

第二章 有機質肥料の植物別施用効果および有機態窒素の生育に対する影響の解析

第一節 はじめに

地球温暖化に代表される地球規模の環境破壊に加え、近年の食の安全安心、高品質、健康志向から、持続的で地域資源の循環を基本とする有機農業が注目を集めている。化学肥料を使用しない有機農業では、養分供給や土壌物理性の改善を目的として有機質肥料を施用する。

有機質肥料は米糠、菜種粕、くず大豆などの植物性のものや、魚粕、鶏糞など動物性のもの、緑肥や堆肥、下水汚泥などその種類は様々であり、効果的な利用に当たっては個々の有機質肥料の肥効特性を理解することが重要である。有機質肥料は土壌に施用された後、微生物による分解過程を経て肥効が発現する。よって、有機質肥料の肥効の指標として、一定の水分含量で保温静置する室内インキュベーション法により無機化してくる窒素成分を測定する方法が主に行われている。この方法が用いられるのは、植物が吸収する窒素は、リービッヒの無機栄養説以来、 NH_4^+ もしくは NO_3^- といった無機態窒素であると考えられてきたためである。よって、植物の窒素吸収量は、土壌中の無機態窒素量に比例すると一般的に予想される。

しかし、有機質肥料施用時に植物間に窒素吸収量の違いが認められるという報告もある。ローザムステッドで行われた試験報告では、緑肥の施用による窒素吸収量の増加割合が、バレイショ、テンサイで大きいのに対し、コムギでは小さく、オオムギではほとんど見られないなど、植物間により有機質肥料の効果が異なるという結果が示されている(Mattingly 1973)。また、有機質肥料として米糠入り稲わらの施用と化学肥料を比較した試験では、トウモロコシでは化学肥料区の窒素吸収量が多かったのに対し、イネでは米糠入り稲わら施用区の窒素吸収量が多い結果となった(山縣ら 1996)。さらに、菜種粕と硫酸アンモニウムを比較した試験では、菜種粕を施用した区ではニンジン、チンゲンサイ、ハウレンソウの生育が促進し、レタス、ピーマンは抑制されるという結果も得られている(Mastumoto 2000)。これらの報告にある植物の生育期間中の土壌中無機態窒素量は、米糠入り稲わら施用、菜種粕施用のいずれも、化学肥料施用土壌に比べて少なく保たれていた。以上の報告事例より、植物の窒素吸収特性は植物間で異なっており、土壌中の無機態窒素量が少ない場合でも窒素吸収量が多い事例も見られることから、植物によっては無機態窒素のみに窒素成分の吸収を依存していないことが示唆される。

土壤に施用された有機質肥料中の窒素成分は、微生物による分解により、一部は高度に重合された腐植物質や微生物菌体となるが、大部分は有機態窒素(タンパク質、ペプチド、アミノ酸)などを経て最終的に無機態窒素になる。つまり、土壤中には様々な形態の窒素が存在していることになり、無機態以外の形態、つまり有機態窒素があり、後者を利用している可能性を考慮する必要があると思われる。

植物が自然界で有機態窒素を利用している事例も、いくつか報告されている。アラスカのツンドラの湿地では、低温と冠水により土壤中の酸素が不足するため、土壤微生物活性が抑制され、土壤の有機物分解が緩やかにしか進まないため、無機態窒素に比べ多くのアミノ酸態窒素が存在している。こうした条件で生育しているスゲ属の植物は、アミノ酸を窒素源にしたときに最も良く生育することが明らかにされている(Chapin et al 1993, Kielland 1994, Lipson et al. 2001, Nasholm et al. 1998, Nordin 2001)。また、松本ら(2003)は、易分解性の有機態窒素の評価として用いられる中性リン酸緩衝液抽出法で得られる分子量 8,000 のタンパク質様窒素が植物に直接吸収される可能性を指摘している。さらに山縣ら(1997)は、C/N 比を変えた米ぬかを施用した結果から、低分子有機態窒素に対するイネ(陸稲)の吸収能力はトウモロコシより高い可能性を示している。

しかし、これまでの報告では植物の種類や有機質肥料は限定されたものであり、異なる有機質肥料の植物への効果を、無機態窒素、有機態窒素別で検討した事例は少ない。環境を保全しつつ、高い生産性を維持できる施肥管理技術を確立するためには、有機物施用時の個々の植物の窒素吸収特性を明らかにすることが望ましい。そのためには、有機物の無機化量を把握するだけでなく、有機態窒素が植物へ与える影響の把握が必要である。本章では、これまで報告されたデータを元に、福島県で実際に有機栽培されている植物と今後有機栽培での普及が期待できる植物について、市販や試作の有機質肥料を用いて植物の反応を調べた。さらに、有機質肥料の効果が異なる植物を用いて、土壤中の形態別の窒素量と生育についての検討を行った。また、有機質肥料の効果として、地上部の生育だけでなく根系の発達についても検討した。

第二節 有機質肥料に対する各植物の反応

1) 目的

有機質肥料に対する植物別の反応を検討するために、13 種類の植物に 2 種類の有機質肥料を与え生育試験を行った。

2) 材料と方法

供試植物は、

| | |
|-------|--|
| イネ科 | イネ (<i>Oryza sativa</i> L. 日本晴) コムギ (<i>Triticum aestivum</i> L. ゆきちから) |
| マメ科 | ダイズ (<i>Glycine max</i> L. ふくいぶき) |
| タデ科 | ソバ (<i>Fagopyrum esculentum</i> 会津在来) |
| シソ科 | エゴマ (<i>Perilla frutescens var. frutescens</i> 福島在来) |
| ウリ科 | キュウリ (<i>Cucumis sativus</i> L. 金星 117) カボチャ (<i>Cucurbita moschata</i>) |
| ナス科 | トマト (<i>Solanum lycopersicum</i> 桃太郎 8) ナス (<i>Solanum melongena</i>) ピーマン (<i>Capsicum annum</i> L.) |
| アブラナ科 | チンゲンサイ (<i>Brassica rapa var chinensis</i>) |
| アカザ科 | ハウレンソウ (<i>Spinacia oleracea</i> L.) |
| キク科 | レタス (<i>Lactuca sativa</i>) |

を用いた。供試肥料は、福島県農業総合センターで米糠とくず大豆を発酵させて調整した試作有機質肥料(以下有機 1)と、フェザーミール、パーム灰、菜種粕、米糠、魚粕を原料とした有機 JAS 認定市販有機質肥料(商品名:ともだち 朝日工業、以下有機 2)を用いた。供試肥料とその主成分を表 2-2-1 に示す。対照として硫酸アンモニア(以下硫安)を用いた。施肥量は、窒素成分で 500 mg/kg となるように肥料を添加し、リン酸、カリウムがそれぞれ 500 mg/kg となるようにリン酸二水素カリウムと塩化カリウムで不足分を補正した。供試肥料を土壌(バーミキュライトと焼土を 4:1 で混合)に混和し、最大容水量の 70 %に水分含量を調製し、1 週間室温で混和したものを 500 ml ポットに詰め供試植物を播種した。発芽後、毎日灌水を行い、ガラスハウス内で 28 日間(2007 年 10 月 9 日~11 月 6 日)栽培した。収穫後の処理として植物は地上部と地下部に分け、80 °Cで一晩乾燥させ実験サンプルとした。

