

## 農薬の施用低減が水田における病害虫および雑草の発生と 水稻の生育・収量に及ぼす影響

菅原慶子<sup>1\*</sup>・米川和範<sup>1</sup>・大宮秀昭<sup>1</sup>・比企 弘<sup>1</sup>・林 久喜<sup>2</sup>・坂井直樹<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 筑波大学農林技術センター, 305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1

<sup>2</sup> 筑波大学農林学系, 305-8572 茨城県つくば市天王台1-1-1

### 要 旨

安全性が高く環境負荷の少ない水稻栽培を目指して、農薬の施用低減が水稻栽培における病害虫および雑草の発生と水稻の生育・収量に及ぼす影響を調査した。処理区として農薬と品種の2要因を設定した。コシヒカリ、日本晴、マンガツモチ、赤米の4品種について、それぞれ防除基準に基づく慣行の農薬散布を行う標準区に対し、標準区から殺虫殺菌剤および除草剤の散布を省略した減農薬区を設定した。いずれの品種も草丈、茎数は標準区に比べて減農薬区で小さく、葉色も低下した。生育初期における病害虫の発生は、標準区に比べて減農薬区で多かった。また、多様性の一指標である昆虫の種類と数はいずれも減農薬区で多かった。除草剤を使用しない減農薬区では、雑草量が著しく増加した。水稻の生育については、赤米以外の3品種で、標準区に比べて減農薬区で出穂始、穂揃期とも2日間遅れた。減収は、各品種とも標準区に対し減農薬区で30%以上の減少となったが、これはm<sup>2</sup>当たり穂数、1穂穎花数、玄米千粒重の低下に起因しており、登熟歩合には影響されていなかった。以上より、施用農薬を低減した結果、品種にかかわらず昆虫や雑草を指標とした生物多様性は増加するが収量の減少が著しく、病虫害が多発した。このとき、収量に及ぼす影響は病虫害の発生よりも雑草による肥料の取奪の方が大きかった。このことから、水稻の多収栽培における除草剤の有効性が確認されると共に減農薬栽培においては、除草剤の代替えとなる栽培技術の開発が重要であることが確認された。

キーワード：収量，水稻，雑草，生育，生物多様性，農薬

### 緒 言

農薬は、農作物を病害虫や雑草などから保護する資材として施用され、その結果、農作物の高位安定供給や作業の省力化に大きく貢献している。しかし、海外から輸入された無登録農薬が不正に販売・使用されていた実態が最近明らかとなり、消費者の「食」に対する信頼性を損なう重大な問題となった（松永 2003）。その結果、国産の農作物にあっても、無農薬栽培、低

\* Corresponding Author: keikos@nourin.tsukuba.ac.jp

農薬栽培あるいは有機栽培に対する要望や環境問題に対する関心が益々高まってきている（唐澤 1999）。

このような時代背景から、我々は筑波大学公開講座で、受講生の食の安全に対する関心を高め、農業における農薬の重要性和適正使用を考える新たな取り組み「実験的実習：環境を考えた少農薬水稻栽培」を実施した。本稿はこの栽培記録をまとめたものである。この講座は、水稻生育期における施用農薬を制限した栽培方法を、慣行の栽培方法と比較することで、生育特性の異なる品種を供試し、水田という生態系および水稻の反応を、調べたものである。

このような機会を利用して、安全性が高く、環境負荷の少ない栽培システムが確立できるかという目的意識のもとで、施用農薬の低減化が水稻およびその栽培環境に及ぼす影響を調査した。

### 材料および方法

実験は2002年に筑波大学農林技術センターの実験水田で実施した。この圃場は前年、防除基準に基づく除草剤、殺菌剤、殺虫剤の散布の下に水稻が栽培された圃場である。処理として農薬と品種の2要因を設定した。農薬の要因は防除基準に基づく慣行の農薬散布を行う標準区と、標準区に対し殺虫殺菌剤および除草剤を施用しない減農薬区の2水準を、品種の要因はコシヒカリ、日本晴、マンゲツモチ、赤米の4水準を設定した。試験区の配置を図1に示す。1区面積は1.0a（10m×10m）とし、2反復で無作為に配置した。標準区では、5月9日に殺虫殺菌剤のイミダクロリド・カルプロバミド・チフルザミド・ダイムロン粒剤（イミダクロリド：2.0%、カルプロバミド：4.0%、チフルザミド：3.0%、ダイムロン1.0%含有）を育苗箱当たり50g 苗箱施用し、移植後の5月24日に除草剤のベンスルフロンメチル・ベンチオカー

