

温暖地水稲早期栽培地帯における紙マルチ移植栽培が 雑草防除及び生育・収量に及ぼす影響

篠田 正彦・櫻井 富久*・大谷 徹・小山 豊・渡部 富男

キーワード：紙マルチ移植栽培、水稲、雑草防除、環境保全、減農薬

I 結 言

千葉県では、農薬や化学肥料等の資材の節減を図り、高品質かつ安定した農産物の持続的な生産を実現するために1993年よりプロジェクトチームを編成し、「環境にやさしい稲作技術の開発」を行ってきた。その中で雑草防除においては、除草剤を使用しない技術の確立に取り組み、中耕除草による雑草防除技術を確立した（千葉県農業試験場、1998）。

津野ら（1993）は、除草剤に代わる雑草防除法として、再生紙を利用したマルチングを考案し、これを基にした紙マルチ移植栽培技術は、三谷ら（1995）による産官学共同で開発が行われた。この間、湯谷ら（1993）により、紙マルチによる除草機作は遮光による光合成阻害効果であり、紙マルチと田面の密着という物理的な押さえつけで雑草防除効果が高まることが明らかにされ、また、使用する田植機は1995年に実用機が開発された（小林ら、1995）。

本県は温暖地水稲早期栽培地帯のため、多年生雑草の発生量が多く、雑草の発生生態が他の栽培地帯と異なる。また、移植時の気温が低いため、初期生育の確保を図ることが重要となる。本報では、このような条件下において、研究当初市販されていた再生紙マルチ（以下、白色紙マルチ）と、後に市販された白色紙マルチの片面に墨汁を塗って遮光率を上げた（96.0%→99.8%）黒色紙マルチを比較し、紙マルチ移植栽培法による雑草防除効果と水稲の生育・収量に及ぼす影響を明らかにし、除草剤を使用しない雑草防除法の一つとして確立したので報告する。さらに、生産現場への技術導入に当たっての技術面及び経済性に言及した。

本試験を実施するにあたり、千葉県農業総合研究センター企画調整部経営調査室栗原大二氏には貴重な助言を

いただいた。また、同生産技術部水田作研究室の諸氏には試験の遂行に当たり多大な御協力をいただいた。ここに記して謝意を表する。

II 材料及び方法

試験は1999年～2003年に千葉県農業総合研究センター生産技術部水田作研究室圃場で実施した。土壌は河成沖積壤土、中粗粒強グライ土・滝尾統に属する。

なお、調査圃場ではタイヌビエ、イヌビエ、ケイヌビエが混生しており、本報ではこれらの総称であるノビエとして取り扱った。また、本報でホタルイとして取り扱った草種は、ホタルイ類の中のイヌホタルイが主であった。

試験 1. 紙マルチ移植栽培の雑草防除効果と水稲の生育への影響（1999年）

紙マルチ移植栽培の雑草防除効果を明らかにするとともに、水稲の生育への影響を調査した。供試圃場は、周囲の一般圃場に比べて雑草発生量が多く、特に多年生雑草のミズガヤツリ、クログワイ、ホタルイの発生量が多い条件であった。

試験区は、無処理区、慣行除草剤区、白色紙マルチ区、黒色紙マルチ区の4試験区（無処理区：50m²、他の試験区：200m²）を設置した。無処理区は無除草、慣行除草剤区は、千葉県で一般的に使用されているジメピペレート・ベンスルフロンメチル・ベンフレセット粒剤を処理適期の移植後10日に標準量散布した。

供試品種は「コシヒカリ」とし、4月6日に播種した稚苗を、代かき後6日の4月26日に機械移植した。栽植密度は19.3株/m²とした。移植には、5条の紙マルチ専用田植機（MKP505：（株）三菱農機製）を使用し、紙マルチは120g/m²の遮光率96.0%の白色紙マルチと遮光率99.8%の黒色紙マルチ（（株）三洋製紙製）を使用した。

移植時の水管理は、紙マルチが浮き上がらないように水深をヒタヒタ水程度とし、移植後はそのままにして紙

マルチの土壌面への定着を図った。紙マルチの表面が乾いてきたら浮かないようにゆるやかに入水し、移植後2週間程度は浅水管理を行い、その後は慣行の水管理を行った。

施肥は化成肥料で行い、基肥として窒素を10a当たり3.0kg、リン酸を8.3kg、加里を4.5kg、穂肥として出穂18日前に窒素及び加里をそれぞれ10a当たり2.5kg施用した。

