した生土を用いて測定した．測定した含水率から乾土：水が1：5になるように蒸留水を添加し，30分の振とうの後，ECをECメーター（CM-30V，東亜電波）で，pHをpHメーター（M-12，堀場製作所）で測定した．

土壌中の炭素，窒素含量および $\delta^{15}\text{N}$ 値の分析は，80℃で3日間乾燥した土壌約10gを乳鉢で粉碎し分析試料とした．果実はポット毎に最初に収穫した果実を凍結乾燥後，容器内でポリスマンにより攪拌することにより粉碎して分析試料とした．茎葉部については，栽培実験終了後80℃で3日間乾燥し，振とう式粉碎器により粉碎して分析試料とした．

分析試料をスズカプセル（厚さ0.02mm）に窒素含量にして100 μg 程度が入るように正確に秤量して封入し，安定同位体比分析装置（EA1110-DELTAplus Advantage ConFlo III System，Thermo Finnigan 社）を用いて，土壌については炭素，窒素含量と $\delta^{15}\text{N}$ 値を，植物体については窒素含量と $\delta^{15}\text{N}$ 値を測定した．

III 結 果

1 使用した土壌の性質

CECは徳島の6.7 $\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ から長野の26.7 $\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$

まで幅広く、約4倍の開きがあった(表-1)。土壌溶液のpHは5.1から7.0の範囲であった。塩類濃度は 0.07 dSm^{-1} から 1.02 dSm^{-1} と14倍の開きがあった。炭素含量は、 $4.2\sim 47.9\text{ mg g}^{-1}$ と11倍の開き、窒素含量は、 $0.4\sim 3.4\text{ mg g}^{-1}$ と9倍の開きがあった。C/N比は、 $6.4\sim 20.3$ とその幅は小さくなった。 $\delta^{15}\text{N}$ 値は、最小で $+3.3\text{‰}$ 最大で $+11.0\text{‰}$ で、平均は $+6.3\text{‰}$ であった。以上を総合すると使用した土壌はそれぞれ異なる性質であったといえる。

2 生育および収量

生育については、図-1に示すように、特に徳島の化学肥料を施用した区において収量および地上部の生育について最も大きな抑制が生じていた。三重や福島などの塩類濃度の低い土壌においては、他の土壌に比べ無施肥の場合の生育が施肥区に比べ低い傾向が認められた。化学肥料および有機肥料ともに施肥による生育促進効果が認められたのは、土壌の塩類濃度の最も低かった福島土壌のみであった。

3 果実および植物体の $\delta^{15}\text{N}$ 値と窒素含量

果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値について、化学肥料区では $-2.8\sim +1.7\text{‰}$ と、図-2の実線で示した化学肥料そのものの値 -1.6‰ 付近に分散しており、変動幅は 4.5‰ 、平均値は -0.44‰ であった。一方、有機肥料区では $+6.0\sim +11.3\text{‰}$ と化学肥料区に比べ高く、点線で示した有機肥料そのものの値 $+9.9\text{‰}$ 付近に分散しており、変動幅は 5.3‰ 、平均値は $+9.2\text{‰}$ であった。以上の結果から、異なる土壌においても化学肥料区と有機肥料区の判別は可能であった。無肥料区では、果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値の最低は福島の $+3.7\text{‰}$ 、最高は三重の $+10.7\text{‰}$ であり、変動幅は施肥区に比べ大きく 7.0‰ であった。平均値は化学肥料と有機肥料区間の値で $+6.5\text{‰}$ であった。

