

材料の異なる堆肥施与によるトウモロコシ初期生育の相違

誌名	東京農業大学農学集報
ISSN	03759202
巻/号	484
掲載ページ	p. 164-168
発行年月	2004年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



材料の異なる堆肥施与によるトウモロコシ 初期生育の相違

—初期生育と土壤物理性との関係—

平野 繁*

(平成 15 年 8 月 25 日受付/平成 16 年 1 月 29 日受理)

要約 : 材料が異なる 3 種類の堆肥を用い, トウモロコシの初期生育の相違を, 地上部窒素含有量 (窒素吸収量) と土壤物理性の変化から検討した。1/5,000a ワグナーポットに, 各堆肥を乾物で, 38 g, 76 g, 114 g, 152 g を施与し, 播種後 4 週間後に, 地上部乾物重と窒素含有率を測定した。地上部窒素含有量と地上部乾物重との間には, 正の相関関係が認められ, 同じ窒素含有量で比較すると, 単位乾物重当たりの体積が大きい (比重が小さい) 堆肥を施与した場合の方が, トウモロコシの地上部乾物重が大きかった。混和した堆肥の単位乾物重当たり体積が大きいほど, 土壤の空隙率が増加し, トウモロコシの生育量を大きくしたものと示唆された。

キーワード : 堆肥施与, トウモロコシ, 初期生育, 土壤物理性

緒 言

長期間の堆肥施与によって, 土壤の化学性のみならず, 土壤が膨軟化し空隙率の増加など土壤の物理性が改善される^{1,2)}。堆肥連用による作物の収量増加が報告されているが³⁾, 化学性の変化と物理性の変化が同時に生じるので, その要因を化学性と物理性に分離して考察することは難しい。従って, 物理性の改善が作物生産に及ぼす影響について検討するためには, 化学性の変化による影響を低減し, 物理性の変化が作物生産に反映する実験系が必要となる。

直径の異なるガラス球を組み合わせた間隙の異なる培地を用い, 土壤間隙の増加による作物生育への影響を検討した小林・大竹⁴⁾の実験の結果, 間隙が大きくなるほど地上部の生育が促進した。しかしながら, 実際の堆肥を施与し無堆肥区との間で生育収量を検討する場合, 堆肥に含まれる肥料成分の影響をなくすためには, 施与する堆肥に含まれる肥料成分と同等の化学肥料を無堆肥区に施与する必要がある。平野・田辺⁵⁾は, ポット実験において, 施与する 3 要素量が同量になるよう堆肥区と化学肥料区を設け, 水稻収量を検討した結果, 堆肥施与による水稻の収量増加要因として, 堆肥の肥効が緩効的で, 穂揃期以降の窒素吸収量が増加するという, 水稻の理想的窒素吸収パターンを示したことから, 堆肥施与によって土壤の固相率が減少し土壤間隙が増加したことの 2 点をあげ, 堆肥施与による作物生産への効果を, 土壤の化学性の変化と物理性の変化に分離することは困難であったと報告している。

また, 堆肥に含まれる有機態窒素の無機化量は, 微生物

の酵素反応としてとらえられ, 地温の関数として推定される^{6,7)}ため, 圃場における堆肥連用試験では, 気温の年次変動によって窒素の無機化量は異なる。従って, 堆肥区と無堆肥区の窒素量を完全に一致させることは困難である。天野・森脇⁸⁾は, 水稻の冷害に対する堆肥施用の効果の実験で, 堆肥区と無堆肥区に施与する化学肥料の量を一定とせず, 複数の水準を設け, 稲葉身の窒素含有率に対する稔実歩合や根の活性 (α -ナフチルアミン酸化力) などを比較し, 堆肥連用によって根の活性が高まり, 冷害による収量低下を小さくしたことを報告している。稲葉身の窒素含有率は, 栽培期間中に発現した堆肥由来の窒素と化学肥料の窒素総量を反映しており, 堆肥区と無堆肥区で得られた近似曲線の差は, 堆肥施与による土壤の物理性の改善に起因する可能性が高いものと推察される。

以上のことから, 堆肥施与による土壤の物理性の改善が作物生産に及ぼす影響について検討するためには, 肥効パターンが異なる化学肥料との比較ではなく, 土壤の物理性に及ぼす影響が異なる堆肥を用いることが必要であり, 材料の異なる堆肥では一定期間中の窒素の無機化量が異なる⁹⁾ことから, 施与量を一定とせず, 複数の水準を設け, それぞれの堆肥の窒素無機化量を反映するパラメータと作物生産を比較することが必要であると考えられる。