雑草量調査は、移植後60日に各区の雑草量が平均的な4か所各々0.25㎡から雑草を抜き取り、草種別に分類後、本数及び生重の測定を行い、80℃で熱風乾燥後、乾物重を測定した。

水稻の生育調査は、幼穂形成期及び成熟期に各区8か所（無処理区は4か所）各々10株を調査し、収量（精玄米重）は各区8か所（無処理区は4か所）各々10株×6条を刈り取り算出した。

試験2. 秋期防除との組合せによる紙マルチ移植栽培の雑草防除効果 (2000年)

秋期防除と紙マルチ移植栽培との組合せによる多年生雑草の防除効果を調査した。

1999年に秋期防除として、秋期無処理、ロータリ耕、除草剤処理の3処理区を設置した。ロータリ耕は11月上旬に耕耘深度15cmで行い、除草剤処理は10月中旬に標準量のグリホサートアンモニウム塩液剤を茎葉散布した。2000年の紙マルチ移植栽培は、無マルチ区、白色紙マルチ区、黒色紙マルチ区の3処理とし、秋期防除3処理と組合せた計9試験区（無マルチ区：13㎡、白色及び黒色紙マルチ区：25㎡）を設置した。

供試品種は「コシヒカリ」とし、3月31日に播種した稚苗を代かき後4日の4月21日に機械移植し、栽植密度は18.5株/㎡とした。また、水管理は試験1と同様に行った。

基肥は試験1と同様に、穂肥は出穂10日前に窒素及び加里をそれぞれ10a当たり2.0kg施用した。

雑草量調査は、移植後45日に各区2か所各々1㎡（無マルチ区は0.25㎡）から雑草を抜き取り、試験1と同様に調査した。

試験3. 紙マルチ移植栽培が水稻の生育・収量に及ぼす影響 (2000年)

紙マルチ移植栽培が、水稻の生育・収量に及ぼす影響を調査した。

試験区は、紙マルチを使用しない慣行区、白色紙マルチ区、黒色紙マルチ区の3処理に、植付け本数を株当たり3本、5本、7本とした計9試験区、1区：32㎡を設

置した。

供試品種は「コシヒカリ」とし、3月31日に播種した稚苗を、代かき後11日の4月24日に手植えて移植し、栽植密度は18.5株/㎡とした。

施肥及び水管理は試験1と同様に行った。除草は、全試験区において移植後8日にジメピペレート・ベンシルフロンメチル・ベンフレレート粒剤を標準量散布した。

水稻の生育調査は、移植後20日、移植後30日、最高分けつ期、幼穂形成期及び成熟期に各区2か所各々10株を調査し、収量（精玄米重）は、各区2か所各々10株×6条を刈り取り算出した。

また、紙マルチの敷設が地温に及ぼす影響を調査するために、移植後4日に各区の地表下3cmに温度センサーを田面と平行に埋設し、移植後5日から30日まで1時間ごとに地温を測定した。

試験4. 紙マルチ移植栽培の経済性 (2001年～2003年)

紙マルチ移植栽培技術の生産現場への導入に際し、その経済性を検討するために、移植及び水管理に必要な労働時間の調査を2001年～2002年に、手取り除草により増加する労働時間の調査を2003年に行った。

2001年は供試品種「コシヒカリ」、4月23日に機械移植し、試験区は無マルチの慣行区及び黒色紙マルチ区を各260㎡設置した。2002年は供試品種が「コシヒカリ」と「ふさおとめ」、4月22日に機械移植し、無マルチの慣行区及び黒色紙マルチ区を各130㎡設置した。2003年は供試品種「コシヒカリ」、4月23日に10a圃場全面に黒色紙マルチを使用した機械移植を行った。

III 結 果

試験1. 紙マルチ移植栽培の雑草防除効果と水稻の生育への影響

移植後の紙マルチの変化を観察したところ、白色紙マルチは黒色紙マルチに比べて田面への密着性が悪く、田面から浮き上がる箇所が多かった。そのために劣化が早まり、移植後30日頃からマルチに裂け目が生じた。その後、移植後45～50日頃には両紙マルチとも見かけ上崩壊して消失した。

紙マルチ移植栽培による移植後60日の雑草発生量を第1表に示した。一年生雑草では、ノビエが最も多く、無処理区で㎡当たり128本、乾物重32.2gであった。これに対し、各試験区では、発生本数、発生量とも少なく、雑草発生量（乾物重＝以下略）は無処理区に対して、慣行除草剤区が10%、白色紙マルチ区が6%、黒色紙マルチ区が5%であった。また、一年生雑草全体の発生量を

