



あたらしい 農業技術

No.539

砂地露地野菜畑における牛ふん
堆肥の分解特性に基づく施用法

平成 22 年度

要 旨

1 技術、情報の内容及び特徴

- (1) 砂地露地畑において窒素換算で 10、20、40 kg/10 a の重窒素標識牛ふん堆肥を施用し、ニンジンとスイートコーンの堆肥由来窒素吸収量と利用率を調査した結果、堆肥窒素施用量が多いほど作物による堆肥由来窒素吸収量は増加しました。しかし堆肥由来窒素利用率は、施用量にかかわらずほぼ同じでした。つまり堆肥窒素施用量が 10～40 kg/10 a の範囲では、堆肥窒素施用量の増加に比例して作物の利用率が向上するわけではありませんが、施用労力とコストは施用量に応じ増加してしまいます。また牛ふん堆肥を 2 年連用すると、堆肥窒素施用量が 20 および 40kg/10a では、2 年目に連用効果が確認できました。これらの結果から最も適切な堆肥窒素施用量は、20kg/10a であることが明らかになりました。
- (2) 牛ふん堆肥を窒素換算で毎年 20kg/10a ずつ連用した場合の無機態窒素放出量を有機物分解モデルにより予測しました。堆肥から放出される無機態窒素量は、施用当年は 8.8kg/10a ですが、連用により徐々に増加し 20 年後には 17kg/10a を超えました。
- (3) ニンジン—スイートコーン体系において、牛ふん堆肥を連用した場合の堆肥由来窒素吸収量と化学肥料窒素利用率から、化学肥料窒素削減可能性を計算しました。その結果、牛ふん堆肥の連用によって化学肥料窒素削減可能性は徐々に増加し、連用 10 年目にはニンジンで約 4 kg/10 a、スイートコーンで約 3 kg/10 a の窒素施肥量を削減できると考えられました。

2 技術、情報の適用効果

砂地露地畑のニンジン—スイートコーン体系における牛ふん堆肥の分解特性に基づく適切な堆肥窒素施用量と堆肥連用に伴う化学肥料窒素削減可能性を明らかにしました。これらの結果を活用すれば、牛ふん堆肥の合理的な施用と化学肥料の施肥削減が同時に実現できるので、生産現場における環境保全型農業への取組の推進に寄与します。

3 適用範囲

県内の砂地露地野菜畑

4 普及上の留意点

- (1) 本試験結果は、農林技術研究所海岸砂地圃場（御前崎市）内の砂地露地畑で得られたものです。
- (2) 使用する堆肥が異なる場合は、堆肥からの無機態窒素放出量が変わってくるので、本冊子の内容を参考に化学肥料削減量を調整する必要があります。

目 次

はじめに	1
1 海岸砂地地帯の特徴	1
2 砂地露地野菜畑における牛ふん堆肥の窒素施用量と化学肥料窒素削減可能量	2
(1) ニンジン－スイートコーン体系における適切な牛ふん堆肥窒素施用量	2
(2) 牛ふん堆肥連用に伴う無機態窒素放出量の変化	4
(3) 牛ふん堆肥連用に対応した化学肥料窒素削減可能量	5
おわりに	6
参考文献	6

はじめに

本県の砂地地帯では、冬期が温暖で早春の地温上昇が早いこと、粒子が均一で耕土が深いこと、土壤水分ストレスを与えやすいことから、高品質の野菜が生産されています。しかし、砂地土壤は保水力、保肥力が小さいため、降雨や灌水に伴って施肥した肥料成分が地下水中に溶脱しやすく、環境に大きな負荷を与えることが懸念されています。

一方、地力の維持・増進や環境保全型農業を推進するために、堆肥等の有機物の積極的な活用が求められています。堆肥の施用は、土壤の物理性、化学性、生物性を改善し、農地の生産力を向上させる効果がありますが、堆肥であっても過剰に施用すれば地下水を汚染する可能性が指摘されていますので、化学肥料だけでなく有機物も含めた適正な養分管理技術を確立する必要があります。

