

2007年度卒業論文

水稲有機栽培における
米ぬか表面散布および再生紙マルチの
除草効果と水稲の生育・収量

宇都宮大学 農学部 生物生産科学科

植物生産学コース

作物生産技術学研究室

會川 香菜子

目次

I	緒言	1
II	材料と方法	
1.	栽培方法	3
2.	試験圃場および試験区	3
3.	調査項目および調査方法	5
III	結果と考察	
1.	気象経過および生育概要	1 4
2.	土壌の酸化還元電位および地温	1 7
3.	雑草調査	2 2
4.	病虫害調査	2 6
5.	生育の経過	2 9
6.	乾物重および窒素含有量	3 5
7.	節間長および収量，収量構成要素，玄米品質，玄米の外観品質	3 8
8.	今後の検討課題	4 2
IV	摘要	4 3
	Summary	4 4
V	謝辞	4 6
VI	引用文献	4 7

I 緒言

近年、消費者の安全・安心への志向は高まりから、水稻栽培にも有機栽培が導入されてきている。また、生産者についても環境保全型農業への転換意識は高く、農薬ならびに化学肥料を大幅に削減した特別栽培米の生産は確実に増加している。しかし、農薬ならびに化学肥料の不使用まで踏み切る生産者は少なく、必ずしも消費者のニーズをみたしているとはいえない現状にある。有機栽培米の生産拡大を阻む最大の原因は、農薬ならびに化学肥料の不使用という、除草剤に頼らない雑草の防除法にある。

現在、米ぬかなどの有機物資材の田面散布による除草（2003 前田ら）、手押し除草機や乗用除草機による機械除草、アイガモやコイなどを利用した生物除草（1998 磯辺ら，1995 高橋ら）、再生紙マルチを利用した除草（2003 三谷ら）などさまざまな除草法が試みられており、各除草法についての研究報告も数多くなさしてきた。しかし、いずれも除草効果や労力、コスト面において課題が残されており、さらなる研究が必要とされている。また、各除草法は多くの場合いずれも個別条件下で行われており、同一条件下において数種の除草法を実施し、比較したという事例も少ない。そのため各除草法の除草効果や水稻の生育・収量について客観性のある評価が下されにくいという現状がある。

そこで本研究では、各種の除草法を除草法以外の条件を可能な限り同じ条件にしたうえで水稻の有機栽培を行い、その除草効果および水

稲の生育・収量を比較した。実施した雑草除草法は、米ぬかを田面散布して行う有機物散布除草，再生紙マルチを利用した除草，手押し除草機などによる機械除草である。また，複数の除草法を組み合わせるにより除草効果を高めるために，有機物散布除草と機械除草を組み合わせた除草，有機物散布除草とコイによる生物除草を組み合わせた除草法を実施し，その除草効果と生育・収量についても比較した。また，米の外観品質および食味についても比較した。

II 材料と方法

1. 栽培方法

試験は真岡市下籠谷地区にある宇都宮大学附属農場内の黒ぼく土水田において行った。品種はコシヒカリを供試した。種子は比重 1.13 で塩水選を行い、温湯消毒機（湯芽工房）を用いて 60℃で 10 分間温湯消毒をし、5 日間浸種した後、温湯消毒機（湯芽工房）を用いて 30℃で 10 時間催芽処理を行った。催芽種子は、4 月 18 日に 60cm×30cm×3cm の田植機移植用育苗箱に乾粒換算で 80g/箱を播種した。育苗用の床土は、1 箱あたり窒素成分が 2.5g となるように、山土 3 リットルに魚かすを 35g を混合し全層で使用した。（写真 1）播種の際、種子消毒・土壌消毒の殺菌剤は使用しなかった。育苗箱は、ハウス内で保温シートをかけて 4 日間育苗し、その後保温シートをはずし、農場の慣行法で育苗した。代掻きは移植 1 週間前に荒代掻き、移植前日に植え代掻きの計 2 回行った。移植は 5 月 17 日に 4.0 葉程度の中苗を 1 株あたり約 3 本として、栽植密度を 1 m²あたり 20.8 株（30cm×16cm）に設定し、六条乗用側条施肥田植え機で移植した。

2. 試験圃場および試験区

試験圃場は堆肥を 10a あたり 2t 連年施用した圃場を使用した。2007 年は 3 月に完熟堆肥を 10a あたり 2t、マニユアスプレッダーで全面散

布した。

試験区の概要は第 1 表に示した。試験区は雑草防除法の違いにより、米ぬか区、米ぬか+機械区、米ぬか+コイ区、紙マルチ区、対照区（機械除草区）の 5 試験区を設定した。面積は、米ぬか区、米ぬか+機械区、米ぬか+コイ区はそれぞれ 5a、紙マルチ区は 3.5a、対照区は 1.5a とした。また 1 試験区につき 3 反復、調査区を設置した。

試験区には基肥として発酵鶏糞を 10a あたり 100kg（成分は窒素 2.5%、リン酸 5.5%、加里 3%）、天然素材を 10a あたり 80kg（成分は窒素 5%、リン酸 7%、加里 4%）を手で散布し、その後トラクター+ロータリーで鋤きこんだ。いずれの区も農薬、化学肥料は使用しなかった。また、追肥も行わなかった。

米ぬか区、米ぬか+機械区、米ぬか+コイ区にそれぞれ米ぬかを 10a あたり 100kg をいずれも移植日当日の 5 月 17 日に手で表面散布し(写真 2)、その後湛水した。

米ぬか+機械区と対照区は、竹箒を利用して作成した簡易除草機と市販の手押し除草機を使用した。箒除草を 6 月上旬に 1 回、機械除草を 6 月下旬と 7 月中旬に 2 回、計 3 回行った。また、人力による機械除草は株間、条間ともに行った。

米ぬか+コイ区のコイは 6 月 14 日に全長平均 15.3cm、体重平均 54.4g の錦鯉 200 匹を放飼した。コイは 8 月 7 日に捕獲・回収し、生存数を記録し、全長と体重を測定した。米ぬか+コイ区はその他の区よりもやや深水管理とした。また、試験区の周囲部分の田面をスコップなどで掘り下げ水路を設け、コイの退避場所とし、さらに試験区全体（側面、上面）を防鳥ネットで囲い、鳥害を防ぐようにした。（写真

3) 水口と水尻を網で塞ぎコイが逃げないようにした。また、コイが水路周辺のみを移動することが予想されたため、除草効果の均一を図る目的で試験区全体に米ぬか 1kg を、放飼期間中計 10 回投げ与えた。

紙マルチ区は、専用の田植え機を用いて再生紙マルチを被覆しながら移植を行った。栽植密度は 1 m²あたり 20.8 株 (30cm×16cm) で同じく設定し、1 株あたりの苗数も 3 本とした。

3. 調査項目および調査方法

(1) 土壌の酸化還元電位と地温の調査

土壌の酸化還元電位調査は、東亜電波工業社製のポータブル ORP 計シリーズ RM-12P を使用して 1 試験区あたり 3 反復で行った。生育調査区周辺の株間に深さ 1~2cm に白金電極を設置し、移植後 6 時間後から、6 時間おきに 48 時間測定し、その後 5 月 24 日まで 1 日 1 回測定した。その後は電位計が壊れてしまったため、6 月 8 日から再開し、7 月 12 日まで約 1 週間ごとに測定を行った。さらにそれと同時に地温も測定した。地温は、SK SATO 社製デジタルサーモメーター SK-1250MC II を使用して調査区周辺の株間で、深さ 2~3cm で測定した。紙マルチ区では再生紙マルチの下の地温を測定した。

(2) 雑草調査

雑草調査は 6 月 12 日と 7 月 19 日の計 2 回行った。1 調査地点の面

積は 30cm×30cm の 0.09 m²とし、1 試験区あたり 3 反復で行った。それぞれ調査区内のすべての雑草を抜き取り、コナギ、ホタルイ、その他に分けて本数を数えた。ただし、6月12日には紙マルチ区では雑草がまったく見受けられなかったので行わなかった。その後、根に付着した泥やごみを洗い落とし、80℃で通風乾燥後、乾物重を測定した。雑草発生本数と雑草乾物重は 1 m²あたりに換算した。

(3) 生育調査

生育調査は、各試験区で周囲を含めて欠株のない 10 株（5 株 2 畦）を 1 つの調査区として、1 試験区あたり 3 反復行い、草丈、莖数、葉数、葉色の 4 項目について調査した。草丈、莖数、葉数は 5 月 31 日から 8 月 23 日まで約 2 週間ごとに、葉色は 6 月 14 日から 9 月 5 日まで約 2 週間ごとに測定した。葉色の測定には、ミノルタ社製自動葉緑素計（SPAD502）を使用して最上位展開葉の前葉の中央部分を測定した。

(4) イネミズゾウムシ調査

イネミズゾウムシ調査は、1 試験区あたり 40 株、3 反復調査とした。6 月 5 日に発生しているイネミズゾウムシの 1 株あたりの個体数と食害程度を調査した。個体は地上部で確認されたものを記録して、食害程度はその生育時期の最上位展開葉に食害が見られたものを 3 とし、その 1 つ下葉に食害が見られたものを 2 とし、さらにその 1 下葉に食

害が見られたものを 1 として、3~0 の 4 段階であらわした。

(5) 病虫害調査

病虫害調査は 1 試験区あたり 40 株、3 反復で行った。9 月 11 日に発生している葉いもち、穂いもち、紋枯れ病、ニカメイチュウおよびツト虫について調査した。葉いもちは、最上位展開葉から 3 葉目までのいずれかに 5mm 以上の病斑のある茎を数え、穂いもちは、穂首以上にあきらかな病斑があり、穂が 50% 以上不稔になっている穂を数えた。紋枯れ病は最上位節間に病斑があれば 3 として、その下の節間であれば 2 として、さらにその下の節間であれば 1 として、病斑なしは 0 として 3~0 の 4 段階であらわした。また、ニカメイチュウおよびツト虫は、1 株あたりに発生している個体数を数えた。

(6) 株の掘り取り調査

掘り取り調査は収穫期に行った。調査は生育調査区の平均茎数を調べ、平均茎数を持つ株を各調査区の周辺から 2 株を掘り取って行った。掘り取った株の根を切り取り、付着した泥やごみを洗い落とし、穂、葉身、葉鞘+茎に分けて、80℃で乾燥させて重量を測定した。乾物試料は、1cm 程度に裁断した後、HEIKO 製粉碎機 (SAMPLE MILL TI-100) で微粉碎し、窒素含有率を測定した。測定には島津社製 NC アナライザー (NC-80) を使用した。

