

## 卒業論文

# 土壤改良資材(ノーゲン)が水稻の生育に与える効果

中部大学応用生物学部環境生物科学科

小坂和行 高木勇貴

## 目次

I. 緒言と目的	2
a. 稲	2
b. 有機農法	2
c. ノーゲン	3
d. 目的	4
II. 方法および材料	5
a. 材料	5
b. 生育調査	5
c. サンプルング	5
①出穂期	5
②収穫期	6
III. 結果	7
a. 生育調査	7
b. サンプルング	14
①出穂期	14
②収穫期	19
1. 肥料50%区	19
2. 肥料100%区	27
3. 肥料0%区	35
IV. 考察	43
V. 今後の課題	44
VI. 謝辞	44
VII. 引用文献	45
VIII. 参考文献	45

## I. 緒言と目的

### a. 稲

本研究には日本で最も食されているコシヒカリ(水稲農林100号 (越南17号))を用いた。コシヒカリは農林22号と農林1号を親に持ち、味がよく粘りもあるので非常に人気が高く全国で最も多く栽培されているが、地域によって味などのばらつきなどもある。新潟県の魚沼地区で栽培されたものが最も優れているとして有名である。コシヒカリの“コシ”は越国(現在の福井県嶺北地方, 石川県, 富山県, 新潟県に相当する地域)の“越”を意味する。

### b. 有機農法

近年関心が高まっている食の安全のひとつの形として有機農業によって栽培された作物というものがある。有機農法によって栽培された有機農産物は農林法の有機JAS規格により、化学的に合成された肥料および農薬の使用を避けることを基本として播種または植え付け前2年以上(多年生産物の場合は、最初の収穫前3年以上)の間、堆肥等による土作りを行った圃場において生産された農産物である。また有機農産物とは別に特別栽培農産物といったものが存在する(表1)。

有機JAS規格では、以下のような天然に存在する物質の使用が許可されている(有機農産物の日本農林規格 制定:平成12年1月20日-農林水産省告示第59号、最終改正:平成18年10月27日-農林水産省告示第1463号)。

有機肥料の他に様々な無機肥料が認められる。それらは草木灰、炭酸カルシウム(苦土炭酸カルシウムを含む)、塩化加里、硫酸加里、硫酸加里苦土、天然りん鉱石、硫酸苦土、水酸化苦土、石こう、硫黄、生石灰(苦土生石灰を含む)、消石灰、微量元素(マンガン、ほう素、鉄、銅、亜鉛、モリブデン及び塩素)、岩石を粉碎したもの、塩基性スラグ、鉱さいけい酸質肥料、よう成りん肥、塩化ナトリウム、リン酸アルミニウムカルシウム、塩化カルシウム、などであり、有機肥料しか有機農業に用いられていないということは誤解である。

使用条件のついているものもあるが、使用可能な農薬は除虫菊乳剤及びピレトリン乳剤、なたね油乳剤、マシン油エアゾル、マシン油乳剤、大豆レシチン・マシン油乳剤、脂肪酸グリセリド乳剤、メタアルデヒド粒剤、硫黄くん煙剤、硫黄粉剤、硫黄・銅水和剤、水和硫黄剤、硫黄・大豆レシチン水和剤、石灰硫黄合剤、シイタケ菌糸体抽出物液剤、炭酸水素ナトリウム水溶剤及び重曹、炭酸水素ナトリウム・銅水和剤、銅水和剤、銅粉剤、硫酸銅、生石灰、天敵等生物農薬、性フェロモン剤、クロレラ抽出物液剤、混合生薬抽出物液剤、ワックス水和剤、展着剤、二酸化炭素剤、ケイソウ土粉剤、食酢の30種類である。

表 1. 特別栽培農産物

無農薬栽培農産物	農薬を使用せずに栽培した農産物
無化学肥料農産物	化学肥料を使用せずに栽培した農産物
減農薬栽培農産物	農薬の使用回数が当該地域で使用されている回数のおおむね5割以下で栽培された農産物
減化学肥料栽培農産物	化学肥料の使用回数が当該地域で使用されている回数のおおむね5割以下で栽培された農産物

c. ノーゲン

本研究に使用する土壌改良資材(ノーゲン)は天然鉱物由来の土壌改良資材であり有機JAS規格にも適合している土壌改良資材であるので、有機農業を行う上でも使用できる無機資材の一つである。

ノーゲンの成分は表 2 に示したとおりで二酸化ケイ素、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化カルシウムなどを主成分にその他にもさまざまな微量元素を含んでいる資材である。

標準的な施用量は水田 10a当たり 100~120kgとされているため本研究でもこの値に従っている。

表 2. ノーゲンの成分  
(財団法人東海技術センターによる分析例)

二酸化ケイ素	41.45%	マンガン	1400ppm
酸化アルミニウム	17.18%	銅	190ppm
酸化マグネシウム	14.90%	フッ素	170ppm
酸化カルシウム	11.54%	コバルト	70ppm
酸化第二鉄	8.51%	ニッケル	250ppm
カリ	1.20%	アエン	90ppm
ナトリウム	0.60%	スズ	20ppm
バナジウム	0.002%	チタン	0.4ppm
ジルコニウム	0.005%	セレン	微量
ボロン	0.004%	リュウサン分	微量
		エンソ分	微量

#### d.目的

土壌改良資材(ノーゲン)の効果を生育調査、サンプリングを通じて検討し、ノーゲンの効果の検討のため、標準量の半分の肥料または肥料を入れずに育てたときにどのような反応を示すのかについても検討する。同時に有機肥料の量の違いによる生育の違いについても検討した。

## II.方法および材料

### a.材料

試供品種は農林 100 号(コシヒカリ)を使用した.

比重 1.13 で塩水選した種籾を水道水で浸漬した種籾を 1 ポットに三粒ずつ播種し, その後 2 本間引いて 1 ポット 1 本仕立てとした.

1/5000a ワグナーポット中に未耕砂質壤土 3.5kg をつめ, 元肥として下記の有機肥料を加えた. 有機肥料の標準量を 1 ポットあたり, ボカシチャンプ飛龍 14.4g, ブラドミンPK 0.4g, 貝化石草木灰 2.0g, (N:P:K=8:9.2:8.2)16.8gとした.

有機肥料および土壌改良資材(ノーゲン)を表 3 の割合で加え, 共に全層施肥とした. 実験には有機肥料の施肥量が標準量の 50%と 100%の処理区については各 10 ポットずつ, 施肥量が標準量の 0%の処理区については各 5 ポットずつ用いた.

これより施肥した有機肥料の量の違いは 50%区, 100%区, 0%区と表しノーゲン量の違いは 0g区, 2g区, 4g区, 6g区, 8g区として表すこととする.

今回, ノーゲンの効果を詳細に把握するために追肥は行わず元肥のみとした.

表 3; 処理区一覧

有機肥料	標準量 50%					標準量 100%				
ノーゲン(g)	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8

有機肥料	標準量 0%		
ノーゲン(g)	4	6	8

### b.生育調査

草丈, 莖数, 葉緑素を週一回(水曜日)に計測し, 出穂後は穂数もともに週 1 回計測した.

### c.サンプリング

#### ①出穂期

出穂した翌日に 4 ポットずつ(0%区のもの 2 ポットずつ)サンプリングを行い, 葉面積, 稈長, 乾物重量(葉, 枯葉, 茎+株, 根, 穂)を測定した.

乾物重量はそれぞれの部位を分解した後, 75°Cで 30 分間処理し呼吸活性を失活させ, 60 度で 48 時間以上乾燥させて測定した.

## ②収穫期

出穂期サンプリングから 50 日後に 6 ポットずつ(0%区のもの 3 ポットずつ)サンプリングを行い、葉身長、葉面積、稈長、節間長、穂長、乾物重量(葉、枯葉、茎+株、根、穂)を測定した。

乾物重量はそれぞれの部位を分解した後、75°Cで 30 分間処理し呼吸活性を失活させ、60 度で 48 時間以上乾燥させて測定した。

### Ⅲ.結果

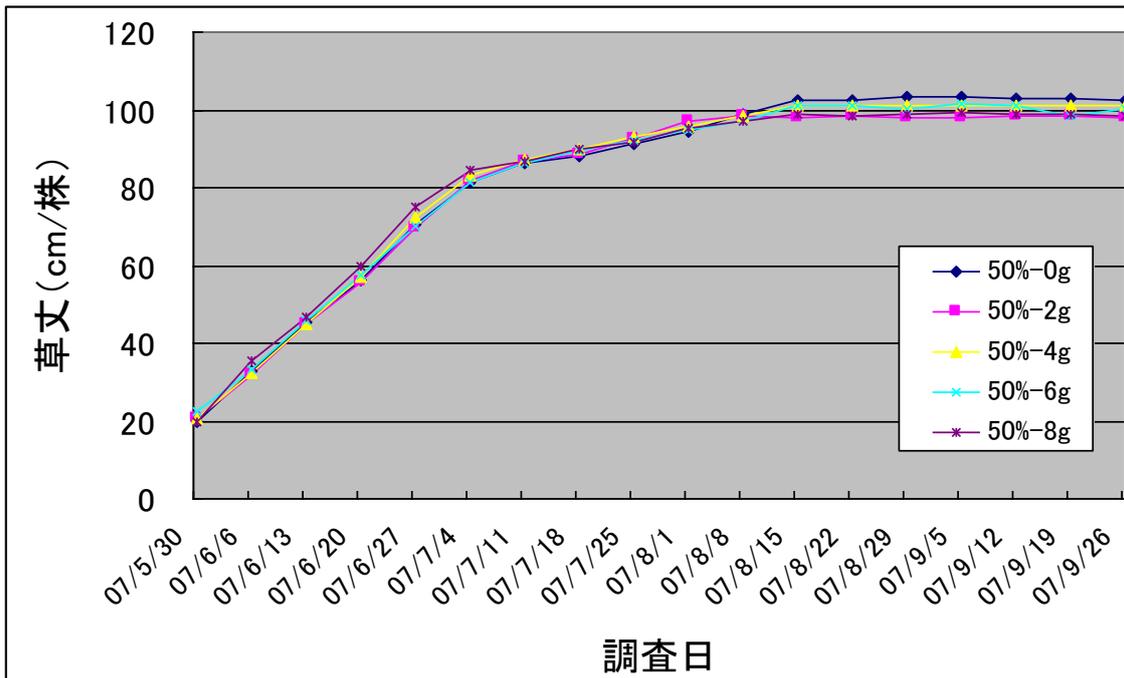
#### a.生育調査

平均草丈を見ると, どの処理区も 8/15~8/22 付近で成長が安定し最終的に 50%区(図 2)では 98~102cm に, 100%区(図3)では 105~108cm に, 0%区(図4)では 85~95cm になった. 各ノーゲンの処理区間での有意な差は認められなかった.

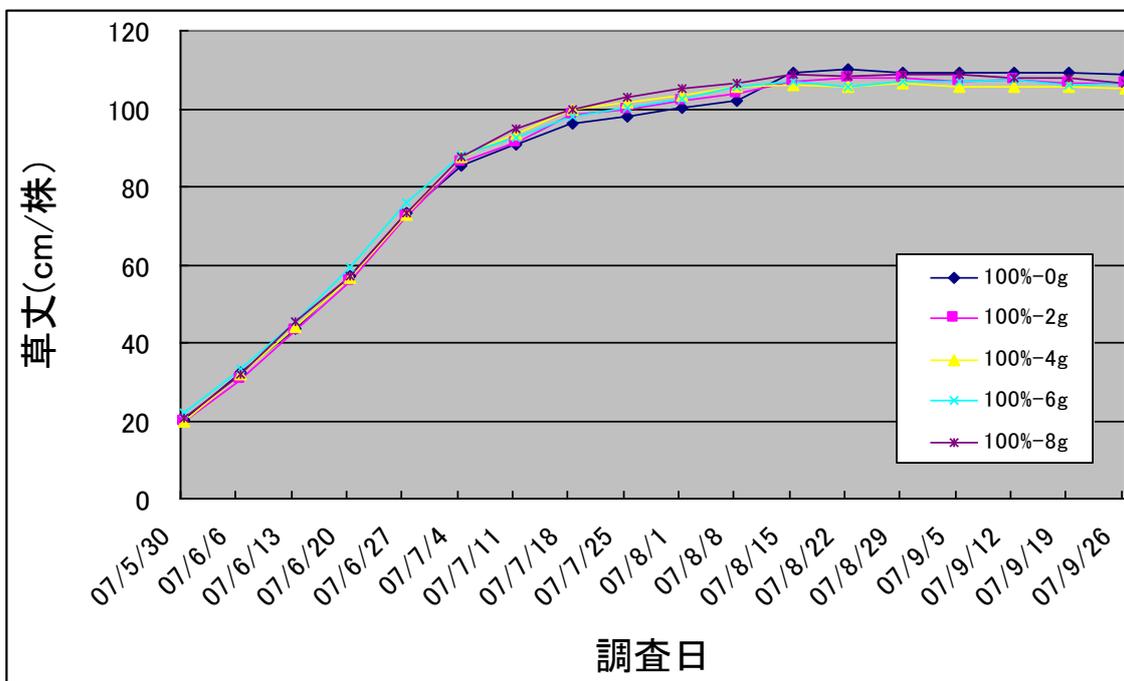
平均茎数を見ると 50%区(図 5), 100%区(図 6)では 7/4~7/11 付近で最高分げつ期を迎え 9/5~9/12 付近より遅発分げつが見られるようになった. 最終的に 50%区では 14~16 本, 100%区では 20~27 本となった. 0g区(図 7)では 6/20 付近で安定し 8/29 付近から遅発分げつが見られるようになり最終的に 3~4 本となった. 各ノーゲンの処理区間での有意な差は認められなかった.

平均葉緑素(図 8, 図 9, 図 10)については各処理区とも違いは見られず各ノーゲン処理区間での有意な差も認められなかった.

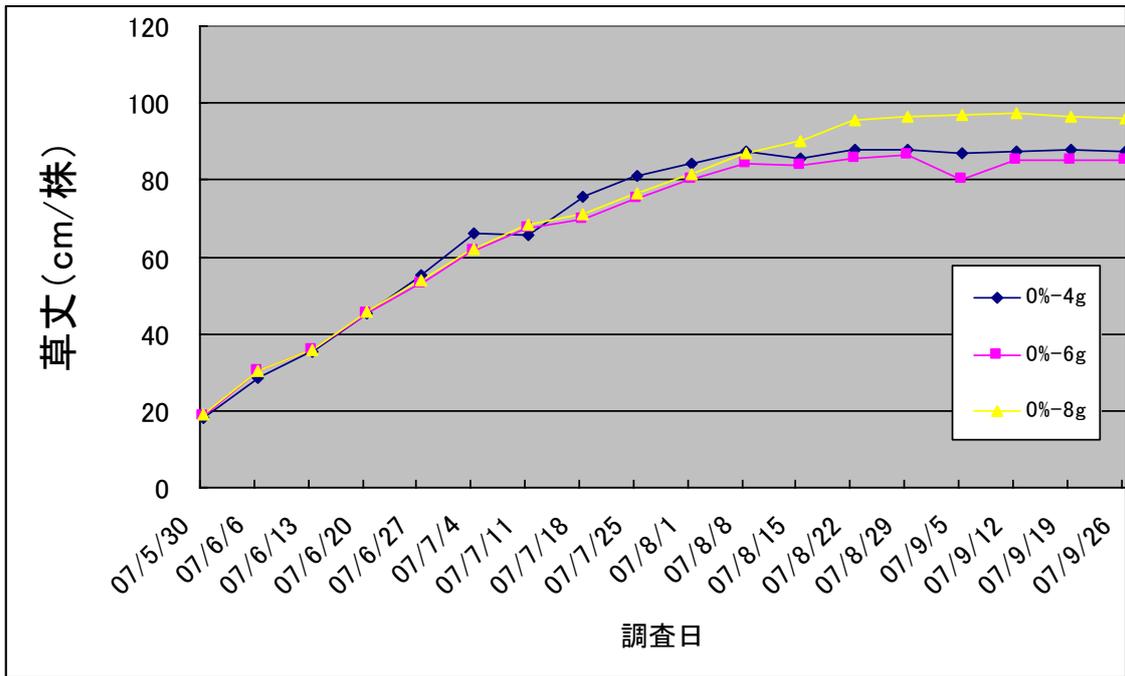
平均穂数については 8/6 の出穂以降 50%区(図 11), 100%区(図 12)ともに 8/15 付近で安定し最終的に 50%区では 6~7 本に, 100%区では 10~11 本となった. 各ノーゲンの処理区間での有意な差は認められなかった.



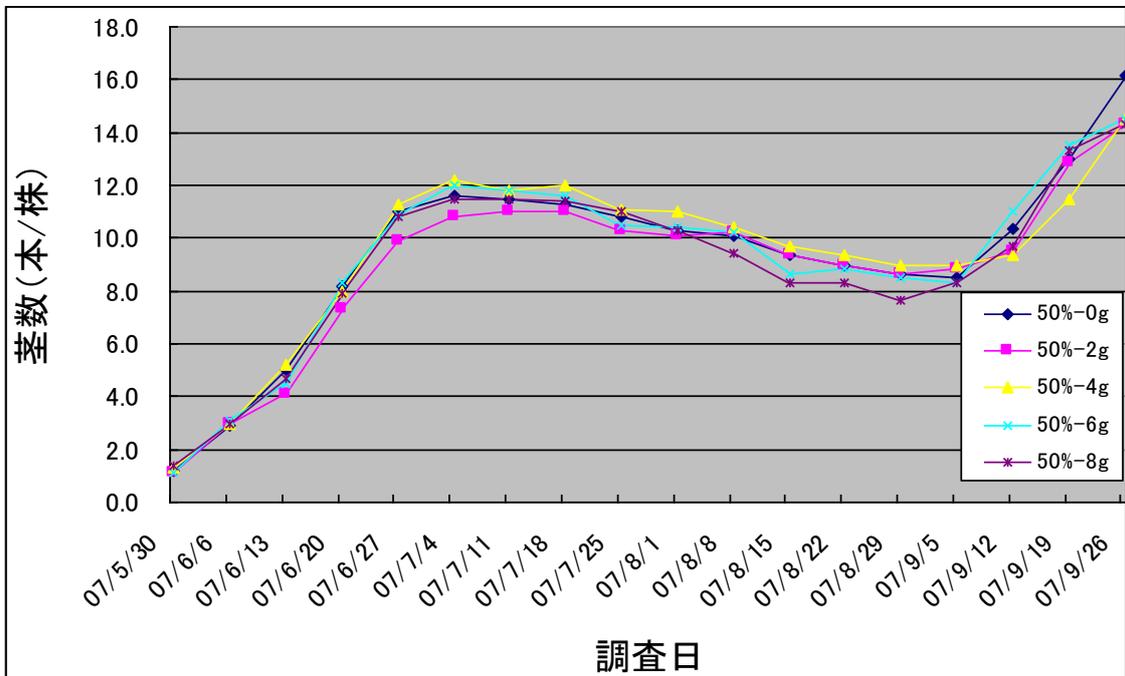
第1図 草丈の推移(有機肥料 50%)



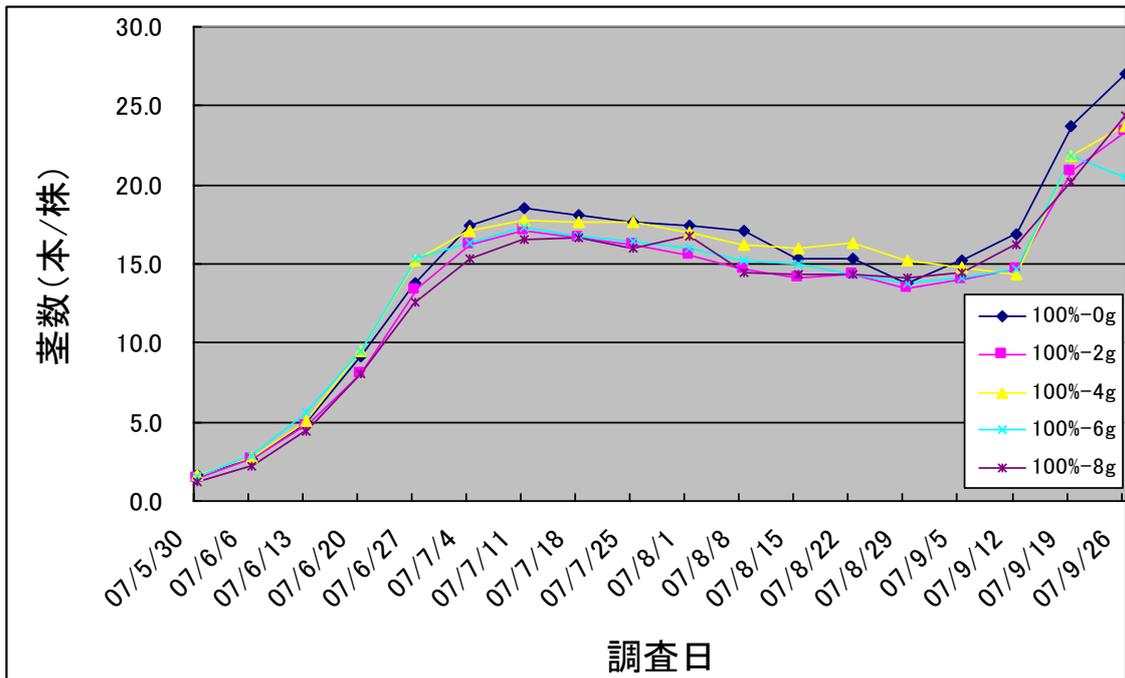
第2図 草丈の推移(有機肥料 100%)