第1表 紙マルチ移植栽培による雑草発生量（試験1）

試験区	一年生雑草					多年生雑草					合計							
	ノビエ		カヤツリ	コナ	その他	計	ホタルイ		ミズガヤツリ				クログワイ		ウリ	計		
	本数 (本)	重量 (g)	重量 (g)	重量 (g)	重量 (g)		本数 (本)	重量 (g)	本数 (本)	重量 (g)	本数 (本)	重量 (g)	重量 (g)	本数 (本)	重量 (g)			
無処理区	128	32.2 (100)	0.7	0.1	2.8	183	35.8 (100)	169	16.0 (100)	34	9.3 (100)	102	37.1 (100)	0.1	309	62.5 (100)	492	98.2 (100)
慣行除草剤区	51	3.1 (10)	1.3	0.0	2.3	109	6.6 (19)	5	0.1 (0.4)	32	9.1 (98)	44	4.7 (13)	0.1	85	13.9 (22)	193	20.6 (21)
白色紙マルチ区	11	1.9 (6)	0.1	0.1	0.6	42	2.7 (8)	9	0.3 (2)	80	19.5 (209)	109	38.1 (103)	t	200	57.9 (93)	241	60.6 (62)
黒色紙マルチ区	9	1.7 (5)	0.1	t	1.9	40	3.7 (10)	5	0.3 (2)	30	7.9 (85)	30	7.0 (19)	1.2	82	16.4 (26)	122	20.1 (21)

注1) 移植後60日調査。m²当たりの乾物重を示した。主な草種と計については左側にm²当たりの雑草本数、下段に雑草発生量の対無処理区の百分比を()内に示した。

2) 表中の「t」は0.05g未満を表す。

比べると、無処理区に対して、慣行除草剤区が19%、白色紙マルチ区が8%、黒色紙マルチ区が10%であり、両紙マルチ区では慣行除草剤区より高い防除効果が認められた。

多年生雑草のうち、種子発生のホタルイでは、一年生雑草と同様に無処理区に比べて各試験区の発升本数、発生量は少なく、両紙マルチ区で慣行除草剤区並みの防除効果が認められた。

一方、ミズガヤツリの各試験区の発生量は無処理区に対して、慣行除草剤区が99%、白色紙マルチ区が209%、黒色紙マルチ区が85%であり、どの試験区も十分な防除効果は認められなかった。

また、クログワイの発生量は無処理区に対して、慣行除草剤区が13%、白色紙マルチ区が103%、黒色紙マルチ区が19%であり、黒色紙マルチ区では慣行除草剤区並みの防除効果が認められたが、白色紙マルチ区では防除効果が劣った。

全雑草発生量は、無処理区でm²当たり98.2gであった。各試験区の発生量は無処理区に対して、慣行除草剤区が21%、白色紙マルチ区が62%、黒色紙マルチ区が21%であり、黒色紙マルチ区では慣行除草剤区並みの雑草防除効果が認められたが、白色紙マルチ区では防除効果が劣った。

なお、紙マルチ移植栽培では、株元に生じる植え穴と紙マルチの合わせ目に露出した土から雑草が発生した。この紙マルチの合わせ目部分については、雑草量調査の抜き取り地点には含めなかった。

紙マルチ移植栽培による水稲の生育及び収量を第2表に示した。無処理区では、雑草害によりすべての調査項目において他の試験区と比べて明らかに劣った。

紙マルチ区の生育を慣行除草剤区と比べると、幼穂形成期の草丈及び稈長は両紙マルチ区ともに同程度であった。幼穂形成期の茎数及び穂数は黒色紙マルチ区でやや少なくなった。精玄米重は、両紙マルチ区ともに慣行除草剤区と同等であった。

第2表 紙マルチ移植栽培における水稲の生育及び収量（試験1）

試験区	幼穂形成期		成熟期		精玄米重 (kg/10a)
	草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	稈長 (cm)	穂数 (本/m ²)	
無処理区	58.6±2.7	383±87	77±4.9	292±43	307±69
慣行除草剤区	64.6±2.1	596±43	89±4.0	408±24	582±29
白色紙マルチ区	62.9±1.7	578±41	88±2.2	407±33	559±22
黒色紙マルチ区	64.7±1.3	623±49	87±3.0	430±23	576±34