3) 結果と考察

図 2-2-1 に地上部の乾燥重量を示す。有機質肥料に対する生育は植物の種類によって大きく異なった。米糠とくず大豆を原料とした有機 1 を施用した区では、イネ、チンゲンサイが硫安を施用した区以上の生育を示し、ダイズ、ソバ、エゴマ、キュウリ、トマト、ピーマン、レタスは硫安区の生育の 60 %以下となった。

市販有機質肥料の有機 2 を施用した区では、イネ、コムギ、チンゲンサイ、ホウレンソウが硫安区と同等以上の生育を示し、キュウリ、トマト、ピーマン、ナス、レタスは生育硫安区の生育の 60 %以下となった。

有機質肥料間の比較では、ナスとチンゲンサイを除き、市販有機質肥料の有機 2 が米糠とくず大豆を原料とした有機 1 より生育が良くなった。

Matsumoto ら(1999)によると、陸稲、チンゲンサイ、ソルガム、ニンジン是有機質肥料施用の効果が高いとしており、本試験に用いた有機質肥料でも、イネ、チンゲンサイはその施用効果が高い結果となった。

表 2-2-1 供試肥料の原材料と成分

| 試験区名 | 原材料 | 供試肥料の成分 | | | | | | 栽培前土壌* | |
|-------|-------------------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-----------|
| | | C/N | N (%) | P (%) | K (%) | Mg (%) | Ca (%) | pH | EC (mS/m) |
| 硫安 | 硫酸アンモニウム | | 21.0 | | | | | 5.48 | 0.88 |
| 有機1** | 米糠(50%)+くず大豆(50%) | 6.8 | 6.0 | 2.9 | 3.4 | 0.5 | 0.4 | 5.72 | 0.85 |
| 有機2 | 市販有機質肥料(商品名:ともだち) | 6.5 | 6.0 | 8.2 | 4.6 | 1.0 | 2.6 | 5.44 | 1.09 |

*土壌と供試肥料を混和7日後

**福島県農業総合センターで一週間に一度づつ切り返ししながら約1ヶ月インキュベーション後、乾燥した

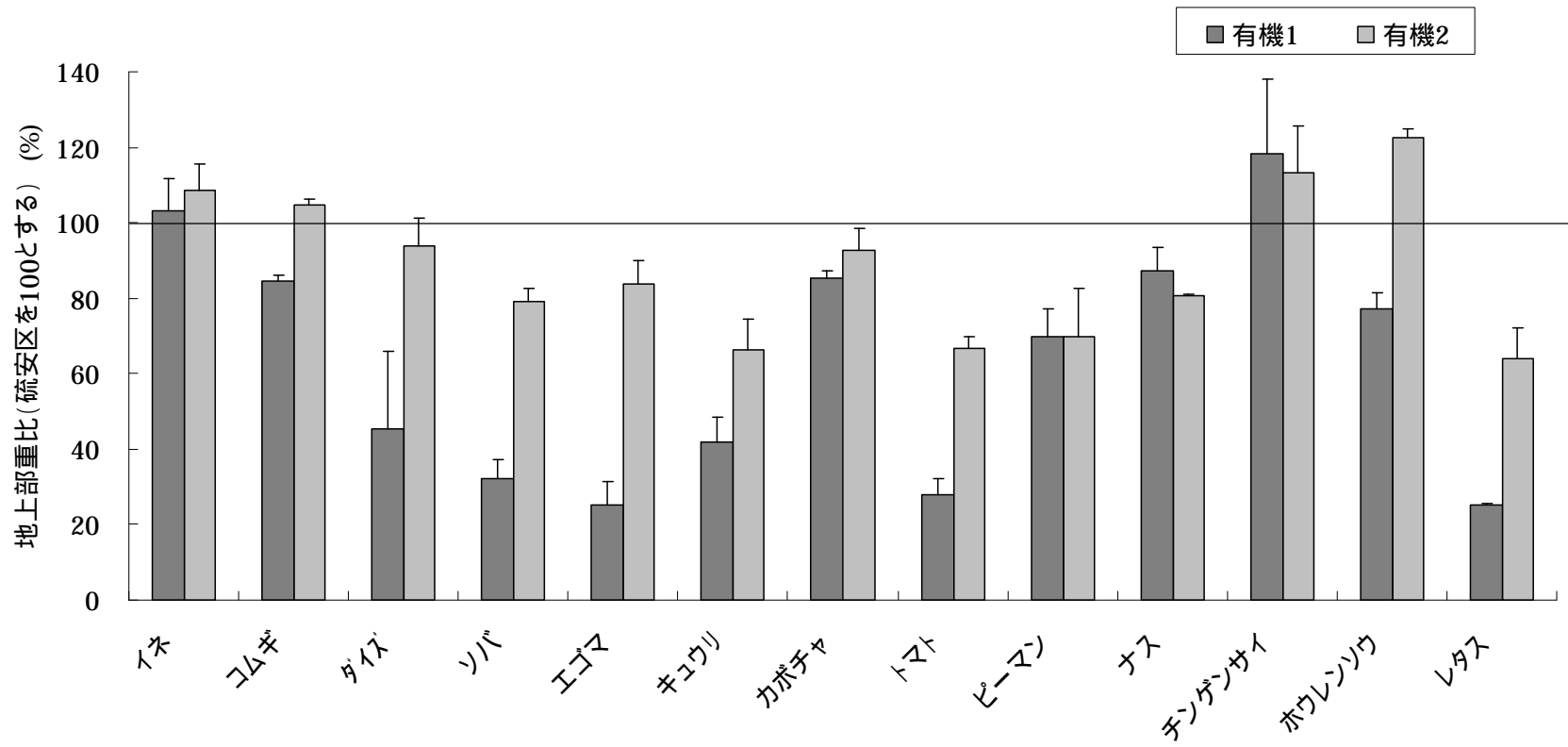


図 2-2-1 植物別の有機質肥料の種類に対する地上部重比

有機 1: 米ぬかと大豆かすを混和・インキュベーションして調整、有機 2: 有機 JAS 認定市販有機質肥料(商品名:ともだち)
 無機窒素区の地上部重を 100 として示す エラーバーは標準偏差 (n=3)

第三節 有機質肥料の種類による施肥効果の相違

1) 目的

有機質肥料の種類別の効果を検討した。供試植物は、第 1 節の結果から、有機質肥料の施用効果が硫安より高かったイネとチンゲンサイ、有機質肥料施用の効果が低かったキュウリとした。