本実験では, 土壤の物理性に及ぼす影響が異なる堆肥として, 単位乾物重当たりの体積 (比重) が異なる堆肥を用い, 土壤物理性の変化が作物の初期生育に及ぼす影響を検討した。トウモロコシを供試作物として, 堆肥施与量を堆肥の腐熟度判定法の一つであるポット栽培試験法¹⁰⁾に準

* 東京農業大学農学部農学科

じて、1/5,000 a ポットを用いて栽培実験を行った。

有機質肥料を施与した際の窒素吸収特性の実験から、チンゲンサイ・ニンジン・リクトウなど、いくつかの作物は、特定の分子量の有機態窒素を直接吸収し、トウモロコシは無機態窒素のみを吸収する特性をもつことが報告されている¹¹⁻¹⁴⁾。本実験では、施与した堆肥に含まれる特定の分子量の有機態窒素含有率が異なり、その吸収によって作物の生育に相違が発生することを避ける目的で、供試作物にトウモロコシを選んだ。

材料および方法

1. 使用堆肥

本実験では、バイオガスプラント搾汁分離かす堆肥、エコトレイ堆肥、鶏糞堆肥の3種の堆肥を用いた。

搾汁分離かす堆肥には、東京農業大学農学部設置されているバイオガスプラント（住友重機工業株式会社製）から発生する残渣物のうち、搾汁分離かすを原料として用いた¹⁵⁾。搾汁分離かすは、メタン菌によるメタン発酵に使用する搾汁液を家畜糞尿から脱水する際に生じる残渣で、糞、敷料、残餌などの固形物である。2001年6月26日に堆肥材料を50 kg用メッシュバッグ（直径57 cm 高さ60 cm 容積153 L、商品名タヒロン：田中産業株式会社製）に50 kg 充填し、1週間毎に切り返しと水分調整を行った。取り出した堆肥の含水率を、赤外線水分計（FD-600：株式会社ケット科学研究所）で測定し、水を加えて含水率が65%になるように調整した後、再度、バッグへ充填した。切り返しと水分調整を、7月3日、10日、17日、24日の計4回実施した。農学部内の堆肥舎（間口10 m 奥行13 m 高さ6.8 m の鉄骨トラス構造ビニルハウス）にて、堆肥調製を実施し、メッシュバッグを、簀の子の上に置き、バッグ底面の通気性を確保した。

エコトレイ堆肥は、本学2000年度収穫祭の模擬店で使用したエコトレイ（ケナフ・バカス・竹などの有機資材をプレス成型）と割り箸を粉碎したものに、米糠・廃蜜糖・窒素肥料を混合したものを原料とし、2ヵ月に1回の割合で切り返した堆肥である。

鶏糞堆肥には、鶏糞307 kg 粗穀46 kg を材料として用い、2001年4月12日に、堆肥材料混合後の含水率が37%になるよう水を添加し、500 kg用メッシュバッグ（直径110 cm 高さ116 cm 容積1.1 m³、商品名タヒロン：田中産業株式会社製）に充填し、堆肥調製を行った。バッグ中心部の発酵温度が低下し、外気温とほぼ同じになった時点で、手作業による切り返し、同時に水分添加を行い、含水率を堆肥調製開始時と同じに調整した。この切り返しと水分調整作業を、4月27日（堆肥調製後16日目）、5月11日（30日目）、5月24日（43日目）、6月5日（55日目）の計4回実施した。農学部内の堆肥舎にて、堆肥調製を実施し、メッシュバッグを、荷台パレットの上に置き、バッグ底面の通気性を確保した。

堆肥の全窒素並びに無機態窒素をサルチル酸—硫酸法で、リン酸とカリウムを湿式灰化後、リン酸をバナドモリブデン酸法で、カリウムを原子吸光光度法により測定し

た。堆肥の無機態窒素測定には、試料に2N 塩化カリウム液を加えて30分振とう後の抽出液を用いた。3種類の堆肥の測定値を表1に示した。

2. ポット栽培試験

一般に、ポット栽培試験法では、ノイバウエルポット（表面積100 cm² 高さ65 mm）を用い、土壌を500 mL 使用して、コマツナを20~25粒播種し3週間栽培する。本実験では、実験の目的からトウモロコシを栽培するので、ノイバウエルポットでは小さいと判断し、1/5,000 a ワグナーポット（表面積200 cm² 高さ190 mm）を用い、1ポット当たり5個体栽培した。