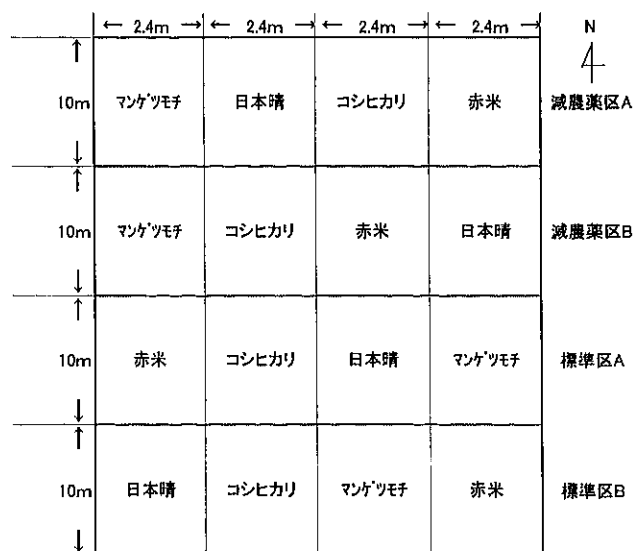


図1 試験区の配置図。

ブ・メフェナセット粒剤（ベンスルフロンメチル：0.17%，ベンチオカーブ：5.0%，メフェナセット1.0%含有）を3 kg/10a 施用したのに対し、減農薬区はこれらの農薬は施用しなかった。但し、両区とも以下の農薬施用は共通して実施した。

4月11日に種子予措として、自家採種したマンゲツモチおよび赤米は殺菌剤のオキシロニック酸・ペフラゾエート水和剤（オキシロニック酸：20.0%，ペフラゾエート：16.0%含有）を、購入種子のコシヒカリ、日本晴は殺菌剤のオキシロニック酸水和剤（オキシロニック酸：20.0%含有）および殺虫剤のMEP乳剤（MEP：50.0%含有）を用い種子処理した。また、使用した用土に対しては殺菌剤のヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル粉剤（ヒドロキシイソキサゾール：4.0%，メタラキシル：0.5%含有）を施用した。

いずれの品種も、4月20日に育苗箱当たり160gの催芽初を播種し、21日間育苗した稚苗を、5月11日に条間30cm、株間15cm、1株4本植えで移植した。施肥は基肥として、5月1日に高度化成肥料（N：8%，P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：20%，K<sub>2</sub>O：20%含有）を窒素成分量で5 kg/10a 全層施肥し、追肥は分けつ肥として、5月21日に硫酸アンモニウム（N：21%含有）を、穂肥として7月26日に高度化成肥料（N：8%，P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：20%，K<sub>2</sub>O：20%含有）それぞれ窒素成分量で2 kg/10a 表層施肥した。

移植後20日ごとに1試験区20株について草丈、茎数および葉色を示すSPAD値を測定するとともに、成熟期に有効茎数を調査した。水稻の成熟時に各区から50株を採取し、代表株法により収量および収量構成要素を求めた。また、病害虫は6月29日と8月10日に各区20株について調査した。なお虫は水稻に害を与える害虫として、イネドロオイムシ、イネツトムシ、昆虫類としてバッタおよび益虫のクモに分類した。病害はいもち病と紋枯れ病について被害程度を調査した。被害の程度は被害部位の範囲が株全体に及んでいたものを4、上位葉までが3、中位葉までが2、下葉のみが1、みられなかったものを0とし、その平均値をもって示した。雑草については10月4日に各区0.25m<sup>2</sup>を2ヶ所から採取し、種類および乾物重を調査した。

### 結果および考察

草丈、茎数、SPAD値の推移を図1～3に示す。いずれの形質も品種にかかわらず、標準区に比べて減農薬区で低く推移した。草丈は移植後20日目では農薬処理による差がわずかだったが、その後日数の経過に伴って差が拡大した。茎数はコシヒカリおよび日本晴では移植後40日目まで農薬処理による差がみられなかったのに対し、マンゲツモチおよび赤米では移植後40日目には農薬処理による有意な差が認められた。一方、葉色を示すSPAD値はコシヒカリおよび日本晴では移植後50日目には農薬処理による差がみられたのに対し、マンゲツモチおよび赤米では処理による差が顕著になったのは移植後60日目であった。