2) 材料と方法

供試植物は、

イネ (*Oryza sativa* L. 日本晴)

チンゲンサイ (*Brassica rapa var chinensis*)

キュウリ (*Cucumis sativus* L. 金星 117)

を用いた。供試肥料とその主な成分を表 2-3-1 に示した。有機 1 (牛糞を堆肥化)、有機 2 (鶏糞を堆肥化)、福島県農業総合センターで作成した有機 3 (米糠とくず大豆を混和、発酵)、有機 4 (米糠と魚粕を混和、発酵)、有機 5 (米糠と菜種粕を混和、発酵)、有機 JAS 認定の市販有機質肥料として有機 6 (商品名:ともだち、朝日工業)、有機 7 (商品名:有機アグレット、朝日工業)とした。対照として無窒素および硫酸アンモニア(以下硫安)施用区を設定した。施肥量は、窒素成分で 500 mg/kg となるように肥料を添加し、リン酸、カリウムがそれぞれ 500 mg/kg となるようにリン酸二水素カリウムと塩化カリウムで不足分を補正した。供試肥料を土壌(パーミキュライトと焼土を 4:1 で混合)に混和し、最大容水量の 70%に水分含量を調製し、水分条件が一定になるよう密封して、1 週間室温で静地した。このようにして作成した肥料入り土壌を 500 ml ポットに詰め、供試植物を播種した。発芽後、毎日灌水を行い、ガラスハウス内で 28 日間(2007 年 10 月 9 日~11 月 6 日)栽培した。

植物を植えないポットを同様に設置し、播種後 7、14、28 日目に土壌分析用にサンプリングした。交換性無機態窒素量として、水抽出(1:5)した硝酸態窒素と、1 M KCl より抽出(1:10)したアンモニア態窒素量をオートアナライザー(ビーエルテック社)により比色定量した。また、全窒素量として、1/15 M 中性リン酸緩衝液抽出液にペルオキシ二硫酸カリウムを添加しにより高圧蒸気滅菌器を用いて酸化分解(120℃で 15 分間処理)した後、比色定量した。収穫した植物は地上部と地下部に分け、80℃で一晩乾燥させた。地上部の乾燥重量を測定後、小型粉碎器で粉碎し、元素分析機(SUMIGRAPH NC-220F)で窒素含有量を測定した。試験は 3 反復で行った。

3) 結果と考察

植物の生育量に対する有機質肥料の施用効果

図 2-3-1 に地上部の乾燥重量を示した。植物別の生育では、イネ(図 2-3-2)の地上部重は有機 1(牛糞堆肥)を施用した以外では、硫安区と同等以上の生育を示した。チンゲンサイ(図 2-3-3)は有機 3(米糠と大豆を発酵)と、有機 6(市販有機質肥料 ともだち)で栽培した区で硫安区より生育が良かったが、有機 1(牛糞堆肥)、有機 4(米糠と魚粕を発酵)、有機 7(市販有機質肥料 有機アグリ)で栽培した区では生育が劣った。キュウリ(図 2-3-4)では有機 4(米糠と魚粕を発酵)、有機 5(米糠と菜種粕を発酵)、有機 7(市販有機質肥料 有機アグレット)で栽培した区が硫安区と同等の生育となった。

有機質肥料ごとの施用効果としては、有機 1(牛糞堆肥)を施用した区は、どの植物も生育が劣った。有機 2(鶏糞堆肥)を施用した区はイネでは硫安区と同等、チンゲンサイ、キュウリでは硫安区より生育が劣った。有機 3(米糠とくず大豆を発酵)と有機 6(市販有機質肥料 ともだち)を施用した区は、イネ、チンゲンサイでは硫安区と同等以上となり、キュウリでは生育が劣った。有機 4(米糠と魚粕を発酵)と有機 5(米糠と菜種粕を発酵)と有機 7(市販有機質肥料 有機アグレット)を施用した区では、イネ、キュウリは硫安と同等の生育となったが、チンゲンサイでは生育は劣った。

有機質肥料を施用した土壌の無機態窒素量とリン酸緩衝液抽出窒素量

生育期間中の土壌の無機態窒素量とを図 2-3-5 に示した。硫安区の無機態窒素量は播種後 7 日では最も多かったが、生育期間中に減少した。有機 1(牛糞堆肥)、有機 2(鶏糞堆肥)を施用した区の無機態窒素量は生育期間中硫安区より常に少なかったが、有機 2(鶏糞堆肥)を施用した区では播種後 28 日で増加した。その他の有機質肥料の有機 3、4、5、6、7 施用区では硫安区並みの無機態窒素量であった。硫安区では生育期間中に無機態窒素が減少したが、これは灌水により土壌の硝酸態窒素が溶脱したためと考えられる。センターで作成した有機質肥料や市販有機質肥料は、作成の過程で発酵されることで一部は無機化が進んでおり、無機態窒素量が多くなったと思われる。これに対し、牛糞と鶏糞を施用した土壌では、有機物の分解が進んでおらず、無機態窒素量が少なくなったと考えられる。一般に鶏糞は牛糞より無機化が早いとされており、実際に播種後 28 日では無機態窒素量が増加していた。

生育期間中のリン酸緩衝液抽出窒素量(図 2-3-5)は、硫安区では播種後 7 日が最も多くその後減少した。他の有機質肥料のリン酸緩衝液抽出窒素量を硫安区と比較すると、有機 1(牛糞堆肥)を施用した区では常に少なかった。有機 2(鶏糞堆肥)を施用した区では播種後 7 日では硫安区より少ないが、その後は硫安区とほぼ同じであ

った。有機 3(米糠とくず大豆を発酵)を施用した区では、硫安区と同様に播種後から減少する傾向にあった。有機 4(米糠と魚粕を発酵)、有機 5(米糠と菜種を発酵)した区では、播種後 7、28 日では硫安区とほぼ同じであった。市販有機質肥料の有機 6、7 では生育期間中、硫安区より常に多かった。

土壤中の窒素の形態と植物の生育との関係

図 2-3-6 に、播種後 14 日目の交換性無機態窒素量と地上部窒素含有量を示した。イネ、チンゲンサイは無機態窒素量と地上部窒素含有量に相関は低い、キュウリでは高い相関が見られた。このことからキュウリは主に無機態窒素を吸収して生育していると考えられる。イネでは、有機 2(鶏糞堆肥)、有機 3(米糠とくず大豆を発酵)、有機 4(米糠と魚粕を発酵)、有機 5(米糠と菜種かすを発酵)を施用した区では無機態窒素量が硫安区より少ないにも関わらず、窒素吸収量が同量以上だった。特に、有機 2(鶏糞堆肥)では、無機態窒素量が硫安区の 1/5 程度しかないにも関わらず、窒素吸収はほぼ同じであった。