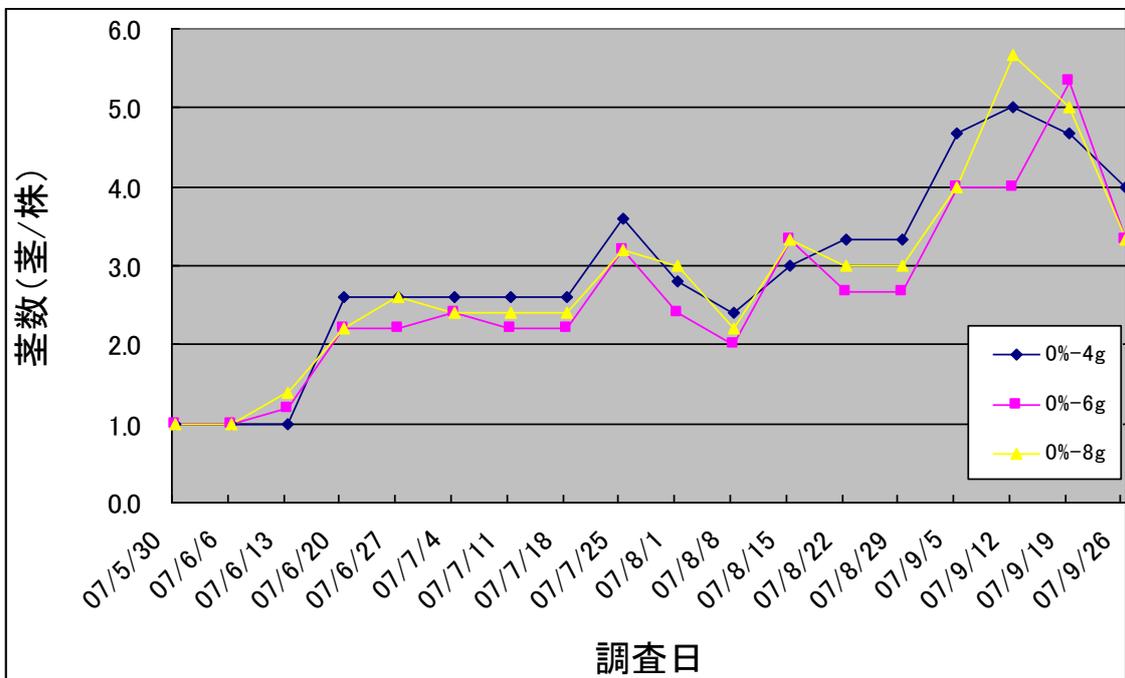
第3図 草丈の推移(有機肥料0%)



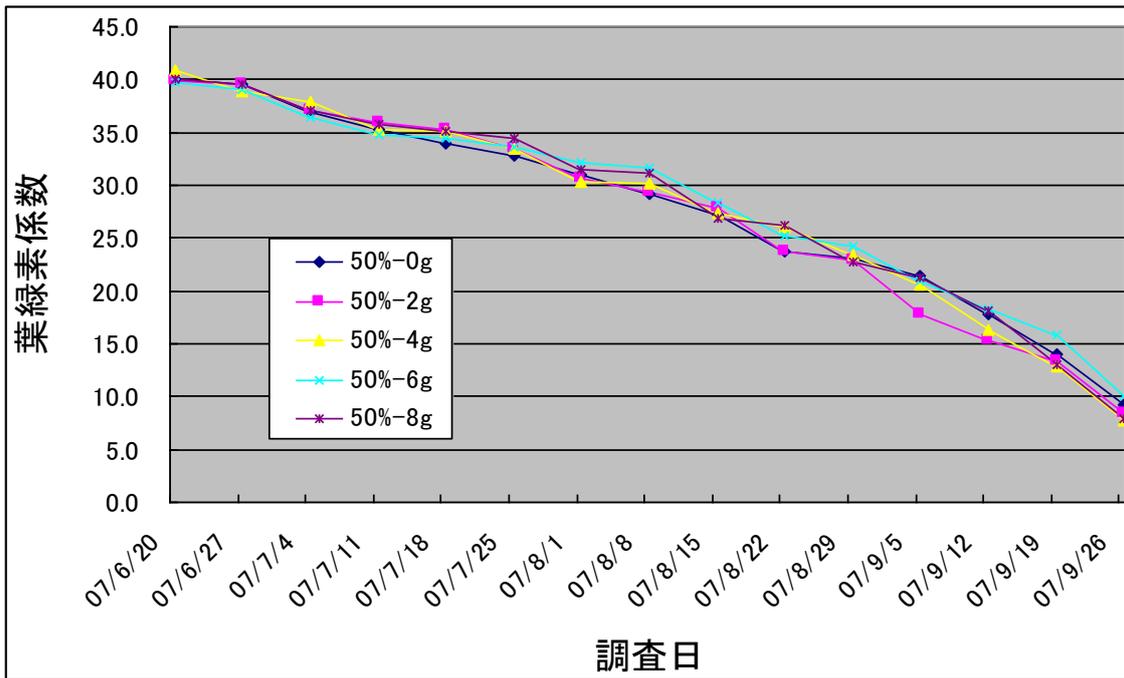
第4図 茎数の推移(有機肥料50%)



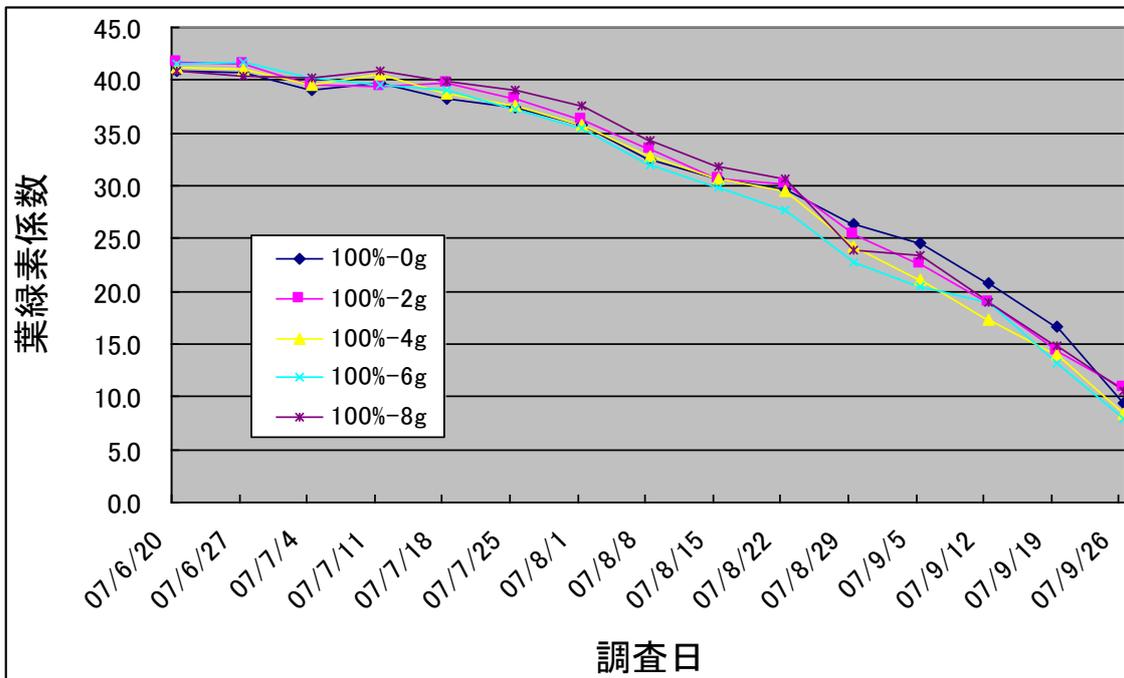
第5図 茎数の推移(有機肥料100%)



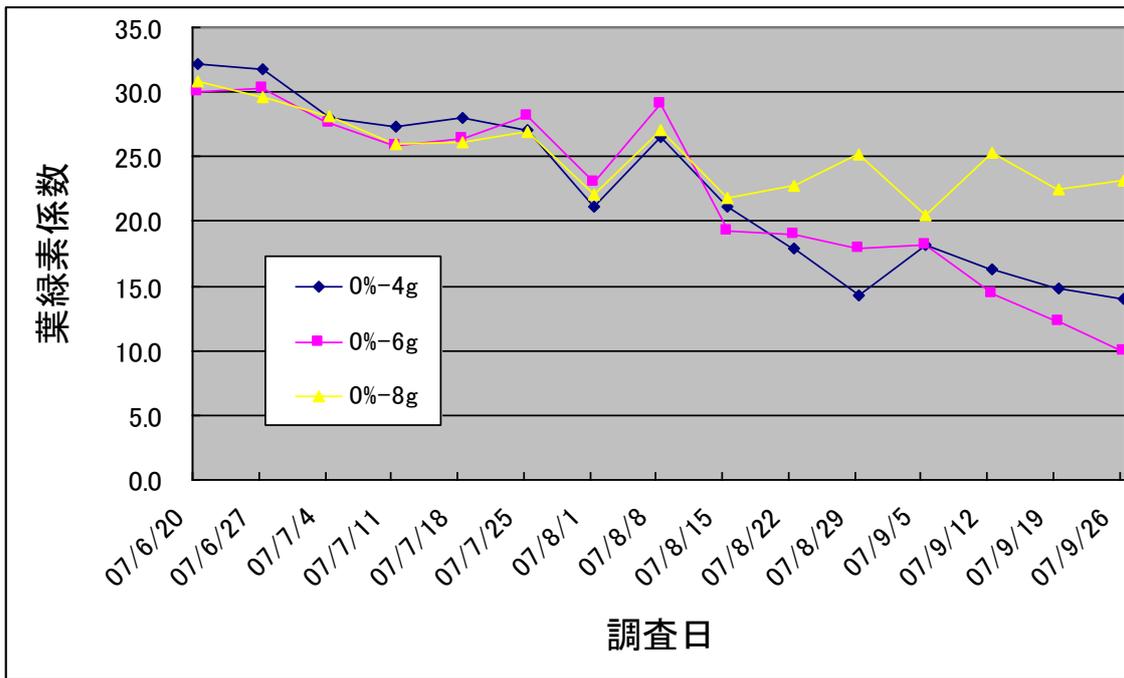
第6図 茎数の推移(有機肥料0%)



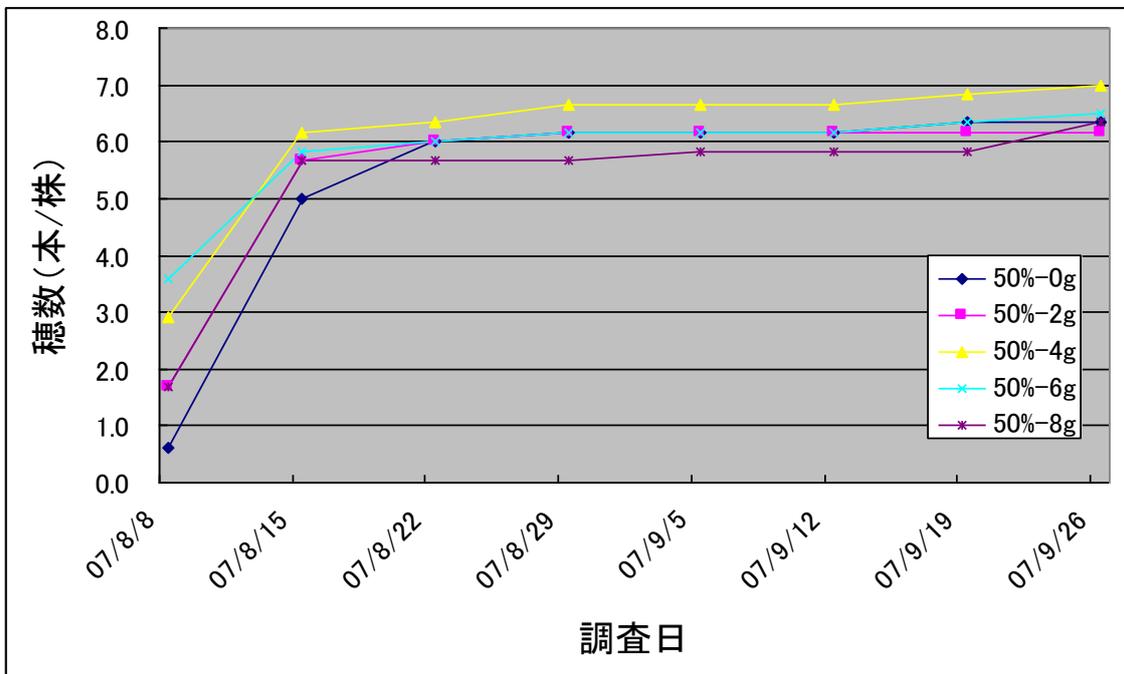
第7図 葉緑素係数の推移(有機肥料50%)



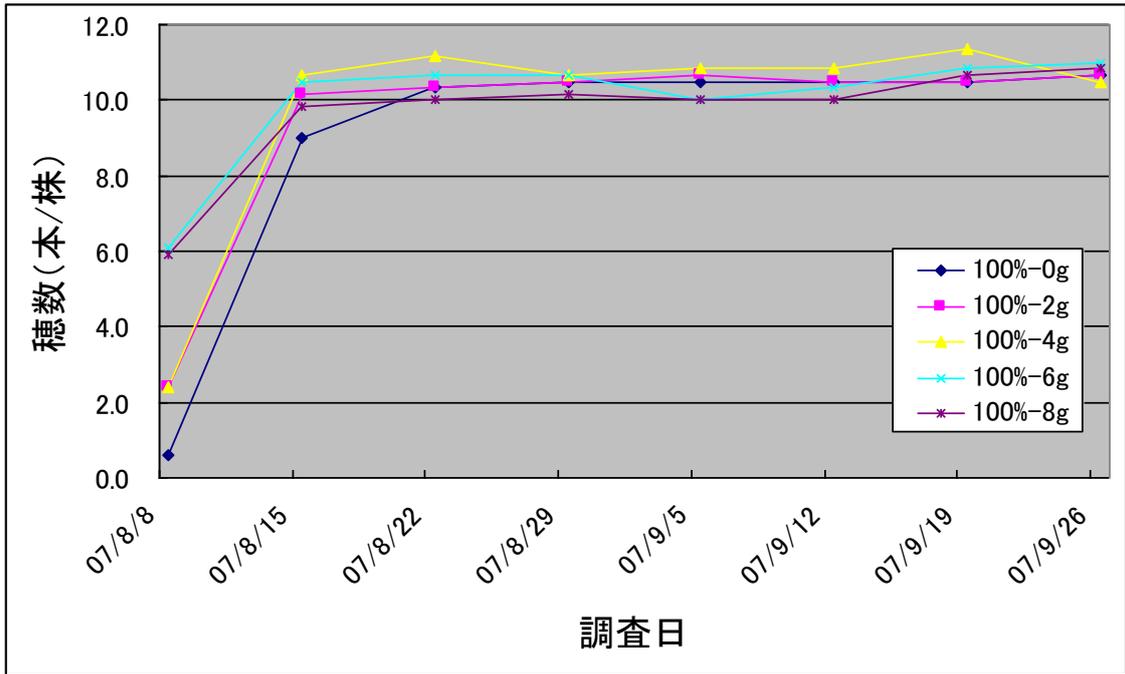
第8図 葉緑素係数の推移(有機肥料100%)



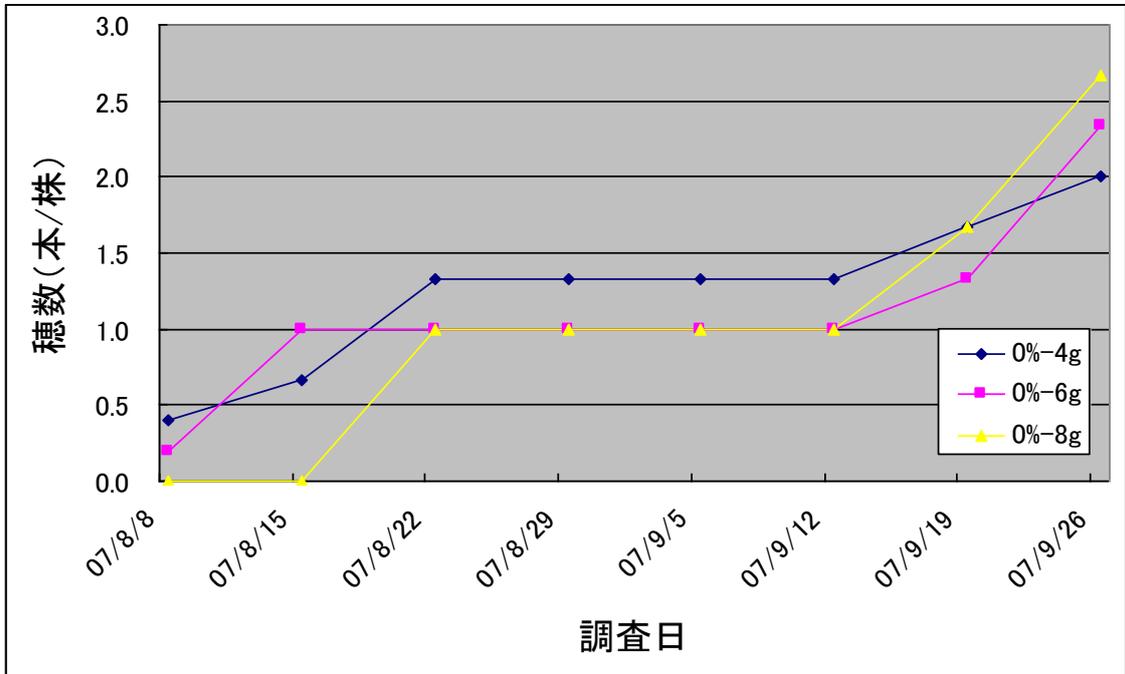
第9図 葉緑素係数の推移(有機肥料0%)



第10図 穂数の推移(有機肥料50%)



第11図 穂数の推移(有機肥料100%)



第12図 穂数の推移(有機肥料0%)

## b. サンプルング

### ① 出穂期

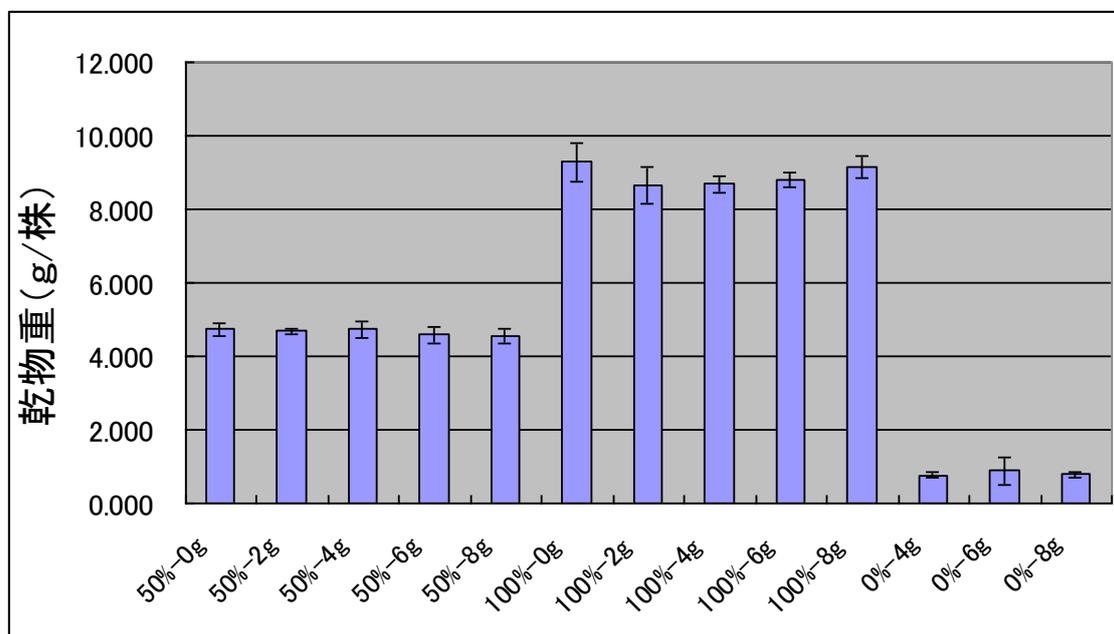
どの部位においてもノーゲン処理区間での有意な差は認められず、傾向を確認できなかった。