(7) 収量および収量構成要素

9月27日の収穫時に収量および収量構成要素の調査を3反復ずつ行った。収量調査は1試験区において1反復あたり10株×4列計40株を地際から刈り取り、穂数を数えて風乾して、全重、精籾重、総玄米重、精玄米重、水分含量を測定した。精玄米重は、粒厚1.8mm以上で水分15%に換算した。水分含有率はケット科学研究所製の成分分析計AN-700を使用して測定し、同時に食味値とタンパク含量も測定した。

収量構成要素は、収量調査から得た穂数のデータをもとに収量調査地点の周辺から各地点の平均的な穂数を持つ株を1反復あたり5株掘り取った。各株の平均的な穂4本を選出し、1反復あたり20穂の籾数を精製し、比重1.06の塩水選を行い、登熟籾と不登熟籾とに分別しそれぞれの粒数を測定してから登熟歩合を算出した。さらに各株から全長の長い順に3茎選出し、1反復あたり15本の穂長と稈長、節間長を測定した。玄米千粒重は玄米20gを秤量し、その粒数から算出した。また収量調査の刈り取り時に倒伏程度を調査し、完全倒伏したものを5、倒伏なしのものを0として、5~0の6段階であらわした。

(8) 米の外観品質調査

米の外観品質調査は、各試験区から収穫された米の中から300粒選出して、300粒中に完全米、青米、死米、乳白米、腹白米、茶米、胴割れ米がどれだけ含まれているかを、1粒1粒調査し、その値を%換

算した。

第 1 表 試験区の設定

試験区	面積	除草法
米ぬか区	5a	米ぬか100kg/10a
米ぬか+機械区	5a	米ぬか100kg/10a+機械除草機械除草2回（6月下旬と7月中旬）、帯除草1回（6月上旬）
米ぬか+コイ区	5a	米ぬか100kg/10a+コイ200尾
紙マルチ区	3.5a	再生紙マルチ被覆
対照区	1.5a	機械除草2回（6月下旬と7月中旬）、帯除草1回（6月上旬）



写真1 山土と魚かすの混合



写真2 米ぬか表面散布

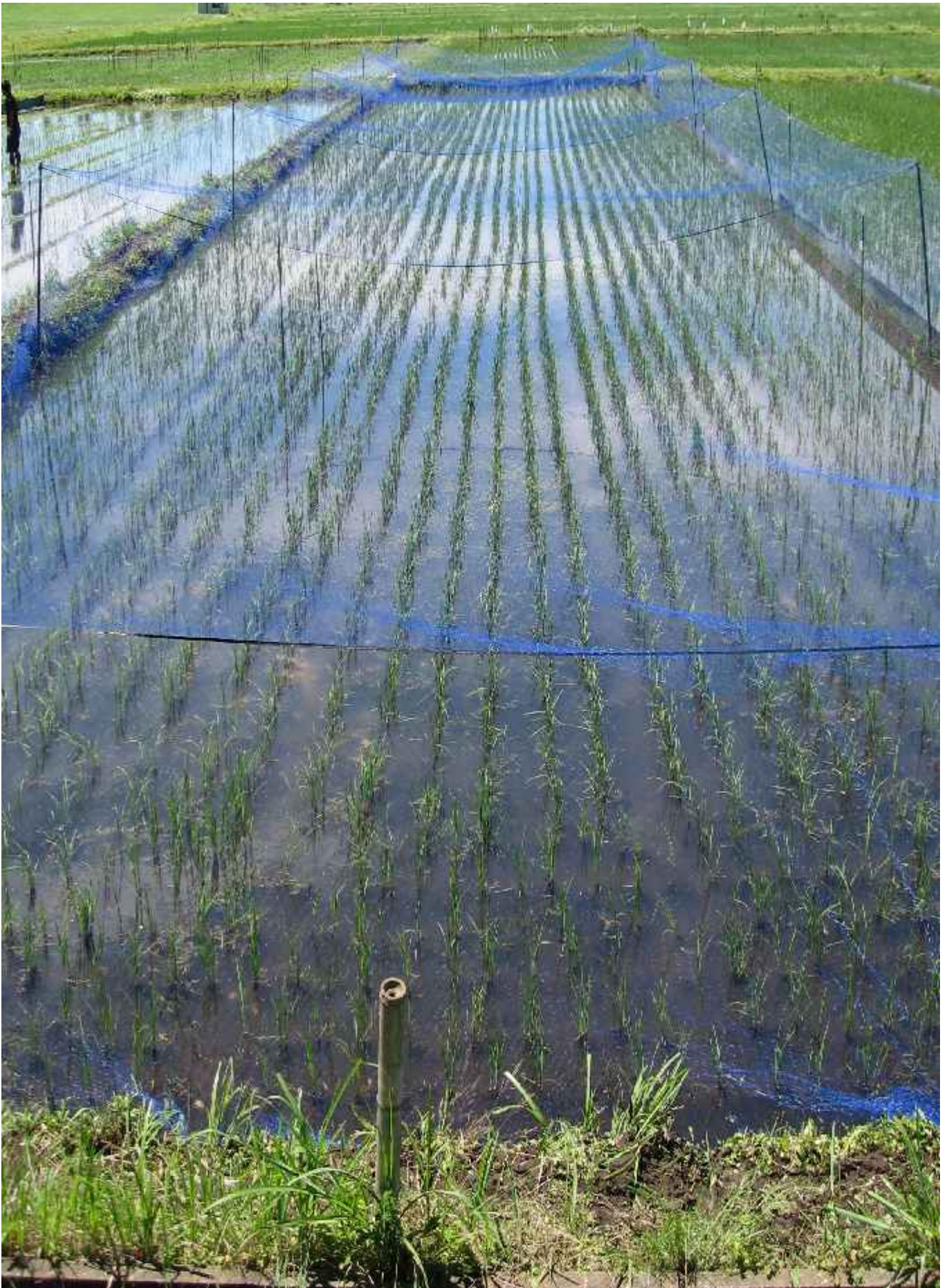


写真3 防鳥ネット



写真4 再生紙マルチ専用乗用田植機

Ⅲ 結果と考察

1. 気象経過および生育概要

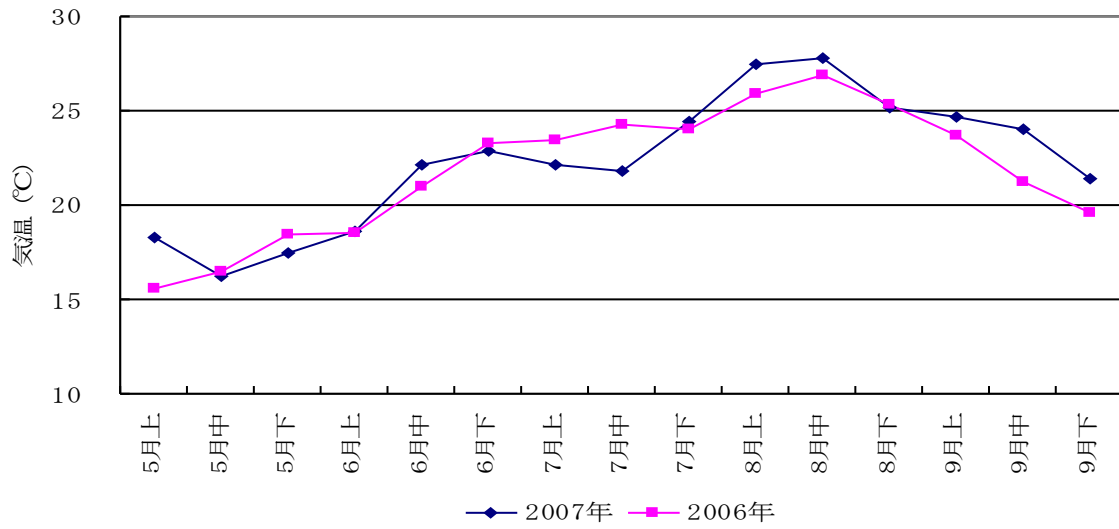
(1) 気象経過

本年および2006年の旬別平均気温、降水量、日射時間を第1図に示した。本年の平均気温は5月中旬から6月上旬、6月下旬から7月中旬において2006年より低かった。本年の平均降水量は5月上旬、5月下旬から6月上旬、8月上旬から9月上旬、9月下旬で2006年より多かった。本年の平均日射時間は5月上旬から5月中旬、6月中旬、7月下旬から9月中旬において2006年より多かった。本年は2006年と比較して全体的に天候良好年であった。

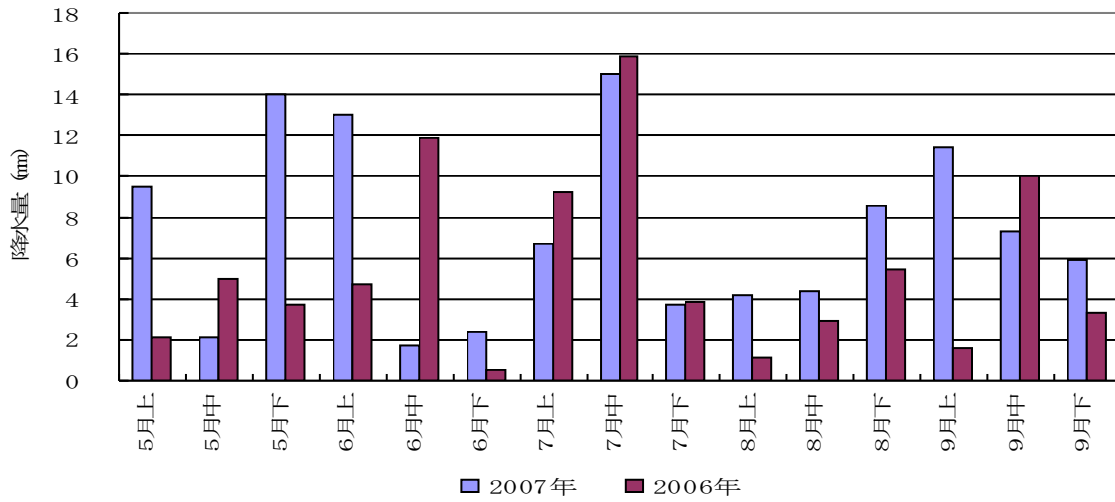
(2) 生育概要

生育状況を第2表に示した。最大草丈は米ぬか+コイ区と紙マルチ区で125cmと最も高くなった。最高莖数、穂数は紙マルチ区、ついで米ぬか区で多かく、対照区で少なかった。有効莖歩合は最高莖数の小さい米ぬか+コイ区で97.8%と高くなった。全体的には紙マルチ区での生育が良かった。