農薬の施用低減が生育形質に及ぼす影響を表1に示す。品種にかかわらず減農薬区は標準区より茎数が少なくなったが、有効茎歩合には有意な差がみられなかった。稈長は品種にかかわらず標準区に比べ減農薬区で低くなったが、減農薬区における穂長はマンゲツモチでは長く、他の3品種では短かった。また、生育の経過では、赤米を除く品種では、出穂始および穂揃期が標準区に比べて減農薬区で2日間遅れた。

病害虫の発生状況を表2、表3に示す。水稻栽培で、農薬施用を減量した場合に問題となる主な病気として、いもち病と紋枯病がある（梅崎ら1993）。本実験の生育初期では、農薬処理

の違いにかかわらず、いもち病は発生したが、紋枯病は発生しなかった。また、イネドロオイムシおよびイネツトムシによる食害が観察されたが、被害程度は農薬処理による差がみられず、一方、葉いもちの発生も品種による一定の傾向はみられなかった。バッタおよびクモについては標準区より減農薬区で多くなる傾向がみられ、日本晴および赤米については標準区での発生が多かったが、農薬処理による有意な差はみられなかった。生育中期に関しては、品種に

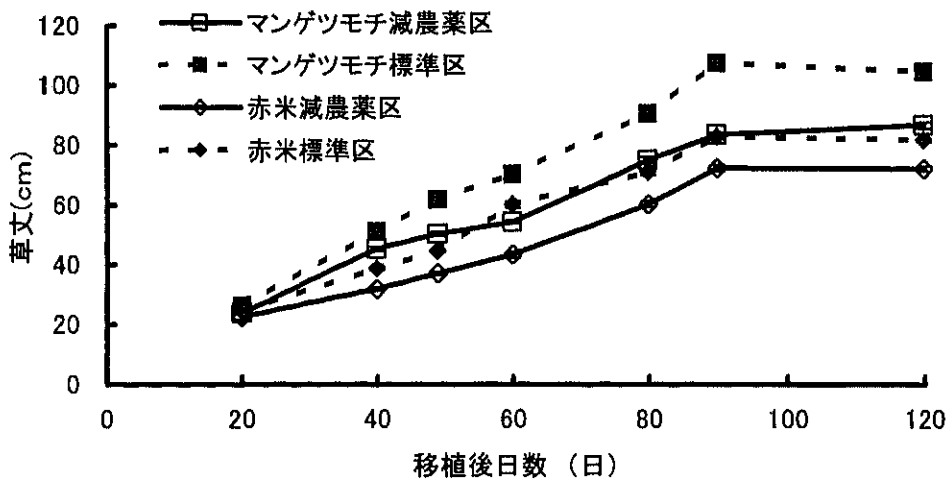
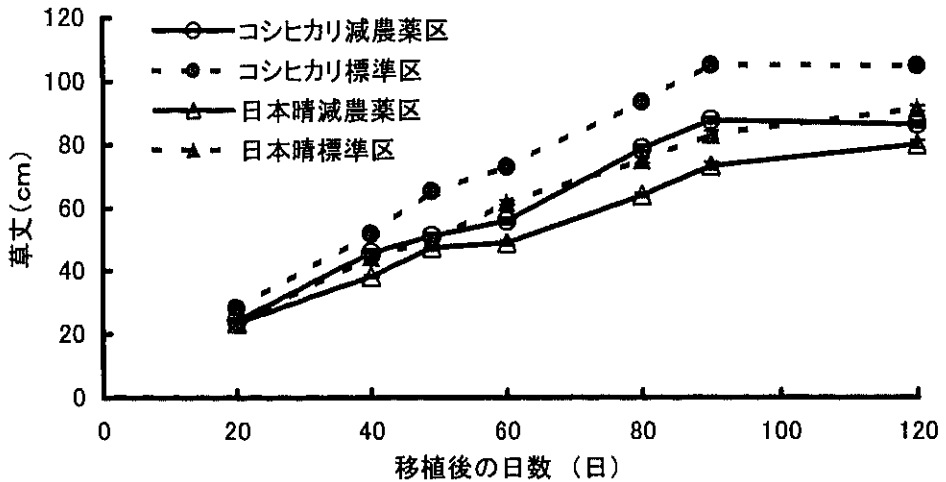