国は堆肥等の有機性資源の循環利用を促進すると同時に環境保全型農業の取組の拡大を図るため、平成 20 年 7 月に水稻、畑作物、野菜、果樹における堆肥の施用基準と堆肥などの有機物を施用した場合の減肥マニュアルを公表しました（「土壤管理のあり方に関する意見交換会」報告書）。ただしこの報告書で示されているのは、土壤を黒ボク土及び非黒ボク土の 2 種類に区分し、堆肥連用条件下における 1 年 1 作の場合の堆肥施用量です。従って、砂地のように土壤特性が大きく異なる場合には、報告書の施用基準をそのまま適用できるとは限りません。報告書の中でも指摘されているように、地域の実態に即した基準を作成していく必要があると考えられます。

そこで、砂地露地野菜畑における堆肥の施用量と化学肥料の削減量を明らかにするため、牛ふん堆肥を施用したニンジン・スイートコーン体系において、作物による牛ふん堆肥由来窒素の吸収利用や牛ふん堆肥の分解特性を調査しました。この冊子では、これらの調査結果から得られた砂地露地野菜畑における牛ふん堆肥の窒素施用量および牛ふん堆肥を連用した場合の化学肥料窒素削減可能量について紹介します。

1 海岸砂地地帯の特徴

静岡県内には、県西部の遠州灘沿岸、中部の駿河湾沿岸、東部伊豆半島の県内のほぼ全域に海岸砂地が分布しています（図 1）。特に、遠州灘沿岸および駿河湾沿岸にかけては、幅およそ 0.5 km の砂地が発達しています。

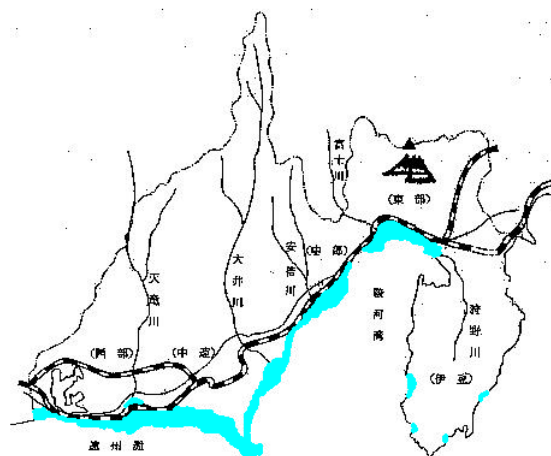


図 1 海岸砂地の分布

本県の海岸砂地地帯の特徴をまとめると、表1のようになります。

表1 海岸砂地地帯の特徴

項目	特徴
気温	年平均気温 16℃。特に冬の最低気温は高い。
降水量	1857 mm (全国並み)。
日照時間及び日射量	年間を通して多い。他の地域に比べ特に冬季が多い。
風	風速 10m/s 以上の強風の日数が多い。
地温	地表下 10 cm の地温が高い。春先の温度上昇が早い。
排水性及び保水性	排水は良いが、保水性はきわめて小さい。
保肥力	交換容量が少ないため保肥力は小さい。

またこの表にあげた以外にも、砂地土壌は粒子が均一で耕土が深いこと、耕耘作業が容易で降雨後も短時間で作業が開始できること、収穫作業や収穫物の洗浄作業も容易であること等の特徴があげられます。砂地を取り巻くこれらの条件は、農産物を生産するうえで極めて有利なもので、遠州灘沿岸ではこのような条件を活かしたニンジン、カンショ、サトイモ、スイカ、スイートコーン等の生産が行われています。

2 砂地露地野菜畑における牛ふん堆肥の窒素施用量と化学肥料窒素削減可能量

(1) ニンジン－スイートコーン体系における適切な牛ふん堆肥窒素施用量

砂地露地野菜畑における堆肥の適切な施用量を明らかにするためには、作物により堆肥由来窒素がどの程度吸収されているのか正確に把握する必要があります。作物に施用した養分の吸収量は通常、養分施用区の吸収量から無施用区の吸収量（土壌からの吸収量）を差し引くことで求められます。ほとんどはこの方法で十分ですが、より正確に求めたい場合には同位体元素を用いる必要があります。窒素の場合は、安定同位体である重窒素（¹⁵N）を用いることで、堆肥由来窒素の動態を直接的に把握できるようになります。