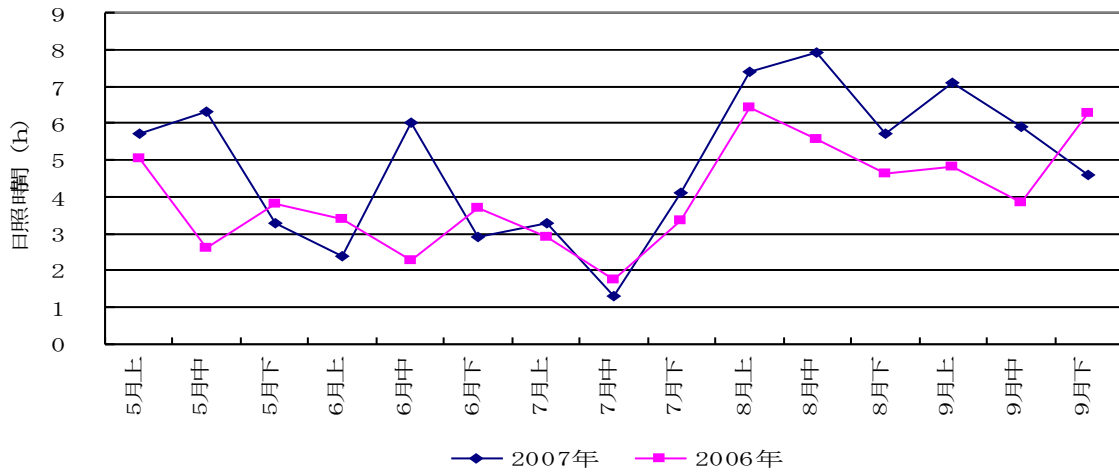
旬別平均気温の変化 (°C)



旬別降水量の変化 (mm)



旬別日照時間の変化 (h)



第 1 図 旬別平均気温，降水量，日照時間

第 2 表 生育状況

試験区	最大草丈 (cm)	最高茎数 (本/m ²)	穂数 (本/m ²)	有効茎歩合 (%)	出穂日	穂揃い日	倒伏程度
米ぬか区	114	499	359	72.0	8月9日	8月11日	1.3
米ぬか+機械区	116	456	337	73.9	8月8日	8月11日	1.3
米ぬか+コイ区	125	362	354	97.8	8月11日	8月14日	2.7
紙マルチ区	125	596	436	73.2	8月10日	8月13日	3.3
対照区	107	361	276	76.3	8月8日	8月11日	1.0

2. 土壌の酸化還元電位および地温

(1) 土壌の酸化還元電位の推移

移植後 48 時間の土壌の酸化還元電位の推移を第 2 図に示した。米ぬか区は、有機物散布後、急激に酸化還元電位が低下し、5 月 20 日には -170mV 程度まで低下した。その後は -150mV 程度を推移した。紙マルチ区では、12 時間後に -150mV 程度まで低下したが、42 時間後までは -50mV 程度を推移した。その後は徐々に低下し、5 月 24 日には -250mV 程度まで低下した。対照区では、24 時間後までは -100mV 程度まで徐々に低下したが、48 時間後まで -50mV 程度を推移した。その後は紙マルチ区と同様に徐々に低下し、5 月 24 日には -200mV 程度まで低下した。

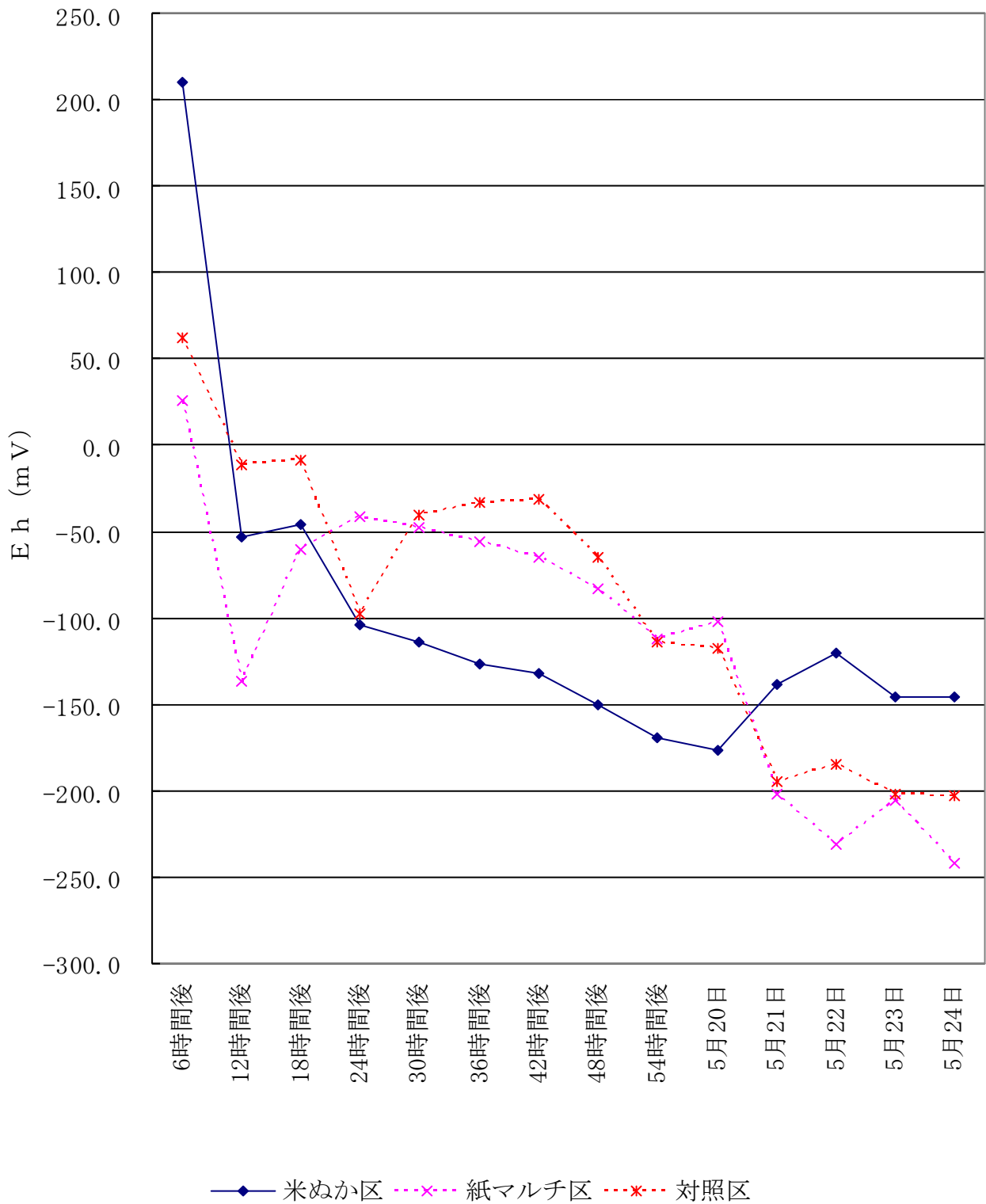
これらの結果から、処理による大きな差異は見られなかった。室井ら(2005)は米ぬかの田面散布により散布後 2 週間程度低下すると報告している。本研究では、2 週間後のデータを得ることができなかったが、1 週間の結果から、そのような傾向が見られた。しかし、有機物散布をした区以外の区でも同程度の低下が見られたため、酸化還元電位の低下が有機物散布によるものとは断定できない。

(2) 地温の推移

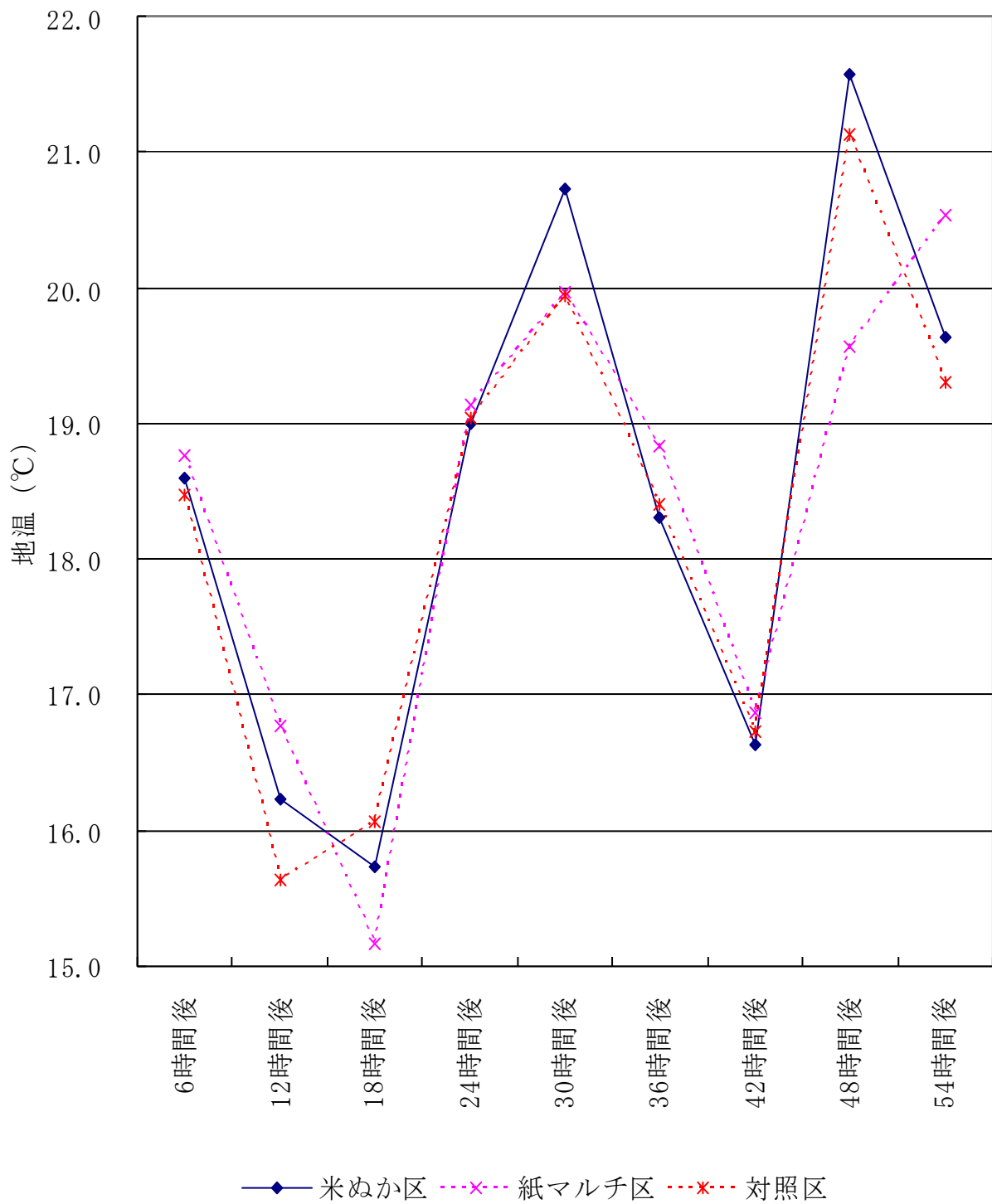
移植後 48 時間の地温の推移を第 3 図に示した。いずれの試験区も日中は地温が 20℃前後まで上昇し、夜間は 16℃前後まで低下した。試験区間で特に大きな差異は見られなかった。

長期の地温の推移を第 4 図に示した。紙マルチ区で 5 月 20 日から 5 月 22 日の測定値が、他の試験区に比べると低かった。その他の試験区間で特に大きな差異は見られなかった。

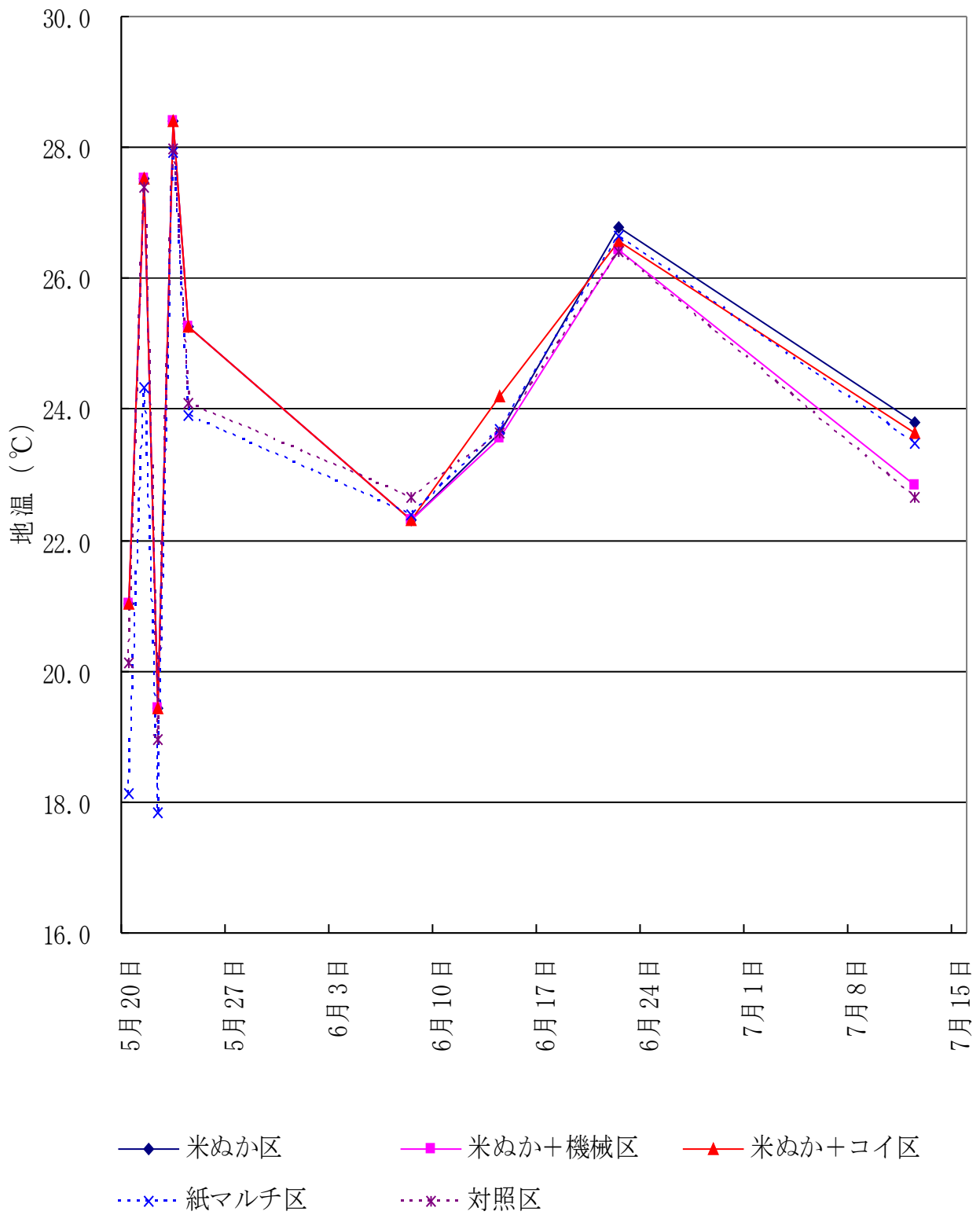
高橋 (1996) の報告によればコイを放飼するための深水処理が地温の低下をまねくとしているが、そのような傾向は本研究では見られなかった。また、再生紙マルチの田面被覆により太陽光がさえぎられることで、地温の低下をまねいたり (1993 小林ら) 逆に夜間の保温性を高めたりするとされているがその傾向もあまり見られなかった。さらに櫻井ら (2001) は黒色再生紙マルチを使用することにより、無マルチに比べて日中の地温が 2℃～3℃上昇すると報告しているが、本研究では逆に再生紙マルチをすることによって、他の区と比べて少し地温が低いという結果になった。



第2図 酸化還元電位の推移



第3図 地温の推移（48時間）



第4図 地温の推移 (長期)

3. 雑草調査

第5表と第5図に6月12日の雑草調査の雑草個体数と雑草乾物重を示した。雑草個体数は米ぬか区でもっとも多く、ついで米ぬか+機械区、米ぬか+コイ区であった。対照区と比較して生育初期の除草効果がそれほど見られなかった。紙マルチ区では、雑草の発生が全く見られなかった。雑草乾物重においても米ぬか区、米ぬか+機械区、米ぬか+コイ区の順で大きかったが、紙マルチ区以外の試験区では有意差が認められなかった。雑草の種類はコナギがすべての試験区で最も多かった。米ぬか+機械区、対照区ではその他の雑草としてハリイが多く見られた。

第6表と第6図に7月19日の雑草調査の雑草個体数と雑草乾物重を示した。雑草個体数は紙マルチ区で最も小さく、有意差が認められた。米ぬか区、米ぬか+機械区、対照区と比較して明らかに個体数が少ない傾向を示した。雑草乾物重では、雑草個体数と同様の傾向を示した。米ぬか+コイ区は個体数、乾物重のいずれにおいても、米ぬか区や米ぬか+機械区と比較して雑草の発生が少なかった。米ぬか区、米ぬか+機械区では、他の区と比較してホタルイの発生が少し多かった。

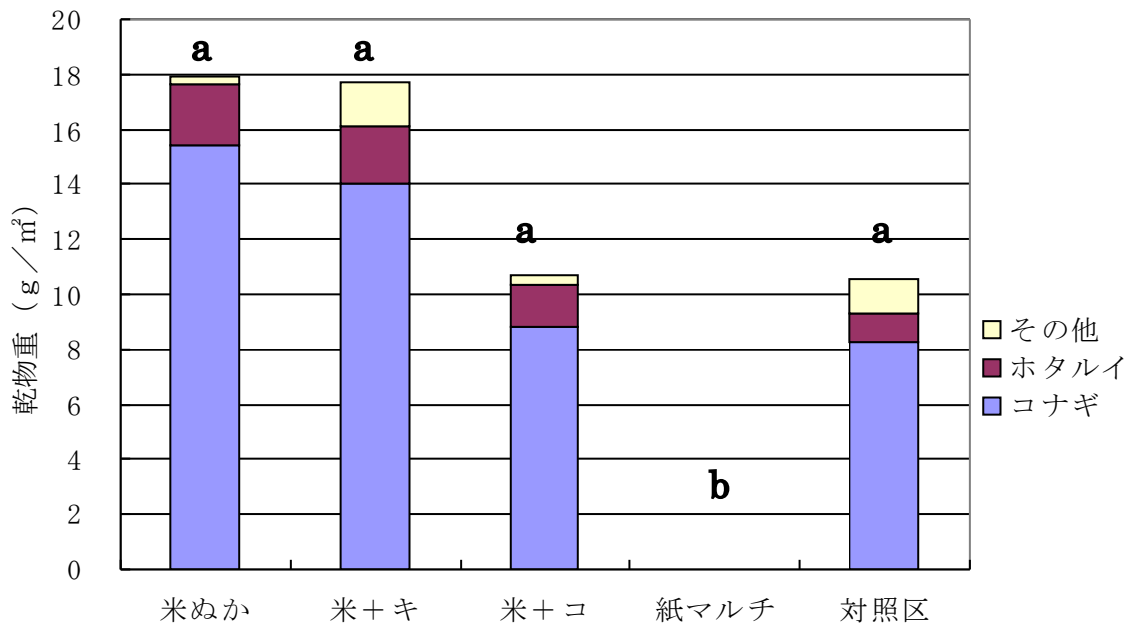
これらの調査結果を総合し除草効果を比較すると、紙マルチ区で最も高い除草効果が認められた。これは紙マルチによって田面全体が再生紙マルチで被覆されていたために、雑草が発生可能な場所は紙マルチと紙マルチのつなぎ目や空いた植え穴であったためと思われた。米ぬか区、米ぬか+機械区では、雑草の発生量は多かった。これは米ぬか散布によって酸化還元電位の低下が他の区と比べ顕著には起こらな

かったために、雑草の発芽抑制効果が小さくなったことによると思われる。また、米ぬか+機械区は機械除草のみの対照区と比較して雑草発生が少なかったため、米ぬか散布に機械除草を組み合わせるにより、高い除草効果が得られると思われた。米ぬか+コイ区では、対照区や他の米ぬか散布区に比べて雑草発生量が少なかった。しかし、肉眼による圃場の観察ではその除草効果にむらが見られた。これはコイが常に移動したり、えさを探したりしていた場所では高い除草効果が見られるが、コイが侵入しなかった場所ではまったく除草が行われなかったためだと考えられる。また、1度雑草が発生すると、コイはそこへは行かなくなってしまうためとも思われた。

第5表 雑草個体数 (6月12日)

試験区	雑草個体数 (本/m ²)					
	コナギ		ホタルイ		その他	
米ぬか	2619	± 593	215	± 65	33	± 19
米+キ	1759	± 383	226	± 26	181	± 77
米+コ	1681	± 386	219	± 113	56	± 17
紙マルチ	0	± 0	0	± 0	0	± 0
対照区	693	± 198	104	± 16	396	± 195

表の値は各試験区ごとの平均値±標準誤差。



第5図 雑草乾物重 (6月12日)

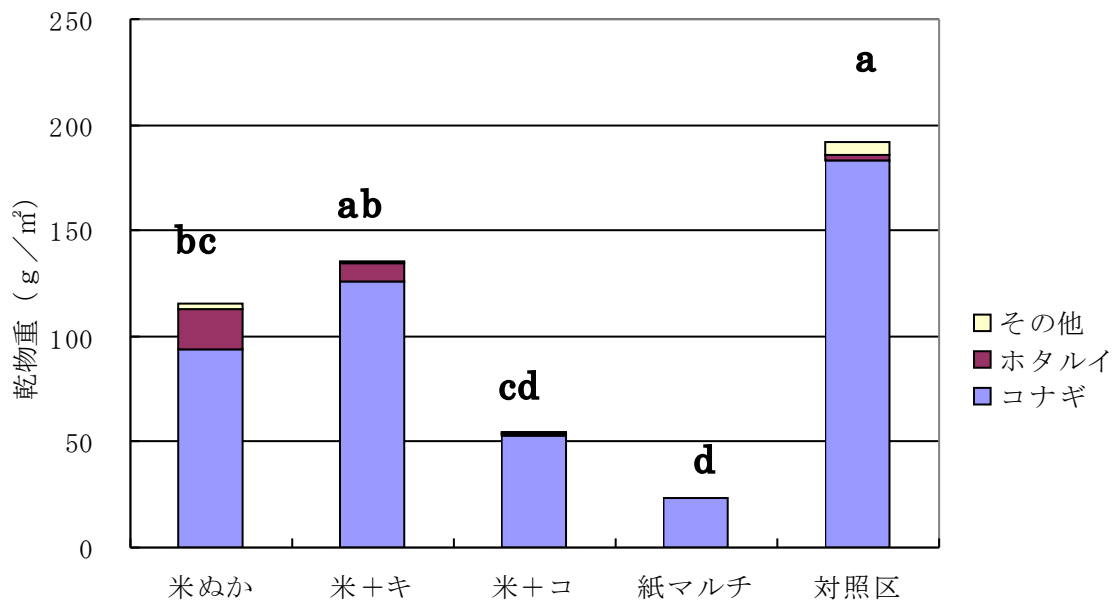
各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において

5%水準で有意差がないことを示す。

第 6 表 雑草個体数 (7 月 19 日)

試験区	雑草個体数 (本/m ²)					
	コナギ		ホタルイ		その他	
米ぬか	2437	± 259	285	± 108	70	± 10
米+キ	1856	± 280	174	± 55	93	± 38
米+コ	519	± 458	7	± 4	7	± 7
紙マルチ	56	± 17	0	± 0	4	± 4
対照区	1148	± 56	74	± 32	607	± 297

表の値は各試験区ごとの平均値±標準誤差.



第 6 図 雑草乾物重 (7 月 19 日)

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において 5%水準で有意差がないことを示す.

4. 病虫害調査

(1) イネミズゾウムシ調査

イネミズゾウムシの発生状況を第3表に示した。個体数は紙マルチ区、対照区、米ぬか+コイ区の順で多く、米ぬか区、米ぬか+機械区で少なかったが、有意差は認められなかった。食害程度は、米ぬか+コイ区と対照区で最もひどく、米ぬか区で最も軽く、有意差が認められた。

山室（2005）の報告では有機物を散布することで有機酸などの分解物が増加し、イネミズゾウムシの生息環境の悪条件を生むため、被害は減少するとしている。本研究においても、米ぬか区と米ぬか+機械区では、成虫の個体数および成虫による食害程度が他の区と比べて低いという結果になった。

(2) 病害調査

穂いもち病および葉いもち病、紋枯れ病、の発生状況を第4表に示した。穂いもち病の発生は紙マルチ区で最も多く、次に米ぬか区、米ぬか+機械区だった。葉いもち病の発生も紙マルチ区が多かったが、どの区も有意差は認められなかった。一般的にいもち病は稲体がぬれていたり、湿っていたりする多湿の状態であると発生が多くなるが、紙マルチ区では茎数が多かったため、風通しが悪くなりいもち病の発生が、他の区と比べて増加し、逆に対照区では茎数が少なかったために発生が抑えられたものと思われた。

紋枯れ病の発生は，米ぬか区でやや多く見られたが，すべての試験区において少なかったため，水稻の生育・収量に影響を及ぼすものではなかった。

第3表 イネミズゾウムシ発生状況

試験区	個体数 (匹/株)	食害程度 (3~0)
米ぬか	0.16 a	2.69 c
米+キ	0.21 a	2.78 c
米+コ	0.42 a	2.98 a
紙マルチ	0.95 a	2.97 ab
対照区	0.85 a	2.98 ab

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において5%水準で有意差がないことを示す。

第4表 いもち病，紋枯れ病発生状況

試験区	穂いもち (%)	葉いもち (%)	紋枯れ (3~0)
米ぬか	0.06 ab	0.08 a	0.18 a
米+キ	0.06 ab	0.08 a	0.04 a
米+コ	0.02 b	0.11 a	0.13 a
紙マルチ	0.16 ab	0.14 a	0.08 a
対照区	0.01 b	0.08 a	0.05 a

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において5%水準で有意差がないことを示す。

5. 生育経過

第7図に草丈の推移を示した。草丈は生育全般を通して紙マルチ区で高く推移した。米ぬか区，米ぬか+機械区ではだいたい同じくらいの推移であった。米ぬか+コイ区は，徐々に高く推移し紙マルチ区同程度であった。対照区では，生育全般を通して1番低く推移した。

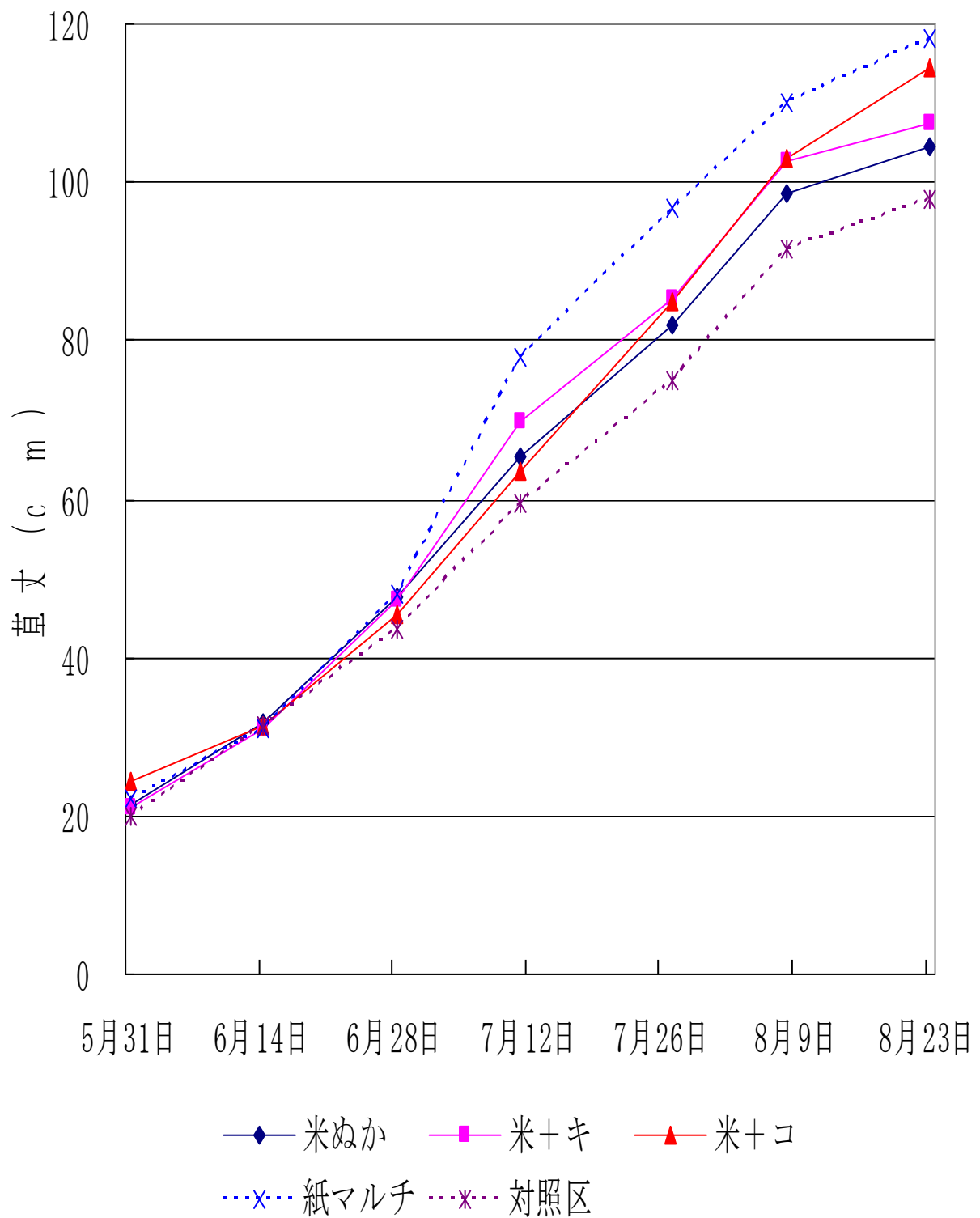
第8図に茎数の推移を示した。茎数でも紙マルチ区で多く推移した。紙マルチ区では他の区と比較して，最高分げつ期が2週間ほど遅かった。米ぬか区，米ぬか+機械区では草丈同様に，だいたい同じくらいの推移であった。米ぬか+コイ区では対照区も含め，他の区と比較して常に低い値で推移した。また最高分げつ期からの減少もあまりなかった。

第9図に葉数の推移を示した。葉数は生育期間を通して，どの試験区でも同じくらいの推移であった。しかし紙マルチ区では，6月中旬から7月上旬まで他の区と比較してやや低かった。

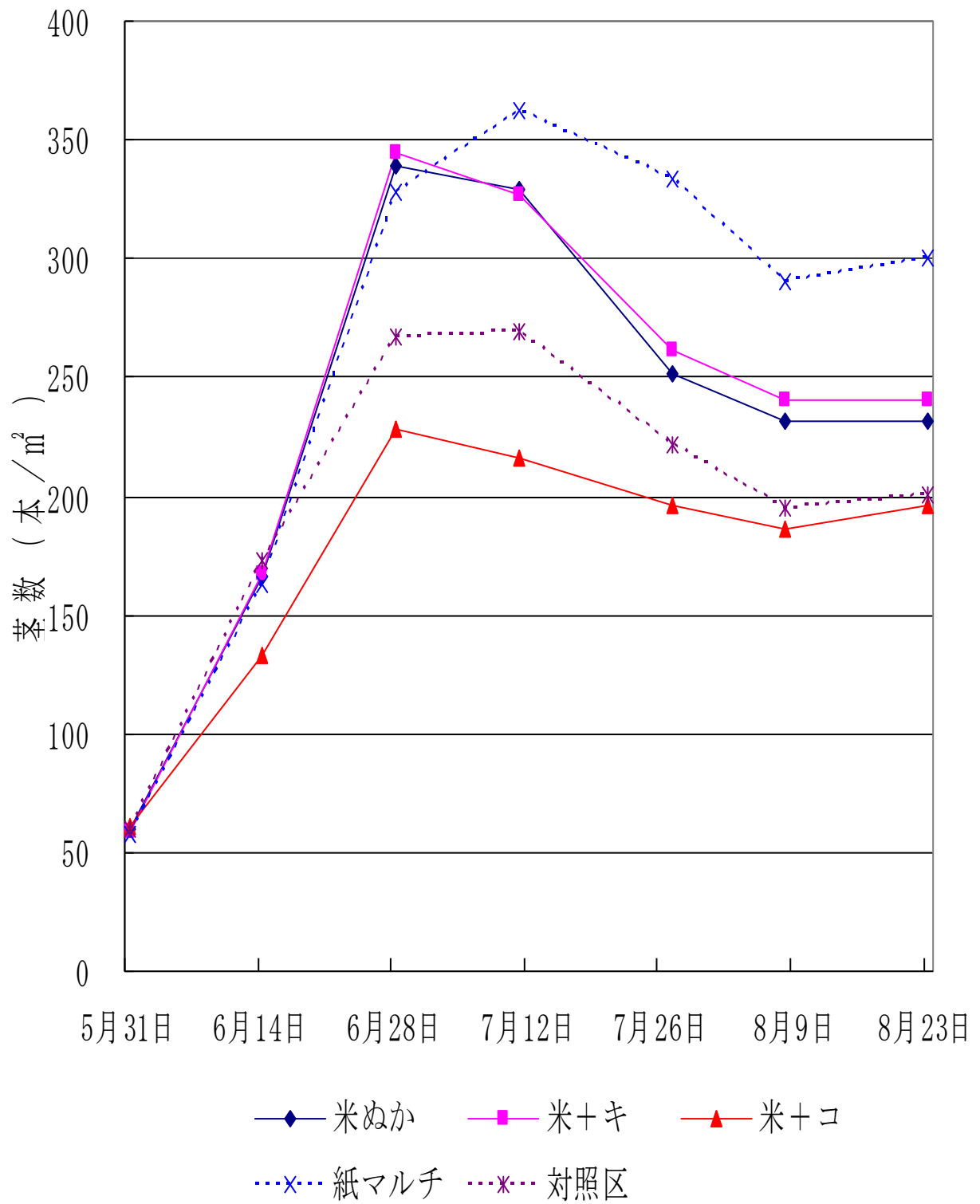
第10図に葉色値の推移を示した。葉色値は米ぬか区，米ぬか+コイ区，紙マルチ区，対照区は最高分げつ期以降低くなり，8月下旬まで続いた。その中でも対照区は1番低く推移した。米ぬか+コイ区は8月上旬以降一番高く推移した。米ぬか+機械区は7月中旬まで低く推移し，その後はやや高く推移した。

対照区と比較して米ぬか区，米ぬか+機械区，米ぬか+コイ区は草丈が高くなり，米ぬか区，米ぬか+機械区で最高分げつ期に茎数が増加したのは米ぬかの肥料効果によるものと思われた。また，生育後期に比較的高い茎数があったことから，米ぬか区の肥料効果は生育後期

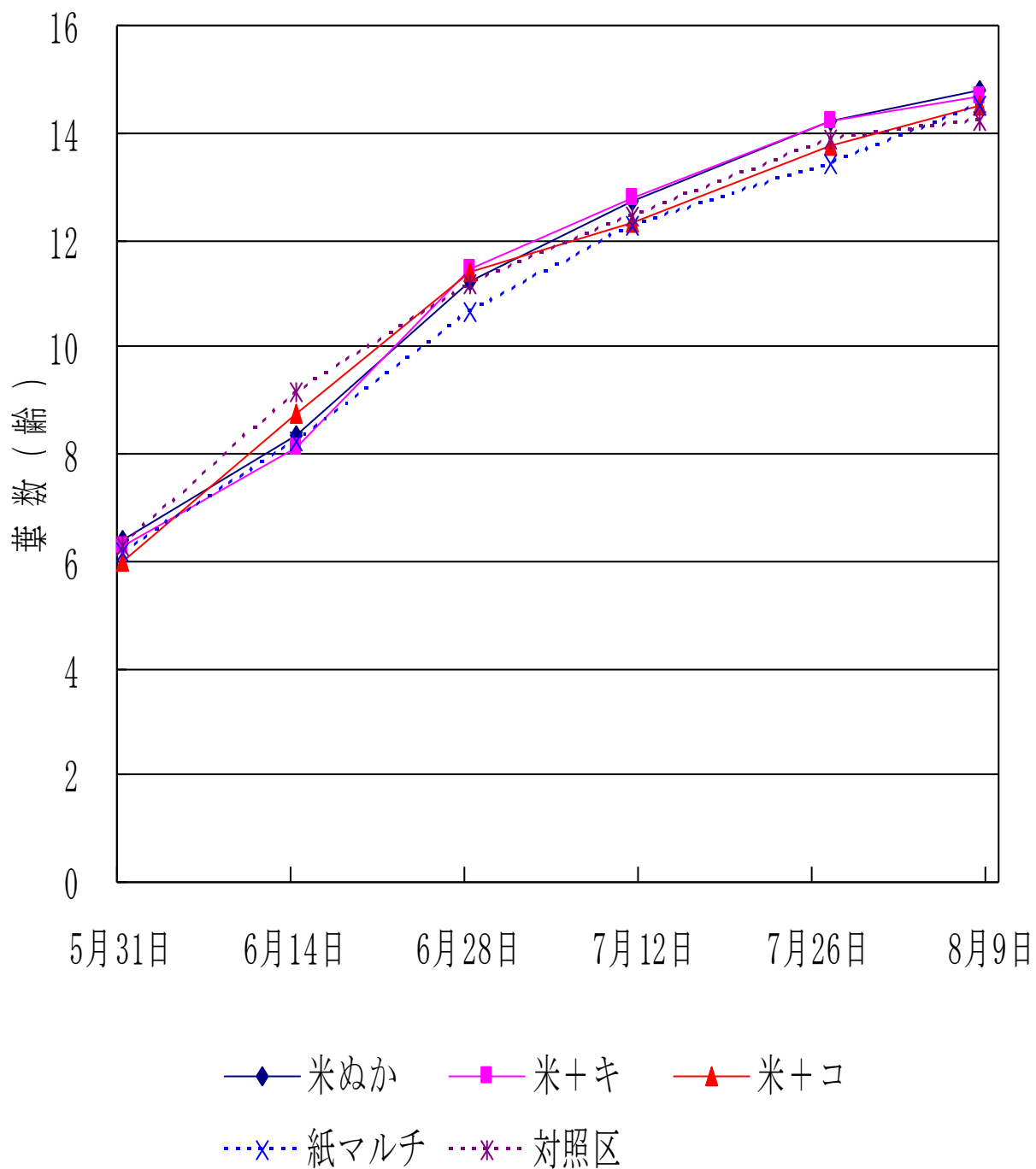
まで続いたと考えられた。米ぬか+コイ区で莖数が低く推移したのは、深水管理の影響からと思われた。また、葉色値が生育後期に高くなったことも、生育初期からの生育不良により稲体への窒素吸収が遅れたためだと思われた。さらにコイが水稻の上根を切断するという報告もある（1995 高橋ら）ことから、そのようなことも影響しているのではないかと思われた。紙マルチ区で草丈、莖数ともに高い値で推移したのは、雑草発生が少なく雑草と水稻との競合がなかったためと思われた。



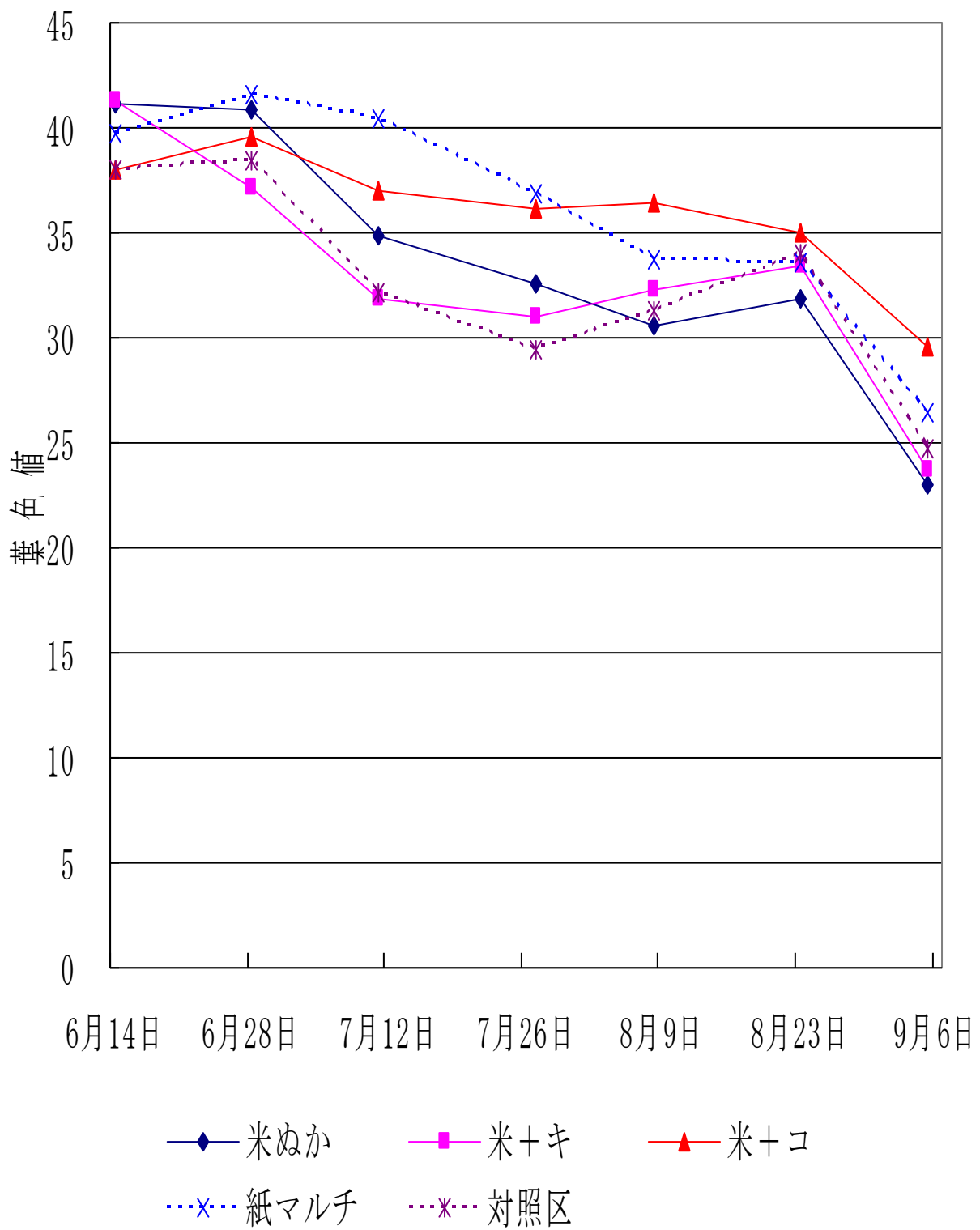
第7図 草丈の推移



第8図 茎数の推移



第9図 葉数の推移



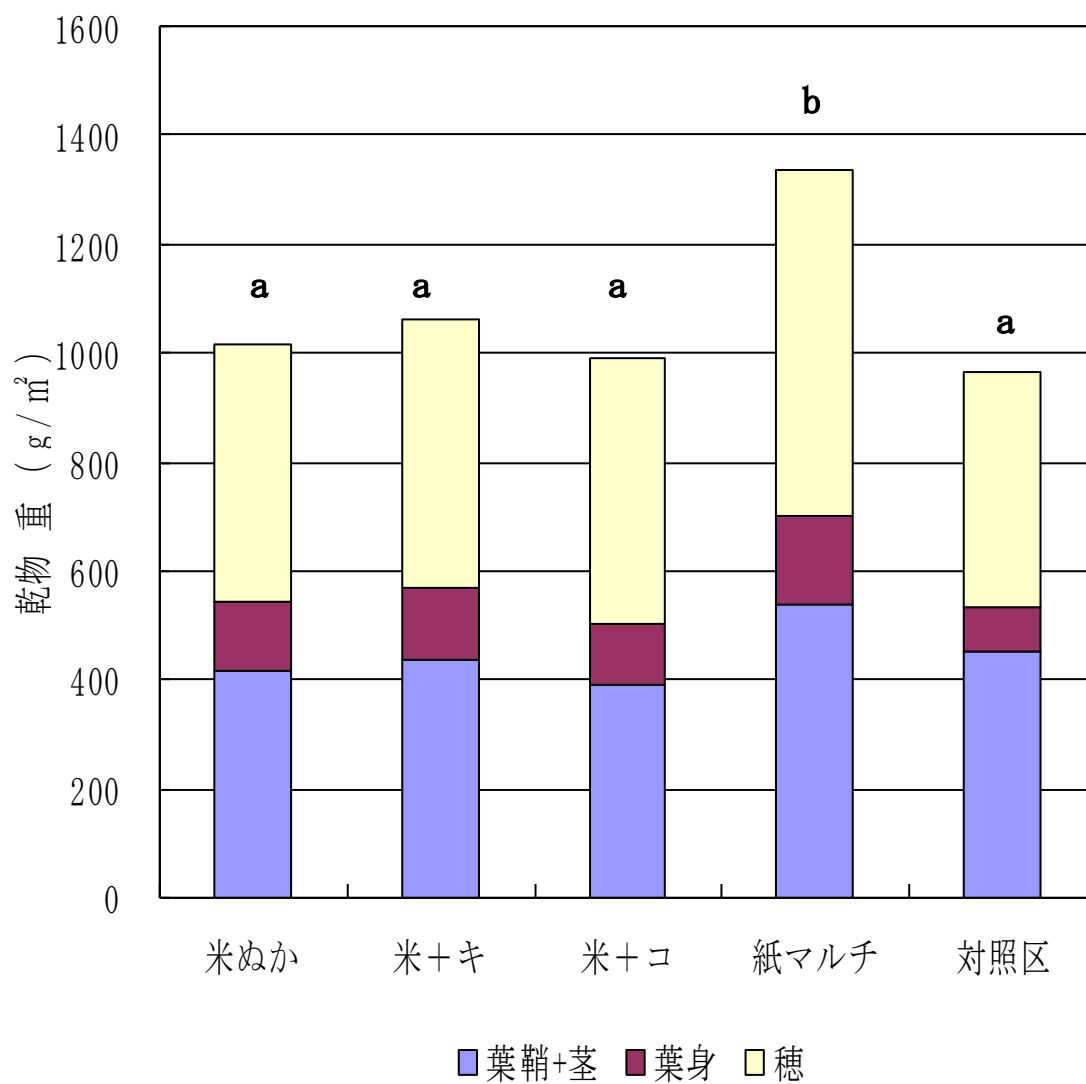
第10図 葉色値

6. 乾物重および窒素含有量

第 11 図に収穫期における器官別乾物重を示した。紙マルチ区でその他の区と比較して有意に大きかった。米ぬか区，米ぬか+機械区，米ぬか+コイ区，対照区では，有意差が認められなかった。

第 7 表に収穫期における器官別窒素含有率および窒素含有量を示した。器官別窒素含有率は，葉身においては対照区で最も高く，紙マルチ区で低く，有意差が認められた。葉鞘+茎，穂においては試験区間で有意な差は認められなかった。窒素含有量については，紙マルチ区で最も高い値を示した。ついで合計では米ぬか+機械区，米ぬか+コイ区，米ぬか区，対照区の順に高かった。

米ぬか区，米ぬか+機械区，米ぬか+コイ区では，対照区と比較して，散布した米ぬかの肥料効果により乾物重がやや増加したのではないかと考えられた。また，紙マルチ区はの窒素含有量が他の区と比較して明らかに大きかったことが，これは紙マルチ区の茎数が多く，また茎も太かったためと思われた。



第11図 器官別乾物重 (収穫期)

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において5%水準で有意差がないことを示す。

第7表 器官別窒素含有率と窒素含有量（収穫期）

試験区	窒素含有率 (%)			窒素含有量 (g/m ²)			合計
	葉身	葉鞘+茎	穂	葉身	葉鞘+茎	穂	
米ぬか区	1.16 ab	0.53 a	1.09 a	1.51 a	2.19 b	5.16 b	8.86 b
米ぬか+機械区	1.09 ab	0.56 a	1.20 a	1.45 a	2.44 ab	5.91 ab	9.80 ab
米ぬか+コイ区	1.17 ab	0.61 a	1.21 a	1.27 a	2.26 b	5.94 ab	9.47 ab
紙マルチ区	0.94 c	0.54 a	1.13 a	1.53 a	2.85 a	7.15 a	11.53 a
対照区	1.19 a	0.51 a	1.15 a	1.38 a	2.32 b	5.02 b	8.72 b

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において

5%水準で有意差がないことを示す。

7. 節間長および収量，収量構成要素，玄米品質，玄米の外観品質

第8表に節間長を示した。穂長は米ぬか+コイ区で長かった。稈長は紙マルチ区で最も長くなり，ついで米ぬか+コイ区であった。節間長は紙マルチ区で上位の節間が長くなる傾向を示した。対照区は他の区と比較して，穂長，稈長および節間長が短いという結果になった。

第9表に収量調査の結果を示した。精玄米重は米ぬか+機械区で最も高く，ついで紙マルチ区，米ぬか+コイ区，米ぬか区，対照区の順に高かった。対照区は最も低くその差は有意であった。全重，精籾重においてもほぼ同様の傾向を示した。

第10表に収量構成要素を示した。穂数は紙マルチ区で最も多く，ついで米ぬか+機械区であった。一穂籾数も紙マルチ区で最も多く，対照区で最も少なかった。登熟歩合は紙マルチ区とその他の区で有意な差が認められたが，玄米千粒重は試験区間で有意な差が認められなかった。

第11表に玄米の食味値およびタンパク含有率を示した。食味値，タンパク含有率について，有意な差は認められなかった。

第12表に玄米の外観品質調査の結果を示した。青米について対照区とその他の区で有意な差が認められたが，完全米，死米，乳白米，腹白米，茶米，胴割れ米については試験区間で有意な差が認められなかった。

節間長について米ぬか区，米ぬか+機械区，米ぬか+コイ区で穂長および上位の節間が，対照区に比べて長くなる傾向が見られたことから，米ぬかの肥料効果は生育後期まで持続し窒素吸収がなされたと思われる。

それにより穂数および一穂粒数もやや高い値が得られ、結果として比較的高い収量が得られた。紙マルチ区では雑草発生が少なかったことが高収量のおもな要因と思われた。渡邊ら（2006）は長期の深水管理が水稻の窒素吸収を抑制すると報告しているが、本研究では、米ぬか＋コイ区は他の区と比較しても収量は劣らなかった。対照区の収量が他の区と比較して劣ったのは、雑草の発生が多く、水稻と雑草の競合があったためと思われた。