考察

松本(2003)や山縣(1997)によれば、イネやチンゲンサイは有機質肥料効果の高い植物とされているが、本試験の結果、チンゲンサイでも有機質肥料の種類によっては生育が阻害されるものもあることが分かった。図 2-3-5 より、リン酸緩衝液抽出窒素は、牛糞施用区を除き、有機質肥料の施用区では硫安区と同等以上に存在している。リン酸緩衝液抽出窒素は、重合度の低い易分解性の有機態窒素であり、その主なものは微生物菌体に由来するタンパク質様物質であると考えられている(樋口 1981、松本 2002)。丸本ら(1974)によって、微生物菌体の細胞壁部分と易分解性有機態窒素のアミノ酸組成が一致することから、土壌から植物に供給される有機態窒素については分解されやすい菌体の細胞壁の寄与が大きいということが示唆されている。土壌中の無機態窒素量が硫安区より少ないにも関わらず、有機質肥料を施用したイネの地上部窒素含有量は硫安区と同量以上となることから、リン酸緩衝液抽出窒素、つまり易分解性の有機態窒素も利用していると考えられる。山縣ら(1997)も、イネは無機態窒素を直接吸収する能力が高いことを指摘しており、有機質肥料の施用で増加した易分解性の有機態窒素を吸収、利用できるために、無機態窒素量が少ない区でも植物体内窒素含有量が高い可能性があると思われる。一方、チンゲンサイは、有機質肥料で生育が良いものもあれば悪いものもあった。この要因については判然としないうが、魚粕には分解の際に発生する有機酸が初期成育を害する場合もあるとする報告(山根 2007)や、次章で検討する魚粕由来のある種のアミノ酸がチンゲンサイの生

育を阻害した可能性も考えられた。また、チンゲンサイは根からクエン酸やシュウ酸を放出して土壌に吸着している有機態窒素を吸収すると考えられている(松本 2002)が、有機質肥料の種類によっては土壌に供給される有機態窒素の形態が異なり、チンゲンサイが放出する有機酸では脱着できず利用できなかった可能性が示唆された。

本試験の結果、植物の種類によって同一肥料でも生育に差がみられ、それは植物が供えている養分利用機構が異なるためと言える。そのため、特に各種の原料の肥料を扱う有機農業などでは、それぞれの植物の養分利用機構を把握して、適切な施肥管理に努めることが必要と考えられる。

表 2-3-1 供試肥料の原材料と成分

| 試験区名 | 原材料 | 供試肥料の成分 | | | | | | 栽培前土壌 ⁺ | |
|-------------------|----------------------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|--------------------|-----------|
| | | C/N | N (%) | P (%) | K (%) | Mg (%) | Ca (%) | pH | EC (mS/m) |
| 無N | | | | | | | | 5.02 | 1.17 |
| 硫安 | 硫酸アンモニウム | | 21.0 | | | | | 5.48 | 0.88 |
| 有機1 | 牛ふん堆肥 | 15.5 | 1.2 | 3.8 | 4.0 | 0.8 | 1.4 | 5.88 | 0.51 |
| 有機2 | 鶏ふん堆肥 | 6.0 | 2.9 | 10.8 | 6.2 | 1.3 | 6.6 | 6.05 | 0.44 |
| 有機3 ^{**} | 米糠(50%)+くず大豆(50%) | 6.8 | 6.0 | 2.9 | 3.4 | 0.5 | 0.4 | 5.72 | 0.85 |
| 有機4 ^{**} | 米糠(50%)+魚粕(50%) | 5.5 | 6.4 | 10.4 | 2.5 | 1.0 | 3.3 | 5.50 | 1.45 |
| 有機5 ^{**} | 米糠(50%)+菜種粕(50%) | 6.2 | 6.0 | 3.5 | 2.1 | 0.7 | 0.8 | 5.59 | 0.96 |
| 有機6 | 市販有機質肥料(商品名:ともだち) | 6.5 | 6.0 | 8.2 | 4.6 | 1.0 | 2.6 | 5.44 | 1.09 |
| 有機7 | 市販有機質肥料(商品名:有機アグレット) | 6.8 | 6.0 | 5.8 | 5.4 | 1.0 | 2.6 | 5.60 | 1.32 |

*土壌と供試肥料を混和7日後

**福島県農業総合センターで一週間に一度づつ切り返ししながら約1ヶ月インキュベーション後、乾燥した

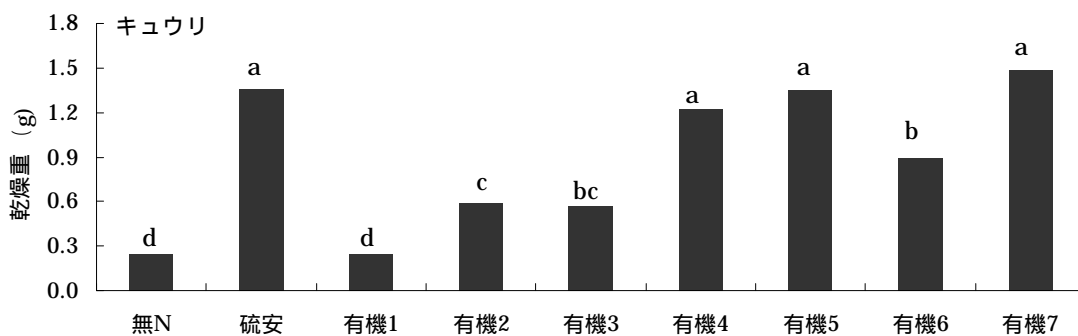
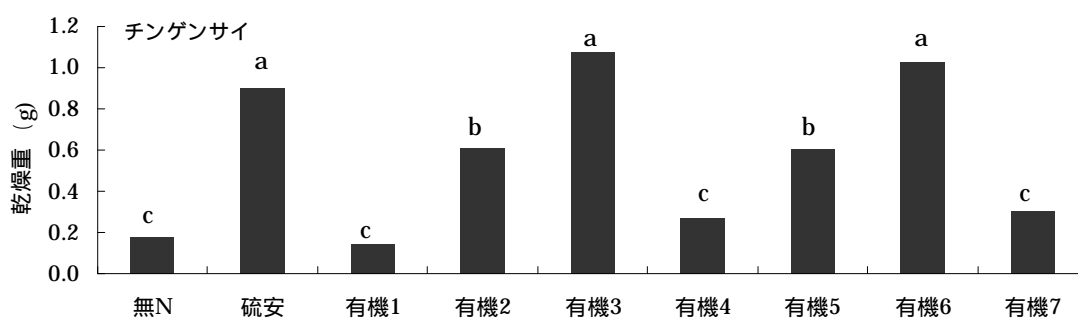
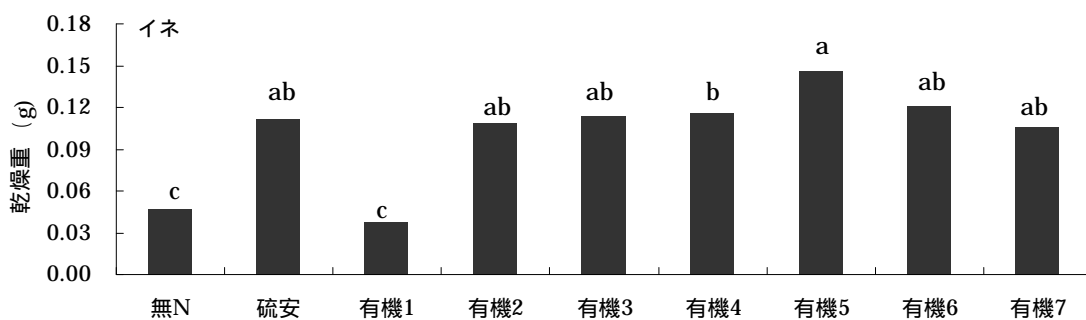