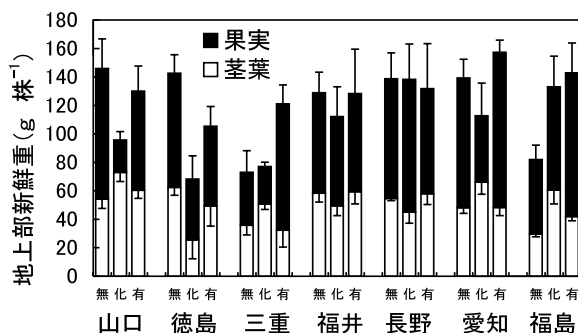


図-1 土壌および施肥がイチゴの収量に与える影響

3ポットの平均値、縦棒は標準誤差

無：無肥料区，化：化学肥料区，有：有機肥料区

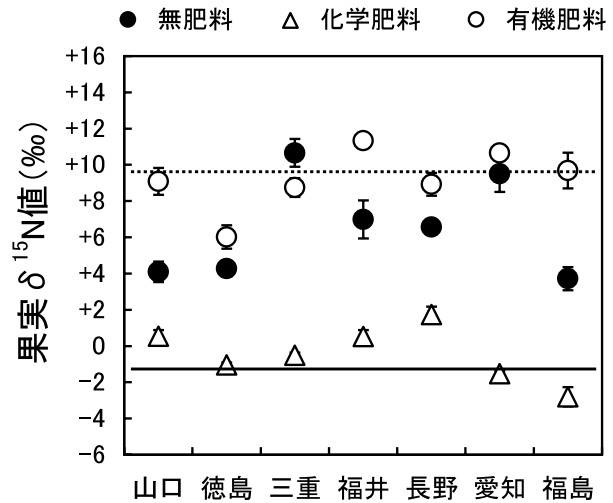


図-2 土壌および施肥がイチゴ果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値に与える影響

3ポットの平均値、縦棒は標準誤差

実線：化学肥料そのものの値 -1.6‰

破線：有機肥料そのものの値 $+9.9\text{‰}$

果実の窒素含量については、各県の値を平均すると無肥料区で 8.73 mg g^{-1} 、化学肥料区で 11.99 mg g^{-1} 、有機肥料区で 9.60 mg g^{-1} となり、施肥の効果を反映した傾向を示した(図-3)。また、徳島の化学肥料区で最大の値となった。

茎葉部と果実部の $\delta^{15}\text{N}$ 値の相関については、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{fruit}} = 0.79\delta^{15}\text{N}_{\text{stem \& leaf}} + 1.40$ の関係が認められ、 $R = 0.965$ と高い相関が認められた(図-4)。無肥料区では、果実と茎葉部の $\delta^{15}\text{N}$ 値が $+3\sim +12\text{‰}$ の範囲でほぼ直線的に分布していた($R = 0.910$)。有機肥料区でも果実と茎葉部の $\delta^{15}\text{N}$ 値が $+6\sim +11\text{‰}$ の範囲で、ほぼ直線的

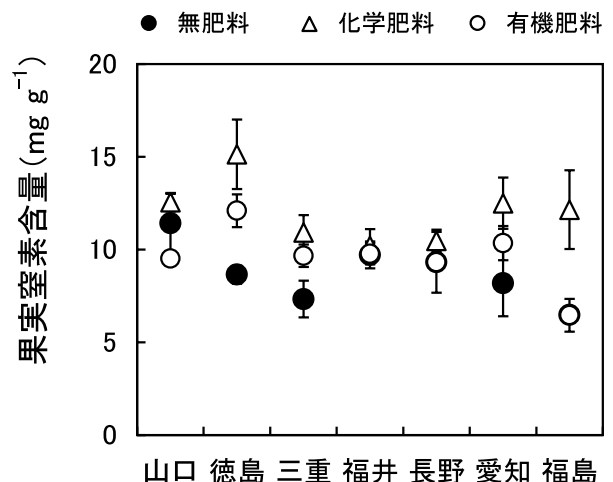


図-3 土壌および施肥がイチゴ果実の窒素含量に与える影響

3ポットの平均値、縦棒は標準誤差

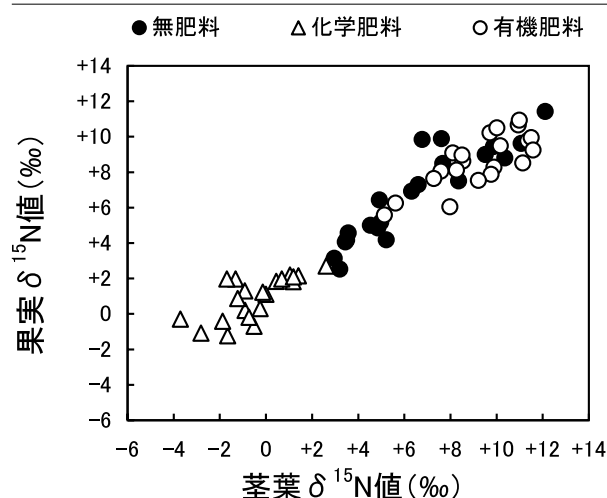


図-4 異なる施肥条件における果実と茎葉の $\delta^{15}\text{N}$ 値の関係

に分布していた ($R=0.784$). 化学肥料区でも果実と茎葉部の $\delta^{15}\text{N}$ 値が $-2 \sim +2\text{‰}$ の範囲で、他の2区と比べて相関係数は低下したが、ほぼ直線的に分布していた ($R=0.724$).