葉乾物重(図 13)、茎+株乾物重(図 15)、葉面積(図 20)については有機肥料処理区間、50%区、100%区、0%区間での値の差は顕著に表れていた。これは全乾物重(図 18)にも表れており、50%区、100%区間では約2倍の値を示している。

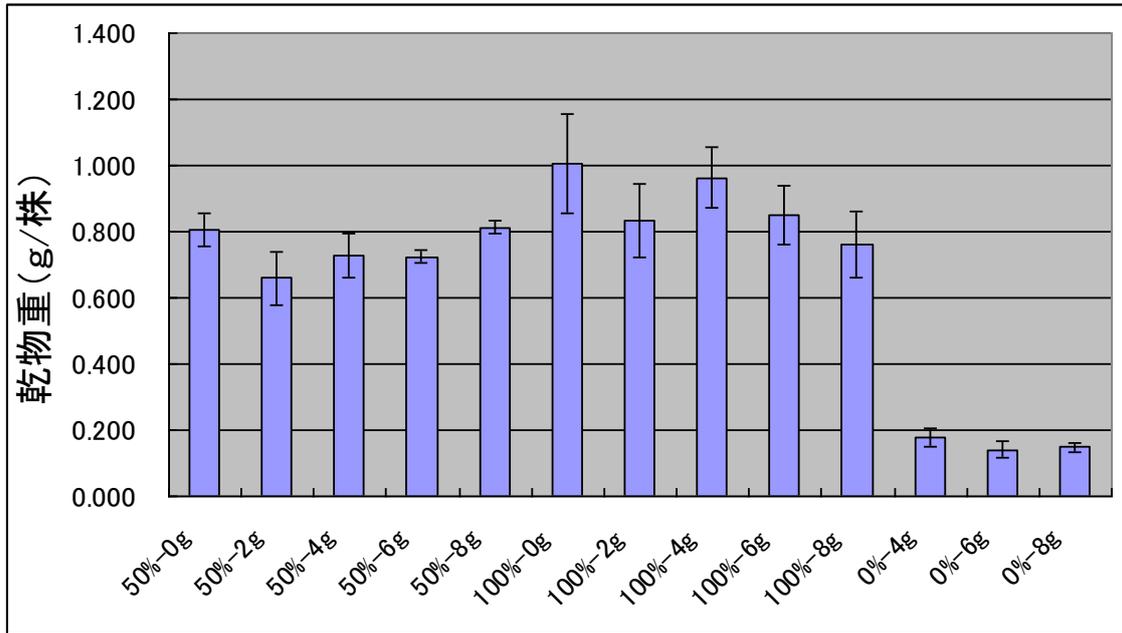
葉面積については、ノーゲン処理区間での有意な差は認められていないが50%区、100%区ともに0%区に比べ他のノーゲンを添加した区の数値が大きい傾向が見られた。

肥料による各処理区間で見たときに100%区と50%区での全乾物重では2倍前後、100%区が大きい値を示していた。0%区と50%区での全乾物重では5~6倍、50%区が大きい値を示していた。

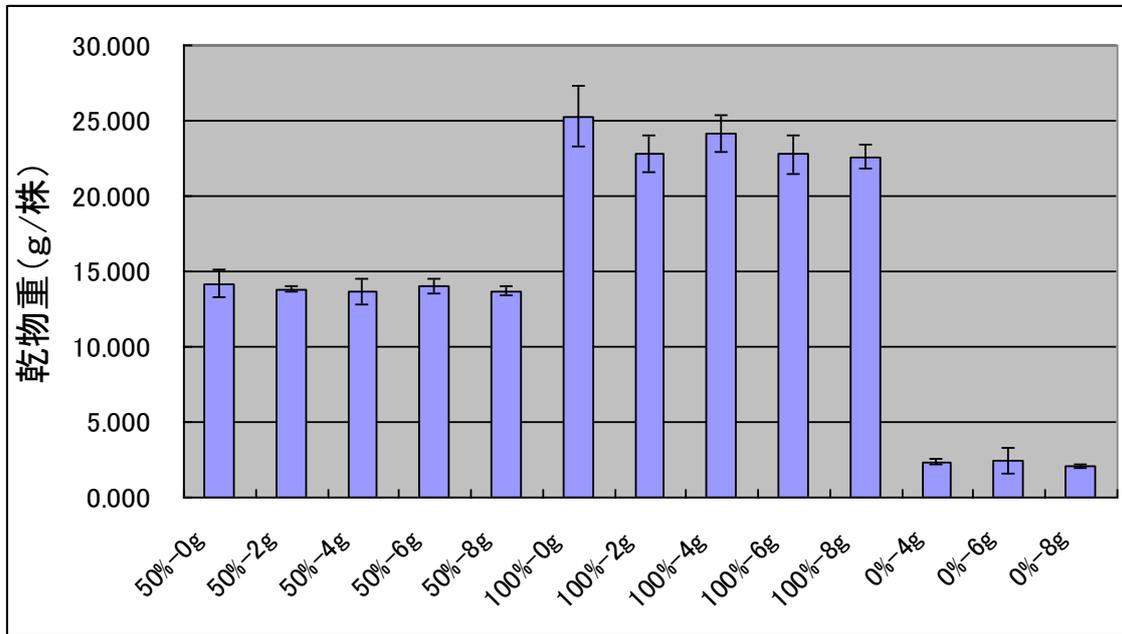
枯葉乾物重(図 14)、根乾物重(図 16)、穂乾物重(図 17)、穂長(図 19)では各処理区間での差は確認できなかった。



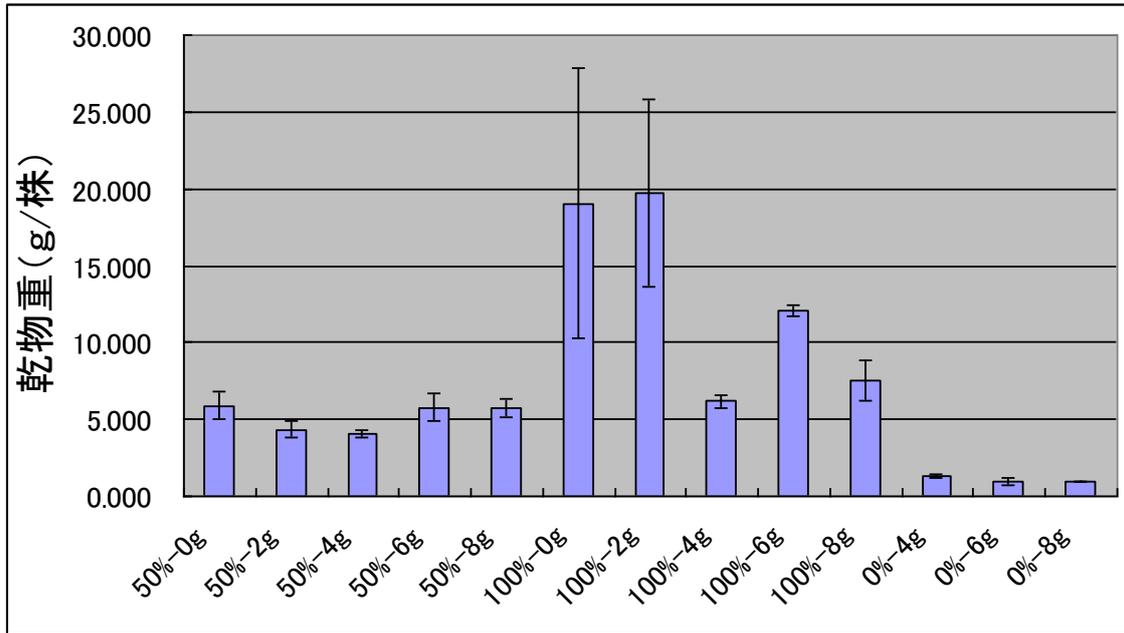
第 13 図 葉乾物重



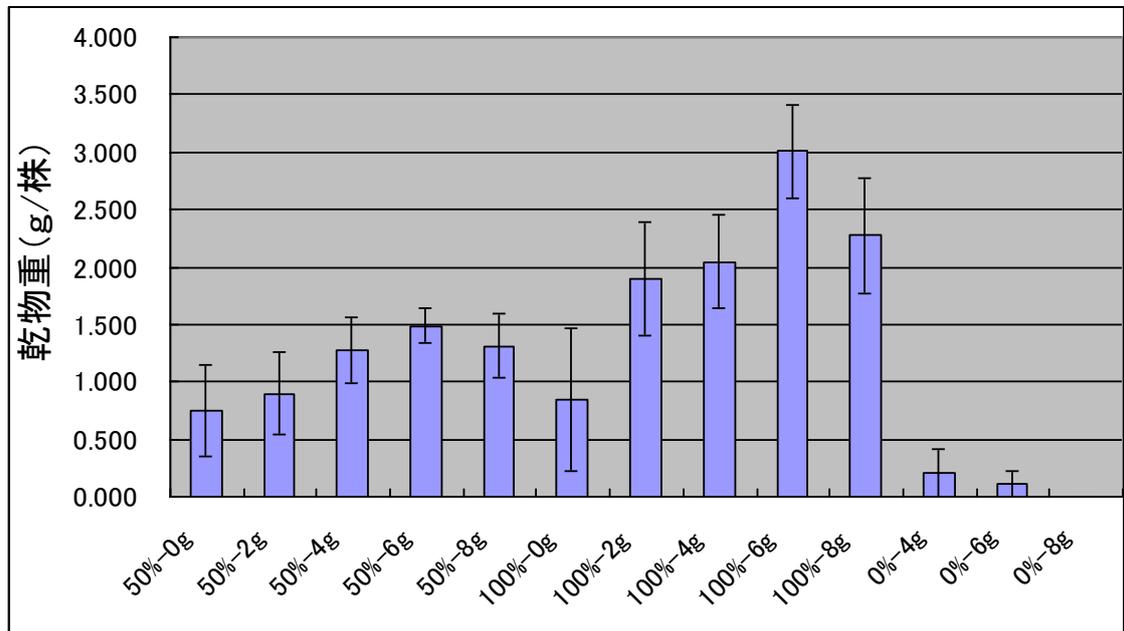
第 14 図 枯葉乾物重



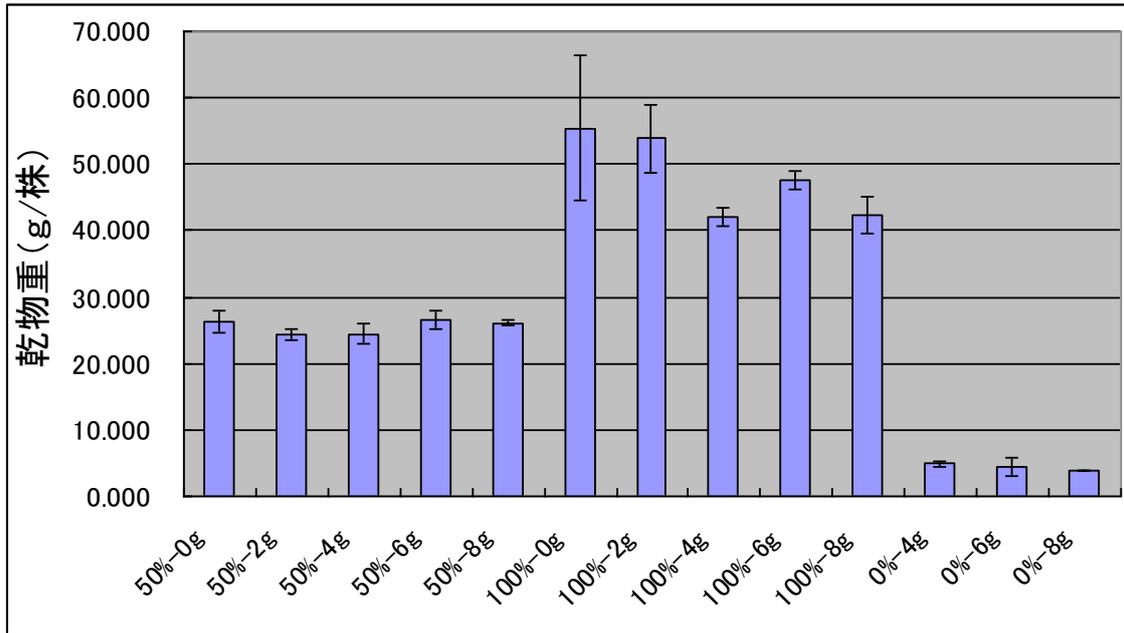
第 15 図 茎+株乾物重



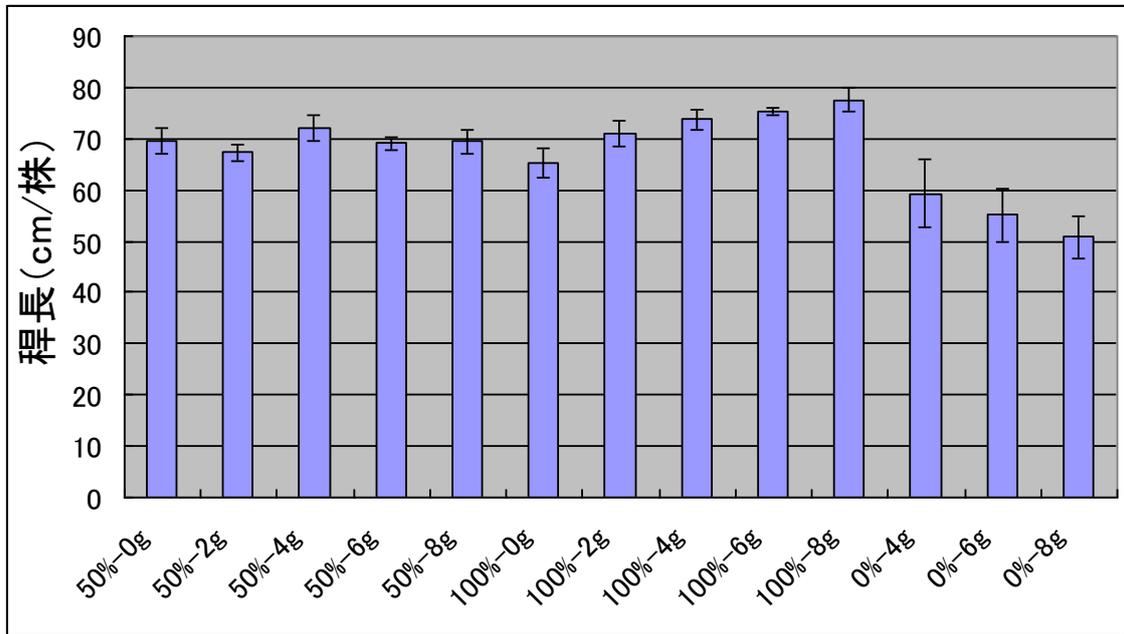
第 16 図 根乾物重



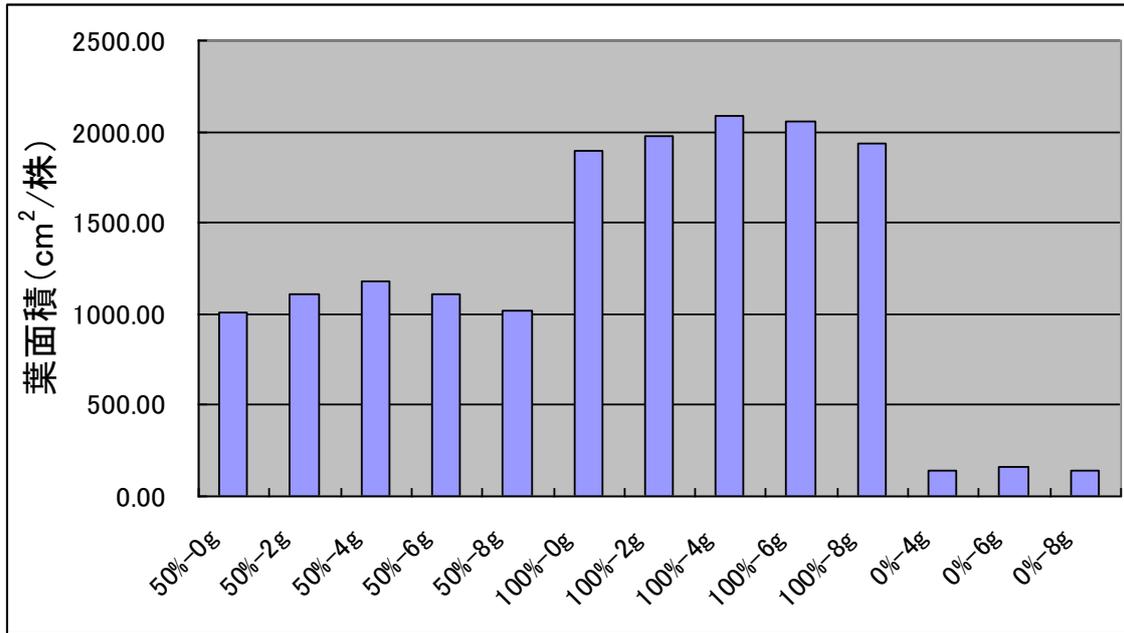
第 17 図 穂乾物重



第 18 図 全乾物重



第 19 図 穂長



第 20 図 葉面積

## ②収穫期

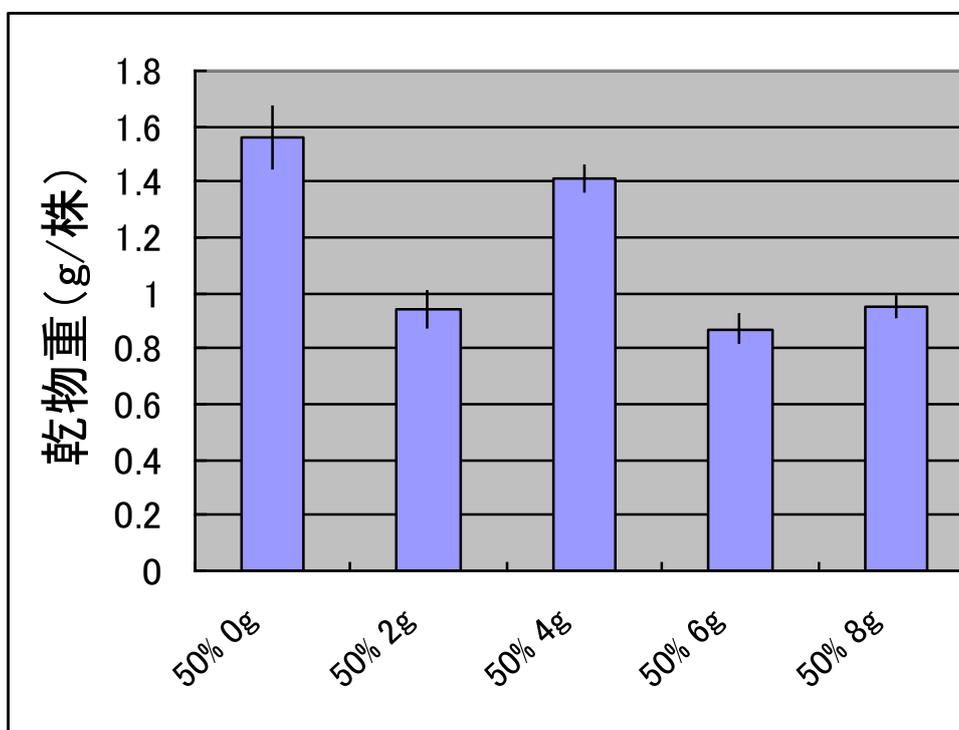
今回T検定を行ったが、ごく小数の区間でしか有意な差は確認できず、有意な差が確認された処理区間での一定の傾向は確認することができなかった。

### 1. 肥料50%区

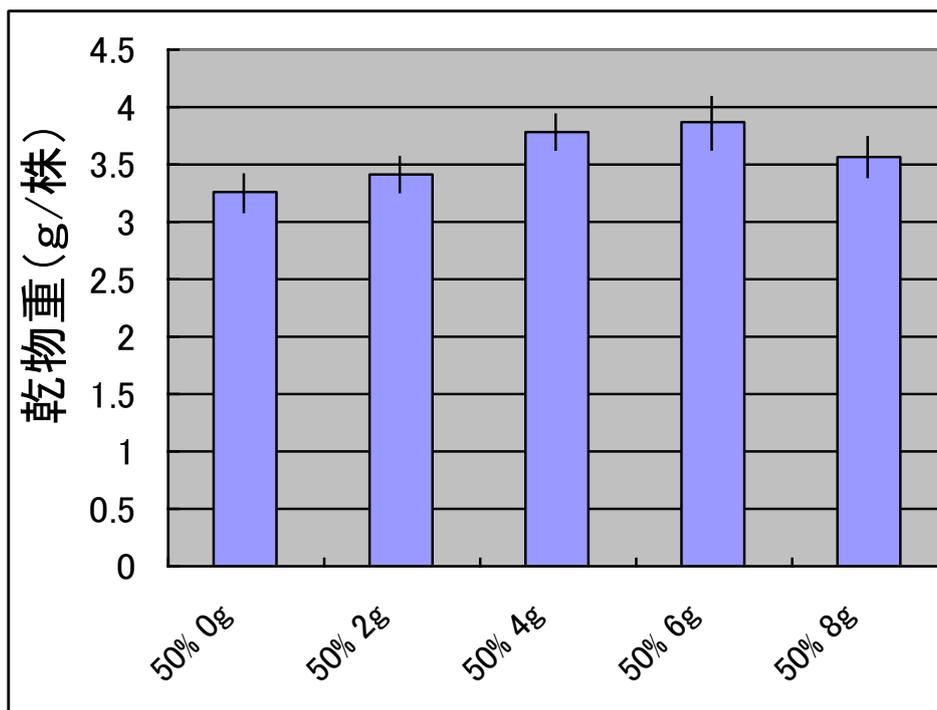
50%区については穂乾物重(図25)、稈長(図28)、籾乾物重(図29)、登熟歩合(図32)に0g区の値に比べ他の2g区、4g区、6g区、8g区の値が高い傾向が見られ、その4区の中では8g区の数値が低くなっている傾向が見られた。