図 2-3-1 有機質肥料の種類に対するイネ、チンゲンサイ、キュウリの地上部乾燥重

硫安:硫酸アンモニウム、有機1:牛糞、有機2:鶏糞、有機3:米糠+くず大豆、有機4:米糠+魚粕、有機5:米糠+菜種粕、有機6:市販有機質肥料(商品名 ともだち)、有機7:市販有機質肥料(商品名 有機アグレット) 同一のアルファベット間には Tukey 検定で 5%水準で有意な差がないことを示す



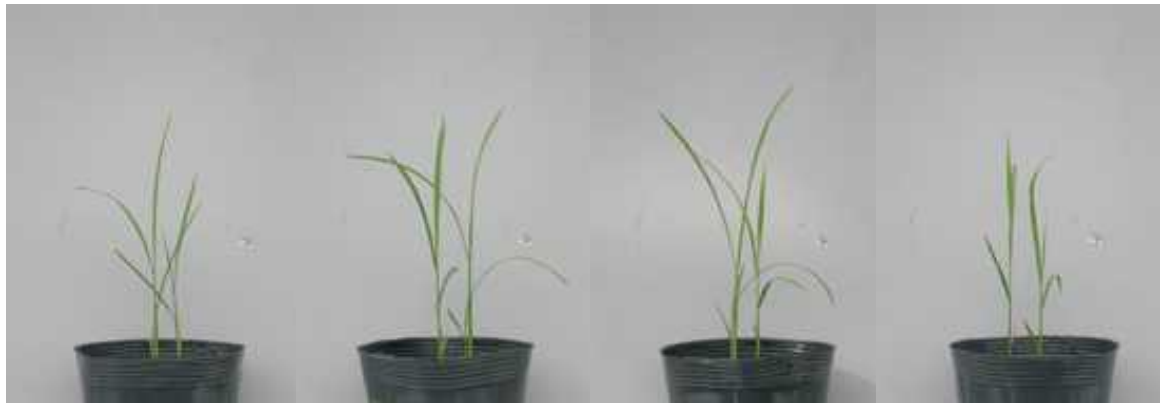
無窒素

硫安

有機1

有機2

有機3



有機4

有機5

有機6

有機7

図 2-3-2 異なる有機質肥料で栽培したイネの生育(播種後 28 日目)

硫安: 硫酸アンモニウム、有機 1: 牛糞、有機 2: 鶏糞、有機 3: 米糠+くず大豆、有機 4: 米糠+魚粕、有機 5: 米糠+菜種粕
有機 6: 市販有機質肥料(商品名 ともだち)、有機 7: 市販有機質肥料(商品名 有機アグレット)



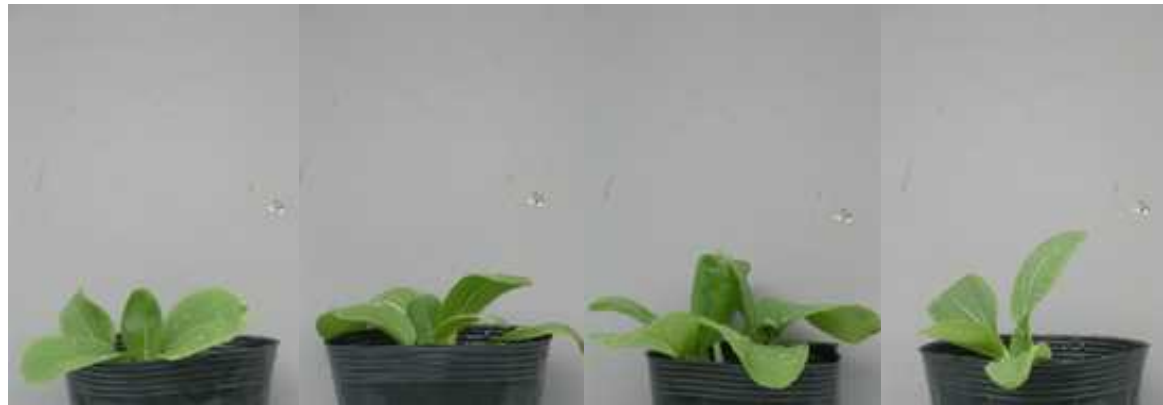
無窒素

硫安

有機1

有機2

有機3



有機4

有機5

有機6

有機7

図 2-3-3 異なる有機質肥料で栽培したチンゲンサイの生育(播種後 28 日)

硫安: 硫酸アンモニウム、有機 1: 牛糞、有機 2: 鶏糞、有機 3: 米糠+くず大豆、有機 4: 米糠+魚粕、有機 5: 米糠+菜種粕
有機 6: 市販有機質肥料(商品名 ともだち)、有機 7: 市販有機質肥料(商品名 有機アグレット)



無窒素

硫安

有機1

有機2

有機3



有機4

有機5

有機6

有機7

図 2-3-4 異なる有機質肥料で栽培したキュウリの生育(播種後 28 日)

硫安: 硫酸アンモニウム、有機 1: 牛糞、有機 2: 鶏糞、有機 3: 米糠+くず大豆、有機 4: 米糠+魚粕、有機 5: 米糠+菜種粕
有機 6: 市販有機質肥料(商品名 ともだち)、有機 7: 市販有機質肥料(商品名 有機アグレット)