注) 平均値±標準偏差で示した。粒厚1.8mm以上を精玄米とした。

第3表 紙マルチ移植栽培と秋期防除の組合せによる雑草防除効果（試験2）

試験区	秋期防除	雑草発生量(乾物重g/m ²)			合計量の百分比	
		一年生雑草	多年生雑草	合計	対秋期無処理	対白色紙マルチ区
紙マルチ	秋期無処理	98.3	59.8	158.0	100	—
	ロータリ耕	74.1	44.2	118.2	75	—
	除草剤処理	193.4	25.8	219.2	139	—
白色紙マルチ区	秋期無処理	1.5	12.2	13.7	100	100
	ロータリ耕	2.2	8.4	10.6	78	100
	除草剤処理	0.1	7.7	7.8	57	100
黒色紙マルチ区	秋期無処理	0.5	2.7	3.3	100	24
	ロータリ耕	1.6	0.8	2.4	74	23
	除草剤処理	0.1	1.2	1.3	40	17

注) 移植後45日調査。

試験2. 秋期防除との組合せによる紙マルチ移植栽培の雑草防除効果

紙マルチ移植栽培と秋期防除の組合せによる雑草防除効果を第3表に示した。無マルチ区の発生雑草は、一年生雑草ではノビ

エが95%以上を占め、多年生雑草は、ホタルイ、ミズガヤツリ及びクログワイであった。秋期防除のみの無マルチ区では一年生雑草の発生は抑えられなかったが、多年生雑草の発生量は秋期無処理が m^2 当たり59.8gであったのに対し、ロータリ耕で44.2g、除草剤処理で25.8gと少なくなった。

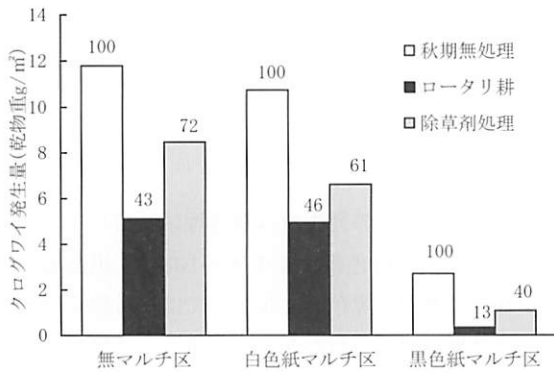
紙マルチ区の一年生雑草は、いずれの秋期防除区においても極めて少なく、試験1の結果と同様に防除効果が

高かった。

紙マルチ区の多年生雑草は、いずれの秋期防除区においても白色紙マルチ区の発生量が多かった。また、両紙マルチ区ともに、秋期無処理に比べて、ロータリ耕と除草剤処理では発生量がやや少なくなった。

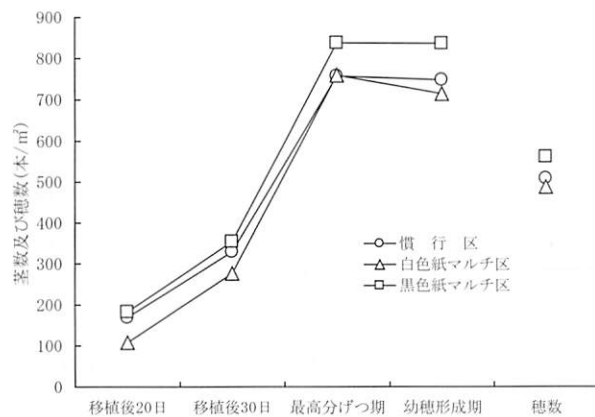
黒色紙マルチ区の全雑草発生量は、白色紙マルチ区の発生量の17~24%と少なかった。また、秋期防除の処理別にみると、両紙マルチ区では、秋期無処理に対してロータリ耕が74~78%、除草剤処理が40~57%と秋期防除の雑草防除効果が認められた。

秋期防除の処理別に多年生雑草の主要な草種であるクログワイの発生量を第1図に示した。いずれの秋期防除の処理でも、白色紙マルチ区と無マルチ区では防除効果に大きな差はみられないが、黒色紙マルチ区のクログワイ発生量は他の区に対して25%以下と少なかった。また、どのマルチ区でもクログワイ発生量は、秋期無処理に対して、ロータリ耕が13~46%、除草剤処理が40~72%と少なくなった。



第1図 クログワイ発生量に及ぼす紙マルチ移植栽培と秋期防除の組合せの影響 (試験2)

注1) 移植後45日調査。
2) 図中の数値は各マルチ区の対秋期防除無処理区の指数を示す。



第2図 植付け本数5本区の茎数の推移及び穂数 (試験3)