玄米千粒重(図33)、葉乾物重(図21)、葉面積(図27)は0g区、4g区の値が2g区、6g区、8g区の値よりも高い傾向が見られた。

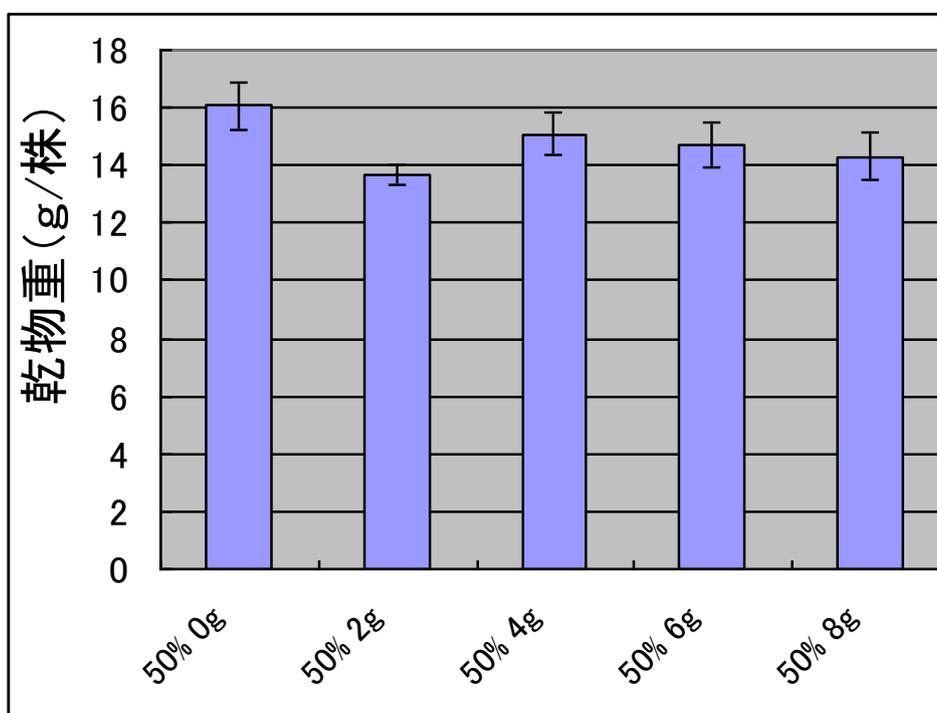
枯葉乾物重(図22)、茎+株乾物重(図23)、根乾物重(図24)、全乾物重(図26)、穂数(図30)、籾数(図31)、節間長(図34)、葉身長(図35)では各区間での差は確認できなかった。



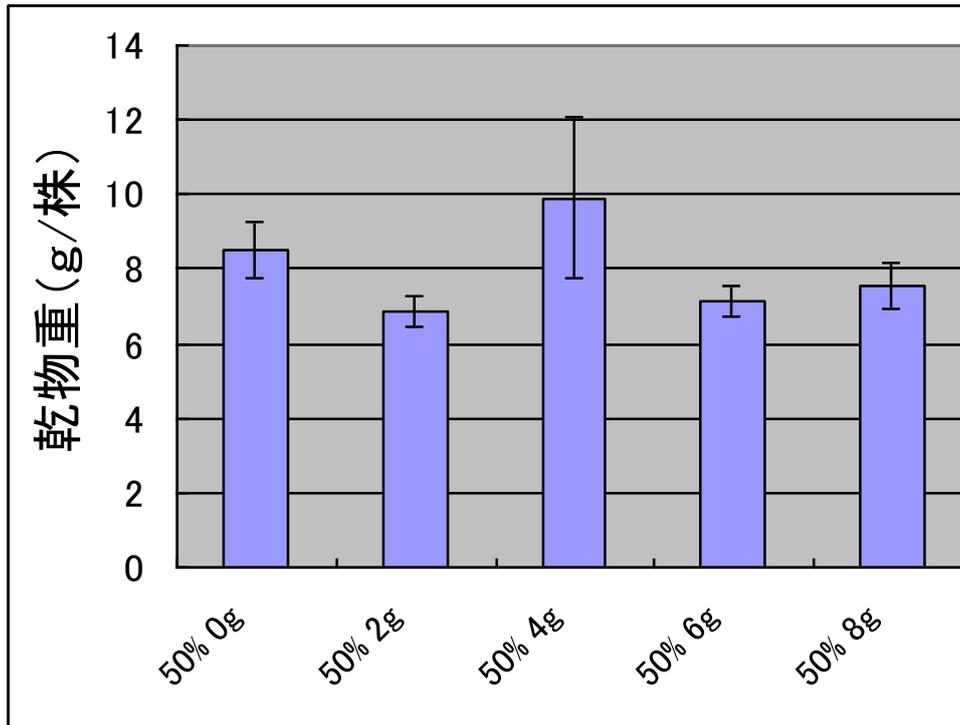
第21図 葉乾物重(有機肥料50%)



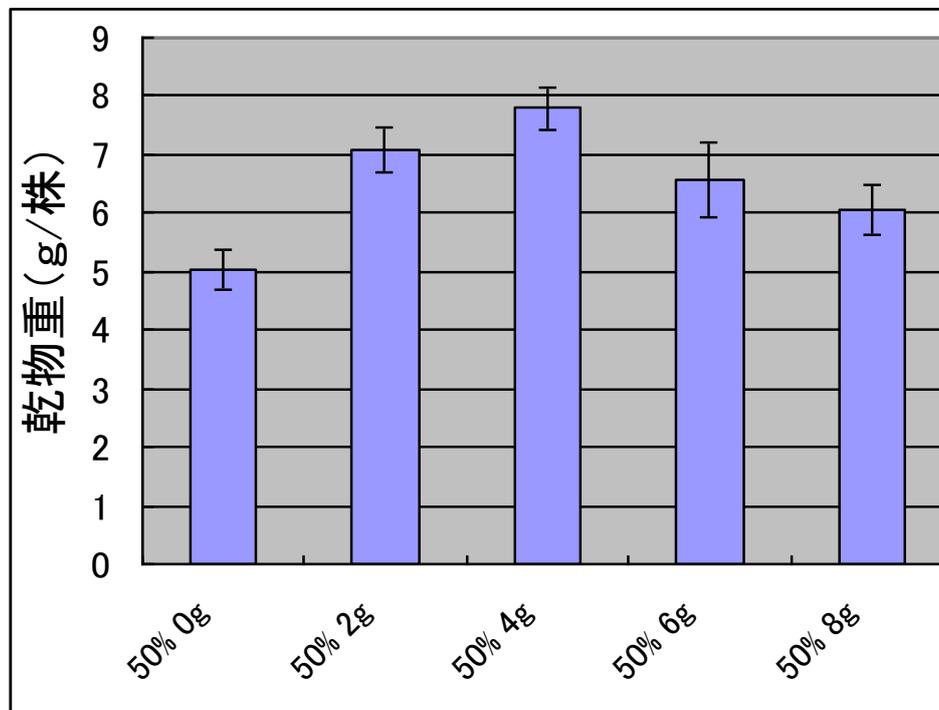
第 22 図 枯葉乾物重(有機肥料 50%)



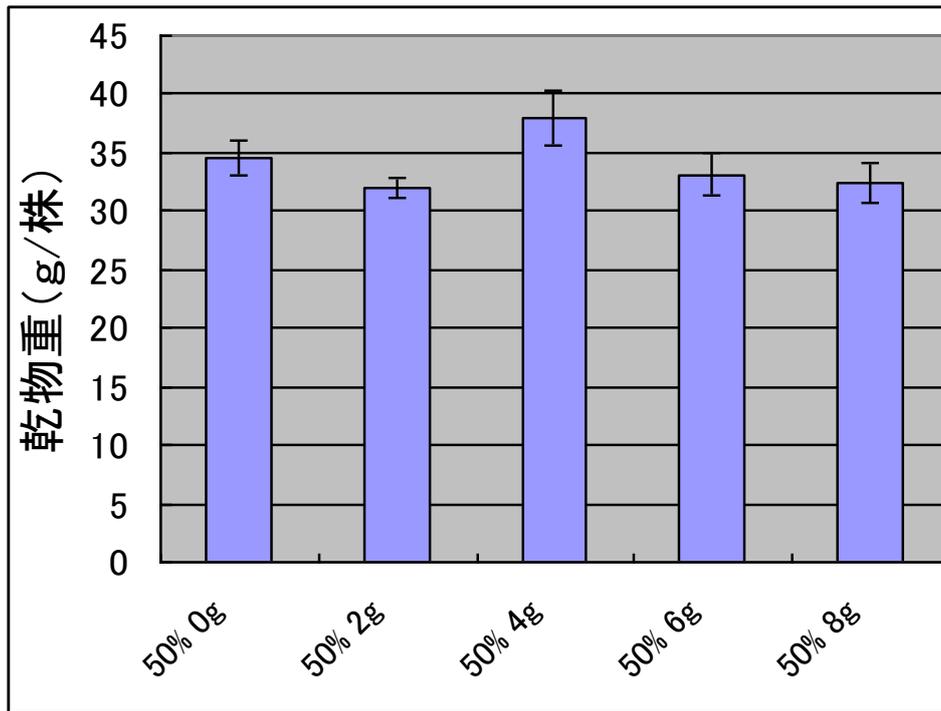
第 23 図 茎+株乾物重(有機肥料 50%)



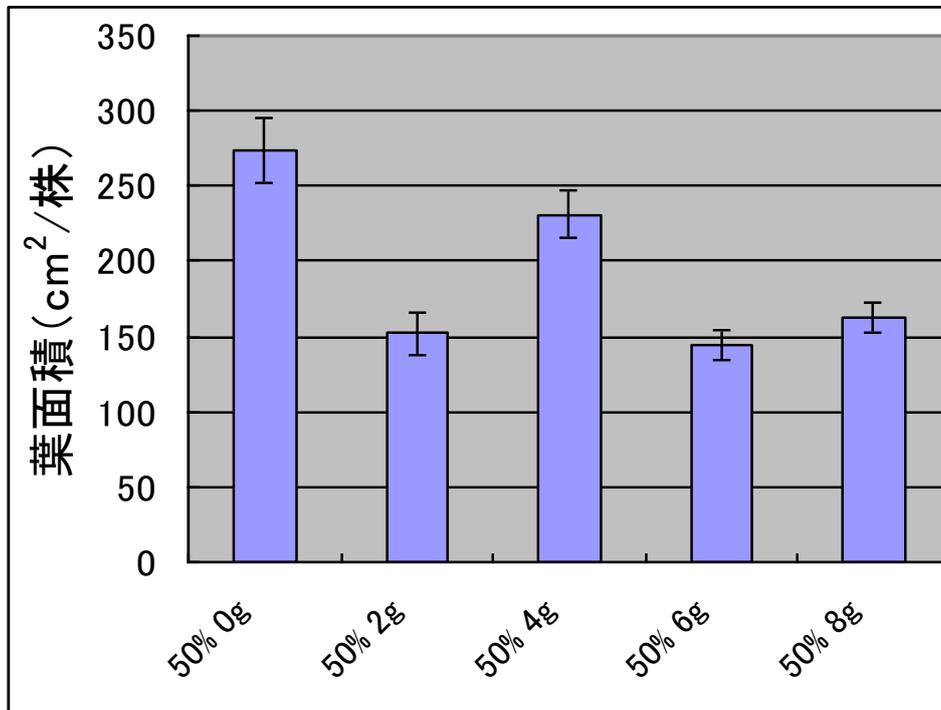
第 24 図 根乾物重(有機肥料 50%)



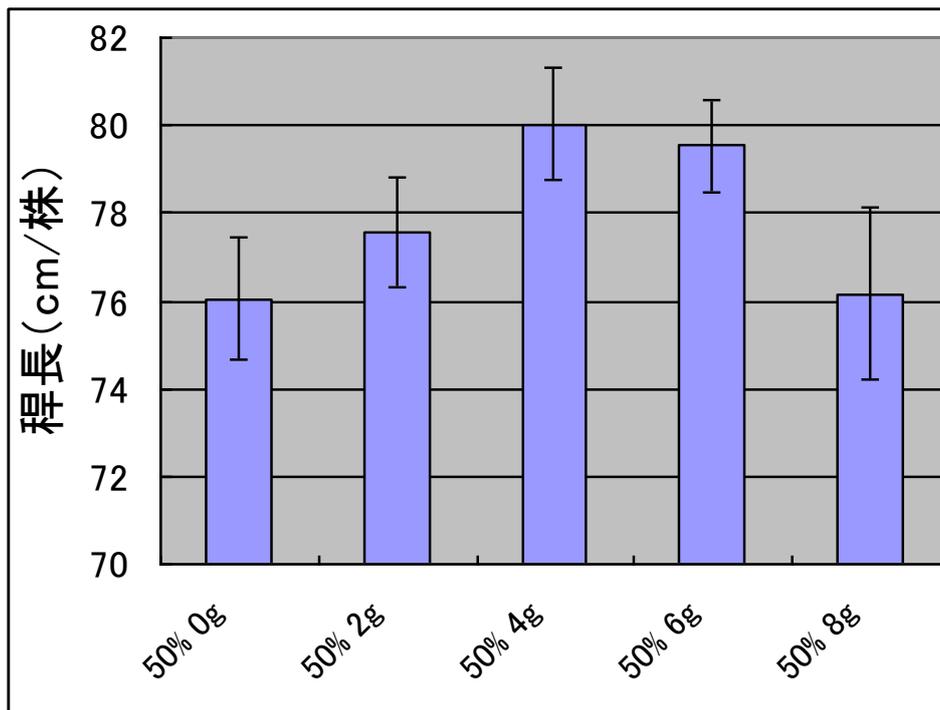
第 25 図 穂乾物重(有機肥料 50%)



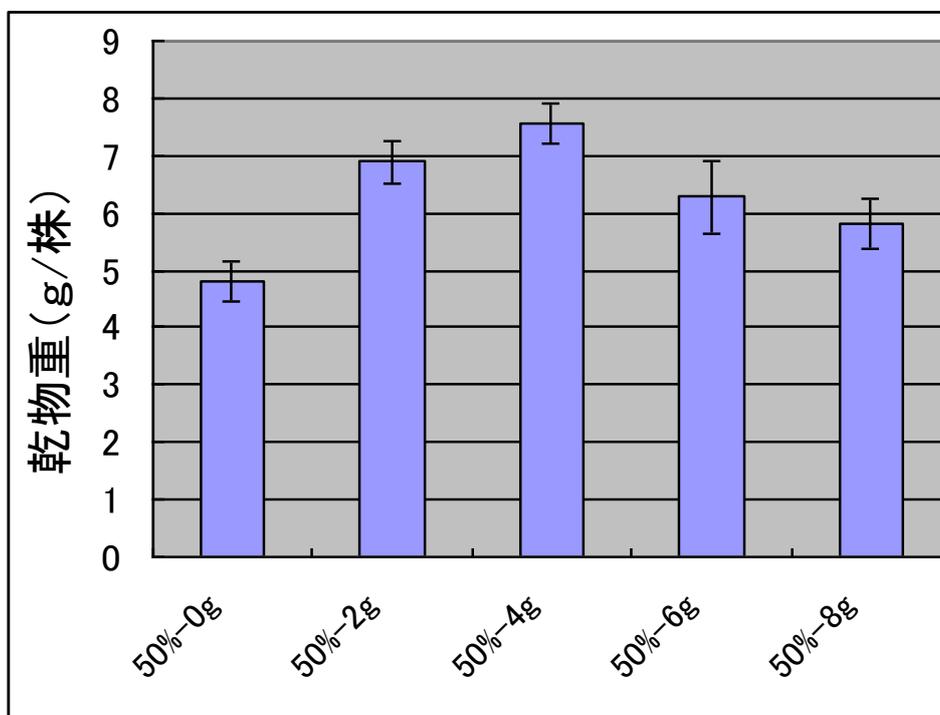
第 26 図 全乾物重(有機肥料 50%)



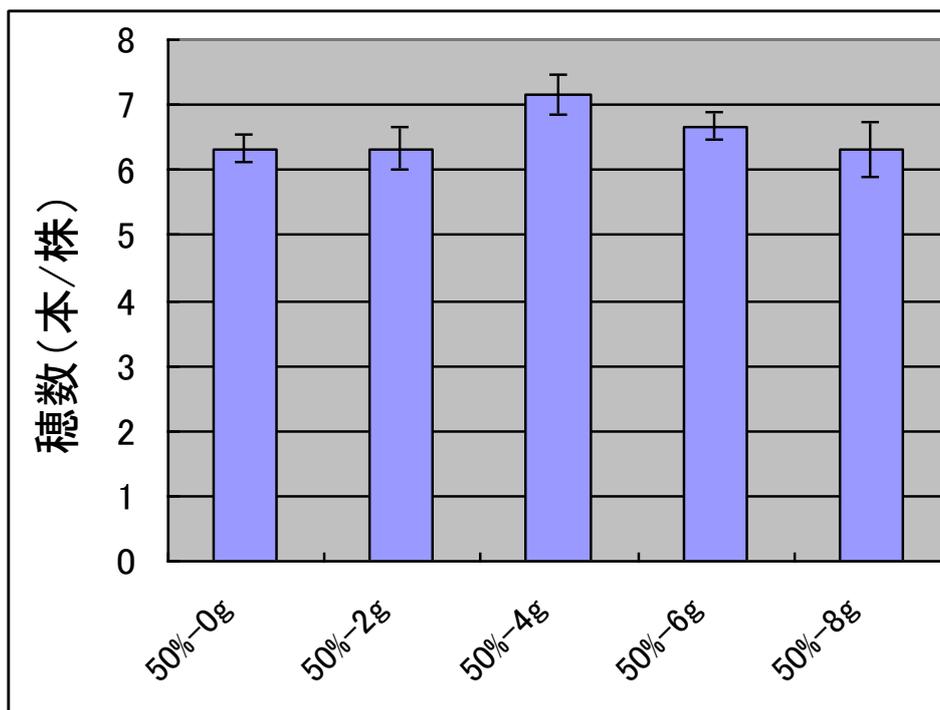
第 27 図 葉面積(有機肥料 50%)



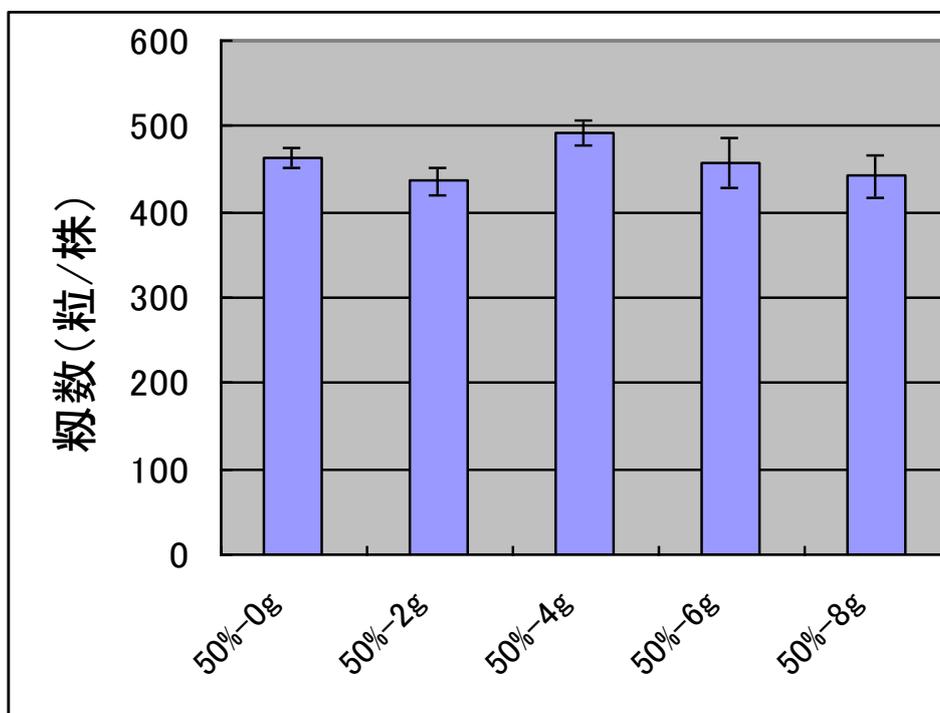
第 28 図 稈長(有機肥料 50%)