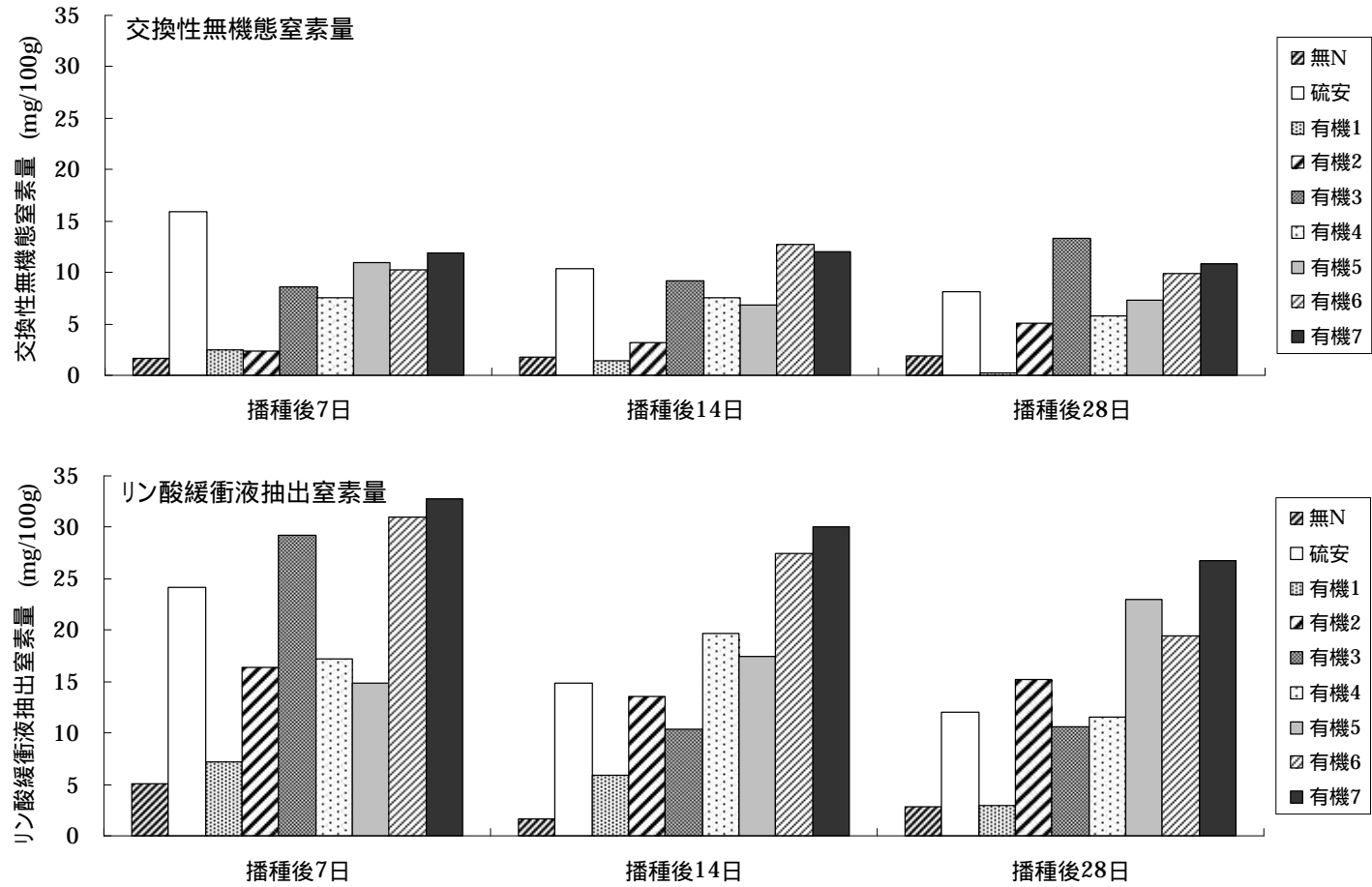


図 2-3-5 栽培期間中の交換性無機態窒素量(上段)とリン酸緩衝液抽出窒素量(下段)

硫安:硫酸アンモニウム、有機 1:牛糞、有機 2:鶏糞、有機 3:米糠+くず大豆、有機 4:米糠+魚粕、有機 5:米糠+菜種粕
 有機 6:市販有機質肥料(商品名 ともだち)、有機 7:市販有機質肥料(商品名 有機アグレット)

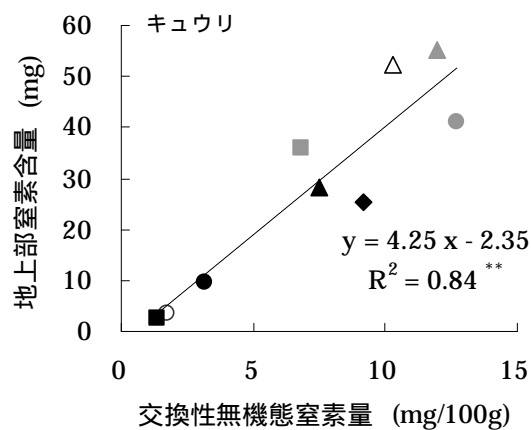
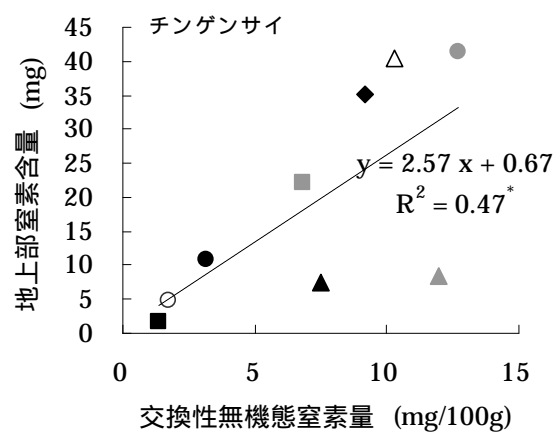
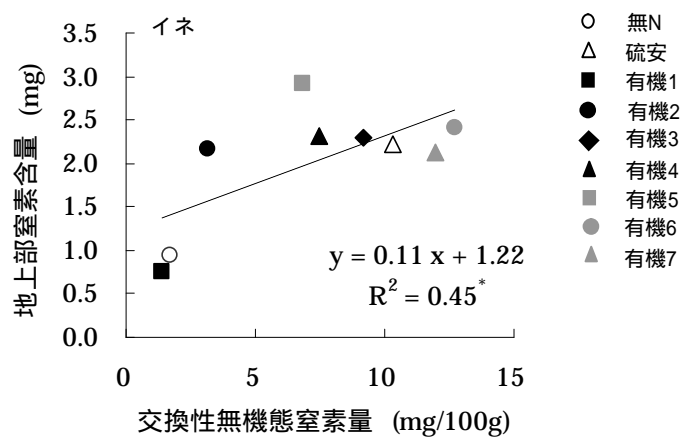


図 2-3-6 播種後 14 日目の交換性無機態窒素量と地上部窒素含量

硫安: 硫酸アンモニウム、有機 1: 牛糞、有機 2: 鶏糞、有機 3: 米糠+くず大豆、有機 4: 米糠+魚粕、有機 5: 米糠+菜種粕、有機 6: 市販有機質肥料(商品名 ともだち)、有機 7: 市販有機質肥料(商品名 有機アグレット) **、*はそれぞれ 1%、5%水準で有意差あり