土壌と果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値について一次式で近似しその相関を取った場合、無施肥区では $\delta^{15}\text{N}_{\text{fruit}} = 0.850 \delta^{15}\text{N}_{\text{soil}} + 1.16$ となり土壌窒素を果実が反映し相関が高いことが明らかとなった ($R=0.731$). 一方、化学肥料区では $\delta^{15}\text{N}_{\text{fruit}} = -0.100 \delta^{15}\text{N}_{\text{soil}} + 0.196$ ($R=0.158$), 有機肥料区では $\delta^{15}\text{N}_{\text{fruit}} = 0.248 \delta^{15}\text{N}_{\text{soil}} + 7.63$ ($R=0.322$) の関係式が得られ、土壌 $\delta^{15}\text{N}$ 値との相関は低く、土壌の $\delta^{15}\text{N}$ 値が変化しても果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値は一定の値を取ることが明らかとなった (図-5).

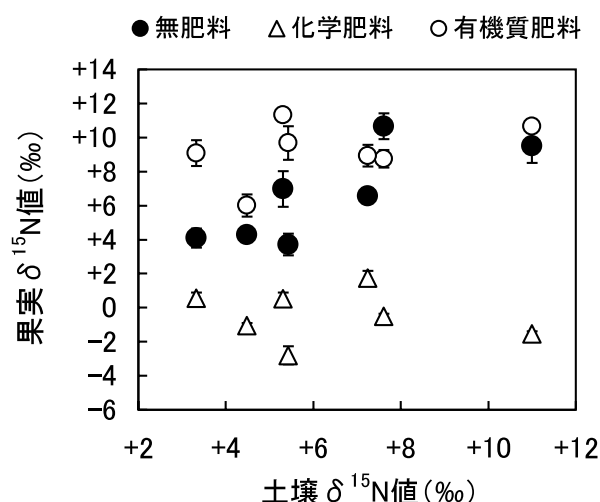


図-5 異なる施肥条件における果実と土壌の $\delta^{15}\text{N}$ 値の関係
3ポットの平均値、縦棒は標準誤差

Ⅳ 考 察

CEC については土壌により約4倍の開きがあった。土壌の CEC を規定している要因としては、粘土や腐植が想定されている。細粒強グライ土や非アロフェン質黒ボク土、淡色黒ボク土など、CEC が高いと想定される土壌では高くなる等、土壌の性質によりそれぞれ異なっていた。本研究で調査した土壌の場合、CEC と炭素含量の相関係数は $R=0.958$ であり、窒素含量との相関係数は $R=0.852$ といずれとも高かった。腐植等に基づく有機物が CEC と比例関係にあることが示唆された。黒ボク土や淡色黒ボク土など黒ボク土系の土壌では CEC が他の土壌より高くなったが、これは既報の多くの情報と一致する結果であった (藤原ら, 1996)。C/N 比は土壌毎に異なったが、 $6 \sim 20$ (平均値12) と通常の土壌の分析値と同程度であり、これについても黒ボク土や淡色黒ボク土など、黒ボク土系の土壌では C/N 比が他の土壌より高くなるというこれまでの報告と一致する結果であった。有機物が多く土壌に添加された場合、土壌が変化する過程で微生物による脱窒やアンモニア揮散などのプロセスが入る機会が生じ、土壌の $\delta^{15}\text{N}$ 値が高くなることが予想されたが、炭素含量が低くても $\delta^{15}\text{N}$ 値が高い土壌が認められるなど、一定の傾向を見出せなかった。