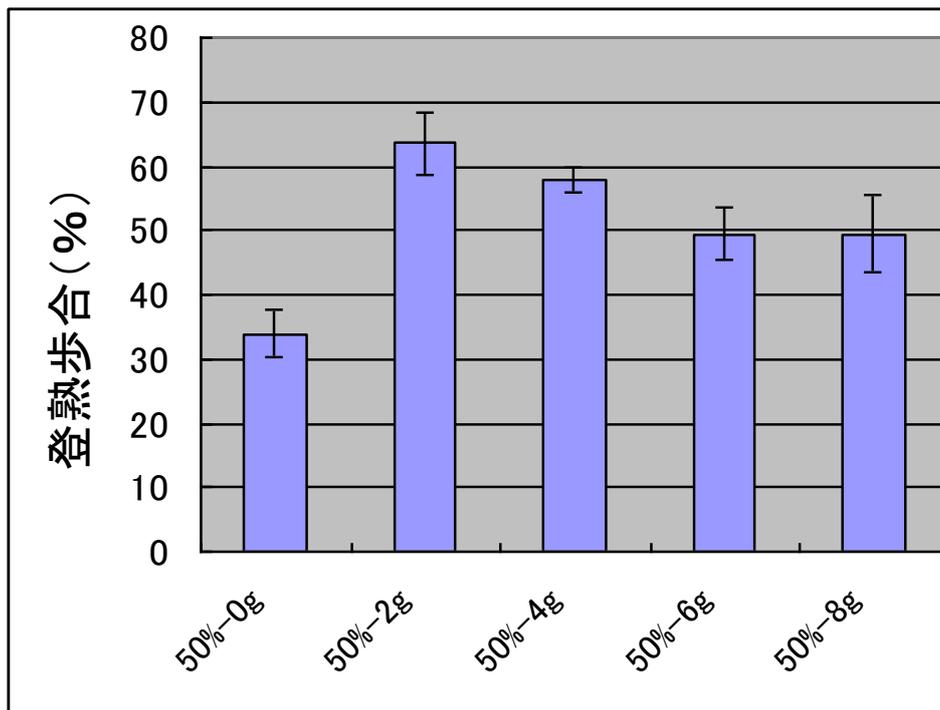
第 29 図 籾乾物重(有機肥料 50%)



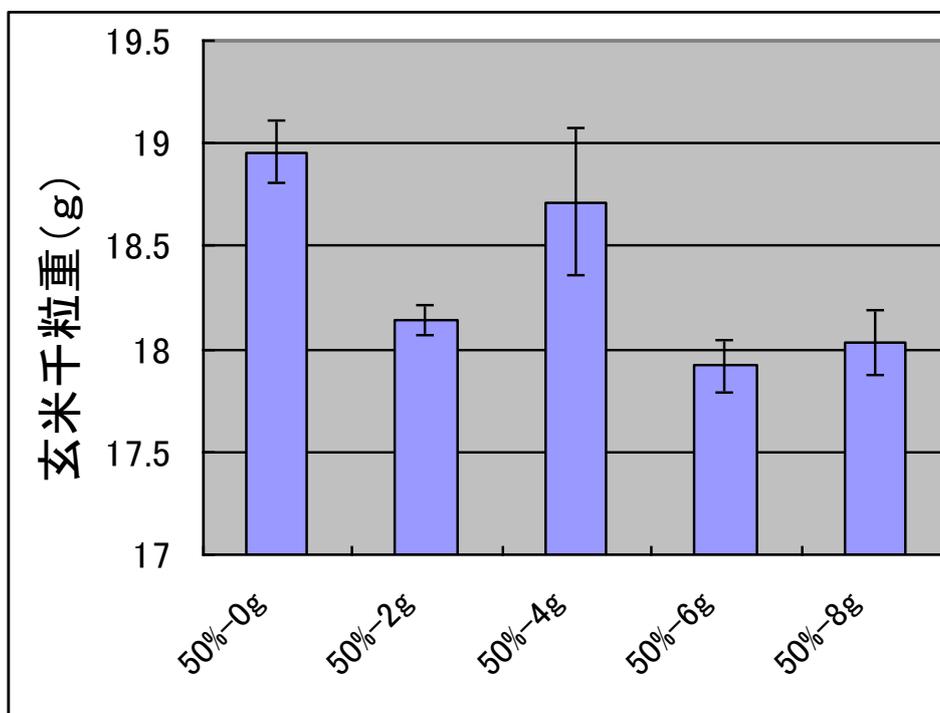
第 30 図 穂数(有機肥料 50%)



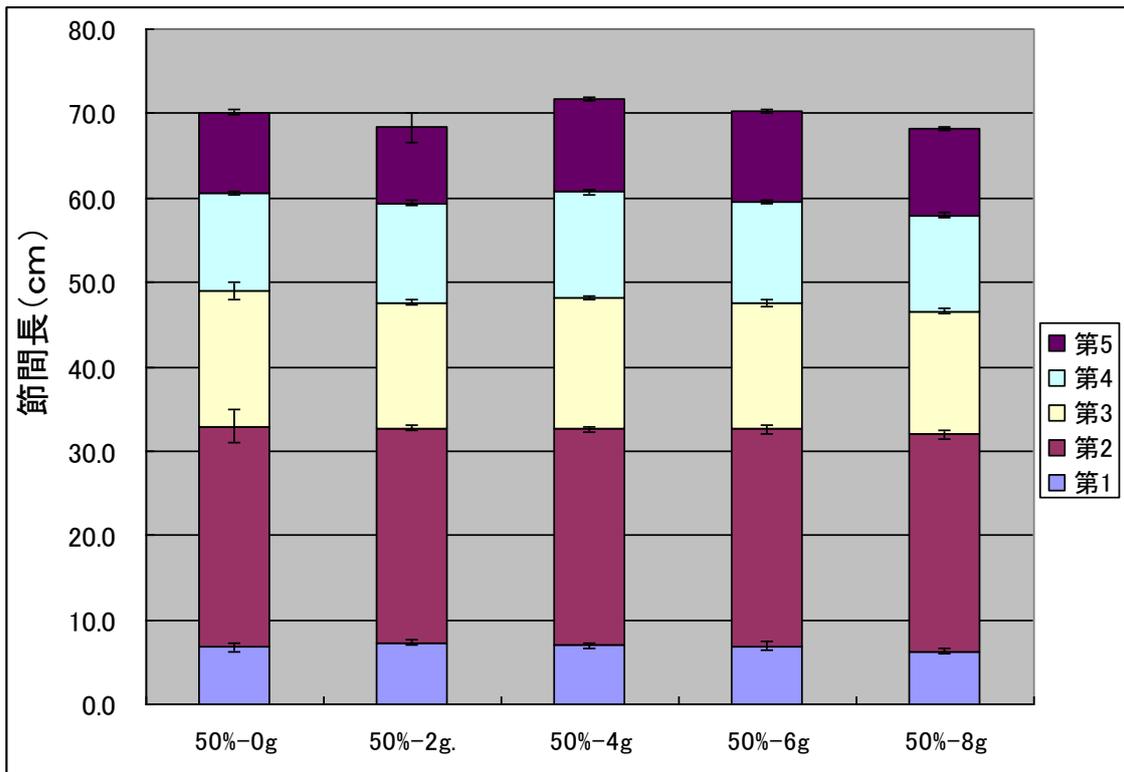
第 31 図 粒数(有機肥料 50%)



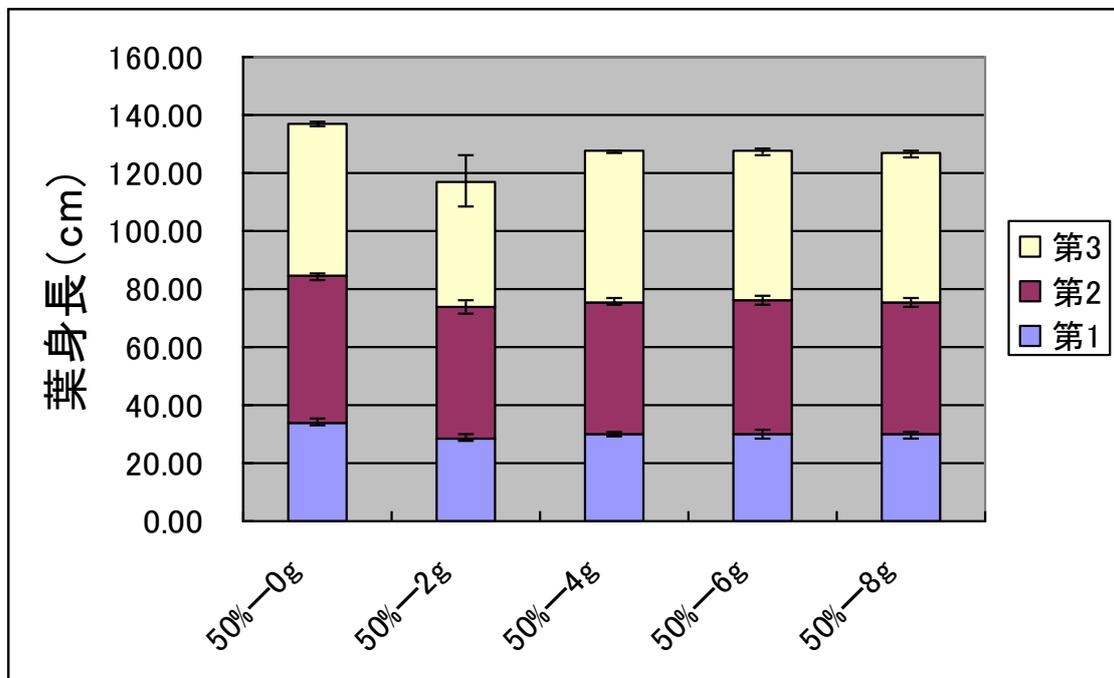
第 32 図 登熟歩合(有機肥料 50%)



第 33 図 玄米千粒重(有機肥料 50%)



第 34 図 節間長(有機肥料 50%)



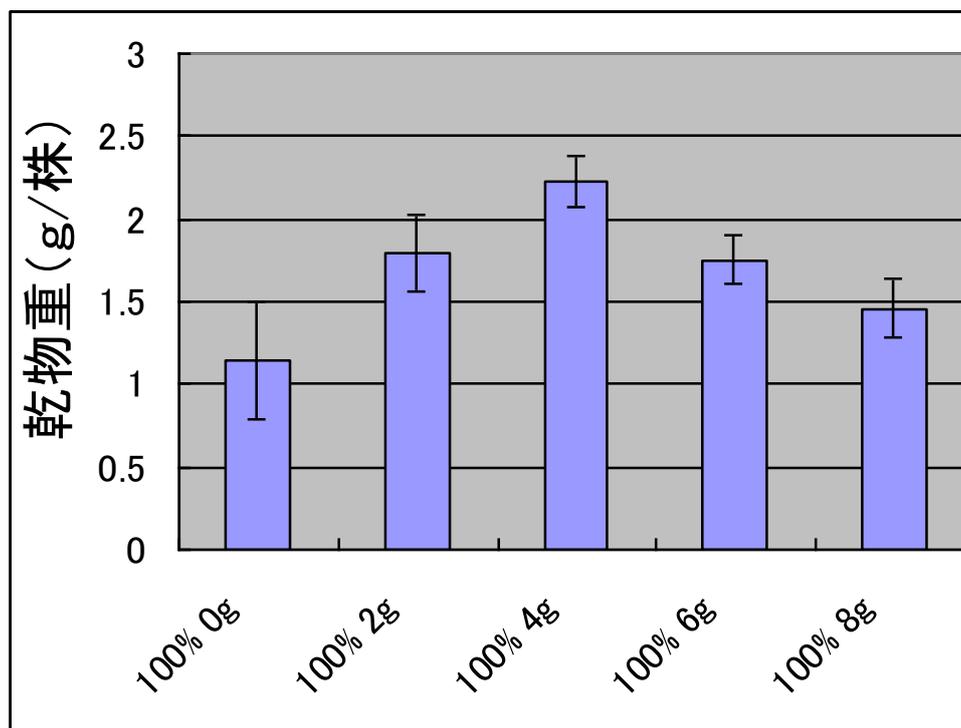
第 35 図 葉身長(有機肥料 50%)

## 2. 肥料100%区

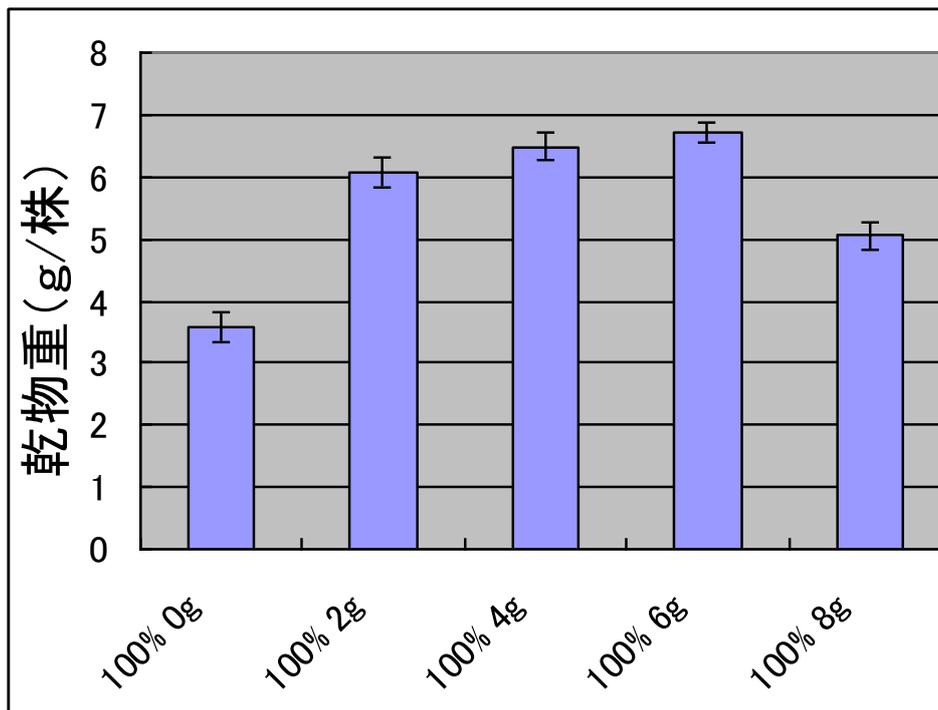
100%区については乾物重(図36~41, 図44), 葉面積(図42), 稈長(図43), 登熟歩合(図47)の値が0g区に比べ他の2g区, 4g区, 6g区, 8g区の値が高い傾向が見られ, 0g区に比べ値の増加した傾向の見られた4区の中では8g区の数値が低くなっている傾向が見られた。

玄米千粒重(図48)は0g区の値が4g区, 6g区, 8g区の値よりも高い傾向が見られた。

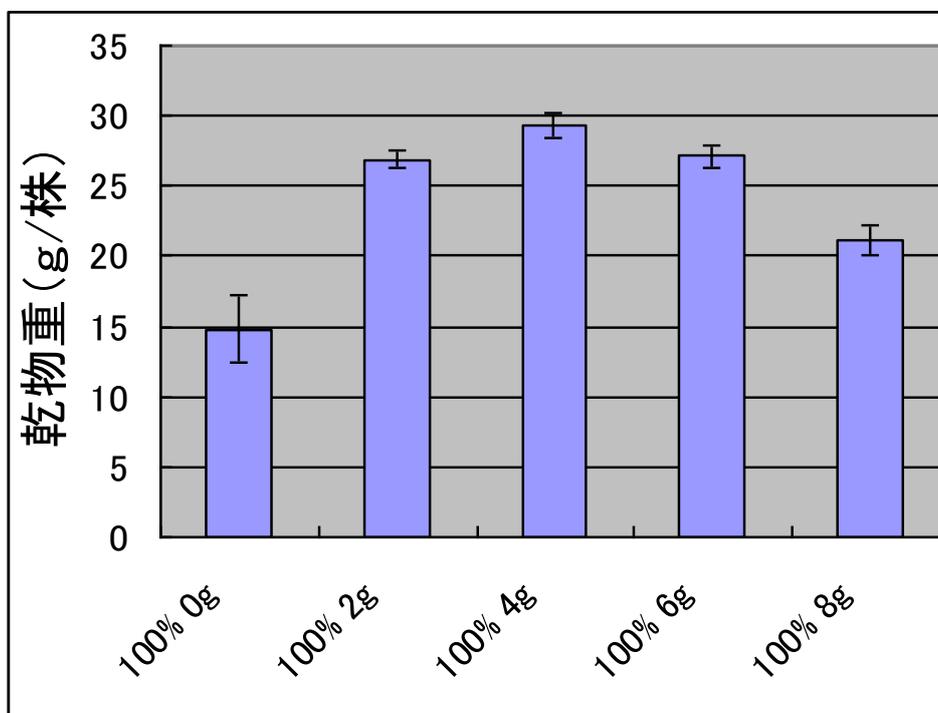
各区間での穂数(図45), 籾数(図46), 葉身長(図49), 節間長(図50)の差は確認できなかった。



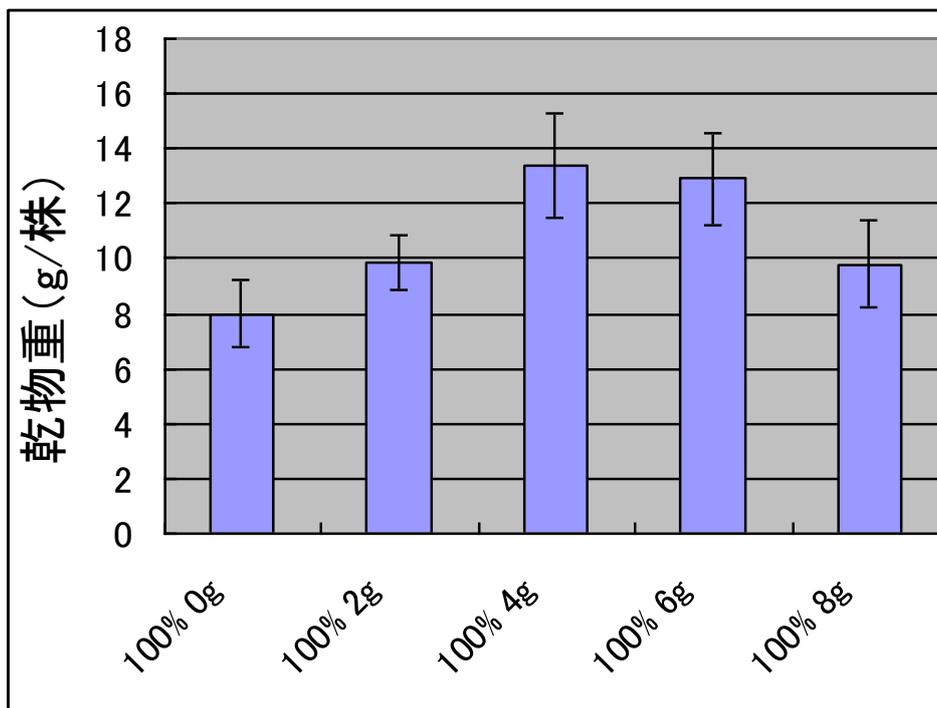
第36図 葉乾物重(有機肥料100%)



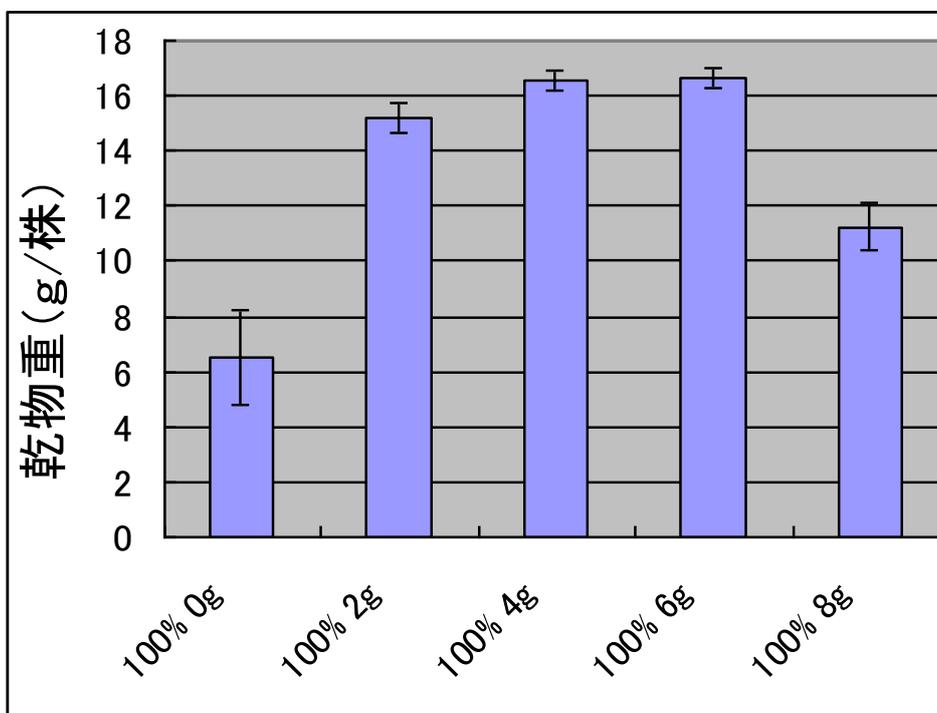
第 37 図 枯葉乾物重(有機肥料 100%)