第四節 有機質肥料の根系発達への影響

1) 目的

第二、三節では、植物と有機質肥料の種類別の効果について地上部生育を中心に検討したが、有機質肥料の施用が根系を発達させることは現場レベルではしばしば指摘されていることである(野村 1937、新田 1986)。有機質肥料の施用が根系発達を促す一因には、団粒構造の発達による物理性改善や養分供給特性の違いなどが考えられる。

本節では有機質肥料の養分供給が根系発達に与える影響を検討する目的で、土壌物理性が良好な黒ボク土を供試土壌として用いて、有機質肥料の種類別の根系発達への影響を検討した。

2) 材料と方法

供試植物は、

イネ (*Oryza sativa* L. 日本晴)

コムギ (*Triticum aestivum* L. ゆきちから)

ダイズ (*Glycine max* L. ふくいぶき)

チンゲンサイ (*Brassica rapa var chinensis*)

キュウリ (*Cucumis sativus* L. 金星 117)

を用いた。供試肥料とその主な成分を表 2-4-1 に示した。有機 1(鶏糞を堆肥化)、福島県農業総合センターで作成した有機 2(米糠とくず大豆を混和、発酵)、有機 3(米糠と魚粕を混和、発酵)、有機 4(米糠と菜種粕を混和、発酵)とした。対照として無窒素区および硫酸アンモニア(以下硫安)施用区を設定した。施肥量は、窒素成分で 0.75 g/kg となるように肥料を添加し、リン酸、カリがそれぞれ 2.9 g/kg、1.6 g/kg となるように有機 JAS 認定有機質肥料(商品名:めぐみ P₂O₅ 27%、K₂O 16% エム・エー工業)と塩化カリウムで不足分を補正した。供試肥料をふるい(3 mm × 3 mm)で粒度を調整した土壌(黒ボク土)に混和し、最大容水量の 70%に水分含量を調製し、水分条件が一定になるように密封して、1 週間室温で静置した。作成した肥料入り土壌 1.5kg を 1/10000 a ホワイトポット(底穴無し)に詰め、供試植物を播種した。発芽後、毎日灌水を行い、ガラスハウス内で 28 日間(2008 年 7 月 9 日 ~ 8 月 5 日)栽培した。収穫した植物は地上部と地下部に分け、地下部は土壌から根を洗い出し写真撮影後、80 °C で一晩乾燥させた。試験は 3 反復で行った。

3) 結果と考察

有機質肥料別の地上部と地下部の乾燥重を図 2-4-1、各植物の生育と地下部の様子を図 2-4-2~6 に示した。各植物の生育は、第二、三節より旺盛だった。本実験の栽培期間が 7 月(第二、三節は 10 月)で平均気温が高かったこと、ポットの容量を大きくしたことで養分が十分に供給されたことが要因と思われる。有機質肥料別の地上部の効果として第三節とほぼ同等の傾向になった。第三節で供試しなかったコムギとダイズの有機質肥料に対する生育は、コムギはどの有機質肥料でも硫安区とほぼ同じ生育となった。ダイズでは、鶏糞施用の有機 2、米糠+菜種粕施用の有機 4 では生育が劣った。

有機質肥料の根系発達に与える影響は、地上部同様、植物や有機質肥料の種類で異なった。植物別でみると、イネやコムギは、硫安区より有機質肥料施用区で根系が発達した。ダイズでは、他の植物と異なり無窒素区の根系発達が最もよく、その他の根系はほぼ同じであった。チンゲンサイは全体的に根系発達が小さいが、地上部の生育と同様に米糠+大豆、米糠+菜種の有機 2、有機 5 で発達した。キュウリは地上部の生育が不良な鶏糞施用の有機 2 では根系が発達したが、その他の有機質肥料区では硫安区より劣った。

有機質肥料で根系の促進がみられなかったダイズ以外の植物で有機質肥料別の効果をみると、鶏糞は供試した有機質肥料の中では最も根系を促進した。米糠+大豆もキュウリを除き根系を促進した。米糠+魚粕はやや根系を阻害した。米糠+菜種粕も、根系を発達させる効果がみられた。

本試験の結果、有機質肥料の一部は根系発達を促す効果があることが明らかとなった。本試験では、物理性が良好な黒ボク土を供試土壌としており、また試験期間が肥料混和後約 1 ヶ月であることから、有機質肥料ごとの土壌物理性の差はなく、有機質肥料の化学性が根系発達に影響を与えたものと考えられる。有機質肥料が根系発達に与える要因としては、肥料から供給される腐植酸(明石ら 1975)や微生物相(新田 1986)の他、次章で検討するアミノ酸の一部にも根系を促進するものがあり、要因を特定することができない。第 2 節で有機態窒素の吸収が示唆されたイネでは有機質肥料施用による根系発達が顕著にみられたことから、有機質肥料から供給される有機態窒素の吸収が根系発達の要因になったことが示唆された。

表 2-4-1 供試肥料の原材料と成分

| 試験区名 | 原材料 | C/N | 供試肥料の成分 | | | | | 栽培前土壌* | |
|-------|-------------------|-----|---------|-------|-------|--------|--------|--------|-----------|
| | | | N (%) | P (%) | K (%) | Mg (%) | Ca (%) | pH | EC (mS/m) |
| 無N | | | | | | | | 7.44 | 0.30 |
| 硫安 | 硫酸アンモニウム | | 21.0 | | | | | 7.37 | 0.39 |
| 有機1 | 鶏ふん堆肥 | 6 | 2.9 | 10.8 | 6.2 | 1.3 | 6.6 | 7.35 | 0.24 |
| 有機2** | 米糠(50%)+くず大豆(50%) | 6.8 | 6.0 | 2.9 | 3.4 | 0.5 | 0.4 | 7.42 | 0.23 |
| 有機3** | 米糠(50%)+魚粕(50%) | 5.5 | 6.4 | 10.4 | 2.5 | 1.0 | 3.3 | 7.33 | 0.29 |
| 有機4** | 米糠(50%)+菜種粕(50%) | 6.2 | 6.0 | 3.5 | 2.1 | 0.7 | 0.8 | 7.29 | 0.20 |