生育については図-1に示すように、特に徳島の化学肥料区において収量および地上部乾物が最も大きな抑制を受けていたが、この原因として土壌に残留していた塩類濃度が高すぎたことが挙げられる。施肥を想定した場合、1:5土壌溶液の塩類濃度が 1 dSm^{-1} というのは適正範囲を超える濃度であり (藤原ら, 1996) 除塩しなかったために正常な生育が得られなかった恐れがある。特に、イチゴは野菜の中でも塩類ストレスに弱いとされているため、施肥による塩類ストレスにより生育抑制が生じた可能性が高い。イチゴの至適 pH は $5 \sim 6.5$ 付近であり、他の野菜に比べてやや酸性にある。今回の土壌については、福島のものだけが至適範囲から外れていたが、特に福島のものだけが生育抑制を受けていないことから、本実験では pH の影響は小さいと結論された。

本実験においては、約2ヶ月間の初期の収穫期間における収量のみであるので、詳細な議論をすることは困難であるが、山口、三重、愛知、福島土壌では EC が比較的低く、化学肥料を加えることにより相対的に果実部より茎葉部への新鮮重の分配割合が増加する傾向が認められた。施肥に反応して栄養生長が促進されたためと考え

られる．一方で，EC が高かった徳島，福井，長野土壌においては，他の土壌に比べ化学肥料の施肥により茎葉部の生育量が抑制されていた．本実験においても，収穫期間を延長させた場合，初期の施肥による高濃度イオンストレスなどに由来する障害がなければ，施肥に反応した収量が期待できたものと思われる．

果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値について，各県それぞれの平均値の標準偏差は化学肥料区で 1.51，有機肥料区で 1.70 と同程度であったが，無肥料区は 2.74 と大きかった．施肥により土壌の影響によるばらつきは同程度に収斂するが，無肥料区の場合のばらつきは大きく，これは土壌の $\delta^{15}\text{N}$ 値に影響を受けたためと考えられた．今回用いた 7 土壌の $\delta^{15}\text{N}$ 値の標準偏差は無肥料区の果実のばらつきと同程度の 2.54 であった．化学肥料区と有機肥料区においては，土壌の差異に関わらず双方の間に有意な差が認められた．同様に，それぞれの処理区の果実の窒素濃度の土壌毎のばらつきについてみた場合，標準偏差は無肥料区，化学肥料区，有機肥料区で 1.63, 1.69, 1.67 であり，無肥料区の $\delta^{15}\text{N}$ 値に認められた土壌窒素に依存する変動の大きさは認められなかった．窒素そのものは土壌中に多く存在しても，果実中の含量はある程度以上には高まらない．これは果実の生育が制御され含量としては一定に保たれるためと考察される．

一方， $\delta^{15}\text{N}$ 値において植物体は肥料の窒素安定同位体比を反映しており（中野ら，2003），吸収過程において同位体分別が起こる可能性は小さいと考察された．トマトを用いた研究により窒素安定同位体比は，施肥履歴の判別に使用できる可能性が示されたが（中野ら，2003），今回の施肥条件の場合でも，施肥量がやや多い設定ではあったが，植物が肥料を優先的に吸収するような通常の施肥の場合は，土壌の影響は少なく，従って異なる土壌においても $\delta^{15}\text{N}$ 値を用いる施肥履歴の判別は十分に可能であると思われる．イチゴは日本の農業産出額で 3 位を占める重要な品目であり，このように施肥履歴を科学的に保証する手法が確立されることは重要であると考えられる．

表 1 から，ポットに含まれる全窒素を土壌容積 3 リットル，仮比重 1 として計算し，ポット当たり全窒素に占める施肥窒素の割合を計算した．土壌全窒素濃度が最も高い長野の場合，施肥窒素の割合は 9 % であった．土壌全窒素濃度が最も低い福島の場合でも，施肥窒素の割合は 44 % であり，量的には施肥窒素は主要な供給源とは言えなかった．