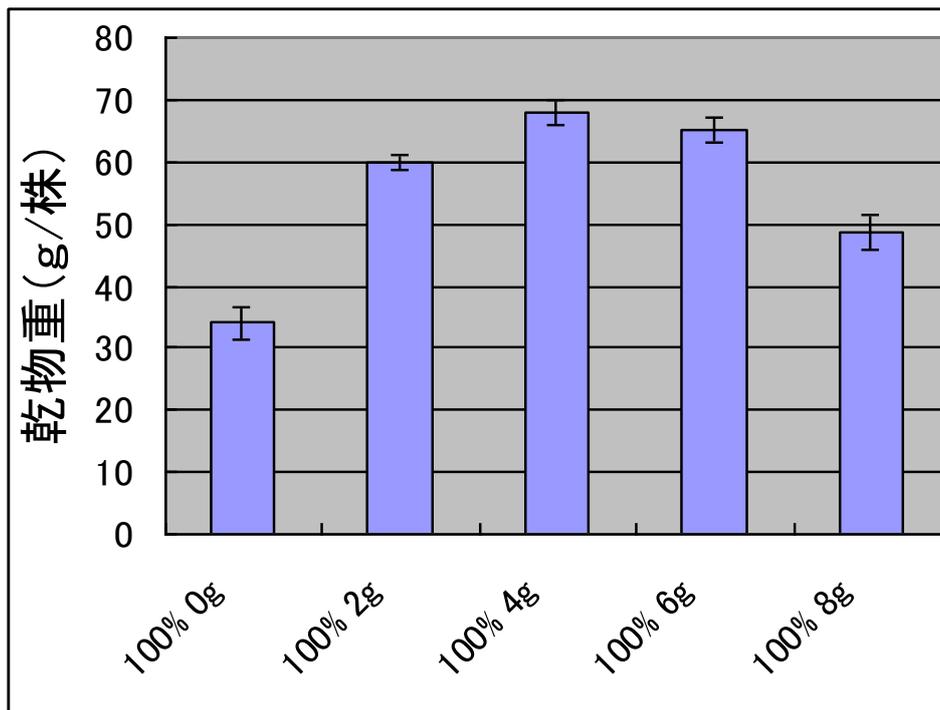
第 38 図 茎+株乾物重(有機肥料 100%)



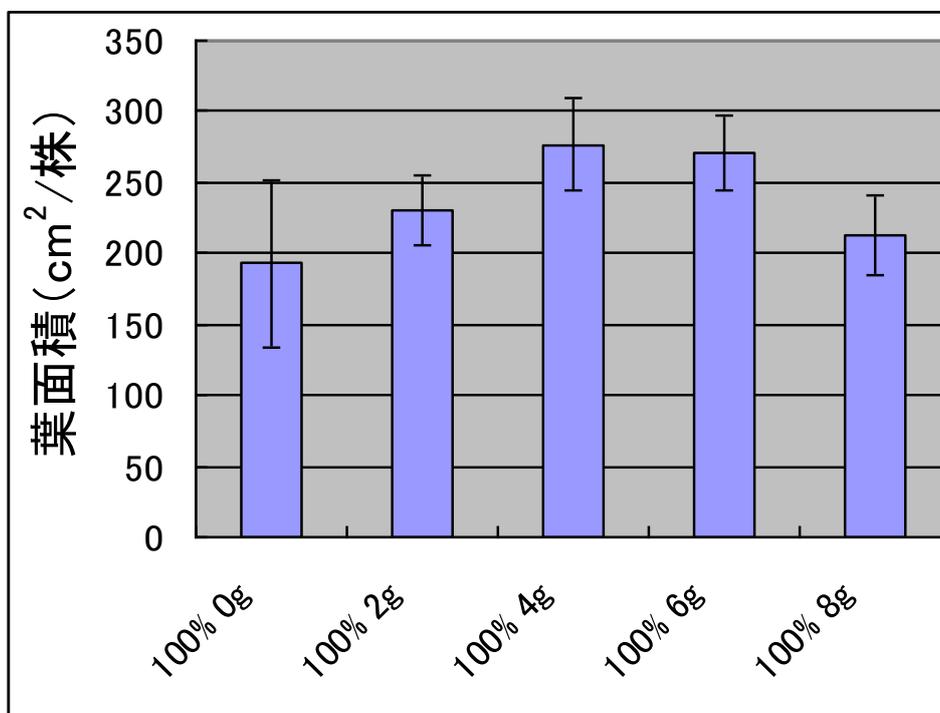
第 39 図 根乾物重(有機肥料 100%)



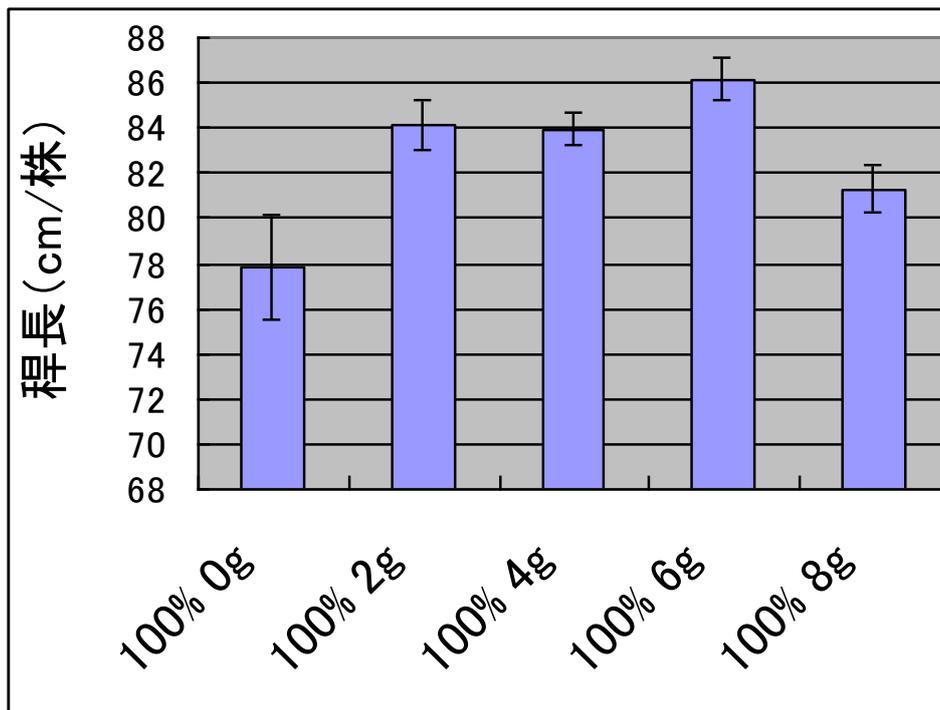
第 40 図 穂乾物重(有機肥料 100%)



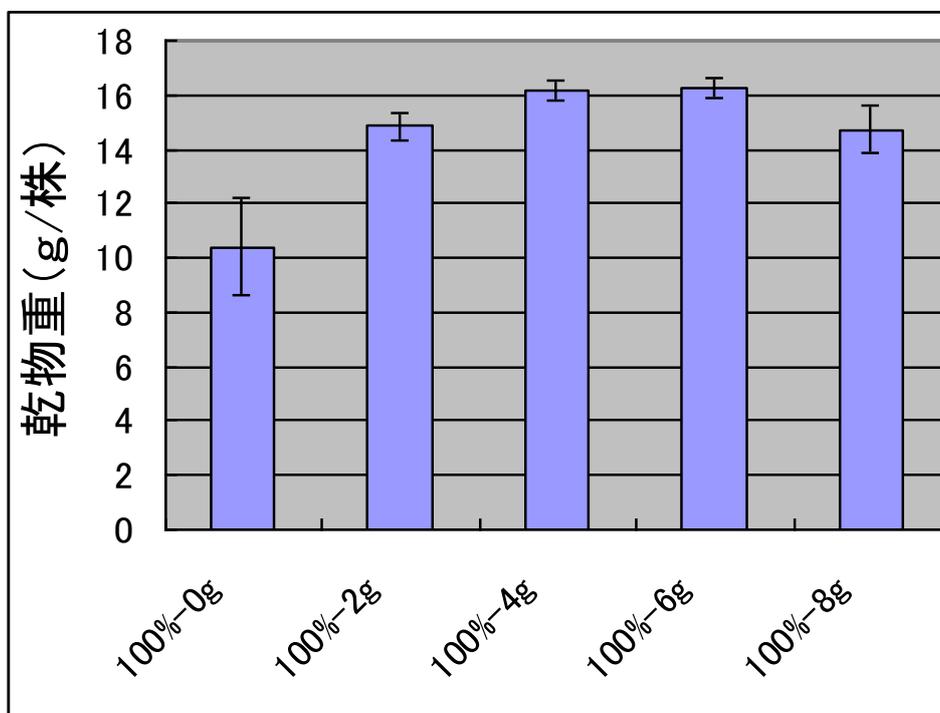
第 41 図 全乾物重(有機肥料 100%)



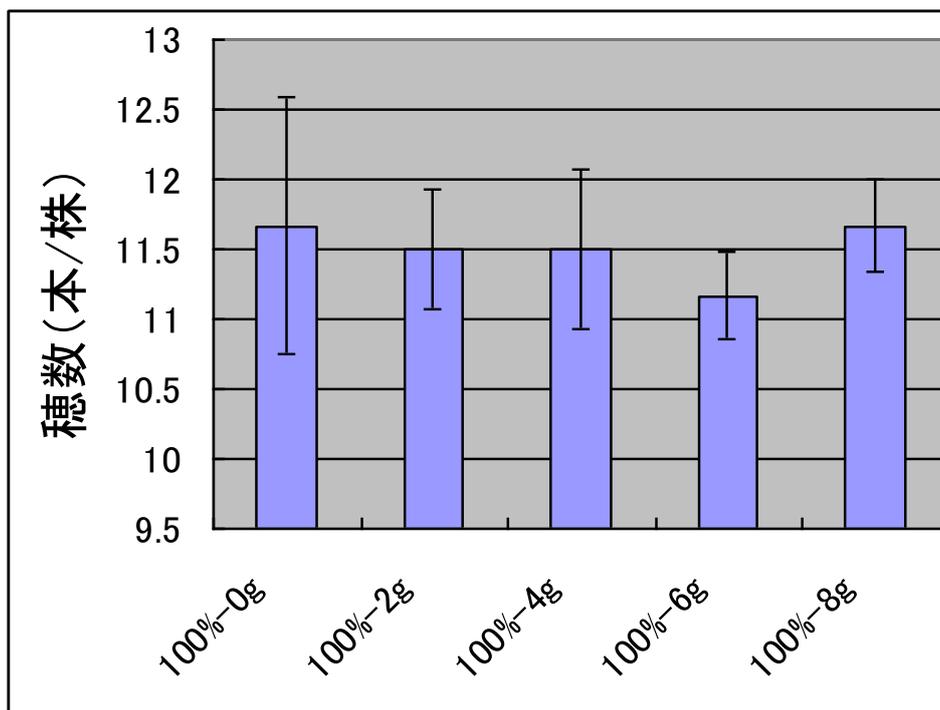
第 42 図 葉面積(有機肥料 100%)



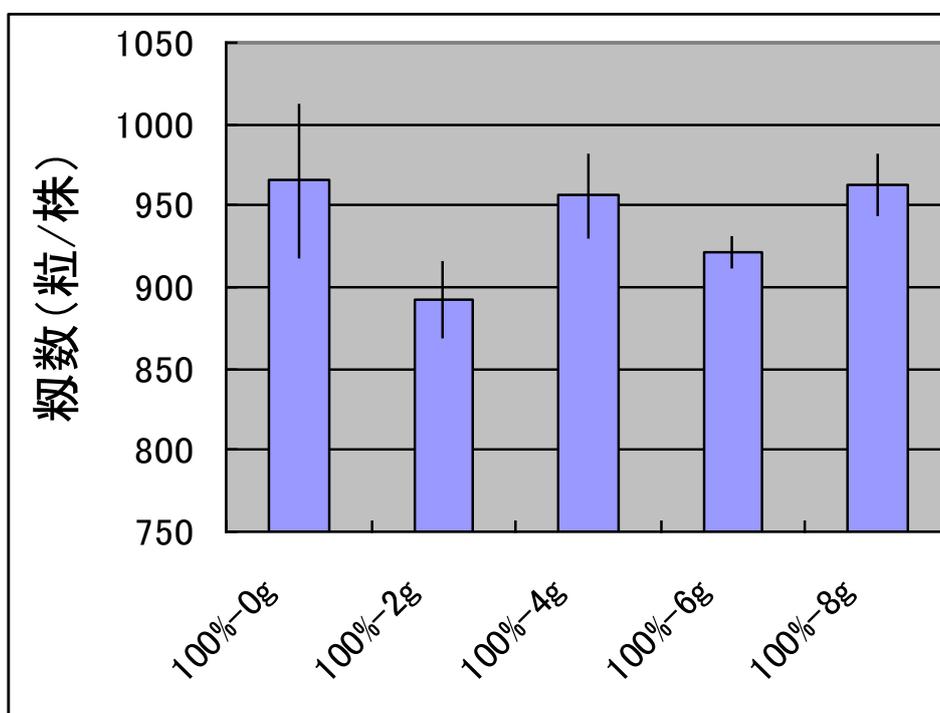
第 43 図 稈長(有機肥料 100%)



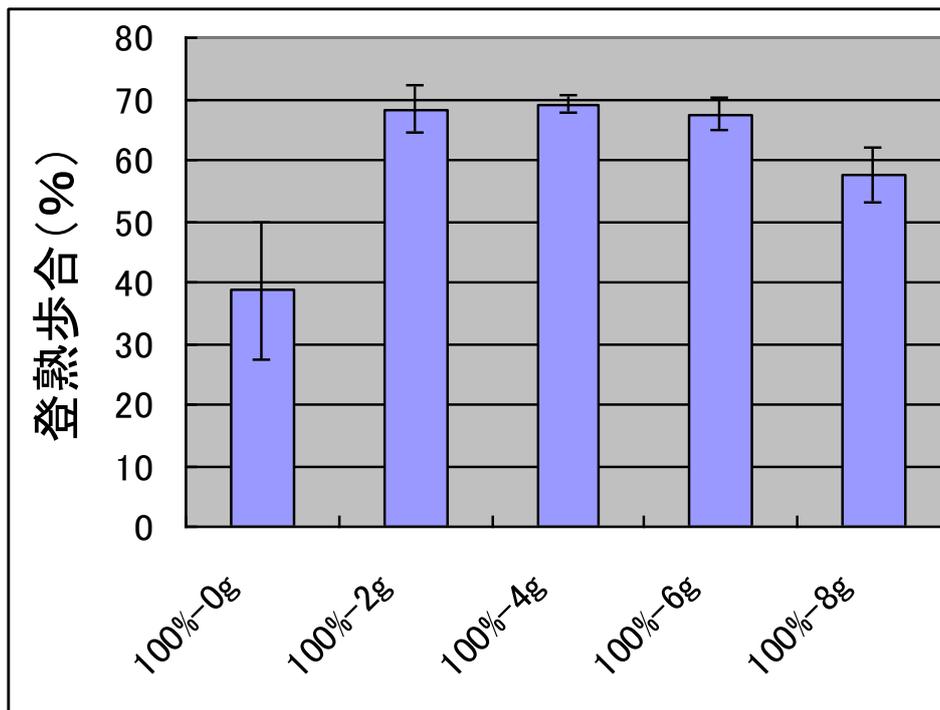
第 44 図 乾物重(籾. 有機肥料 100%)



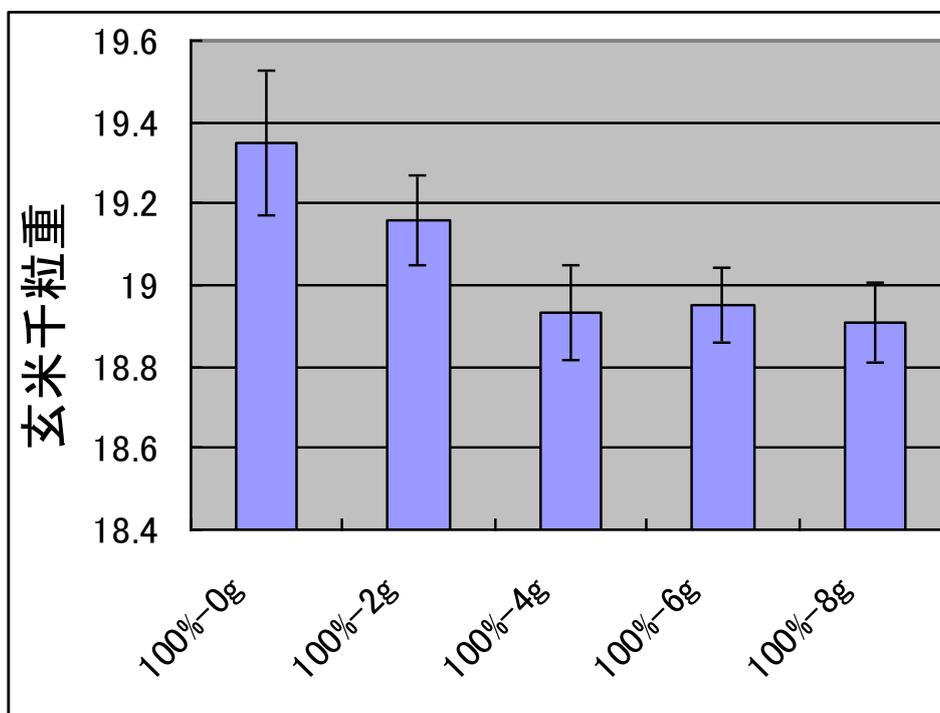
第 45 図 穗数(有機肥料 100%)



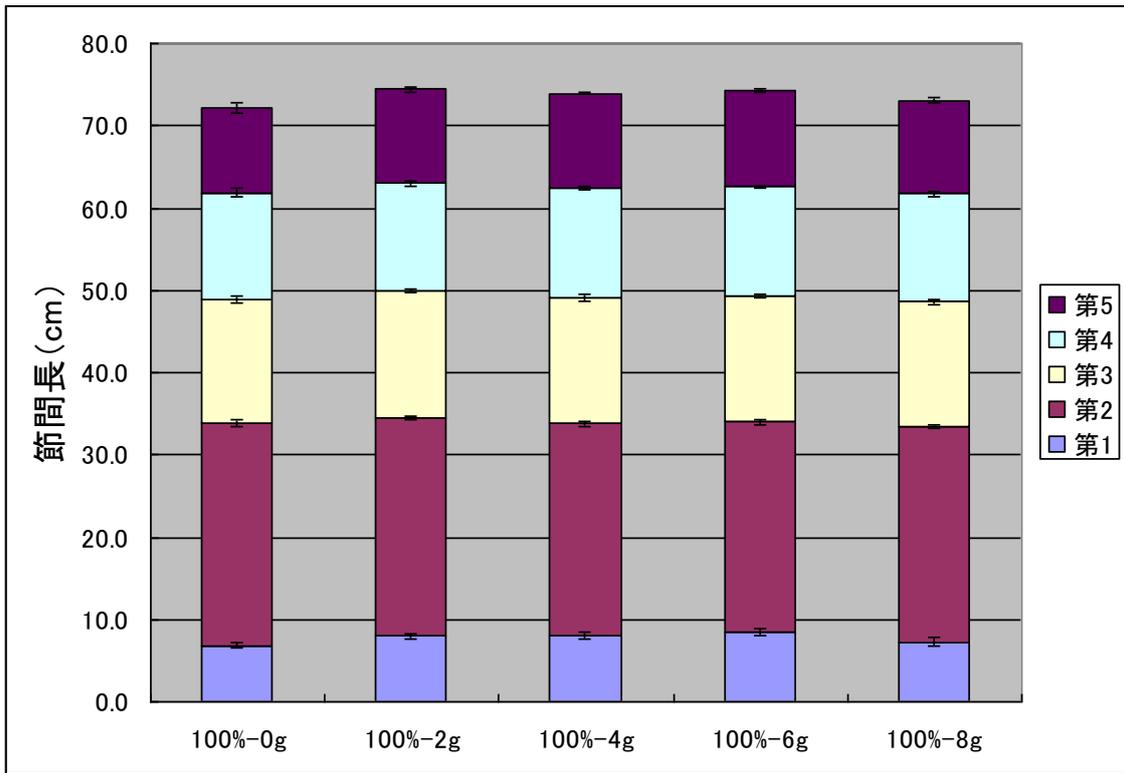
第 46 図 粒数(有機肥料 100%)