そこで今回は、重窒素で標識した牛ふん堆肥（現物 T-N1.1%、C/N 比 18）を試験に使用しました。標識牛ふん堆肥は、1 作目のニンジン播種前に、窒素換算で 10 kg/10 a（以下図中は堆肥 N10）、20 kg/10 a（以下図中は堆肥 N20）、40 kg/10 a（以下図中は堆肥 N40）施用し、堆肥施用後はトンネル栽培ニンジン（11～4 月）－スイートコーン（5～7 月）体系で灌水しながら栽培を行いました。化学肥料は、堆肥窒素施用量にかかわらずニンジンで 10kgN/10a、スイートコーンでは 15kgN/10a 施用しました。なお今回設定した堆肥窒素施用量は、10 a あたりの現物施用量に換算すると、およそ 1 トン、2 トン、4 トンに相当します。

標識牛ふん堆肥由来の窒素は、施用 1 年後までに 1～3 kg/10a が吸収されました。またニンジン、スイートコーンともに堆肥の窒素施用量が多いほど、堆肥由来窒素の吸収量も増加しました（図 2）。しかし堆肥由来窒素の利用率は、堆肥窒素施用量 10kg/10a のニンジンを除き堆肥窒素施用量にかかわらずほぼ同じでした（図 3）。つまり砂地露地野菜畑で牛ふん堆肥窒素施用量が 10～40 kg/10 a の範囲では、牛ふん堆肥施用量を増やしても作物による堆肥窒素の利用効率は良くなるということなのです。逆に堆肥施用量を増やせば、その分の労力やコストがかかりますので、経営的にはむしろマイナスの部分が大きくなるものと考えられます。

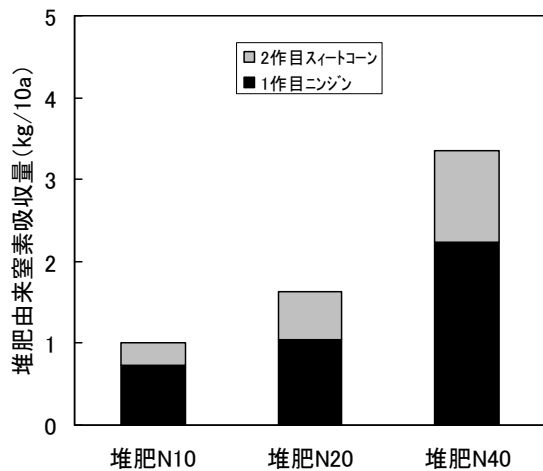


図2 標識牛ふん堆肥由来窒素吸収量

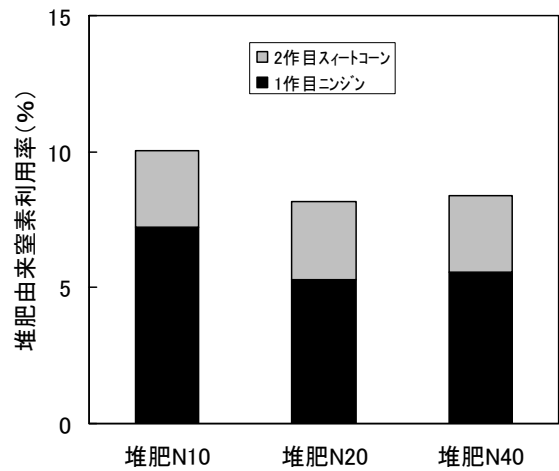


図3 標識牛ふん堆肥由来窒素利用率

それでは次に、堆肥窒素施用量 10~40kg/10a の範囲で、適切な施用量について考えたいと思います。堆肥は、化学肥料と異なり施用当作に対する養分供給だけでなく、地力の維持・向上（窒素養分の累積的で持続的な供給効果）を期待して連用するのが普通です。そこで、ニンジン—スイートコーン体系で牛ふん堆肥を2年連用した場合の堆肥由来窒素吸収量を測定し、連用効果を判定することにしました。

堆肥に含まれている窒素の大部分は有機態の窒素で、土壤に施用し微生物により分解されて初めて作物が吸収利用できる無機態窒素になります。堆肥には、化学肥料と違い施用当作で作物に利用される易分解性窒素だけでなく、土壤に蓄積する中～難分解性窒素が多く存在します。土壤に残存した中～難分解性窒素は翌年以降も少しずつ無機化されるので、堆肥を連用すると当年施用の堆肥から無機化する窒素だけでなく、土壤に蓄積した未分解の堆肥から無機化する窒素が加わることになります。従って、連用することで堆肥から放出される無機態窒素量が年々増加する、これが連用効果というわけです。

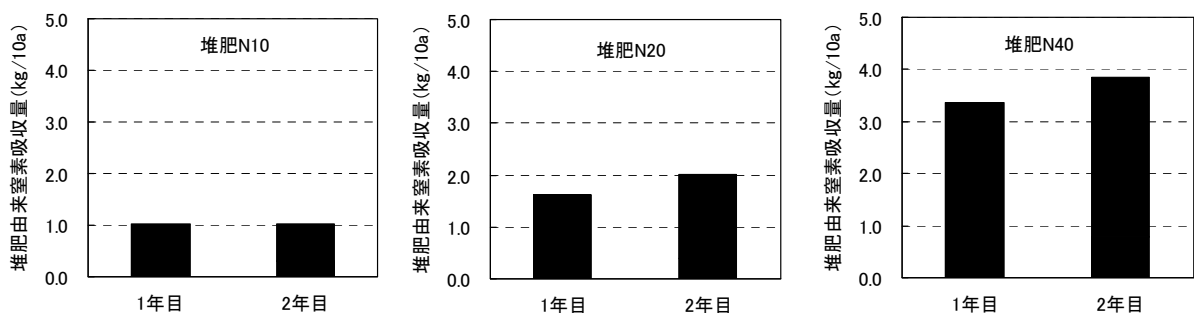


図4 標識牛ふん堆肥を連用した際の堆肥由来窒素吸収量

図4を見ると、堆肥窒素施用量が20および40kg/10aの場合には、1年目に比べ2年目のほうが堆肥由来の窒素吸収量が増加しています。つまり連用効果が認められたということです。一方10kg/10aでは、1年目と2年目の堆肥由来窒素吸収量はほぼ同じで、堆肥連用効果は見られませんでした。この結果だけ見ると、堆肥窒素施用量が10kg/10aでは連用効果がなく、20kg/10a以上であれば連用効果がでると誤解されそうですが、10kg/10aでも連用を継続していけばいずれは堆肥由来窒素吸収量が増加することは間違いありません。つまり10kg/10aの場合は、施用量が少ないためにすぐに効果が出ないだけなのです。以上の結果から、堆肥窒素施用量が10、20および40kg/10aの中では、20kg/10aが最も適切な施用量と考えられます。

(2) 牛ふん堆肥連用に伴う無機態窒素放出量の変化

(1)では、堆肥を連用すれば無機態窒素放出量が徐々に増加することについて説明しました。ここでは、牛ふん堆肥を毎年20kgN/10aずつ連用した場合を想定し、無機態窒素放出量がどの程度増加するのか説明します。

実際に牛ふん堆肥を10年、20年と連用しながら、ニンジンとスイートコーンを栽培して調査できれば良いのですが、それでは結果がでるのにあまりにも時間がかかりすぎます。そこで、精度はある程度犠牲になりますが、有機物分解モデルにより無機態窒素放出量を予測したいと思います。試験は以下のような方法で行いました。

砂丘未熟土(乾土30g)と牛ふん堆肥(炭素量:1.5g、窒素量:0.08g)を混合し不織布袋につめてから、ニンジン・スイートコーンを栽培している圃場に埋設します。埋設後、定期的に不織布袋を掘り出し、全窒素の残量を測定しました。2年半の測定結果を以下の予測式(農林水産技術会議事務局(1985)農耕地における土壌有機物変動の予測と有機物施用基準の策定)に当てはめて、パラメータa、c、fを決定します。パラメータが決定できれば、無機態窒素放出量は「堆肥窒素無機化率×堆肥中の全窒素量」により求めることができます。

$$\begin{aligned} \text{堆肥窒素残存率} &= a \times 0.01^t + c \times 0.63^t + f \times 0.955^t \\ \text{堆肥窒素無機化率} &= 1 - (a \times 0.01^t + c \times 0.63^t + f \times 0.955^t) \\ t &: \text{連用年数} \\ a, c, f &: \text{分解率の異なる有機物画分の割合} \\ a + c + f &= 1 \quad (t = 0) \end{aligned}$$

図5に示した $y_t = 0.30 \times 0.01^t + 0.34 \times 0.63^t + 0.36 \times 0.955^t$ が堆肥窒素残存率の予測式で、図6はこの式をもとに計算した堆肥窒素無機化率になります。

牛ふん堆肥施用当年の窒素無機化率は44%ですが、10年連用でおよそ77%、20年ではおよそ86%まで増加します。つまり20年連用した場合には、施用した堆肥窒素の86%に相当する窒素が1年間で無機化することになります。

牛ふん堆肥を毎年20kgN/10aずつ連用した場合の無機態窒素放出量を図7に示しました。堆肥から放出される無機態窒素量は、施用当年は8.8kg/10aですが、連用により徐々に増加し20年後には17kg/10aを超えます。