この場合，施肥窒素の依存率を $\delta^{15}\text{N}$ 値の 2 ソースモ

デル（和田，2002）を用いて推定した． f_f を植物体に吸収された化学肥料または有機肥料の窒素のフラクションとし， f_s を植物体に吸収された土壌窒素のフラクションとする．植物体へ吸収された窒素はこの 2 つに由来すると仮定すると， $f_f + f_s = 1$ （式 1）である．このとき施肥窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値を δ_f ，土壌窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値を δ_s ，植物体の $\delta^{15}\text{N}$ 値を δ_p とすると， $\delta_p = f_f \delta_f + f_s \delta_s$ となる（式 2）．式 1 を式 2 に代入して，植物体の施肥窒素への依存率を表現すると， $f_f = (\delta_p - \delta_s) / (\delta_f - \delta_s)$ （式 3）となる．この式から，それぞれの土壌における肥料由来の窒素依存率を算出した．計算上定数として用いた値は，化学肥料（CDU 化成）の $\delta^{15}\text{N}$ 値である -1.6‰ ，有機肥料（ペレット堆肥）の $\delta^{15}\text{N}$ 値である $+9.85\text{‰}$ とした．その結果，化学肥料区では，肥料から植物体を構成する窒素の $83 \pm 22\%$ を，有機肥料区では肥料から植物体を構成する窒素の $70 \pm 38\%$ をそれぞれ吸収していると推定された（平均値 $\pm$ 標準偏差）．両区とも植物体を構成するかなりの割合の窒素を肥料から吸収していると考えられることから，施肥窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値が生産物の $\delta^{15}\text{N}$ 値に大きく反映することになり，これを用いた施肥履歴の判別が可能になると考えられる．

一方で，全く施肥をしない状況においては，植物体は土壌窒素を吸収するため，植物体の $\delta^{15}\text{N}$ 値は土壌窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値に大きく影響を受けて，それらの値を反映していた．多くの場合，化学肥料と有機肥料区間の値であった．使用した土壌は農地として使用されてきた来歴があり，施肥も定期的に行われてきたと考えられる．従って，土壌中に残留した窒素としては，化学肥料に由来する成分も一部あると思われるが，それが微生物や植物に取り込まれ，微生物遺体や特に根などの植物残渣として土壌中に残存し微生物の作用を受けたものと考えられる．添加された有機物の差異または，それらの微生物等による分解過程での同位体分別の差異から，土壌毎に異なる $\delta^{15}\text{N}$ 値になったと考えられる．今回相関を取った土壌の $\delta^{15}\text{N}$ 値は土壌全体の値であり，作物に吸収されない難分解性の画分も含まれている．土壌窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値に対して無施肥区の果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値をプロットした場合，相関係数は $R = 0.731$ であった．植物に速やかに利用されるとされている，例えばリン酸緩衝液で抽出される画分の $\delta^{15}\text{N}$ 値と果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値では，より高い相関係数が得られる可能性がある．今後，どの画分が無施肥の場合の果実に影響を与えるのかを明らかにする必要がある．

また，栽培後期に肥料が切れてきた場合の土壌窒素の影響や施肥量を低減させた場合の土壌窒素の生産性への

寄与についても、栽培管理上また減肥栽培など環境に配慮した施肥法を普及させるにあたって明らかにする必要がある。これらの基準についても $\delta^{15}\text{N}$ 値が使用できる可能性も示唆されており（中野ら，2005），今後，土壌窒素の評価についても $\delta^{15}\text{N}$ 値を用いて検討する必要がある。

V 摘 要

イチゴの収量は土壌毎に異なった。土壌 EC が高い区においては施肥により生育の低下が認められた。イチゴ果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値は施肥による影響を大きく受け、ばらつきはあるものの、異なる土壌において化学肥料と有機肥料を施用した区を判別することが可能であった。窒素含量については化学肥料区で他の区に比べ高い傾向が認められた。果実と茎葉部の $\delta^{15}\text{N}$ 値の相関は $R = 0.965$ と極めて高く、比もほぼ 1 : 1 であった。

土壌の $\delta^{15}\text{N}$ 値に対して果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値をプロットしたところ、化学肥料および有機肥料区では、土壌の $\delta^{15}\text{N}$ 値が果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値に与える影響は小さく、化学肥料区で $-0.4 \pm 1.5\text{‰}$ であり、有機肥料区で $+9.2 \pm 1.7\text{‰}$ であった。すなわち土壌の違いに関わらず、それぞれほぼ一定の値であった。無施肥区についてはイチゴ果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値は土壌により $+3.7\text{‰}$ から $+10.7\text{‰}$ までの値を取り、それぞれの値は土壌の値を反映していた。無肥料区の果実と土壌の $\delta^{15}\text{N}$ 値の相関係数は $R = 0.731$ であった。