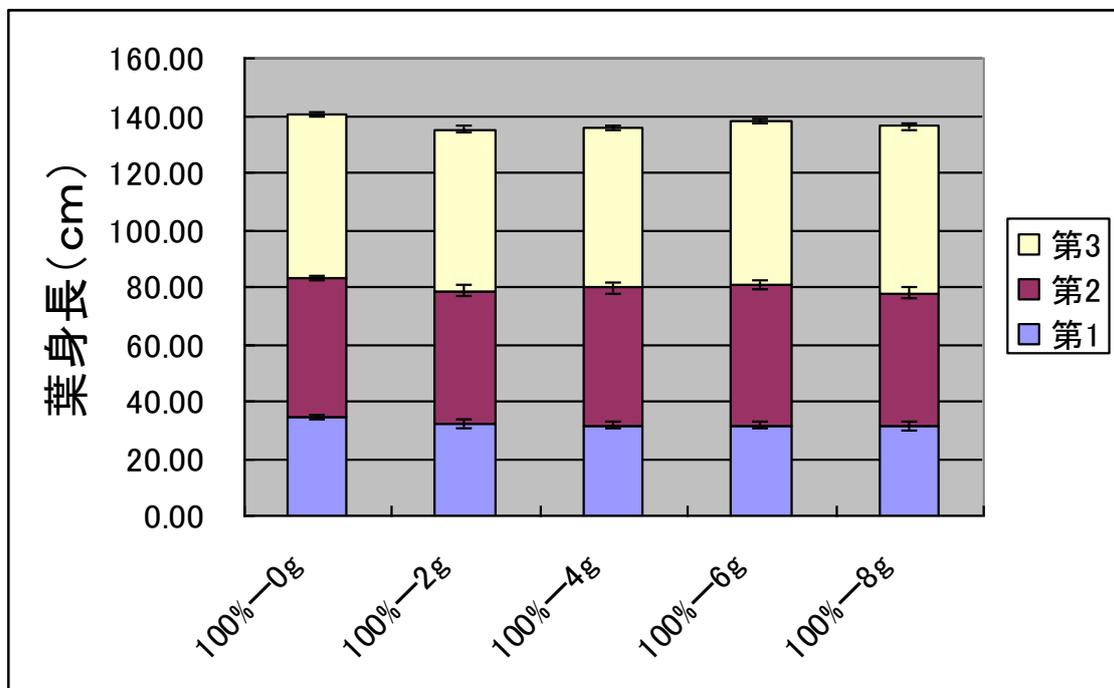
第 47 図 登熟歩合(有機肥料 100%)



第 48 図 玄米千粒重(有機肥料 100%)



第 49 図 節間長(有機肥料 100%)



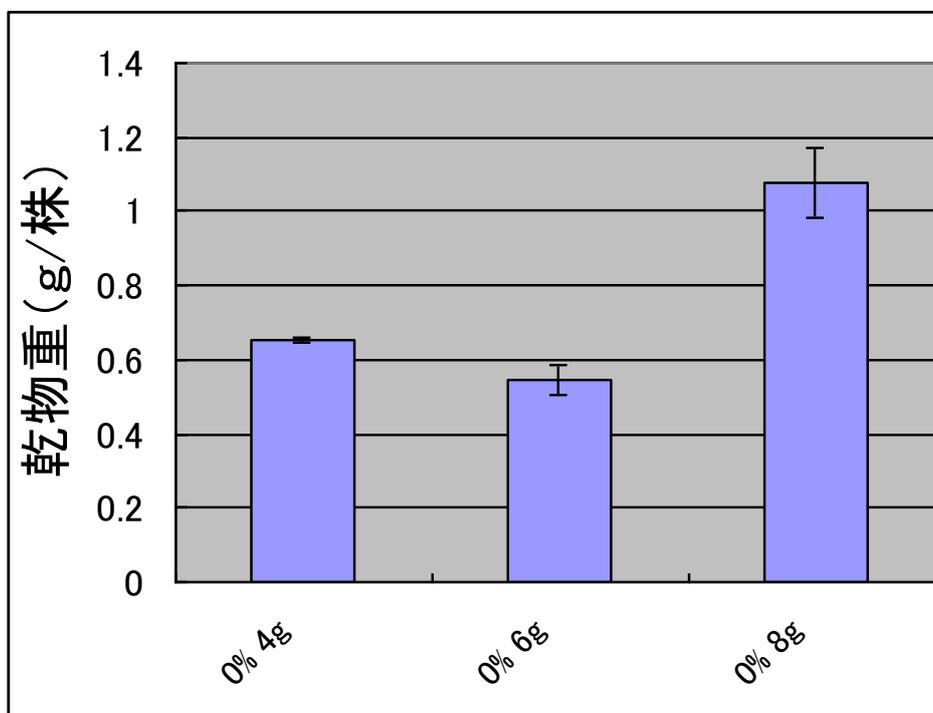
第 50 図 葉身長(有機肥料 100%)

### 3. 肥料0%区

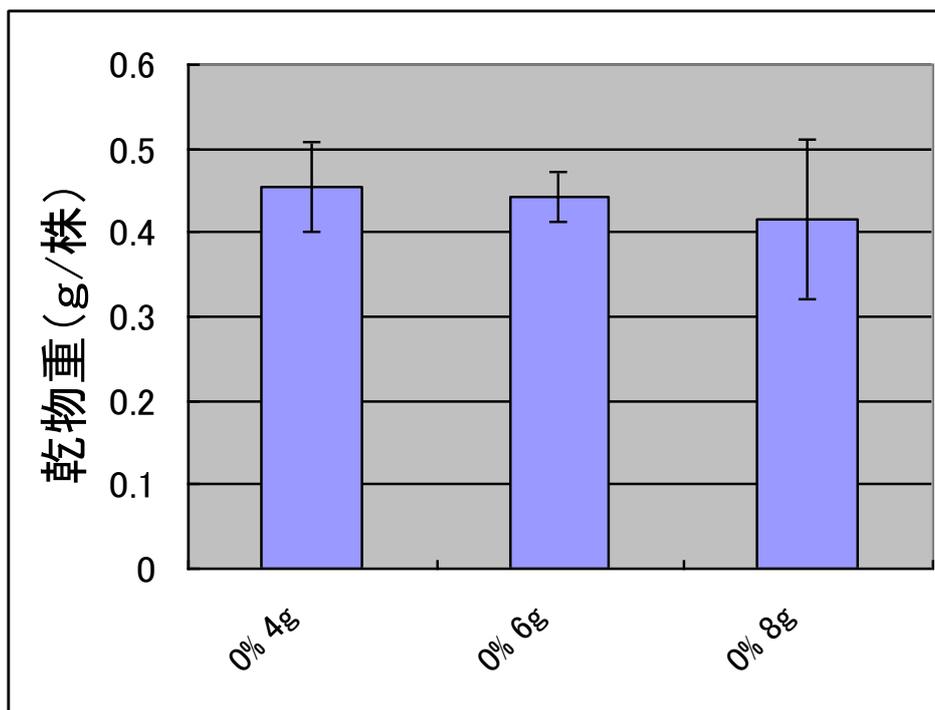
葉乾物重(図 51)を見ると, 4g区, 6g区に比べ 8g区が2倍大きな値を示した.

葉面積(図 57)を見ると, 4g区, 6g区に比べ 8g区が 60cm<sup>2</sup> 大きな値を示した.

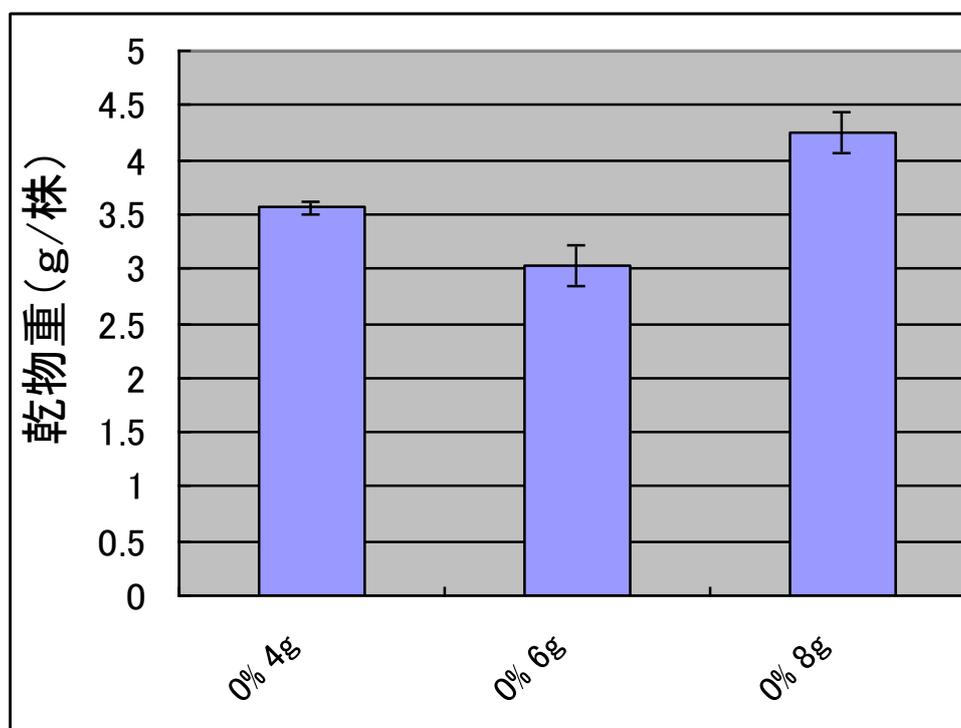
枯葉乾物重(図 52), 茎+株乾物重(図 53), 根乾物重(図 54), 穂乾物重(図 55), 全乾物重(図 56), 稈長(図 58), 籾乾物重(図 59), 穂数(図 60), 籾数(図 61), 登熟歩合(図 62), 玄米千粒重(図 63), 節間長(図 64), 葉身長(図 65)を見ると各処理区間での差は確認できなかった.



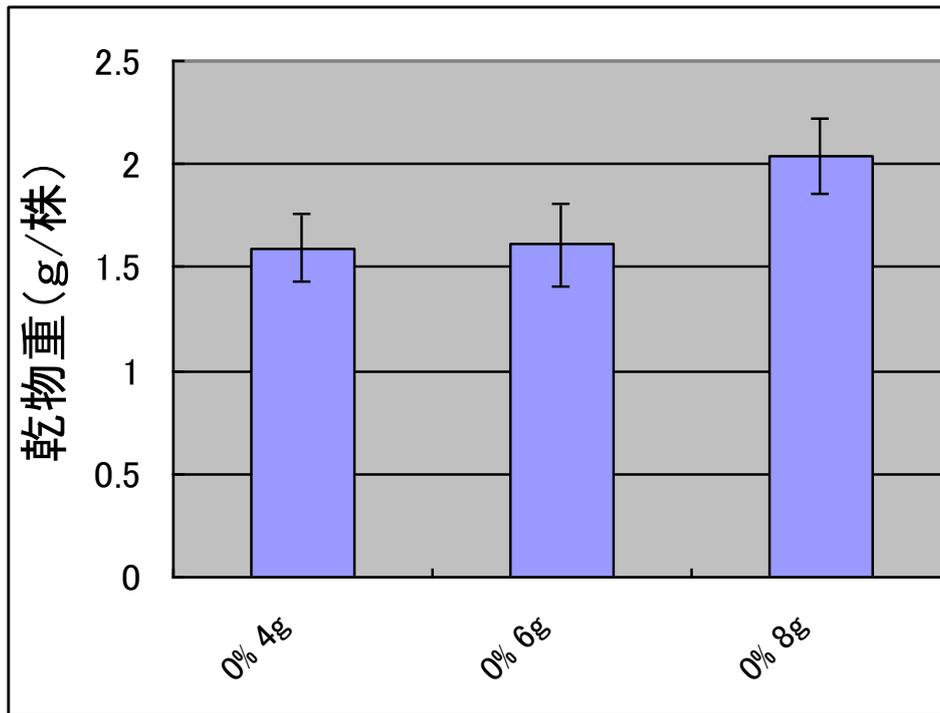
第 51 図 葉乾物重(有機肥料 0%)



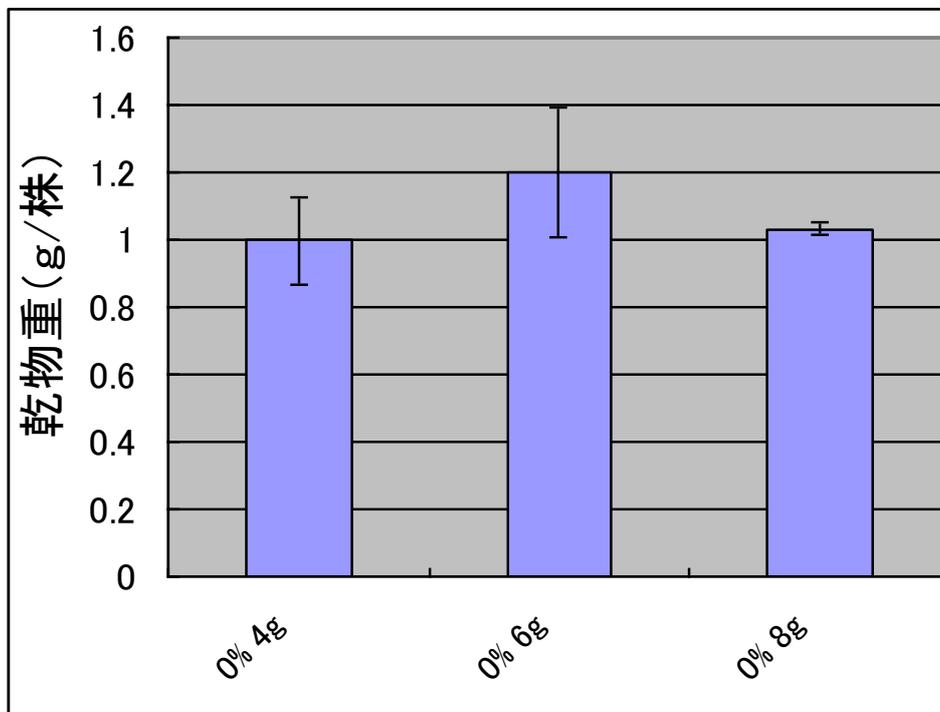
第 52 図 枯葉乾物重(有機肥料 0%)



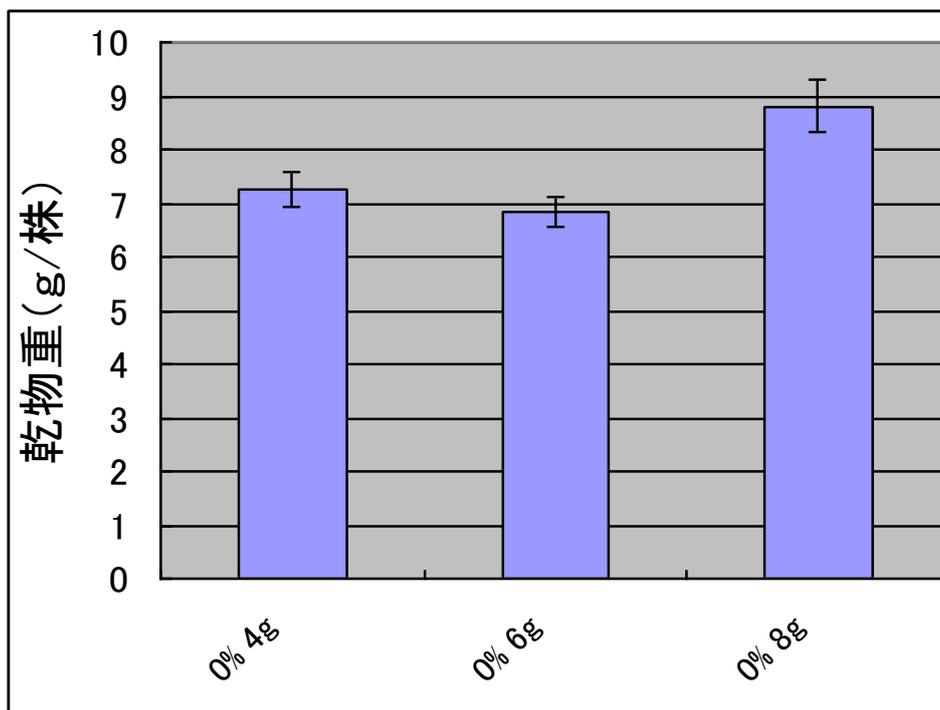
第 53 図 茎+株乾物重(有機肥料 0%)



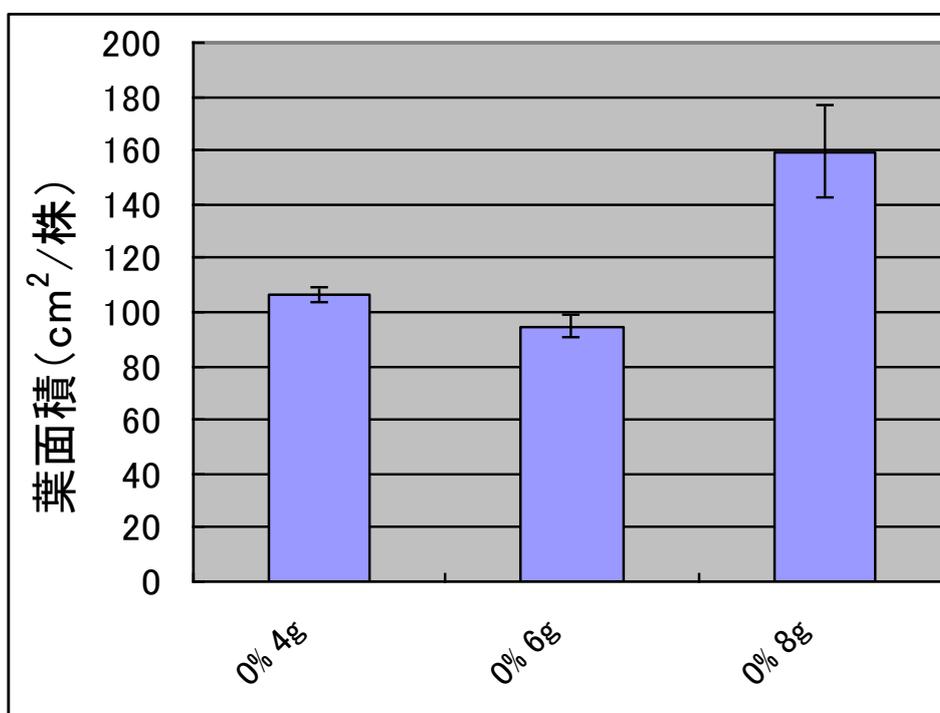
第 54 図 根乾物重(有機肥料 0%)



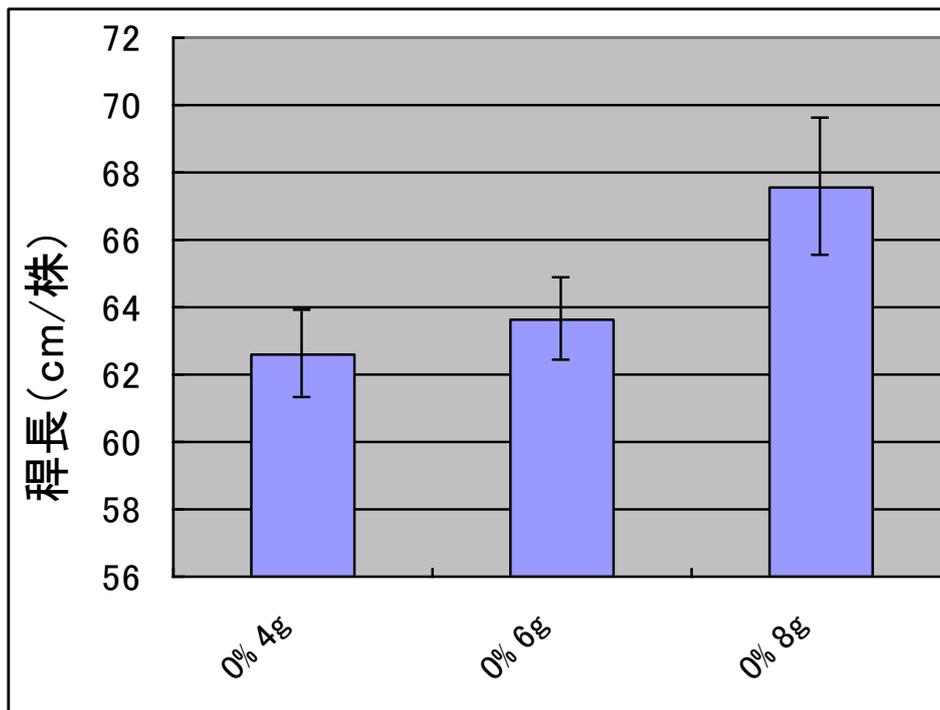
第 55 図 穂乾物重(有機肥料 0%)