図2 農薬の施用低減が草丈に及ぼす影響。

かかわらず標準区に対し減農薬区で病害が多く発生した。しかし、害虫については農薬処理および品種による差は認められなかった。

雑草の発生量を表4に示す。本実験において発生した雑草種はコナギ、オオアブノメ、アブノメ、ホタルイ、アゼナ、ハコベ、マツバイであった。除草剤を使用しない減農薬区では、雑草量が極めて多かったが、品種による差はみられなかった。雑草の種類別では特にコナギの発

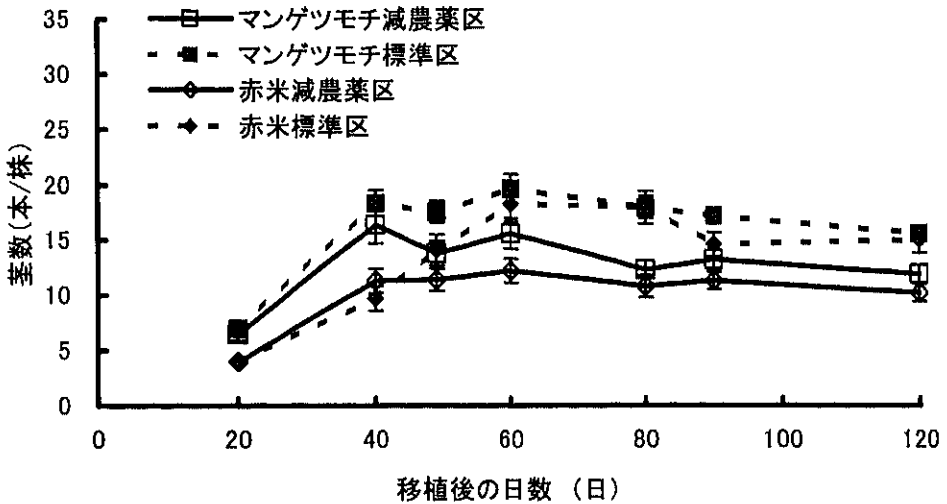
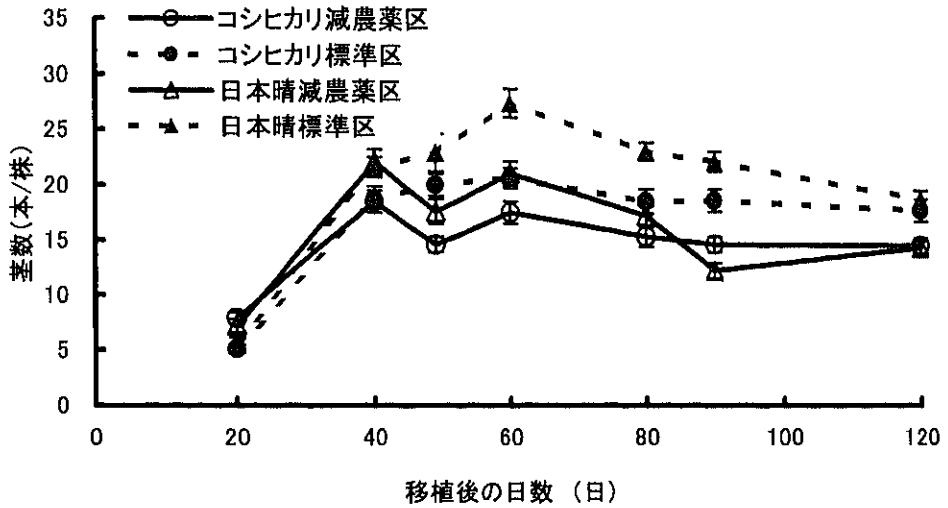


図3 農薬の施用低減が茎数に及ぼす影響。

生が減農薬区で多かった。

収量構成要素を表5に示す。登熟歩合は農薬処理による影響を受けなかったが、他の収量構成要素はどの品種も標準区に対して減農薬区で減少した。玄米収量には、品種にかかわらず、標準区に対して減農薬区で30%以上減収した。このとき、減農薬区における各収量構成素の減少率は、玄米千粒重では標準区に対し減農薬区で97~98%であったのに対し、穂数は80~85%，1穂穎花数は76~86%と穂数および1穂穎花数が農薬処理による影響を強く受けた。

以上より、農薬施用を減量した場合、収量は各品種とも減少し、病害虫の発生程度も増加し

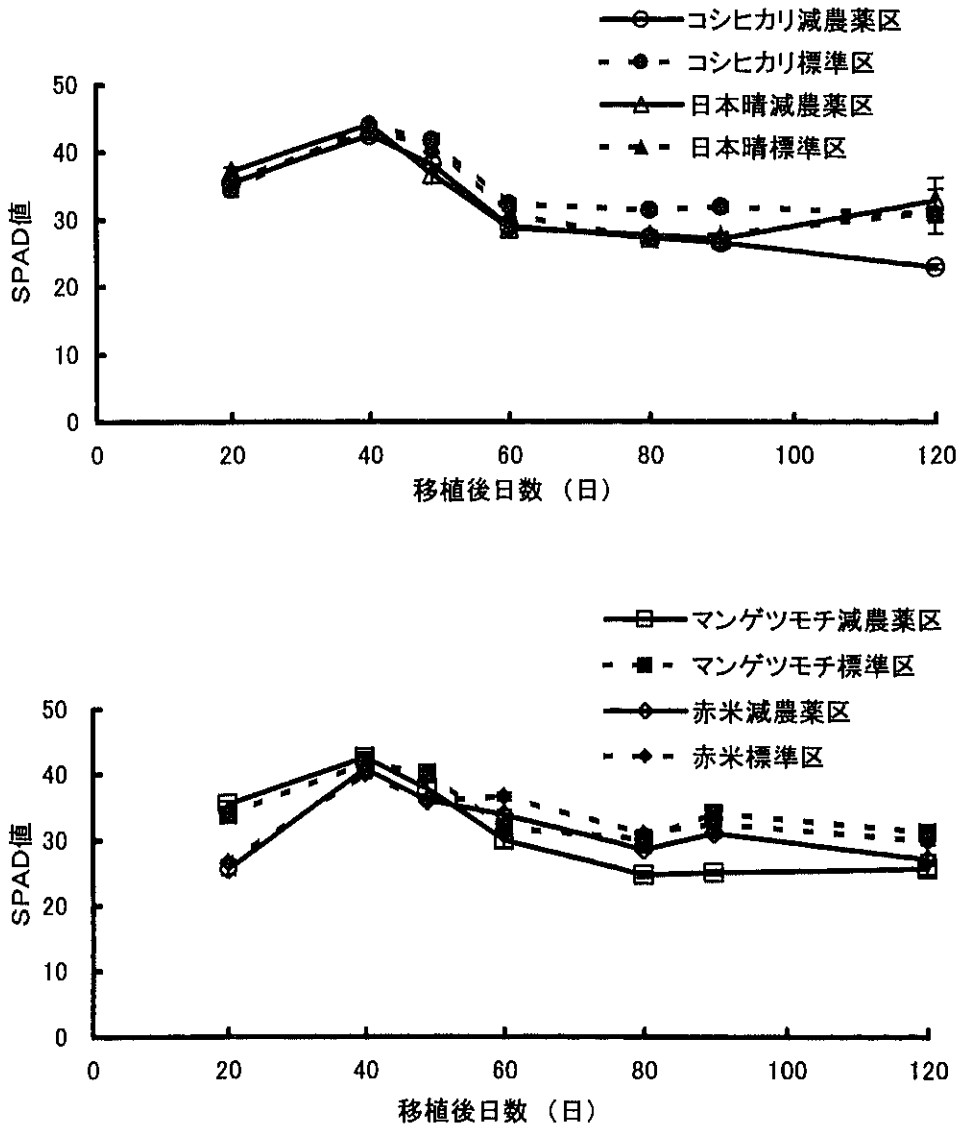


図4 農薬の施用低減が葉色に及ぼす影響。

た。しかし今回、病害虫の発生程度は低く、収量に直接影響したとは考えられなかった。穂数の決定は、一般に最高分けつ期の10日前後とされている(草薙1982)。これらのことから、除草剤の無施用は雑草の発生による肥料の収奪を介して有効茎数の低下や1穂穎花数、千粒重の低下などを引き起こし、玄米収量の低下を招いたと考えられた。

本実験では、病害虫による著しい被害は認められなかったが、その発生状況は年により異なるので、本実験を継続して減農薬の影響をより精密に調査する必要がある。また、雑草害にお

表1 農薬の施用低減が生育形質に及ぼす影響。

品 種	農 薬	最高莖数 (本/株)	有効莖数 (本/株)	有効莖歩合 (%)	稈長 (cm)	穂長 (cm)
コシヒカリ	標準区	21.8	16.9	77.5	83.4	16.8
コシヒカリ	減農薬区	19.0	13.9	73.7	71.3	16.0
日本晴	標準区	30.7	17.7	58.2	72.0	18.6
日本晴	減農薬区	22.3	11.2	50.6	65.3	17.8
マンゲツモチ	標準区	21.9	15.0	69.2	77.4	18.8
マンゲツモチ	減農薬区	16.4	8.8	56.5	67.1	20.4
赤米	標準区	18.6	11.6	64.0	57.3	21.5
赤米	減農薬区	12.7	8.8	72.0	50.4	20.8
分散分析						
農 薬		***	***	NS	***	***
品 種		***	***	***	***	***
農薬×品種		NS	*	NS	***	**

注) 分散分析の\*, \*\*, \*\*\*はそれぞれ5%, 1%, 0.1%で有意であることを示す。  
また, NSは有意でないことを示す。

表2 病害虫発生状況(6月29日)。

品 種	農 薬	観察数(匹/20株)			被害程度1		
		害虫	バッタ	クモ	イネドロオイムシ	イネツトムシ	葉いもち
コシヒカリ	標準区	3	12	3	1.9	1.0	1.1
コシヒカリ	減農薬区	6	15	0	1.5	1.8	1.1
日本晴	標準区	1	7	2	1.7	0	1.6
日本晴	減農薬区	3	3	1	1.9	0	1.3
マンゲツモチ	標準区	0	0	1	1.7	0	1.0
マンゲツモチ	減農薬区	1	1	0	1.9	0	1.1
赤米	標準区	4	5	1	3.0	0	1.1
赤米	減農薬区	1	19	4	2.6	1.3	2.4
分散分析							
農 薬		NS	NS	NS	NS	NS	***
品 種		**	**	NS	**	NS	***
農薬×品種		NS	NS	NS	NS	*	***

注) 分散分析の\*, \*\*, \*\*\*はそれぞれ5%, 1%, 0.1%で有意であることを示す。  
また, NSは有意でないことを示す。

- 1) 1区20株について病害虫によるその被害部位の範囲が株全体に及んでいたものを4, 上位葉までが3, 中位葉までが2, 下葉のみが1, みられなかったものを0とし, その平均値をもって示した。  
また, イネミズゾウムシ, イネドロオイムシ, イネツトムシを害虫とした。

表3 病害虫発生状況（8月10日）。

品 種	農 薬	観察数（匹/20株）			被害程度 <sup>1)</sup>
		害虫	バッタ	クモ	葉いもち
コシヒカリ	標準区	0	1	0	1.3
コシヒカリ	減農薬区	3	4	1	2.0
日本晴	標準区	0	5	0	1.9
日本晴	減農薬区	6	7	1	2.1
マンゲツモチ	標準区	2	6	2	0.2
マンゲツモチ	減農薬区	2	3	0	1.5
赤米	標準区	2	5	0	1.2
赤米	減農薬区	5	18	5	2.1
分散分析					
農 薬		NS	***	***	**
品 種		NS	***	***	***
農薬×品種		**	***	***	***

注) 分散分析の \*\*, \*\*\* はそれぞれ1%および0.1%で有意であることを示す。

また, NSは有意でないことを示す。

- 1) 1区20株について病害虫によるその被害部位の範囲が株全体に及んでいたものを4, 上位葉までが3, 中位葉までが2, 下葉のみが1, みられなかったものを0とし, その平均値をもって示した。また, イネミズゾウムシ, イネドロオイムシ, イネツトムシを害虫とした。

表4 農薬の施用低減が雑草に及ぼす影響。

品 種	農 薬	雑草乾物重 (gDW/m <sup>2</sup> )
コシヒカリ	標準区	3.4
コシヒカリ	減農薬区	102.3
日本晴	標準区	2.5
日本晴	減農薬区	145.5
マンゲツモチ	標準区	5.6
マンゲツモチ	減農薬区	112.5
赤米	標準区	2.5
赤米	減農薬区	124.5
分散分析		
農 薬		***
品 種		NS
農薬×品種		NS

注) 分散分析の \*\*\* はそれぞれ0.1%で有意であることを示す。

また, NSは有意でないことを示す。

いても除草剤無施用の継続がいかなる影響を及ぼすかを数年にわたって継続調査する必要がある。

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり, 公開講座の受講生の方々および作物生産システム研究室の院生・学生の方々に栽培・調査と一緒に実施していただいた。ここに記して謝意を表する。



表5 農薬の施用低減が収量構成要素に及ぼす影響.

品 種	農 薬	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	1 穂穎花数 (個/穂)	登熟歩合 (%)	玄米千粒重 (g/1000粒)	玄米収量 (g/m <sup>2</sup> )
コシヒカリ	標準区	443	60.2	91.0	23.3	565
コシヒカリ	減農薬区	372	48.0	91.5	22.3	364
日本晴	標準区	411	64.1	89.6	24.3	574
日本晴	減農薬区	329	54.5	90.1	23.5	384
マンゲツモチ	標準区	355	69.7	88.7	23.0	494
マンゲツモチ	減農薬区	303	52.7	91.3	22.5	328
赤米	標準区	404	83.8	93.5	18.1	570
赤米	減農薬区	343	72.8	91.3	17.5	400
分散分析						
	農 薬	***	***	NS	***	***
	品 種	*	***	NS	***	NS
	農薬×品種	NS	NS	NS	NS	NS

注) 分散分析の\*, \*\*, \*\*\*はそれぞれ5%, 1%, 0.1%で有意であることを示す。  
また, NSは有意でないことを示す。

#### 引用文献

- 唐澤 豊 1999. 21世紀の食・環境・健康を考えるーこれからの生物生産化学ー, 共立出版, 168-177.  
 松永公平 2003. クミアイ農薬総覧 JA 全農肥料農薬部農薬技術普及課, まえがき  
 草薙得一 1982. 植物防疫講座 農薬・行政編Ⅱ. 農薬の作用特性と利用, 82-83.  
 梅崎耀高・中嶋祐二・矢野京蔵・江藤博六 1993. 宮崎大学農場報告 9:13-18.

# Effects of Reduced Application of Agricultural Chemicals on the Outbreak of Disease, Insects and Weed, and Rice Growth and Yield in the Paddy Field

Keiko SUGAWARA<sup>1</sup>, Kazunori YONEKAWA<sup>1</sup>, Hideaki OHMIYA<sup>1</sup>,  
Hiroshi HIKI<sup>1</sup>, Hisayoshi HAYASHI<sup>2</sup> and Naoki SAKAI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Agricultural and Forestry Research Center, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai,  
Tsukuba, Ibaraki 305-8577

<sup>2</sup> Institute of Agriculture and Forestry, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai,  
Tsukuba, Ibaraki 305-8572

## Abstract

To propose a new system of rice cultivation with high security and low environmental load based on the reduced application of agricultural chemicals (pesticide and herbicide), we carried out a two-factorial experiment at paddy field including the observation of disease, insect injury and weed biomass, and growth and yield of rice. We settled up a rice variety and an agricultural chemical as factors in this experiment. Four varieties were used in this experiment, namely "Koshihikari", "Nipponbare", "Mangetsumochi" and "Akamai". We used a series of agricultural chemicals under the guideline of pest and disease management and it was called as control plot on an agricultural chemical factor. On the other hand, reduced agricultural chemicals plot (RC plot) was not applied 'insecticide and fungicide' and herbicide out of a series of agricultural chemicals on control plot. Plant height, stem number and leaf color of rice in RC plot were less than those in control plot beyond the difference among rice variety. Insects and diseases were observed more frequency in RC plot than in control plot on the early stage of rice. The number of and the density of insects as an index of bio-diversity, and weed biomass were bigger in RC plot than those in control plot. First heading time and full heading time of all rice cultivars except "Akamai" were delayed two days in RC plot compared to those in control plot. Yield of hulled rice in RC plot decreased over 30% of control plot. This yield decrease was the result of reduction of all yield components except for percentage of ripened gains. We concluded that the reduced application of agricultural chemicals increases bio-diversity of insects and weeds but decrease gain yield. Effect of reduced application of agricultural chemicals on gain yield was much severe in nutrient uptake by weeds than disease and insect injuries. We also recognized that herbicide plays an important role of high yielding ability in paddy rice and new technologies with weed protection is the next target in development of RC cultivation of paddy rice.

**Key words :** Agricultural chemicals, Bio-diversity, Growth, Paddy rice, Weed, Yield