3種類の堆肥すべてが、乾物当たりの窒素量が2%以下であったので、使用土壌が500 mLの場合で、堆肥の標準施与量を5 gとした¹⁰⁾。1/5,000 a ワグナーポットを使用する本実験では、使用土壌が3,800 mLであることから、堆肥を乾物としてポット当たり38 g, 76 g, 114 g, 152 g 施与する4区を設けた。なお、乾物38 g当たりの堆肥体積は、搾汁分離かす堆肥361 mL、エコトレイ堆肥190 mL、鶏糞堆肥95 mLであり、各ポット当たりの堆肥の混合体積割合は、表2の通りである。

堆肥と土壌（腐食質火山灰土壌下層土）を混和し、トウモロコシ（品種ニューデント105日DK537）を、2001年8月22日に播種し、4週間後の9月20日に地上部を刈り取り、乾物重並びに地上部窒素含有率を測定した。地上部窒素含有率の測定を、堆肥の全窒素測定と同じ方法で行った。各区5ポットを反復とし、ポット当たりの乾物重平均値を統計計算に用いた。また、地上部窒素含有率を、すべての個体をあわせて粉碎し測定した。

結果および考察

1. 施与した3要素成分量と地上部乾物重との関係

表3に、施与した3要素成分量と地上部乾物重の3区を混みにした相関係数を示した。全窒素施与量・無機態窒素施与量・全リン施与量・全カリウム施与量と地上部乾物重

表1 使用堆肥の3要素成分

堆肥の種類	窒素		
	窒素	リン	カリウム
搾汁分離かす堆肥	1.51 (0.13)	0.93	0.96
エコトレイ堆肥	1.48 (0.13)	1.40	1.90
鶏糞堆肥	0.89 (0.27)	1.22	2.02

()内の数値は無機態窒素成分を示す

表2 施与した堆肥の混合体積割合

堆肥の種類	施与量(g/ポット)			
	38g	76g	114g	152g
搾汁分離かす堆肥	9.5	19.0	28.5	38.0
エコトレイ堆肥	5.0	10.0	15.0	20.0
鶏糞堆肥	2.5	5.0	7.5	10.0

表 3 地上部乾物重と施与した3要素成分量（ポット当たり）との相関係数

全窒素	無機態窒素	全リン	全カリウム
0.549	0.941	0.785	0.805
(0.302)	(0.886)	(0.617)	(0.649)

n=12 ()内の数値はR²値を示す

の間の相関係数では、無機態窒素が最も高く、全カリウム、全リン、全窒素の順となった。

堆肥別の、無機態窒素施与量とトウモロコシの地上部乾物重との関係を図1に示した。同じ無機態窒素施与量では、搾汁分離かす堆肥で鶏糞堆肥と比較してトウモロコシの地上部乾物重が大きく、エコトレイ堆肥ではその中間となった。堆肥施与後4週間で無機化した無機態窒素量が堆肥によって異なる可能性が示唆された。

2. 地上部窒素含有量と地上部乾物重との関係

堆肥の肥効特性の一つである、培養発現窒素量⁹⁾は、30℃4週間静置培養によって無機化した無機態窒素量であり、本実験では、各堆肥から施与後4週間で無機化する無機態窒素量を推定するのに最も適した特性値である。しかしながら、今回の実験では、この培養発現窒素量を測定しなかった。そこで、本実験では、発現窒素量は、栽培期間中にトウモロコシに吸収された窒素量に反映すると考え、地上部窒素含有量と地上部乾物重との関係を検討した。

地上部窒素含有量とトウモロコシの地上部乾物重との関係では、正の相関関係が認められた(図2)。同じ地上部窒素含有量では、無機態窒素施与量と同様、搾汁分離かす堆肥で鶏糞堆肥と比較してトウモロコシの地上部乾物重が大きく、エコトレイ堆肥ではその中間となった。従って、当初の無機態窒素の施与およびその後の無機態窒素への分解以外に、土壌物理性の改善によってトウモロコシの生育を大きくした可能性が示唆された。

また、無機態窒素施与量と地上部窒素含有量にも正の相関関係が認められた(図3)。これは、今回供試した堆肥に含まれる無機態窒素量の比率と、施与後の無機化量の比率が、偶然にも一致したためと考えられた。そのため、無機態窒素施与量とトウモロコシの地上部乾物重との関係(図1)と、地上部窒素含有量とトウモロコシの地上部乾物重との関係(図2)が、同様の傾向を示した。

3. 地上部窒素含有量および堆肥混合体積割合と地上部乾物重との関係

土壌の物理性の変化は、本来であれば、土壌の三相分布から検討すべきであるが、1ポット当たり5個体を栽培したことから、ポット内の根量が大きく、正確な固相率が得られなかったことから、ポット詰め時に混合した堆肥の体積割合を土壌物理性改善の指標として用いた。