*土壌と供試肥料を混和7日後

**福島県農業総合センターで一週間に一度づつ切り返しながらか約1ヶ月インキュベーション後、乾燥した

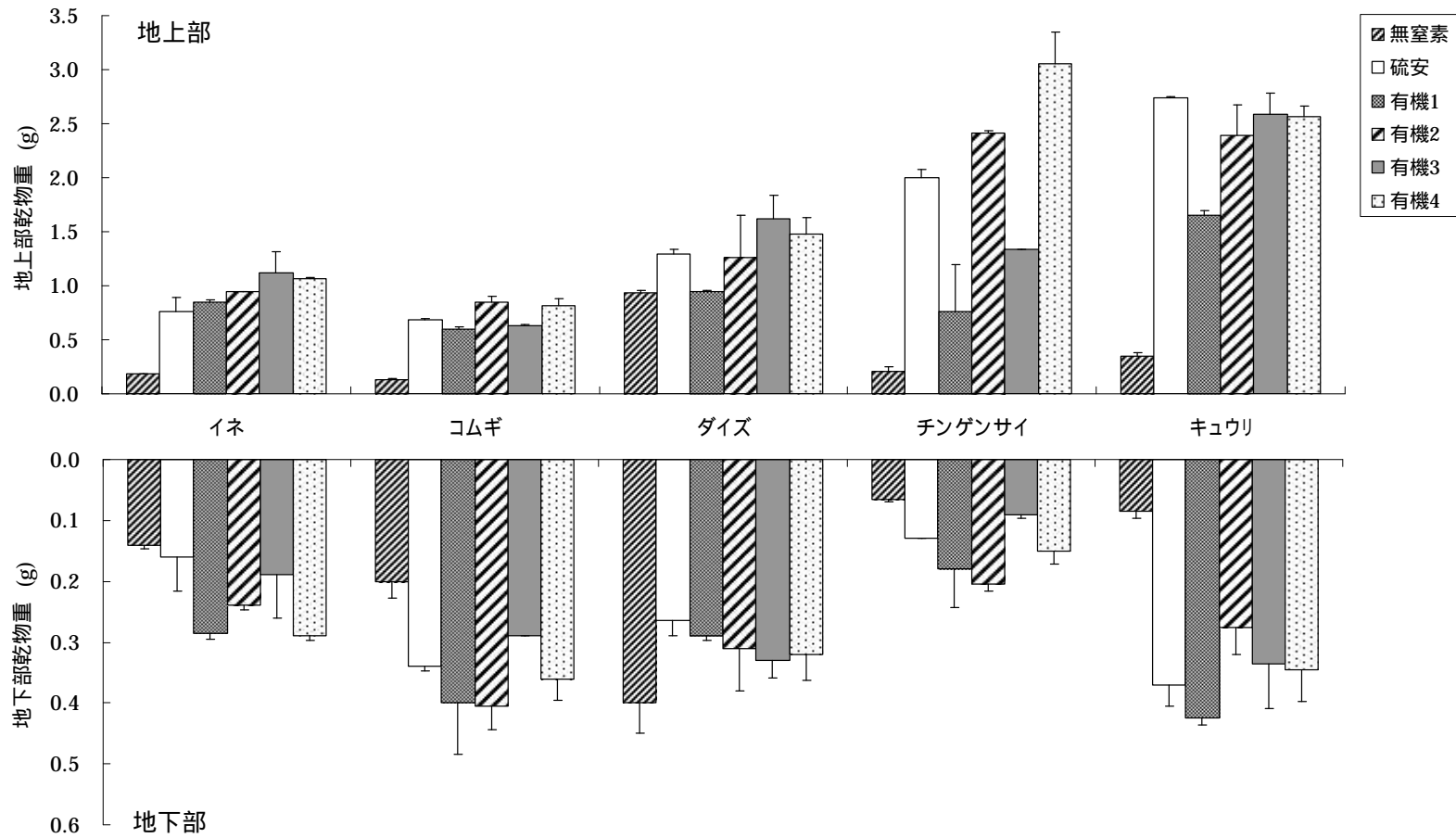


図 2-4-1 有機質肥料の種類に対する各植物の地上部・地下部乾物重

硫安: 硫酸アンモニウム、有機 1: 鶏糞、有機 2: 米糠+くず大豆、有機 3: 米糠+魚粕、有機 4: 米糠 + 菜種粕、 エラーバーは標準偏差 (n=3)



無窒素

硫安

有機1

有機2

有機3

有機4

図2-4-2 異なる有機質肥料で栽培したイネの地上部、地下部の生育(播種後28日間)
硫安:硫酸アンモニウム、有機1:鶏糞、有機2:米糠+大豆粕、有機3:米糠+魚粕、有機4:米糠+菜種粕



無窒素

硫安

有機1

有機2

有機3

有機4

図 2-4-3 異なる有機質肥料で栽培したコムギの地上部、地下部の生育 (播種後 28 日間)

硫安: 硫酸アンモニウム、有機 1: 鶏糞、有機 2: 米糠+大豆粕、有機 3: 米糠+魚粕、有機 4: 米糠+菜種粕



無窒素

硫安

有機1

有機2

有機3

有機4

図 2-4-4 異なる有機質肥料で栽培したダイズの地上部、地下部の生育(播種後 28 日間)

硫安: 硫酸アンモニウム、有機 1: 鶏糞、有機 2: 米糠+大豆粕、有機 3: 米糠+魚粕、有機 4: 米糠+菜種粕



無窒素

硫安

有機1

有機2

有機3

有機4

図 2-4-5 異なる有機質肥料で栽培したチンゲンサイの地上部、地下部の生育(播種後 28 日間)

硫安:硫酸アンモニウム、有機 1:鶏糞、有機 2:米糠+大豆粕、有機 3:米糠+魚粕、有機 4:米糠+菜種粕



無窒素

硫安

有機1

有機2

有機3

有機4

図 2-4-6 異なる有機質肥料で栽培したキュウリの地上部、地下部の生育(播種後 28 日間)
 硫安: 硫酸アンモニウム、有機 1: 鶏糞、有機 2: 米糠+大豆粕、有機 3: 米糠+魚粕、有機 4: 米糠+菜種粕

第五節 まとめ

本章では、有機質肥料に対する植物間差や、有機質肥料別の植物への効果を地上部および地下部の発達から検討した。

植物別の有機質肥料の効果では、同じ有機質肥料を施用しても植物の種類によってその効果は異なった。イネ、コムギ、チンゲンサイは有機質肥料の施用で硫安と同等以上の生育を示し、形態的な特徴として、有機質肥料施用区では根系の発達がみられた。キュウリ、トマト、ピーマンでは有機質肥料を施用した生育が劣り、有機質肥料の施用効果が硫安より不良であることが示された。

次に、有機質肥料の種類を変えて試験を行った結果、有機質肥料の種類により植物生育への影響は異なった。土壌中の無機態窒素量と植物の窒素含有量を比較すると、キュウリでは無機態窒素量と窒素含有量で高い相関がみられたが、イネ、チンゲンサイでは相関は低かった。特にイネでは、生育期間中の無機態窒素量が硫安区より低かったにもかかわらず、牛糞堆肥施用区以外の有機質肥料施用区で硫安区より窒素吸収量が多かった。

また、有機質肥料の根系発達に与える影響は、地上部同様、植物や有機質肥料の種類で異なっていたが、イネやコムギは有機質肥料施用区で根系が発達していた。ダイズは施肥をすると根系が抑制された。有機質肥料の種類では、鶏糞や米糠+菜種粕で根系の発達がみられた。

この結果から、次章では有機態窒素に対する植物間差をさらに検討した。有機態窒素として本研究では、タンパク質の構成成分であり、有機物の無機化過程で必ず代謝、生成されるアミノ酸に着目することとした。