第 8 表 穂長，稈長および節間長

試験区	穂長 (cm)	稈長 (cm)	伸長節間長 (cm)						
			I	II	III	IV	V	VI	VII
米ぬか	19.2 bc	76.8 d	34.8 de	18.7 b	12.8 b	7.5 b	3.2 b	0.1 b	0.0 a
米+キ	19.5 bc	79.1 cd	36.1 cd	18.7 b	12.7 b	7.4 bc	3.7 b	0.1 b	0.0 a
米+コ	20.7 a	82.7 b	38.9 a	19.3 b	13.4 b	7.3 cd	3.6 b	0.3 b	0.0 a
紙マルチ	19.2 bc	94.6 a	37.6 b	20.5 a	17.4 a	11.3 a	5.8 a	1.9 a	0.2 a
対照区	18.6 c	71.9 e	33.7 e	17.1 c	11.6 c	6.6 d	2.9 b	0.2 b	0.0 a

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において5%水準で有意差がないことを示す。

第 9 表 収量調査

試験区	全重	精籾重	藁重	籾/藁	総玄米重	屑米重	精玄米重
	(g/m ²)	(g/m ²)	(g/m ²)		(g/m ²)	(g/m ²)	(g/m ²)
米ぬか	1018 c	472 b	546 c	0.87 ab	387 bc	10 bc	377 a
米+キ	1140 b	542 ab	598 b	0.91 ab	448 b	24 b	424 a
米+コ	1070 bc	520 b	550 c	0.94 a	428 bc	17 bc	411 a
紙マルチ	1356 a	610 a	746 a	0.82 ab	514 a	94 a	420 a
対照区	858 d	367 c	491 d	0.75 c	297 bc	14 bc	283 b

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において5%水準で有意差がないことを示す。

第 10 表 収量構成要素

試験区	穂数	一穂籾数	籾数	登熟歩合	千粒重
	(本/m ²)	(粒/本)	(1000粒/m ²)	(%)	(g/1000粒)
米ぬか	231 bc	87 c	20.0 cd	88.9 a	21.2 a
米+キ	246 b	104 b	25.7 b	88.0 a	21.3 a
米+コ	208 cd	106 b	22.2 bc	88.6 a	21.9 a
紙マルチ	275 a	126 a	34.5 a	73.8 b	21.5 a
対照区	191 d	81 c	15.6 d	92.1 a	21.4 a

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において5%水準で有意差がないことを示す。

第 11 表 食味値およびタンパク含有量

試験区	食味値	タンパク (%)	タンパク質含有率 (%)	水分率 (%)	アミロース (%)	脂肪酸 (KOHmg/100g)
米ぬか	82.0 a	5.1 a	6.1 a	15.8 a	19.1 ab	16.2 ab
米+キ	79.7 a	5.4 a	6.4 a	15.4 a	18.9 b	15.6 b
米+コ	79.7 a	5.4 a	6.5 a	15.6 a	19.2 a	17.2 a
紙マルチ	81.7 a	5.1 a	6.1 a	16.0 a	19.2 a	16.1 ab
対照区	79.7 a	5.5 a	6.6 a	16.0 a	19.2 a	16.0 ab

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において5%水準で有意差がないことを示す。

第 12 表 玄米の外観品質

試験区	完全米	青米	死米	乳白米 % (粒数)	腹白米	茶米	胴割れ米
米ぬか	93.0 a	0.0 b	0.2 a	4.8 a	1.6 a	0.3 a	0.1 a
米+キ	94.8 a	0.0 b	0.0 a	4.1 a	0.9 a	0.0 a	0.2 a
米+コ	93.1 a	0.2 b	0.2 a	3.5 a	2.6 a	0.0 a	0.4 a
紙マルチ	91.4 a	0.1 b	0.0 a	5.7 a	1.8 a	0.6 a	0.4 a
対照区	91.7 a	0.9 a	0.0 a	5.3 a	1.1 a	0.8 a	0.4 a

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において5%水準で有意差がないことを示す。

8. 今後の検討課題

今回の実験では、紙マルチ区の生育・収量が一番良かった。今後、米ぬかを使って紙マルチ区と同等の除草効果を得られるように、米ぬかの散布時期や機械除草を行う時期、また米ぬかにどれだけの持続性があるのかについての検討が必要である。しかし、機械除草を行うことで稲の根系が傷つけられるなどの可能性が考えられるため、こちらも今後検討を要すると思われた。さらに、紙マルチを田面に被覆することにより、なぜ生育・収量にここまでの差が出るのかについても、土壌の面からの検討が必要である。

IV 摘要

水稻有機栽培において各種の雑草防除法を同一条件下で並行して行い、除草効果、水稻の生育・収量に及ぼす影響について比較、検討した。米ぬか散布のみを行った区、米ぬか散布と機械除草を組み合わせて行った区、米ぬか散布とコイ除草を組み合わせて行った区、再生紙マルチ除草を行った区、機械除草を行った対照区を設置した。

紙マルチ区では生育時期全般において高い除草効果を示した。米ぬか+コイ区でも紙マルチ区について除草効果があったが、コイ除草の効果はむらがあった。対照区では雑草の発生が多かった。

水稻の生育は雑草との競合が起こらなかった紙マルチ区で最も良好だった。米ぬか区、米ぬか+機械区では、散布した米ぬかの肥料効果が見られ、草丈、茎数が高くなった。米ぬか+コイ区では、深水管理の影響から生育は劣っていた。節間長は対照区に比べて、米ぬか散布区で上位節間がやや長くなった。収量は、全重、穂数、一穂粒数は紙マルチ区が最も高く、米ぬか+機械区、米ぬか+コイ区も比較的高く、対照区は最も低かった。食味値や玄米の外観品質については、試験区間で有意差はなかった。

Summary

Weed Control by Surface Scatting of Rice Bran and Paper Mulching and the Effect on Growth and Yield in Organic Rice Cultivation

Kanako Aikawa

I investigated the effects of rice bran and paper mulching on growth and yield of paddy rice in organic culture.

I installed five plots ; scatting rice bran (Rice bran plot), combination of scatting rice bran with weeder (Rice bran+Weeder plot), combination of scatting rice bran and weeding by carp (Rice bran+Carp), weeding by paper mulching (Paper Mulching plot) and two times weeding by weeder (Control plot).

In all stages of rice growth, weeding by Paper Mulching plot was highly effective. In Rice bran plot, Rice bran+Weeder plot, Rice bran+Carp plot and Control plot, the volume of weeds was more than Paper Mulching plot. The effect of Rice bran+Carp plot was unstable. Control plot was not effective for weeding in comparison with other methods.

Because there was no competition with weeds, the growth of rice was best in Paper Mulching plot. The fertilizer effect of rice bran appeared for the large tiller numbers and long length of rice plant in Rice bran plot and Rice bran+Weeder plot, but not in Rice bran

+Carp plot. Rice bran+Carp plot had bad effect on the growth of rice by the deep flooding management. In Rice bran+ carp plot, top internode length was longer than that in other plots. The highest brown rice yield was 424g/ m² in Rice bran + Weeder plot and followed by Paper Mulching plot, and Rice bran+Carp plot. For yield components, Paper Mulching plot had the highest panicle numbers and high number of grains per head. In five plots, palatability and appearance quality of brown rice were equivalent.

V 謝辞

本研究の遂行および本論文の作成にあたりご指導，ご助言を頂いた作物生産技術学研究室の前田忠信教授，作物栽培学研究室の吉田智彦教授，和田義春准教授，三浦邦夫准教授，土壌学研究室の平井英明准教授，星野幸一技官には心から深く感謝申し上げます。

炎天下や雨の中も共に農場での作業を手伝ってくださった君嶋治樹さん，雑賀正人さん，森島規仁さん，佐藤昭宏君，土壌学研究室の千葉清史さん，箕輪律子さん，岡田麻希さん，加藤治君，星野未奈美さん，東京大学の佐賀井さん，圃場管理などの面でご協力頂きました宇都宮大学附属農場の技官の皆様に深く感謝しております。また，今まで育ててくださった両親，何かとお世話になりました二宮町の上野さん夫妻，至らない自分を支えてくれた作物栽培学研究室の学生の皆様，その他巡り会ったすべての方々に支えられて今の自分があることを心より感謝申し上げます。

VI 参考文献

浅野紘臣・磯部勝孝・坪木良雄 1999 アイガモ栽培における水稻の
収穫期の違いが米の外観品質および食味に及ぼす影響.

日作紀 68 (3) : 375-378

磯辺勝孝・浅野紘臣・坪木良雄 1998 栽培法の違いが水田における
雑草の発生と水稻の生育・収量におよぼす影響 —特にアイガモ農法
に注目して—.

日作紀 67 (3) : 297-301

小山淳・吉田修一・熊谷千冬 2006 乳苗と再生紙黒マルチを組み合
わせた水稻の農薬化学肥料不使用栽培.

農業および園芸 第 81 巻 第 7 号 : 817-823

小林勝志・宮田邦夫・伊藤邦夫 1993 再生紙マルチ水稻栽培につい
て第 3 報 再生紙マルチが肥効と生育に及ぼす影響.

日作紀 62 (別 1) : 32-33

櫻井富久・大谷徹・渡部富男 2001 温暖地の水稻早期栽培における
紙マルチの雑草防除効果と初期生育に与える影響.

日作関東支報 (15) : 36-37

佐藤顕治 2006 水稲有機栽培における各種雑草防除法の除草効果および水稲の生育・収量.

宇都宮大学卒業論文：1-52

高橋眞二・安部浩 1993 コイ農法（仮称）における水田雑草防除法と水稲の生育特性について.

日作中支集録（34）：28-29

高橋眞二・安部浩・古山武夫 1995 鯉の放飼が水田雑草の発生および水稲の生育におよぼす影響.

日作中支集録（36）：1-9

高橋眞二 1996 山間地水稲に対する有機物の施用効果（中国地域における高付加価値化をめざした作物生産）.

日作中支集録（37）：18-19

前田忠信・富樫直人・青柳竜・井上香穂理 2001 水稲有機栽培におけるコイを利用した水田除草.

日作関東支会報（16）：14-15

前田忠信・中村綾子・人見成郎 2003 水稲有機栽培における米ヌカとふすま施用の除草効果と水稲の生育収量.

日作関東支会報（18）：36-37

三谷誠次郎・安養寺寿一・伊藤邦夫 2003 水稲移植栽培における軽
量再生紙マルチの雑草抑制効果
日作中支集録 (44) : 79-84

室井康志・小林勝一郎・高井芳樹 2005 ヒメタイヌビエの生育に対
する米ぬか分剤ならびにペレット剤の作用.
雑草研究 50 (3) : 36-37

山室理恵 2005 不耕起代掻き移植有機栽培が雑草発生と水稲の生育
収量に及ぼす影響.
宇都宮大学卒業論文 : 1-64