地上部窒素含有量と堆肥の混合体積割合の2つを説明変数、地上部乾物重を目的変数として重回帰分析を行った結果、重回帰式の寄与率(R²)は0.951となり、地上部乾物重と地上部窒素含有量の単回帰分析による、単回帰式の寄与

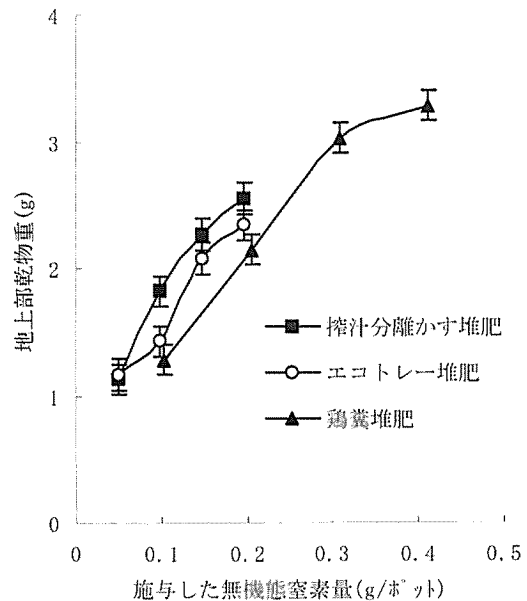


図1 施与した無機態窒素量と地上部乾物重との関係
グラフ中の縦線はLSD(5%水準)を示す。

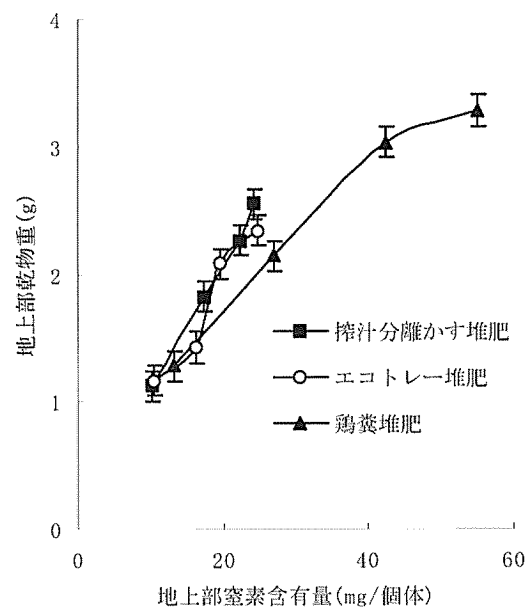


図2 地上部窒素含有量と地上部乾物重との関係
グラフ中の縦線はLSD(5%水準)を示す。

率(R²)0.857より大きくなった。また、偏回帰係数検定¹⁶⁾の結果、2つの説明変数の偏回帰係数はともに1%水準で有意となった。この結果は、地上部乾物重を地上部窒素含有量と混合体積割合の2つの説明変数で重回帰式を求めた場合、2つの説明変数とも、目的変数を説明していることを示している。従って、今回の実験では、地上部乾物重は、地上部窒素含有量の増加だけではなく、混合体積割合が大きくなると増加することが明らかとなった。これは、乾物当たりの体積が大きい堆肥を施与した場合、土壌間隙が増加し、土壌物理性の改善によってトウモロコシの生育を大きくした可能性が示唆されたと考えられた。

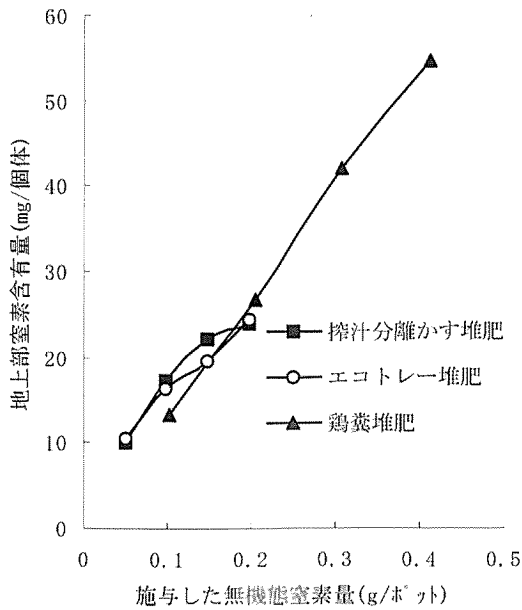


図3 施与した無機態窒素量と地上部窒素含有量との関係

しかしながら、今回の実験は1ヵ月という短期間の栽培実験であったことから、今後、長期にわたる栽培実験において、同様な結果が得られるかの検討が必要と考えられた。

謝辞: 本実験は、2001年度の筑波大学付属坂戸高校における授業科目(エコロジー実践C)として、東京農業大学農学部で実施された。実験に協力いただいた担当の清水聖教諭、および、受講した生徒に謝意を表す。