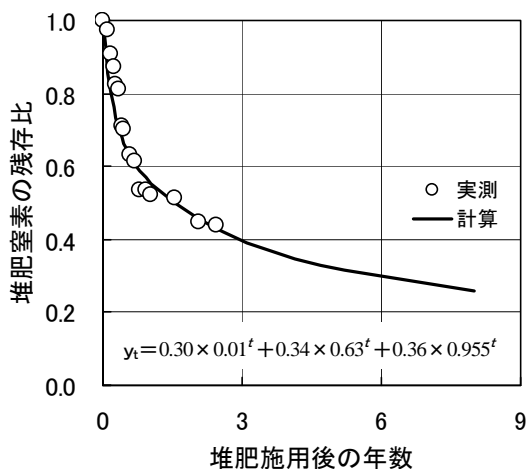


図5 牛ふん堆肥窒素残存比の推移

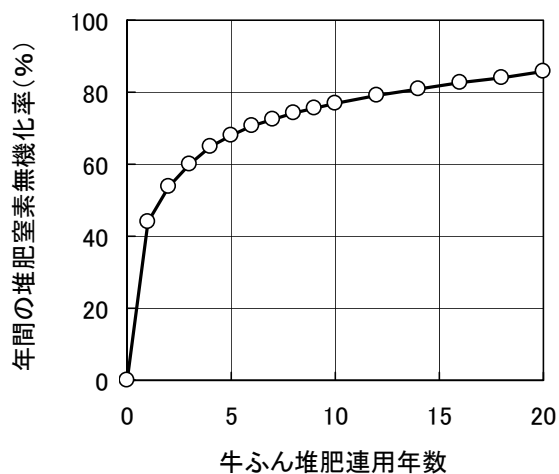


図6 牛ふん堆肥連用に伴う窒素無機化率の変化

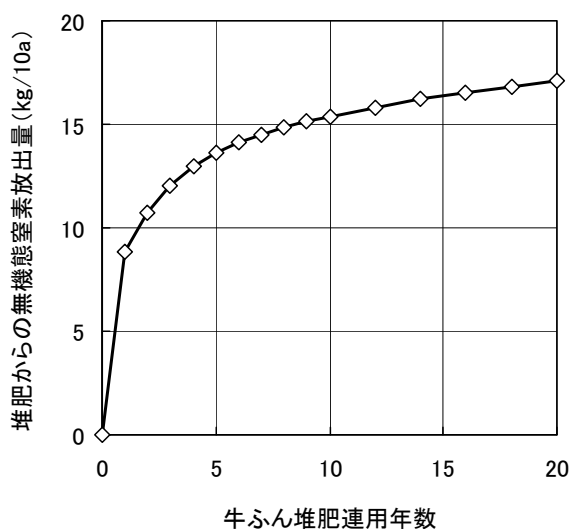


図7 牛ふん堆肥を毎年20kgN/10aずつ連用した場合の無機態窒素放出量の変化

(3) 牛ふん堆肥連用に対応した化学肥料窒素削減可能量

これまでも作付け前に土壌化学性を測定し、養分が過剰に蓄積している場合には、化学肥料の施肥量を削減してきました。今後もこの土壌診断が不要になることはありませんが、環境と調和のとれた持続的な農業生産を実現するためには、堆肥からの養分供給を予測し、土壌養分を積極的に管理することが重要になると考えられます。すでに明らかにしてきたとおり、家畜ふん堆肥を連用すれば無機態窒素放出量は年々増加していきます。従って無機態窒素放出量の変化に対応して化学肥料の窒素施用量を調節しなければ、養分過剰になり環境への負荷が増加する可能性があります。そこで、ニンジンとスイートコーンにおける牛ふん堆肥由来の窒素吸収量を別途求めた化学肥料窒素利用率で割ることにより、化学肥料窒素削減可能量を計算しました。

その結果、牛ふん堆肥の連用によって化学肥料窒素削減可能量は徐々に増加し、連用 10 年目にはニンジンで約 4 kg/10 a、スイートコーンで約 3 kg/10 a の窒素施肥量を削減できると考えられました（表 2）。

表 2 牛ふん堆肥を毎年 20kgN/10a ずつ連用した場合の
化学肥料窒素削減可能量 (kg/10 a)

品 目	牛ふん堆肥連用年数			
	1 年	5 年	10 年	20 年
ニンジン	1.7	3.3	3.8	4.2
スイートコーン	1.4	2.7	3.0	3.4

おわりに

砂地土壌はもともと、保肥力が小さく養分が溶脱しやすい土壌ですから、堆肥等の有機質資材を投入することは地力を維持するうえで大変重要です。しかし黒ボク土等と比べその特性が大きく異なるので、砂地土壌の特性をふまえた施用基準を策定する必要があります。今回、ニンジン・スイートコーン体系という限定した条件ではありますが、砂地土壌における牛ふん堆肥の分解特性を明らかにし、適切な堆肥窒素施用量を明らかにしました。また、牛ふん堆肥の連用に伴う化学肥料窒素削減可能量についても算出しました。

しかし、技術的な問題点が残されていないわけではありません。例えば牛ふん堆肥は、窒素に比べ加里含有率が高い傾向があります。窒素だけを指標にして施用量を決定すると、加里が過剰になる場合も想定されます。また実際に使用されている堆肥は、牛ふん堆肥だけではありません。これらの点についてはさらに検討を加え、実態に即したより使いやすい施用基準に改訂していく必要があるでしょう。

今後、冊子の内容をきっかけに堆肥と化学肥料の役割が見直され、より合理的な堆肥施用法が普及することで、環境保全型農業の推進に寄与することを期待しています。

参考文献

- 1) 農林水産技術会議事務局, 1985 年. 農耕地における土壌有機物変動の予測と有機物施用基準の策定. 研究成果, 166
- 2) 西尾道徳, 2007 年. 堆肥・有機質肥料の基礎知識. 農山漁村文化協会, p213.
- 3) 農林水産省, 平成 20 年. 「土壌管理のあり方に関する意見交換会」報告書.

前 農林技術研究所 生産環境部 主任研究員 福島 務 (文責)

(現 農林技術研究所果樹研究センター・上席研究員)

高橋智紀 (現 農研機構本部)