試験3. 紙マルチ移植栽培が水稻の生育・収量に及ぼす影響

紙マルチ移植栽培では、移植作業の際、土壌表面が紙マルチで覆われるために、植穴への土の戻りがほとんど無くなり、慣行と比べて活着が遅れることが観察された。

植付け本数5本区の茎数の推移及び穂数を第2図に示した。また、生育・収量について第4表に示した。

茎数は、植付け本数5本区で比べると、移植後20日~30日の生育初期では慣行区と比べて白色紙マルチ区では少なく、黒色紙マルチ区ではほぼ同等に推移した。その後、最高分げつ期まで、両紙マルチ区の茎数は慣行区より増加し、最高分げつ期には白色紙マルチ区は慣行区と同等、黒色紙マルチ区は慣行区より10%程度多くなった。穂数は、白色紙マルチ区では慣行区の96%となり、黒色紙マルチ区では10%程度多くなった。

第4表 紙マルチ移植栽培が水稻の生育・収量に及ぼす影響 (試験3)

試験区	植付け本数(本)	移植20日後		最高分げつ期		成熟期			精玄米重	
		茎数(本/m ²)	比	茎数(本/m ²)	比	稈長(cm)	穂数(本/m ²)	比	(kg/10a)	比
慣行区	3	113	67	718	95	94	485	95	664	104
	5	169	100	757	100	93	509	100	641	100
	7	263	155	746	99	92	542	107	656	102
白色紙マルチ区	3	78	46	699	92	93	463	91	625	97
	5	108	64	759	100	94	488	96	639	100
	7	184	109	764	101	93	533	105	663	103
黒色紙マルチ区	3	91	54	679	90	94	490	96	653	102
	5	183	108	837	111	94	561	110	673	105
	7	177	104	767	101	92	524	103	632	99

注1) 粒厚1.8mm以上を精玄米とした。
2) 比は、慣行区の植付け本数5本区に対する百分比。

植付け本数の茎数に与える影響は、最高分げつ期には小さくなった。穂数は、植付け本数3本の場合には、白色紙マルチ区でやや少なくなったが、植付け本数が標準の5本以上であれば、白色紙マルチ区でも慣行区並みの穂数を得ることができた。また、黒色紙マルチ区では、植付け本数が3本と少ない場合においても慣

行区並みの穂数を確保することができた。

草丈に対する紙マルチ移植栽培の影響はみられず、稈長はすべての試験区で同等であった。

精玄米重は、慣行栽培の標準植付け本数である慣行区5本区の収量641kg/10aと比べると、いずれの紙マルチ区及び植付け本数でも収量に差は認められなかった。

移植後5日から30日までの最高地温及び最低地温の推移と日照時間を第3図に示した。最高地温は、黒色紙マルチ区では慣行区と比べて1～4℃高く推移した。白色紙マルチ区では慣行区と比べると、入水前の移植後5～10日頃までは約1℃低く、その後は同程度～約2℃高く推移した。移植後10日頃までは、水管理を移植後のヒタヒタ水程度で行った時期であった。黒色紙マルチ区における慣行区との最高地温の差は、日照時間が長いほど大きくなる傾向が認められた。また、最低地温には試験区間差は認められなかった。

寡照日として日照時間が1.8時間と少ない5月20日と、多照日として日照時間が9.9時間と多かった5月5日の地温の変化を第4図に示した。

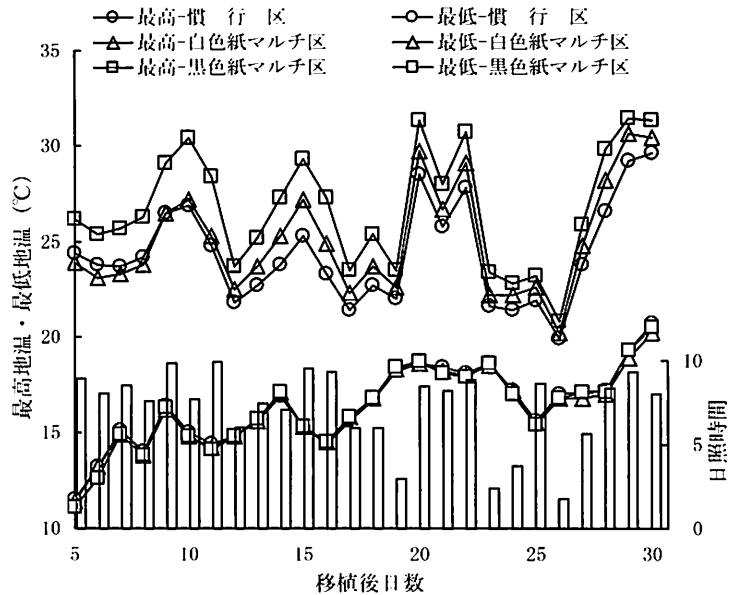
寡照日の地温の日変化は、日中の9時～16時にかけて黒色紙マルチ区は他の区より若干高く、白色紙マルチ区は慣行区とほとんど差が無く推移した。多照日では、夜間の差は認められないが、日中の7時～17時にかけて黒色紙マルチ区で慣行区より高く推移して、特に最高地温では約4℃高くなった。

試験4. 紙マルチ移植栽培の経済性

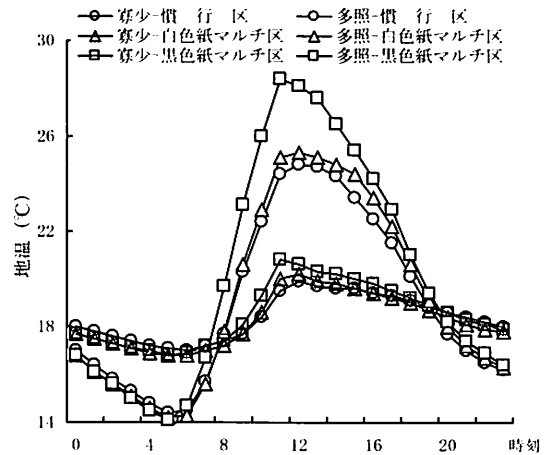
紙マルチ田植機の移植時間は、欠株や浮苗を少なくするために作業速度を遅くする必要があり、慣行田植機より約1.5倍長く要した。また、移植作業の補助として常時2名が必要であり、このための労働時間は慣行移植時間の1.2倍が必要と判断した。さらに、通常以外の水管理に10a当たり約1時間要した。

紙マルチ移植栽培圃場において、手取り除草を移植後90日に1回行ったところ、周縁部で合計3時間、圃場内で合計6時間の併せて9時間要した。黒色紙マルチを使用した紙マルチ移植栽培の収量は、試験1及び試験3の結果から慣行と同程度と仮定した。

以上を基に、慣行栽培と比較した紙マルチ移植栽培の経済性を第5表に示した。全算入生産費は、慣行栽培で10a当たり157,270円、60kg当たり18,502円であるのに対し、紙マルチ移植栽培では10a当たり213,244円、



第3図 紙マルチ移植栽培が地温に及ぼす影響 (試験3)
注) 地温の測定は、地表下3cmで行った。日照時間は大膳野圃場のデータ。



第4図 紙マルチ移植栽培が寡照日及び多照日の地温の日変化に及ぼす影響 (試験3)
注1) 寡照日：5/20 日照時間1.8時間、降水量35mm。
2) 多照日：5/5 日照時間9.9時間、降水量0mm。
3) 地温：地表下3cm。

60kg当たり25,088円となり、慣行栽培に比べて60kg当たり6,586円高くなると試算された。なお、白色紙マルチの使用では、生産費は60kg当たり約300円低くなった。

IV 考 察

1. 紙マルチ移植栽培の雑草防除効果と紙マルチの色の違い

試験1及び試験2の結果から、ノビエを中心とする一年生雑草に対しては、白色紙マルチ及び黒色紙マルチ移植栽培は、どちらも慣行除草剤並みの防除効果があった。しかし、多年生雑草に対しては、遮光性がほぼ100%の黒色紙マルチを使用しないと慣行除草剤並みの防除効果は得られなかった。

第5表 紙マルチ移植栽培の経済性(試験4)

項目	慣行栽培	紙マルチ移植栽培		
			差	
労働時間 (時間/10a)	代かき	1.1 時間	1.1 時間	—
	田植え	5.0 時間	9.0 時間	+ 4.0時間
	雑草防除	2.0 時間	9.0 時間	+ 7.0時間
	水管理	6.1 時間	7.1 時間	+ 1.0時間
	追肥	0.7 時間	0.7 時間	—
	病虫害防除	0.7 時間	0.7 時間	—
	その他計	18.4 時間	18.4 時間	—
	合計	34.0 時間	46.0 時間	+12.0時間
収量 (kg/10a)	510 kg	510 kg	—	
生産費 (円/10a)	肥料費	6,330 円	6,330 円	—
	農薬薬剤費	5,202 円	2,202 円	- 3,000円
	諸材料費	6,562 円	25,672 円	+19,110円
	農機具費	18,931 円	36,931 円	+18,000円
	労働費	61,935 円	83,799 円	+21,864円
	その他計	27,213 円	27,213 円	—
	費用合計	126,173 円	182,147 円	+55,974円
	副産物価格	1,745 円	1,745 円	—
	生産費	124,428 円	180,402 円	+55,974円
	同60kg当たり	14,639 円	21,224 円	+ 6,585円
全算入生産費(円/10a)	157,270 円	213,244 円	+55,974円	
同60kg当たり	18,502 円	25,088 円	+ 6,586円	

注1) 慣行栽培は、千葉農林水産統計年報 ((社)千葉農林水産統計協会、2003) のデータを参照。

- 2) 紙マルチ移植栽培の田植え時間は、 $5.0 \times 1.5 \times 1.2 = 9.0$ として算出。
- 3) 同諸材料費の増加部分は黒色紙マルチ代。
- 4) 同農機具費の増加部分は紙マルチ田植機代。これは、慣行田植機より100万円高いため、利用面積を100aとして、 $1,000,000円 \times 0.9 / 5年 / (100 / 10)$ から算出。
- 5) 同労働費は、慣行栽培と同じ時間当たり1,822円と労働時間から算出。

白色紙マルチは、黒色紙マルチを比べ内側に空気が入りやすく、そこが水面上に出て破れやすくなることが観察された。このことは、土田ら(1999)が述べたとおり、白色紙マルチでは遮光性が低いため、田面の藻類由来の気泡が多く発生し、紙マルチが浮きやすくなったことが原因と考えられる。黒色紙マルチと比べると、白色紙マルチの方が田面との密着性が弱まり、崩壊性も早まり、多年生雑草に対する防除効果が劣ったと考える。

湯谷ら(1993)は、ノビエは紙マルチの下でも正常に発芽し、2~3葉まで出葉するものの黄化・徒長して移植後2週間後までもやし状になり、ほぼ3週間後で枯死状態になること、また、ノビエ、コナギなどの一年生雑草及び種子発生のホタルイは、移植後4週間後に紙マルチを除去しても収穫期まで雑草の生成はほとんどみられないことを報告している。本試験においても、ノビエやホタルイは、移植後30日頃から裂け目が生じた白色紙マルチにおいても慣行除草剤並みの防除効果を得ることができた。

これに対し、温暖地早期栽培の特徴である多年生雑草、特にクログワイは、発生期間が5月上旬~10月と長く続

くことが報告されている(山岸・武市、1978)。また、塊茎から出芽するミズガヤツリやクログワイなどは、ノビエなどの一年生雑草の葉と比べると厚く太く折れにくいことから、浮いた紙マルチを突き破ることも観察された。これらのことから、浮きやすく破れやすい白色紙マルチでは、多年生雑草に対して十分な防除効果は得られなかった。同様に、白色紙マルチより黒色紙マルチの雑草防除効果が高いという報告が、特に多年生雑草のマツバイ、ホタルイ、オモダカ、クログワイに関して谷口ら(1998)から、ホタルイ優先圃場における雑草発生量に関して土田ら(1999)から示されている。

本試験では、雑草防除効果の高い黒色紙マルチを使用しても、塊茎から発生するミズガヤツリやクログワイに対する防除効果は十分ではなかった。一方、収穫後の秋期(9月~11月頃)に

塊茎を形成するミズガヤツリ、クログワイ、オモダカなどは、稲刈り後の早期の耕耘や除草剤処理を行うと防除効果が高いことが明らかになっている(小山、1999)。本試験において、紙マルチ移植栽培と秋期防除と組み合わせることで多年生雑草の防除効果が高まることが示され、黒色紙マルチを使用した紙マルチ移植栽培と秋期防除の組み合わせによって、一年生雑草及び多年生雑草のいずれに対しても、除草剤を使用せずに雑草防除が可能であることを明らかにした。

ただし、紙マルチ移植栽培の注意点として、株元の植え穴と紙マルチの合わせ目から雑草が発生し、紙マルチの崩壊・消失後にノビエなどの手取り除草を行う必要が生じた。

2. 紙マルチ移植栽培の水稲の生育・収量に与える影響と紙マルチの色の違い

紙マルチ移植栽培では、移植時に植え穴への土の戻りがほとんどないために活着が遅れ、白色紙マルチ区では生育初期の茎数が抑制された。一方、黒色紙マルチ区の植え付け本数5本区では、慣行栽培の無マルチ区以上の