引用文献

- 1) 六本木和夫・石上 忠・武田正人, 1993. 稲わら堆肥の連用が沖積畑土壌の理化学性に与える影響. 土肥誌, 64, 27-33.
- 2) 黒柳直彦・藤田 彰・小田原孝治・兼子 明・渡邊敏朗, 1997. 畑地における有機物の長期連用効果 第2報 作物収量と土壌物理性. 福岡農経試研報, 16, 63-66.

- 3) 宮川 修・塩口直樹・島田義明, 1994. 石川県下の異なる土壌タイプの水田への有機物連用が土壌理化学性と水稲収量に及ぼす影響. 石川農業総試研報, 18, 21-31.
- 4) 小林裕志・大竹良明, 1977. イネ科牧草根の物理的な機能に関する研究IV. 固定された間隙モデルにおける根系発達. 日草誌, 23, 241-246.
- 5) 平野 繁・田辺 猛, 1996. 堆肥施与による水稲収量の増加要因の解析—窒素の吸収パターンと土壌間隙率の増加—. 土壌の物理性, 73, 31-35.
- 6) 杉原 進・金野隆光・石井和夫, 1986. 土壌中における有機態窒素無機化の反応速度論的解析法. 農環研報, 1, 127-166.
- 7) 上野正夫・佐藤之信・熊谷勝巳・大竹俊博, 1990. 速度論的解析法による土壌窒素発現予測システム. 土肥誌, 61, 273-281.
- 8) 天野高久・森脇良三郎, 1984. 水稲の冷害に関する栽培学的研究 第3報 穂孕期不稔に対する堆肥施用の効果. 日作紀, 53, 7-11.
- 9) 日置雅之・北村秀教・加藤 保, 2001. 家畜ふん堆肥の肥効特性と灌水条件下での窒素発現量の推定. 土肥誌, 72, 684-688.
- 10) 藤原俊六郎, 1997. 有機物の腐熟度判定法. 有機廃棄物資源化大事典(有機質資源化推進会議編). 農文協, 東京, 41-50.
- 11) 阿江教治・本 真吾・縣 真人, 2001. 有機質肥料の効果に関する新知見—作物による土壌中のタンパク様窒素化合物の直接吸収— <リクトウ, ニンジン, チンゲンサイの場合>. 農業低温科学研究情報, 7(4), 22-25.
- 12) MATSUMOTO, S., AE, N. and YAMAGATA, M., 1999. Nitrogen uptake response of vegetable crops to organic materials. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 45, 269-278.
- 13) MATSUMOTO, S., AE, N. and YAMAGATA, M., 2000. Possible direct uptake of organic nitrogen from soil by Chingensai (*Brassica campestris* L.) and Carrot (*Daucus carota* L.). *Soil Biol. Biochem.*, 32, 1301-1310.
- 14) YAMAGATA, M. and AE, N., 1999. Direct acquisition of organic nitrogen by crops. *JARQ*, 33, 15-21.
- 15) 天野 實・平野 繁・岡庭良安・大谷 忠, 2003. 家畜糞尿を材料としたバイオガスプラントから排出される廃棄物の堆肥化に関する基礎的研究. 東京農大農学集報, 47, 313-316.
- 16) スネデカー・コ克蘭, 1972. 偏差の平均平方とF検定. 統計的方法原書第6版(畑村他共訳). 岩波書店, 東京, 364-368.

Differing Growth Rates of Corn Seedlings by the Application of Several Kinds of Compost

—Relationship between Seedling Growth
and Physical Condition of the Soil—

By

Shigeru HIRANO*

(Received August 25, 2003/Accepted January 29, 2004)

Summary : In this paper, the dry matter production and the nitrogen content of the top of corn seedlings were measured after cultivation for four weeks in 1/5,000 a Wagner pots containing soils mixed with different volumes of dry compost at 38, 76, 114, and 152 grams, respectively. As a result, a positive correlation between the dry matter and total nitrogen content in the top was recognized. Among applied compost carrying the same nitrogen content, corn seedling growth was promoted if compost with more volume was used. The improvement of soil physical condition by increasing its aeration seems to promote corn seedling growth in the early stage.

Key Words : Compost application, Corn, Seedling growth, Physical condition of soil

* Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture