

## 研究論文

# キチンの土壌施用がイネの生育および収量に及ぼす影響

山本晴彦\*・古賀大三・早川誠而・大方保祐・倉崎友和・遠山宏一  
(山口大学)

**要旨:** キチンの土壌への施用がイネ個体群の物質生産に及ぼす影響を明らかにするため、乾物生産特性および子実生産特性について検討した。1994年および1996年はキチン施用量 ( $50 \text{ g m}^{-2}$ ,  $100 \text{ g m}^{-2}$ ,  $200 \text{ g m}^{-2}$  および  $500 \text{ g m}^{-2}$ ) が増加するにつれて玄米重が増加する傾向が認められ、キチン  $500 \text{ g}$  区は化成肥料区とほぼ同等の玄米重が得られた。1995年はコブノメイガが大発生し葉色が濃いキチン  $500 \text{ g}$  区と化成肥料区においては葉が食害を受けたため、玄米重はすべてのキチン施用区と化成肥料区では差異が認められなかった。1996年の収量構成要素の調査結果から  $1 \text{ m}^2$  当たりの粒数が増加するにつれて玄米重が増加する傾向が認められた。登熟歩合は無施用区とすべてのキチン施用区では約90%であったが、化成肥料区は低かった。これは、化成肥料区では全生育期間を通じてLAIが高く、出穂後は多粒による穂の遮光も加わるにより受光態勢が悪化しCGRが低下したことが原因と考えられた。これに対して、キチン  $500 \text{ g}$  区ではLAIが最大約4.5で出穂後も受光態勢が良好でCGRが高く維持された結果、化成肥料区の玄米重に匹敵する収量を得ることができたと考えられた。

**キーワード:** イネ, 乾物生産, キチン, 収量, 生長解析.

高分子多糖体であるキチンは菌類、植物、動物にわたって広く分布している。菌類、植物においては、キチンは主にカビ、酵母、キノコを含むいわゆる菌類の細胞壁に多量に存在するほか、一部の下等藻類にも含まれている(滝口 1995)。動物では、キチンは原生動物から有鬚動物まで広く分布しており、とくに節足動物のクチクラ層のキチン含有率は高く、種に関係なく普遍的に存在する(古賀 1995)。さらに、チョウやカイコ等の昆虫の表皮、エビ、カニ等の甲殻類の甲羅に存在している。このキチンは、地球上の生物により生物合成され、キチナーゼ、キトサナーゼ、リゾチーム等の酵素により生物分解される生物再生産・生物分解性物質であり、バイオマス資源として注目されている(古賀 1995)。

農業分野において、従来からカニやエビ等の甲殻類の殻を乾燥、粉碎したものが肥料として用いられており、甲殻類の殻には土壌の改良効果、連作障害の防止効果、植物生長促進効果等があることが経験的に知られている。このような効果は、甲殻類の殻に含まれているキチンに由来するものと考えられる。しかし、作物の生長や収量に関する効果に対しての研究事例は少ない(福井ら 1989 a, b)。

本研究では、エビの殻から調整したキチンの土壌への施用がイネ個体群物質生産に及ぼす影響を明らかにするため、乾物生産および子実生産特性を1994年から1996年までの3ヶ年の圃場試験により検討した。

## 材料と方法

### 1. 供試材料と栽培方法

本試験は、山口大学農学部附属農場内水田圃場で行った。供試品種には、山口県の主要な栽培品種の日本晴を用

いて、1994年から1996年まで3ヶ年にわたり実施した。

10aの水田圃場を用いて、圃場内に1994年は5区、1995年および1996年は6区の試験区を設けた。ただし、反復は設けなかった。すなわち、1994年は対照区として化成肥料区( $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=9.8 \text{ g}:\text{14.1 g}:\text{12.8 g m}^{-2}$ )を設け、さらにキチンを土壌に施用した3つの試験区、すなわち  $50 \text{ g m}^{-2}$ ,  $200 \text{ g m}^{-2}$  および  $500 \text{ g m}^{-2}$  を施用した区(以下、 $50 \text{ g}$  区、 $200 \text{ g}$  区、 $500 \text{ g}$  区と称す)を設けた。また、化成肥料およびキチンを施用しない無施用区を設け、合計5つの試験区を設定した。1995年と1996年は以上の試験区にキチンを  $100 \text{ g m}^{-2}$  施用した区(以下、 $100 \text{ g}$  区と称す)を加えて6つの試験区を設定した。

本試験で施用したキチン(坂角総本舗製)はエビの殻を乾燥、粉碎し調整したもので、 $\text{N}:\text{P}:\text{K}$  の成分は以下に示すとおりである。

$\text{N}:\text{P}:\text{K}=2.08 \text{ \%}:\text{2.37 \%}:\text{0.00856 \%}$  (重量%)

本実験で使用したキチンにはNPK成分以外に、Caが重量比で23.8%含まれている。

なお、キチン施用区ではキチンの全施用量を代かき前に土壌表面に散布し、ロータリー耕により作土層に攪拌させた。化成肥料区は、基肥以外に追肥を最高分げつ期前と幼穂形成期の2つの時期に行った。

移植日は、1994年は6月3日、1995年および1996年は6月13日で、条間30 cm、株間16 cmで機械移植した。栽培管理は慣行法により行ったが、1995年は7月下旬からコブノメイガが大発生し、キチン  $500 \text{ g}$  区と化成肥料区では幼虫による葉身への食害により玄米重は著しく低下した(山本ら 1996 a, b)。

## 2. 生育調査

生育調査は、分けつ期から約2～3週間おきに行った。各試験区を5ブロックに分割し、各ブロックから6株ずつ稲体を採取し、根部を切除した後、部位別に解体した。葉面積は自動葉面積計（林電工製、AAM-5）で測定した。その後、各部位の乾燥重量を通風乾燥器（Yamato製、DK810）で90℃、48時間通風乾燥して求めた。

## 3. 受光態勢の調査

受光態勢の調査は、幼穂形成期（移植後56日、1996年8月8日）および登熟中期（移植後92日、1996年9月12日）の2つの生育ステージで行った。まず、各試験区に設けた5ブロックから平均的な生育を示す場所を選び、夕方の散乱光が卓越した条件下で、サンフレックスセプトメーター（Decagon製）を用いて光量子束密度を植被面上で測定した後、ただちに個体群内の田面5cmの高さで測定し、両者の測定値から相対光量子束密度を求めた。さらに、葉面積指数と相対光量子束密度から、受光態勢を表す吸光係数(K)を算出した。

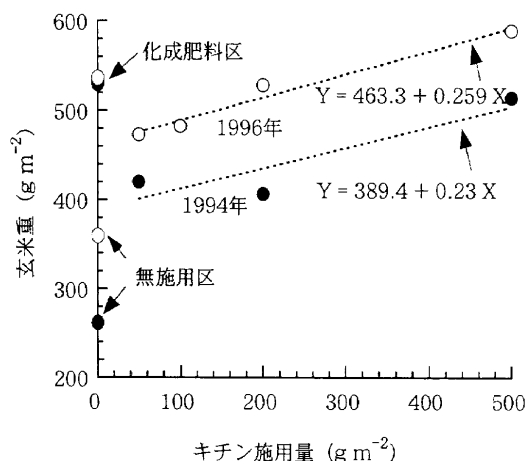
## 4. 収量調査

収穫日は1994年は10月3日、1995年は10月4日、1996年は10月6日であった。各試験区に設けた5ブロックから20株ずつ稲体を採取し、ビニールハウス内で7日間ほぎ掛けし自然乾燥した後、脱穀した。塩水選（比重1.06）により、精粳と不稔粒に分け、登熟歩合（精粳数÷総粒数×100）を算出した。1996年は1m<sup>2</sup>当たりの穂数、1穂粒数、千粒重についても調査を行った。

## 結 果

### 1. 収穫期における地上部乾物重および玄米重の比較

1994年、1995年および1996年における収穫期の各試験区における地上部乾物重および玄米重を第1表に示した。地上部乾物重は、1994年は、無施用区が905.8 g m<sup>-2</sup>で



第1図 1994年と1996年におけるキチン施用量と玄米重との関係。

最も低く、化成肥料区は1552.7 g m<sup>-2</sup>で最も高かった。キチン施用区では無施用区と比べていずれも高く、キチン施用量が増加するにつれて地上部乾物重が増加する傾向を示した。キチン施用区内では差が認められ、キチン500 g区で1474.4 g m<sup>-2</sup>と最も高いが、化成肥料区と比較して差異が認められなかった。1995年は、無施用区を除く試験区で1994年を下回ったが、キチン施用区では無施用区と比べていずれも高かった。しかし、化成肥料区では無施用区と比べて差異が認められなかった。1996年は、1994年とほぼ同様な傾向が認められたが、すべての試験区で1994年の地上部乾物重を下回る傾向を示した。

玄米重は、1994年は無施用区で259 g m<sup>-2</sup>で最も低く、キチン施用区では無施用区と比べていずれも高かった。その中でも、キチン500 g区は514.3 g m<sup>-2</sup>と化成肥料区に匹敵する収量が認められた。1995年は、キチン200 g区以外は玄米重が500 g m<sup>-2</sup>以下であったが、キチン施用区では無施用区と比べていずれも高かった。しかし、化成肥料区では無施用区と比較して差異が認められなかった。1996年は、1994年とほぼ同様な傾向が認められたが、1994年よりすべての試験区で増収する傾向を示した。

コブノメイガによる葉の食害が大きかった1995年を除いて、1994年と1996年を対象にキチン施用量と玄米重との関係を第1図に示した。キチン施用量が増加するにつれて玄米重が1次関数的に増加する傾向が認められており、1994年は式(1)で、1996年は式(2)で示された。

$$1994年: Y = 389.4 + 0.230 X (r = 0.901) \dots\dots\dots (1)$$

$$1996年: Y = 463.3 + 0.259 X (r = 0.986) \dots\dots\dots (2)$$

ここで、Yは玄米重 (g m<sup>-2</sup>)、Xはキチン施用量 (g m<sup>-2</sup>)

第1表 各試験区における地上部乾物重、玄米重。

年次および試験区	地上部乾物重 (g m <sup>-2</sup> )	玄米重 (g m <sup>-2</sup> )
1994年		
無施用区	905.8±56.0	259.0±25.9
キチン50 g区	1257.8±90.4	420.1±44.5
キチン200 g区	1332.8±120.4	406.7±49.2
キチン500 g区	1474.4±102.7	514.3±37.7
化成肥料区	1552.7±92.2	528.1±27.6
1995年		
無施用区	997.7±39.2	428.5±31.4
キチン50 g区	1150.1±36.7	494.1±23.7
キチン100 g区	1159.0±163.1	499.3±76.3
キチン200 g区	1191.9±130.9	522.0±77.3
キチン500 g区	1122.2±68.3	488.8±42.4
化成肥料区	1085.6±115.9	445.8±70.0
1996年		
無施用区	903.7±61.6	363.8±21.2
キチン50 g区	1159.2±73.2	473.2±29.7
キチン100 g区	1226.8±190.5	482.7±94.0
キチン200 g区	1307.6±79.8	528.3±48.1
キチン500 g区	1388.7±50.5	589.0±22.0
化成肥料区	1385.3±97.5	536.7±91.8

表中の数字は平均値±標準偏差。ただし、標準偏差は同一区内の5標本での値から計算した。

である。

1994年と1996年における直線の傾きは0.23, 0.26とほぼ等しく, Y軸切片は年次間で約75 g m<sup>-2</sup>異なっている。この差異は無施用区においても認められているが, 化成肥料区では差異は認められなかった。

## 2. 1996年における各試験区の収量構成要素

本試験では, 1996年のみ収量構成要素の調査を行った。1996年における各試験区の収量構成要素の調査結果を第2表に示した。1株穂数は, 無施用区が14.7本で最も少な

く, キチン施用区では無施用区と比べて高い傾向にあり, 化成肥料区では19.3本で最も多かった。1穂粒数は無施用区が61.6粒と最も少なく, すべてのキチン施用区および化成肥料区は無施用区と比較して多かった。このため, m<sup>2</sup>当たりの粒数は, 無施用区で18800粒であるのに対して, キチン施用区では粒数が多く, とくにキチン500g区で29700粒, 化成肥料区で31800粒と多かった。m<sup>2</sup>当たりの粒数が増加するとともに玄米重が増加する傾向が認められているが, 化成肥料区では多粒ではあるが玄米重はキチン500g区より軽かった。また, 登熟歩合は無施用区とすべてのキチン施用区で87.9~90.9%で差異が認められなかったが, 化成肥料区では低かった。千粒重は, 無施用区とすべてのキチン施用区で差異が認められなかったが, 化成肥料区では22.4gと重かった。

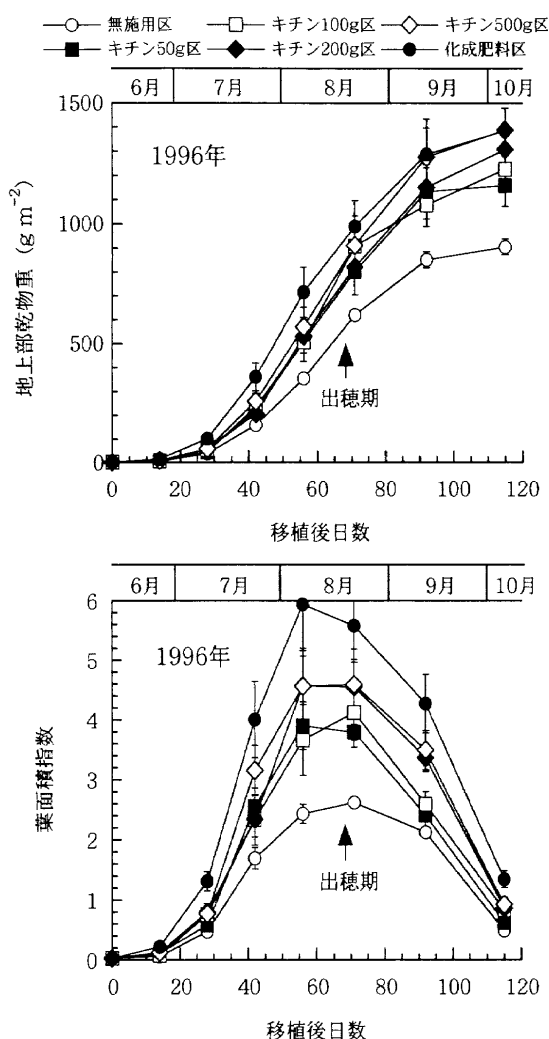
## 3. 1996年における各試験区の生長解析

1996年における移植期から収穫期までの各試験区の地上部乾物重と葉面積指数の推移を第2図に示した。地上部乾物重は, 全生育期間で化成肥料区が高く推移しているが, 登熟中期以降はキチン500g区が化成肥料区とほぼ同値で推移した。無施用区は, 他の試験区と比較して全調査日で低値であった。キチン50g区, キチン100g区, キチン200g区は, キチン500g区をやや下回る傾向で推移した。

葉面積指数は, 化成肥料区が他の試験区と比較してかなり高く推移しており, 出穂前に最大値約6を示した。キチン施用量が多い区では葉面積指数も高い傾向にあり, 出穂直前の移植後56日では3.6~4.5の範囲にあった。無施用区の最大値は約2.5で, 他の試験区と比較してかなり低値で推移した。

第2図の地上部乾物重と葉面積指数の調査データを基礎にして生長解析を行った結果を第3図に示した。個体群生長速度(CGR)は, 無施用区を除くすべての試験区で移植後56日では18~25 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>と高かったが, 出穂期に入るとキチン100g区以外は減少傾向に転じた。とくに, この傾向は化成肥料区では顕著であった。キチン100g区では, 出穂直後の移植後68日でCGRが約27 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>と最高値を示したが, 登熟中期に入り激減した。

そこで, CGRの構成要素の一つである純同化率(NAR)の推移をみると, 化成肥料区は全生育期間を通じ

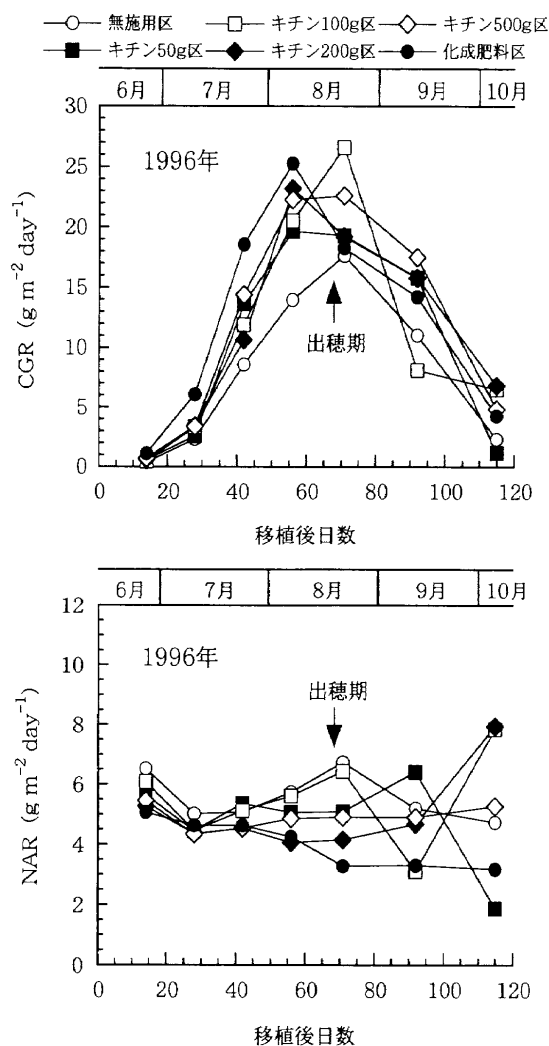


第2図 1996年における各試験区の地上部乾物重と葉面積指数の推移。

第2表 1996年における各試験区の収量構成要素。

試験区	1株穂数	1穂粒数	粒数 ( $\times 10^4 \text{ m}^{-2}$ )	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	玄米重 (g m <sup>-2</sup> )
無施用区	14.7 $\pm$ 1.1	61.6 $\pm$ 5.9	1.88 $\pm$ 0.01	89.6 $\pm$ 1.0	21.7	363.8 $\pm$ 21.2
キチン50g区	16.3 $\pm$ 1.3	70.6 $\pm$ 4.6	2.56 $\pm$ 0.01	91.6 $\pm$ 2.4	21.7	473.2 $\pm$ 29.7
キチン100g区	17.3 $\pm$ 2.3	70.1 $\pm$ 5.5	2.51 $\pm$ 0.03	88.9 $\pm$ 1.2	21.5	482.7 $\pm$ 34.0
キチン200g区	17.1 $\pm$ 1.6	75.4 $\pm$ 3.2	2.68 $\pm$ 0.01	90.9 $\pm$ 0.8	21.7	528.3 $\pm$ 48.1
キチン500g区	18.3 $\pm$ 0.7	78.3 $\pm$ 0.6	2.97 $\pm$ 0.01	90.7 $\pm$ 1.8	21.8	588.8 $\pm$ 22.0
化成肥料区	19.3 $\pm$ 2.4	79.0 $\pm$ 4.9	3.18 $\pm$ 0.02	76.4 $\pm$ 15.2	22.4	536.7 $\pm$ 61.8

表中の数字は平均値 $\pm$ 標準偏差。ただし, 標準偏差は同一区内の5標本での値から計算した。

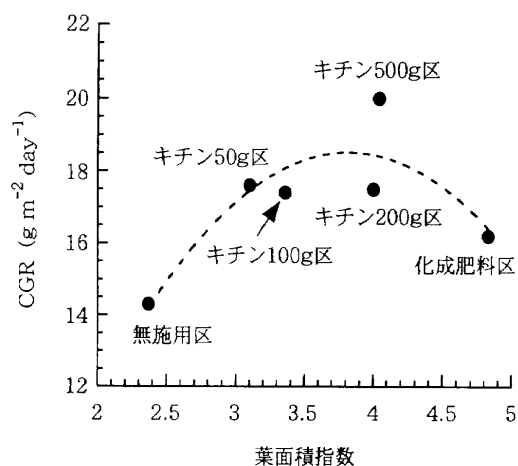


第3図 1996年における各試験区のCGR（個体群生長速度）とNAR（純同化率）の推移。

で低く、とくに移植期から出穂期までは約  $3 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$  で推移した。これに対してキチン 50 g 区以外のキチン施用区および無施用区ではNARの低下が小さく維持された。

CGR のもう一つの構成要素である葉面積指数についてCGR との関係を示したものが第4図である。ここに示した葉面積指数とCGR は、登熟初期から中期の測定値の平均値(移植後 71~92 日)である。図中に示したように両者の関係は2次曲線で近似することができ、葉面積指数が約4までは葉面積指数が増加するにつれてCGR も増加する傾向を示しており、キチン 50 g 区~500 g 区では葉面積指数が3~4で化成肥料区よりも低かったがCGR は  $17.5 \sim 20 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$  で高く維持された。しかし、葉面積指数が高い化成肥料区ではCGR が約  $16 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$  と低いことがわかる。

次に、各試験区の受光態勢を比較するため、幼穂形成期(移植後 56 日)および登熟中期(移植後 92 日)における吸光係数を第3表に示した。幼穂形成期には各試験区間で吸光係数は  $0.42 \sim 0.48$  で大きな差異は認められないが、登熟中期には化成肥料区の吸光係数が  $0.64$  で他の試験区



第4図 1996年における登熟初期から中期の葉面積指数とCGR（個体群生長速度）との関係。

第3表 1996年における各試験区の幼穂形成期と登熟中期の吸光係数。

試験区	幼穂形成期 (移植後56日)	登熟中期 (移植後92日)
無施用区	$0.42 \pm 0.02$	$0.53 \pm 0.04$
キチン50 g 区	$0.46 \pm 0.03$	$0.56 \pm 0.02$
キチン100 g 区	$0.44 \pm 0.04$	$0.58 \pm 0.02$
キチン200 g 区	$0.48 \pm 0.04$	$0.56 \pm 0.03$
キチン500 g 区	$0.42 \pm 0.03$	$0.56 \pm 0.03$
化成肥料区	$0.44 \pm 0.03$	$0.64 \pm 0.04$

表中の数字は平均値±標準偏差。ただし、標準偏差は同一区内の5標本での値から計算した。

と比較して高い傾向が認められており、化成肥料区では出穂後に受光態勢が悪化していることが明らかになった。

## 考 察

本研究では、キチンの土壌への施用がイネ個体群の物質生産に及ぼす影響を明らかにするため、乾物生産および子実生産特性について検討した。本試験の結果、1994年および1996年は式(1)および式(2)に示したようにキチン施用量が増加するにつれて玄米重が増加する傾向が認められ、 $\text{m}^2$ 当たりのキチン施用量が100 g 増加すると玄米重が23~26 g 増収することが明らかになった。

しかし、1995年は7月下旬からコブノメイガが大発生したため、玄米重はすべてのキチン施用区と化成肥料区で差異が認められなかった。本種は、葉色の濃い葉群を選択的に食害することから、試験区において比較的葉色の濃かったキチン 500 g 区と化成肥料区で幼虫による葉の食害の被害がきわめて高かった。これは、コブノメイガが葉を食害し白変化したことにより光合成速度が著しく低下して乾物生産量の減少を招き、登熟期に入り葉から根への養分の転流量が低下したことが原因と考えられる(山本ら 1996 a, b)。しかし、キチンを 50 g~200 g 施用したイネ個体群では葉色が濃くなり過ぎず、コブノメイガ幼虫の食害を回避することが可能であり、結果的には耐虫効果は得られ

たことを意味する。

1996年の収量構成要素の調査結果から、 $\text{m}^2$ 当たりの粒数と玄米重には正の強い相関関係が認められており、粒数の増加が玄米重の増加をもたらしたと考えられた。しかし、登熟歩合は無施用区とすべてのキチン施用区ではほぼ同値であり、化成肥料区では低かった。このことは、第2図に示したように出穂前後の葉面積指数が高く、さらに第3表に示した吸光係数からも明らかなように出穂後は多粒数による葉群内部への遮光も加わることで光環境が悪化してCGRが低下したことが大きな要因と考えられる。このため、化成肥料区のNARは、全生育期間を通じて低く推移したと考えられる。これに対してキチン500g区では、葉面積指数が過繁茂に陥ることなくCGRも高く維持された結果、高い子実生産を得ることができたと推論される。以上のようにキチン500g区では葉面積指数が適度に維持され、粒数も化成肥料区のように過多にならなかったことが、化成肥料区の玄米重に匹敵する収量を得ることができた要因と考えられる。

福井ら(1989b)は、バレイショとカンショを用いて化学肥料を施用した圃場で、キトサンを10a当たり10kg土壌に混和させた区、キトサン粉末を種イモの付着させた区、0.2%キトサン溶液中に種イモを浸漬した区を設けて収穫調査を行った。その結果、バレイショでは化学肥料のみを施用した試験区と比較して、すべてのキトサン処理区でイモ重は約40%も増収し、さらに上イモ重も40~60%も増加する傾向を示し、カンショについても同様な結果が得られたと報告している。しかし、ここではキトサン処理区では同時に化成肥料も施用しているため、キトサンを単独で施用した場合の効果については調査されていない。本試験の結果では、キトサンの前分解産物であるキチンを単独施用した場合でも、害虫による被害が認められなかった1994年と1996年では、化成肥料区の収量に匹敵する水準を上げることが圃場試験から明らかになった。

さらに、福井ら(1989b)はハツカダイコンを用いてキ

チンおよびキトサン粉末の土壌混和区、キトサンの乳酸水溶液による種子被覆区を設けてポット試験を行った結果、キチナーゼ活性は無処理区で $565 \text{ mU g}^{-1}$ であるのに対して、キチンおよびキトサン処理区では $714 \sim 819 \text{ mU g}^{-1}$ と高い活性を示したと報告している。このことから、土壌に施用したキチンがキチナーゼ活性を誘導してイネの生育に影響を及ぼしていることが示唆された。

今後は、キチンの土壌施用がキチナーゼ活性や根圏環境に及ぼす影響について検討するとともに、キチンによる生長促進効果のメカニズムについて検討する予定である。

**謝辞:**本研究は、株式会社坂角総本舗の研究助成金の一部を使用した。また、粒数調査では山口県農業試験場普通作物研究室の粒数カウンターを借用した。さらに、農業環境学研究室専攻生堤民子氏(現読早農業協同組合)、平洋一氏(現ファイザー製薬株式会社)、高巢由起氏(現筑後市役所)、岩谷潔氏(現鳥取大学大学院連合農学研究科大学院生)には、作物の解体および収量調査のご協力をいただいた。ここに厚く謝意を表します。

## 引用文献

- 福井春雄・正田敏幸・藤原公・村岡高志・次田隆志 1989a. キチン・キトサンによる作物の生長促進効果 第1報 生長促進とその作用性. 日本作物学会四国支部紀要 26: 1-8.
- 福井春雄・正田敏幸・藤原公・村岡高志・次田隆志 1989b. キチン・キトサンによる作物の生長促進効果 第2報 各種作物への栽培適用性. 日本作物学会四国支部紀要 26: 9-16.
- 古賀大三 1995. 動物におけるキチンの存在と役割. キチン・キトサン研究会編, キチン・キトサンハンドブック. 技報堂出版, 東京. 9-14.
- 滝口泰之 1995. 生物界におけるキチン, キトサンの分布. キチン・キトサン研究会編, キチン・キトサンハンドブック. 技報堂出版, 東京. 2-9.
- 山本晴彦・早川誠而・堤民子・本田善之・大方保祐・河村俊和 1996a. コブノメイガによるイネ個体群の被害解析. 日作紀 65(別1): 248-249.
- 山本晴彦・本田善之・早川誠而・大方保祐 1996b. コブノメイガに食害を受けたイネ葉身の光合成・呼吸特性. 応動昆 41: 115-119.

**Effect of Chitin Application on Growth and Yield of Rice:** Haruhiko YAMAMOTO\*, Taizo KOGA, Seiji HAYAKAWA, Yasusuke OHGATA, Tomokazu KURASAKI and Kouichi TOHYAMA (*Fac. of Agr., Yamaguchi Univ., Yamaguchi 753-8515, Japan*)

**Abstract:** Field experiments were carried out in 1994, 1995, and 1996 to study the effects of chitin on the growth and yield of rice. The results of experiments in 1994 and 1996 showed that chitin as a basal dressing increased the grain weight, and no difference was noted in the grain weight between chitin  $500 \text{ g m}^{-2}$  applied plot and the fertilizer plot. In 1995, since rice leaves in the chitin  $500 \text{ g m}^{-2}$  applied plot and the fertilizer plot were infested by *Cnapharocrosis medinalis* GUENÉE, no difference in grain weight was noted between all chitin-applied plots and the fertilizer plot. Positive correlations were observed between the number of spikelets per  $\text{m}^2$  and the grain weight. The percentage of ripened grains was about 90% in the nonfertilizer and all chitin-applied plots, whereas the fertilizer plot was low. This result may be considered as follows. In the fertilizer plot, LAI at the whole growth stage was high, and light extinction coefficient (K) was increased after heading time. As a result, CGR was decreased. On the other hand, the maximum LAI in the chitin  $500 \text{ g m}^{-2}$  plot was about 4.5, light extinction coefficient after heading time was low, and CGR was high. As in the results, grain weight in the chitin  $500 \text{ g m}^{-2}$  plot was at the same level as the fertilizer plot.

**Key words:** Chitin, Dry matter production, Grain production, Growth analysis, Rice.