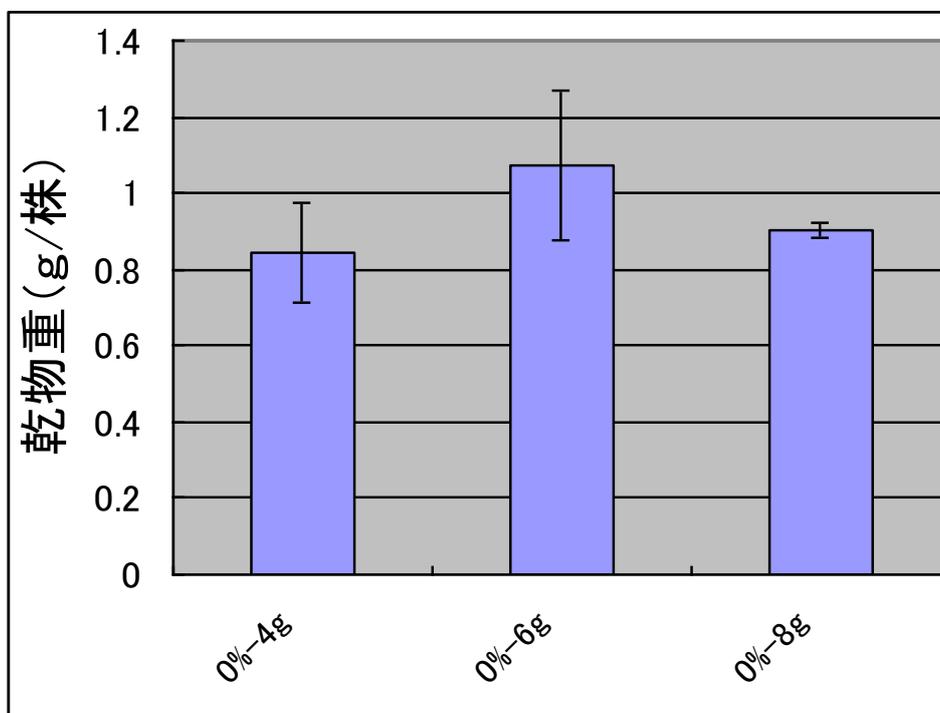
第 56 図 全乾物重(有機肥料 0%)



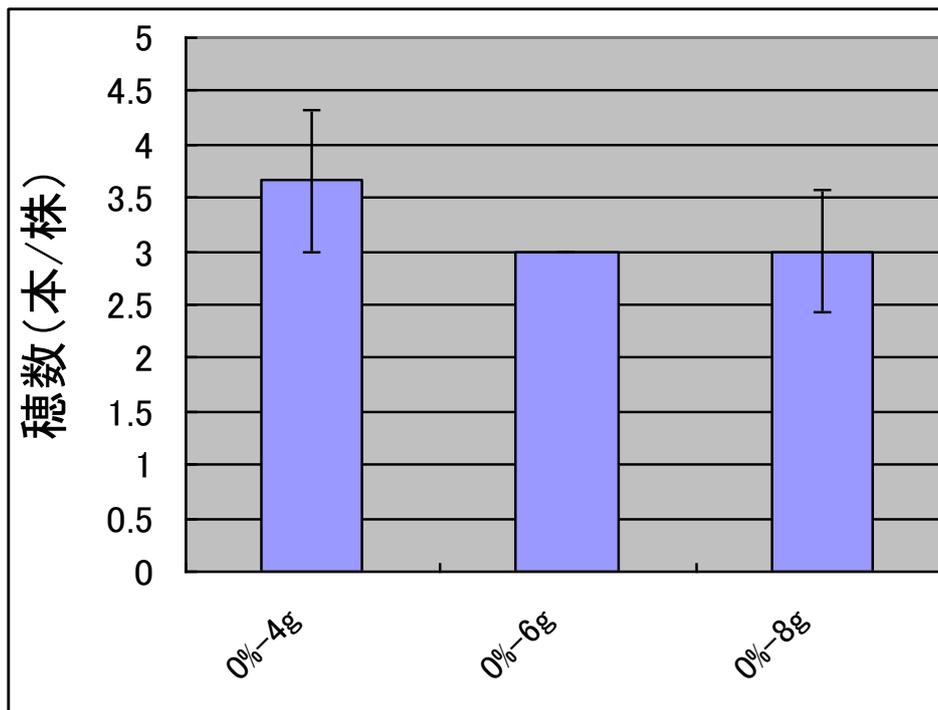
第 57 図 葉面積(有機肥料 0%)



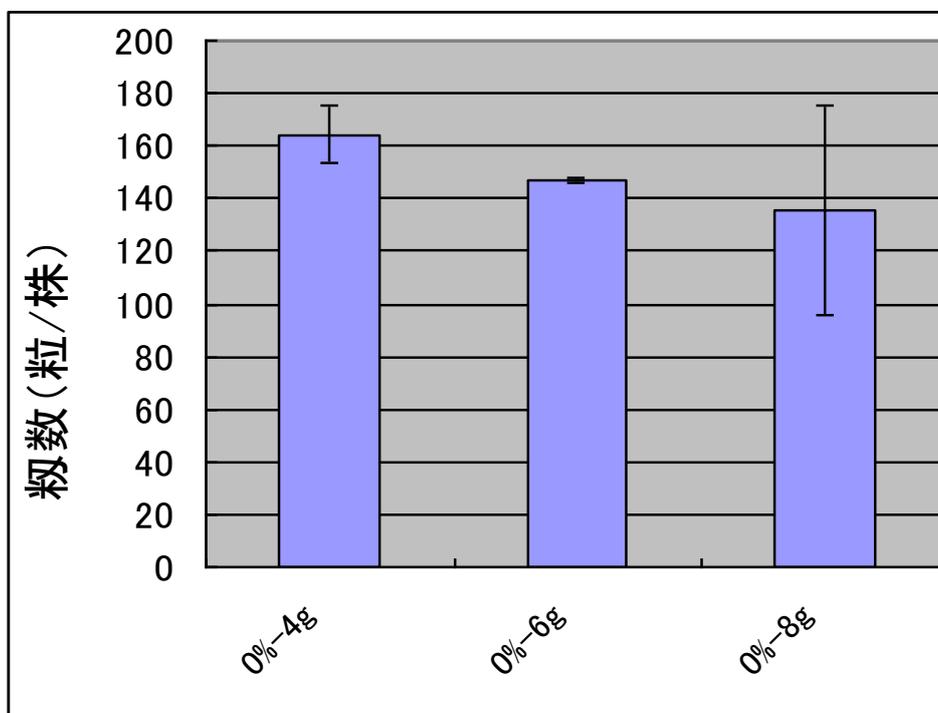
第 58 図 稈長(有機肥料 0%)



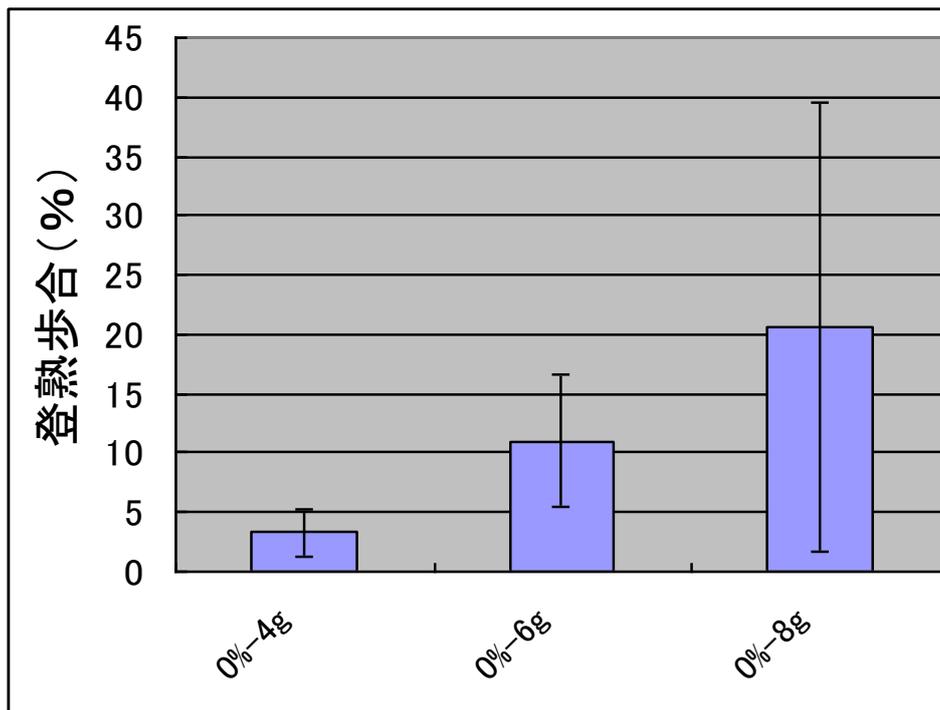
第 59 図 籾乾物重(有機肥料 0%)



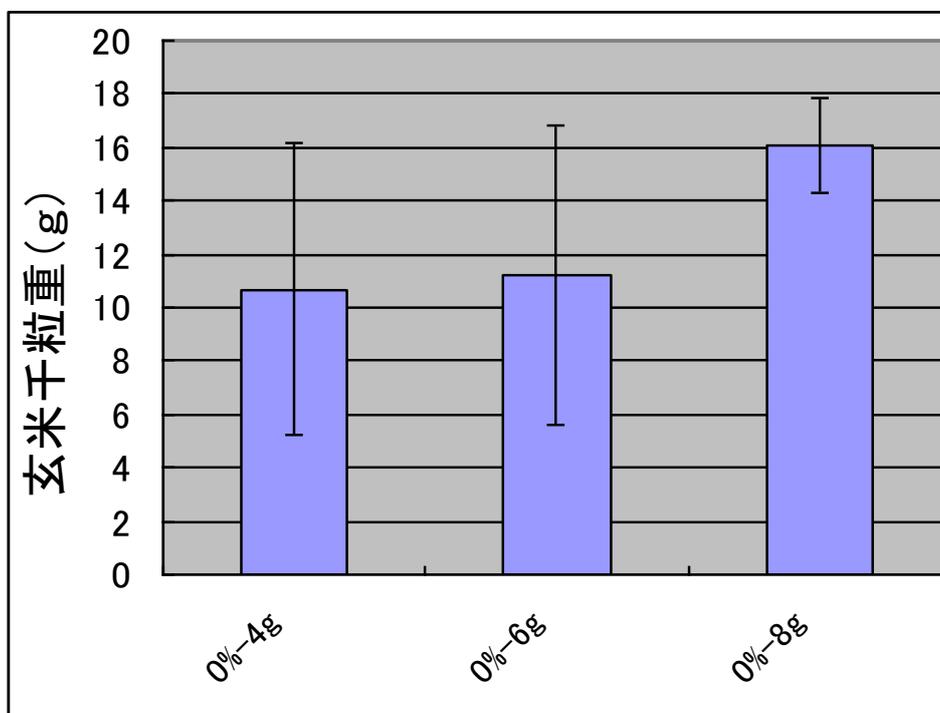
第 60 図 穂数(有機肥料 0%)



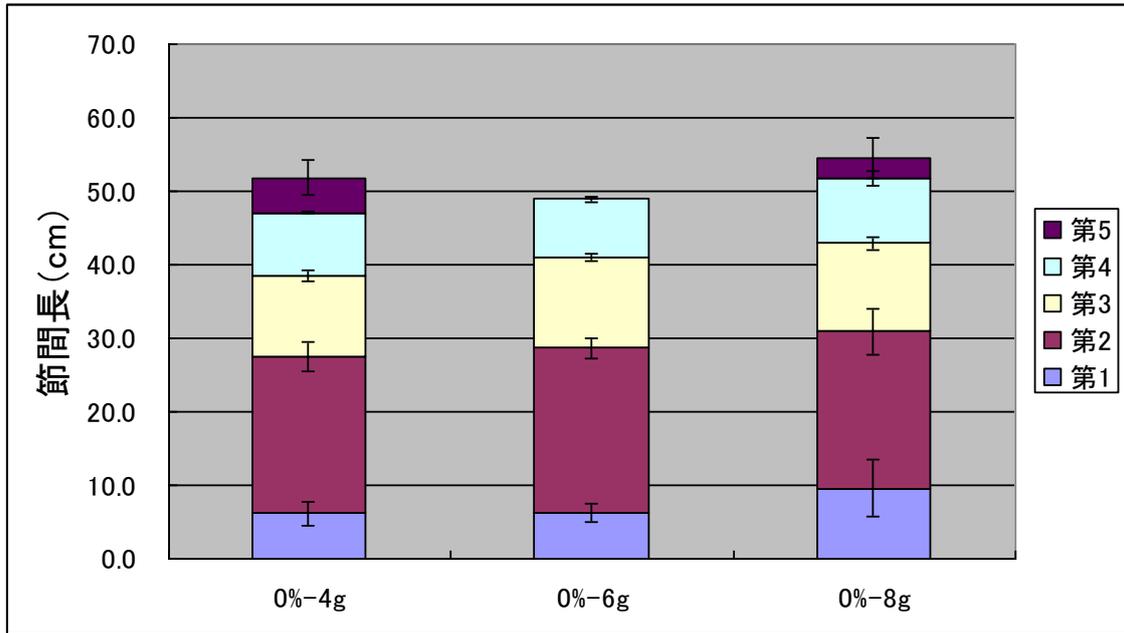
第 61 図 粒数(有機肥料 0%)



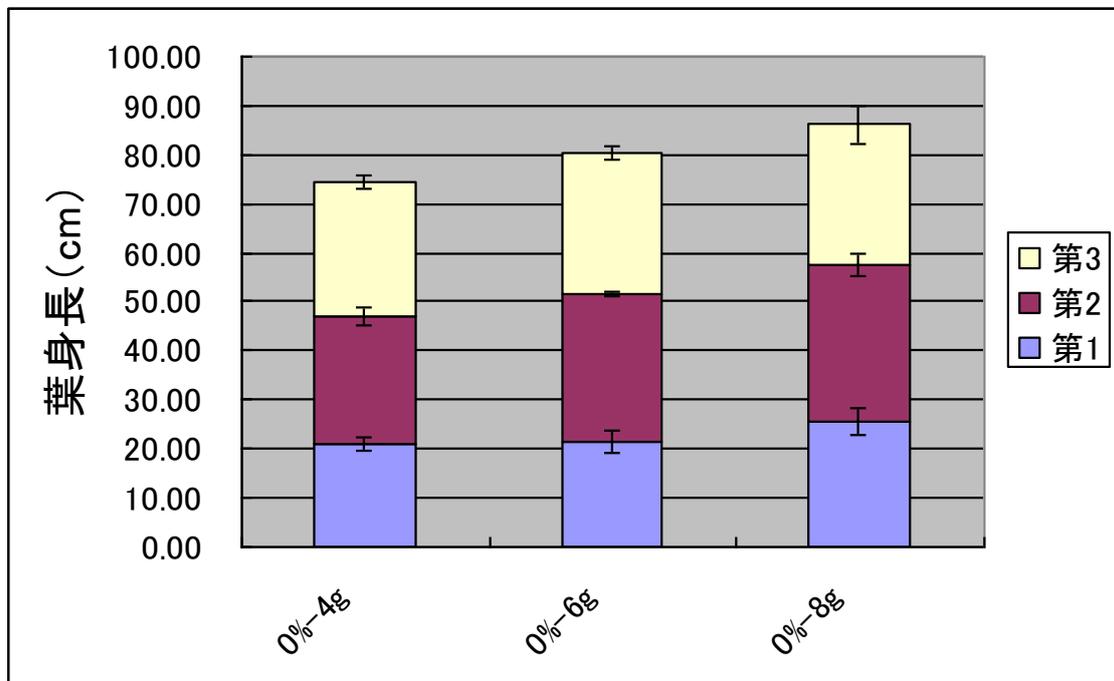
第 62 図 登熟歩合(有機肥料 0%)



第 63 図 玄米干粒重(有機肥料 0%)



第 64 図 節間長(有機肥料 0%)



第 65 図 葉身長(有機肥料 50%)

#### IV. 考察

今回 100%区では収穫期のサンプリングで 0g区に比べ他の 2g区, 4g区, 6g区, 8g区の乾物重や葉面積が増加する傾向が見られた。しかし生育調査の段階での草丈や茎数, 収穫期のサンプリングでの葉身長に各区間では違いが見られなかったことから葉鞘径が太くなり葉の幅が広がったことが推測される。また地上部の乾物重の増加についてはノーゲンの主成分であるケイ酸が関与していることが(平内, 三枝 2006)の報告からも確認できる。水稻のケイ酸栄養改善は葉面積の拡大とそれにとまなう光合成量の増加, 受光態勢の改善, 根活性の向上に効果があるとされている(後藤, 五十嵐, 稲津 2005)。100%区, 50%区ともに 0g区の登熟歩合が他の 2g区, 4g区, 6g区, 8g区に比べて低かったことから 0g区に比べ他の区の光合成量の増加, 受光態勢の改善がなされていたことが分かる。

今回ノーゲンの効果が見られた傾向のある 2g区, 4g区, 6g区, 8g区の中で 8g区の値が低い傾向が見られたがこれが(野副, 関口, 西端, 井上 2003)の報告にある鋳さい含鉄資材の短期間のうちに多量に添加されたときに起こる障害によるものなのか, または日照条件の違いによる誤差であるのかは今回判断し兼ねた。

有機肥料 50%区, 100%区, 0g区の間には調査した項目のほとんどで大きな差がみられた。特に 50%区, 100%区的全乾物重では 0g区を除き 2~3倍大きな値を 100%区が示していた。0%区, 50%区間では全乾物重は 50%区が 5 倍前後大きな値を示していた。

出穂期の葉面積を見ると 50%区, 100%区間では 2倍大きな値を 100%区が示していた。0%区, 50%区間では全乾物重は 50%区が 10 倍前後大きな値を示していた。これは N, K および P の量によって葉面積の大きさに変化が生じたことが(西川, 京川, 長谷川 1962)の報告からも確認できる。またこのことから肥料の処理区間で先のような差が出たことは, 光合成産物である植物体の乾物重が肥料の量により変化していることを示すと考えられる。

## V. 今後の課題

以上の結果と今回本研究を行って考えられた本研究の問題点および今後の課題は次の通りである。

今回追肥を行わなかったことで収量に対するデータを他の研究のデータと単純に比較することができなかったことや玄米千粒重を測定するにあたって1ポットのうちにごく微量、数粒しか登熟した籾のないポットが存在し、正確な値が出ているとは考え難いため、今後は追肥を行っていく必要があると考えられた。

また今回用いた1/5000aワグナーポットでは根がポット内で一定以上に大きくなるが出来ずにノーゲンの効果が表れているかどうか正確に把握することができないため、生育させるポットの大きさを考える必要がある。

次に、今回100%–8g区において他のノーゲンを用いた処理区よりも低い値を示す傾向があったことがノーゲンによる過剰障害によるものなのか日照条件の違いによるものなのかを確認するため一定の日照条件下で生育の出来る人工気象室を用い、またノーゲンの施用量を増やした区を作りその区についても検討していく必要がある。

今回は乾物重を中心に考察したがノーゲンがどの場所にどのように効果があるかは特定されていないため、各部位の成分の違いの検討や米の食味の違いについても検討していく必要がある。

## VI. 謝辞

本研究を行うにあたり株式会社東研より共同研究費としての資金の援助により実施した成果である。ここに記し感謝の意を表します。

本研究を行うにあたり様々な指導をいただいた中部大学応用生物学部谷山鉄郎教授、応用生物学研究科江口摩佑子氏、岡本雅樹氏に深く感謝し御礼申し上げます。また、本研究にあたり数々の協力をいただいた大竹和美さん、研究室の皆さんにも深く感謝いたします。

## VII. 引用文献

後藤英次・五十嵐俊成・稲津脩 (2005) 稲体の窒素・ケイ酸栄養条件が不稔発生に及ぼす影響 日本土壤肥料科学雑誌 76(6):881-889

平内央紀・三枝正彦 (2006) 水稲用育苗培土の可給態ケイ素量とケイ酸資材の施用効果 日本土壤肥料科学雑誌 77(1):41-46

西川欣一・京川義久・長谷川儀一 (1962) NPK レベル施用が水稲の葉身面積に及ぼす影響 兵庫農科大学研究報告 第5巻 第2号 農学編 P. 29-32

野副卓人ら (2003) 鋤さい含鉄資材の水田土壌中への添加が土壌の pH および Eh の変化に及ぼす影響 日本土壤肥料科学雑誌 74(1):81-83

農文協編 (2004) 稲作大百科 第二版 I 総説／形態／品種／土壌管理 農文協編

## VIII. 参考文献

堀江武 (2004) 作物 農山漁村文化協会 P53-138

米流通調査研究会 (1991) 米一品種の変遷と展望 創造書房

西尾道徳 (1997) 有機栽培の基本知識 農山漁村文化協会

株式会社東研 土壌改良材ノーゲン