十分に施肥をした場合、施肥窒素は有効性の高い窒素であることから土壌窒素の影響は小さく、 $\delta^{15}\text{N}$ 値による施肥履歴判別には影響しないと考えられた。

引用文献

- 1) 藤原俊六郎・安西徹郎・加藤哲郎 (1996) : 第2章土壌診断の方法と活用. pp43-168. 土壌診断の方法と活用. 農文協, 東京.
- 2) 蔵本正義・小菅伸郎・高橋和司 (1978) : 吸引法(PEECH法), 土壌養分測定法委員会編, pp38-41. 土壌養分分析法. 養賢堂, 東京.
- 3) NAKANO, A., Y.UEHARA and A.YAMAUCHI. (2003): Effect of organic and inorganic fertigation on yields, $\delta^{15}\text{N}$ values and $\delta^{13}\text{C}$ values of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.-cv.Saturn). *Plant and Soil*, 255, 343 - 349.
- 4) 中野明正・上原洋一・渡邊功 (2002) : 有機農産物認証を受けた果菜類の $\delta^{15}\text{N}$ 値. 土肥誌, 73, 307-309.
- 5) 中野明正・山内章・上原洋一 (2003) : 有機物施用がトマトの収量, 糖度, 無機成分および $\delta^{15}\text{N}$ 値に与える影響. 土肥誌, 74, 737-742.
- 6) 中野明正・上原洋一 (2004a) : 有機肥料で栽培した野菜と化学肥料で栽培した野菜とを判別する基準としての窒素安定同位体比の適用. 野菜茶研報, 3, 119-128.
- 7) 中野明正・川嶋浩樹・佐久間青成・上原洋一 (2004b) : 有機性液肥の養液土耕への利用がトマトの生育, 収量, 糖度, 無機成分および $\delta^{15}\text{N}$ 値に与える影響. 野菜茶研報, 3, 129-136.
- 8) 中野明正・川嶋浩樹・渡辺慎一・上原洋一 (2005) : 栽培法がトマトの収量と糖度および $\delta^{15}\text{N}$ 値に与える影響. 野菜茶研報, 4, 1-7.
- 9) 和田英太郎 (2002) : 窒素安定同位体比と負荷源の特定. pp632-634. 植物栄養・肥料の事典. 朝倉書店, 東京.
- 10) 米山忠克・笹川英夫 (1994) : 土壌-植物系における炭素, 窒素, 酸素, 水素, イオウの安定同位体自然存在比: 1987年以降の研究進歩. 土肥誌, 65, 585-598.

Effect of Fertilizer and Soil Nitrogen on $\delta^{15}\text{N}$ Values of Strawberry

Akimasa NAKANO* and Yoichi UEHARA

Summary

The yields of strawberry were different among 7 different soils, and the yields on high EC soil were low. The $\delta^{15}\text{N}$ values of the fruits were affected strongly by the fertilizers, even though the $\delta^{15}\text{N}$ values varied among the soils. It was distinguishable whether fruits were cultivated using chemical or organic fertilizers.

The nitrogen content of chemical fertilizer was higher than the other. The correlation coefficient between the $\delta^{15}\text{N}$ values of the fruits and the stem and leaf was $R = 0.965$, and mostly liner proportional.

The average $\delta^{15}\text{N}$ values of strawberry using inorganic and organic fertilization were $-0.4 \pm 1.5 \text{‰}$, $+9.2 \pm 1.7 \text{‰}$, respectively. The $\delta^{15}\text{N}$ values of the fruits reflected those of the fertilizers with almost constant values even in the different soils. The effect of fertilizer application was a major factor in the composition of the $\delta^{15}\text{N}$ value of the strawberry fruits.

Without fertilization, the $\delta^{15}\text{N}$ values of the fruits reflected those of different soils. Under this condition, the correlation coefficient between the $\delta^{15}\text{N}$ values of the fruits and those of the soil was 0.731. In conventional fertilization, because the applied nitrogen was most readily available, it was taken up by the plant preferentially and the effect of the soil nitrogen was not dominant to the $\delta^{15}\text{N}$ values of the fruits.

Received: November 30, 2005

Department of Fruit Vegetables

40-1 Minaminakane, Taketoyo, Aichi, 470-2351 Japan

* Present address:

Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council

1-2-1 Kasumigaseki, Chiyoda, Tokyo, 100-8950 Japan