茎数が推移した。この生育差の原因としては、地温の影響が考えられる。白色紙マルチ区では慣行栽培の無マルチ区と比べて地温の上昇はほとんどみられなかったが、黒色紙マルチ区では日中の地温が無マルチ区と比べて明らかに上昇した。黒色紙マルチ区で初期の茎数増加が認められた理由は、地温の上昇による生育促進と土壌からの窒素発現量が高まったためと推測できる。小林ら(1993)の報告では、白色紙マルチ区は無マルチ区より最高地温が低く、谷口ら(1998)や土田ら(1999)は、黒色紙マルチ区は無マルチ区と比べて平均地温(深さ5 cm)は変わらないが、白色紙マルチ区は無マルチ区と比べて低いと報告している。地域や地温の測定深度が異なるので一概に比較はできないが、この白色紙マルチ区の地温の低下を茎数抑制の原因の一つとしている。本試験では、白色紙マルチ区の最高地温は、無マルチ区より移植後5~10日頃はやや低く、その後は同程度~やや高く推移した。これは、入水や藻類の発生、紙マルチ上への酸化沈殿物質の付着等で太陽光の反射が弱まったためと考えられる。このことから、白色紙マルチの初期の茎数抑制の主原因は、活着の遅れと考える。

試験3の結果から、紙マルチ移植栽培の植付け本数5本区の水稲の茎数は移植後30日~最高分げつ期にかけて無マルチ区より増加した。紙マルチ移植栽培では、紙マルチで土壌表面を覆うことにより施肥窒素の脱窒が抑えられ、一部は紙マルチに取り込まれるという報告がある(高橋・山室、1995)。また、上野(1996)は、紙マルチ移植栽培では肥料窒素の水稲による吸収量が増加し、脱窒・流亡が減少することを報告している。本試験においても、これら脱窒・流亡が抑えられた施肥窒素が、紙マルチの崩壊に伴って水稲に吸収され、茎数の増加につながったものと考えられ、同様な報告が土田ら(1999)からもなされている。

紙マルチ移植栽培、特に白色紙マルチを使用した場合には、活着の遅れから生育初期の茎数の抑制がみられるが、最高分げつ期以降は慣行並みの生育となり、同程度の収量が得られた。しかしながら、地温の上昇効果がみられる黒色紙マルチを使用する方が、茎数の増加や増収の可能性もみられ、栽培上においても有利であると考えられる。

3. 紙マルチ移植栽培の経済性と有機栽培米

紙マルチ移植栽培の経済性を検討した結果、生産費が慣行栽培に比べて、玄米60kg当たり約6,600円高くなることが明らかになった。谷口ら(1998)からは慣行の24%高、三谷(1999)からは2割(約4,000円)高、栗原(2003)からは約6,200円高となる報告がある。一方、減

化学肥料・減農薬栽培による千葉県の認証制度「ちばエコ農産物」の認証米(JA全農ちば扱いの「もっと安心米」)には奨励金が支給されるが、その額は生産費高の1/5程度にしか過ぎない。したがって、紙マルチ移植栽培の導入に当たっては、単に除草剤を使用しない減農薬栽培ではなく、無農薬無化学肥料栽培(有機栽培)の中の無除草剤技術とし、有機栽培米として販売するなど、高付加価値=高販売価格を受け容れうる出荷先の確保が必要であるとする。実際、県内でこうした事例が報告されている(熊谷、2003)。

4. 紙マルチ移植栽培の移植時及び圃場選定上の留意点

移植時の7 m/s以上の強風及び5 cm程度の湛水は、紙マルチが苗ごとあおられたり、紙マルチが水の中を漂ってしまい、移植作業が困難となった。

また、紙マルチ移植栽培技術導入の際は、正しい長方形、高い均平性及び雑草の少ない圃場を選定することが、手取り除草や水管理の労働費削減に結びつく。

V 摘 要

温暖地早期栽培という特徴ある栽培条件及び雑草発生状況下で、紙マルチ移植栽培法の適用性を検討し、以下の点を明らかにした。

1. 紙マルチ移植栽培では、移植後60日の一年生雑草の発生量を除草剤処理並みに抑えることができた。しかし、多年生雑草に対しては紙マルチの種類により防除効果は異なり、黒色紙マルチを使用するとほぼ慣行の除草剤処理並みの防除効果が得られた。
2. 紙マルチは移植後45~50日で崩壊・消失した。発生前の長い多年生雑草は紙マルチ消失後も発生してくるため、防除効果の高い黒色紙マルチを使用しても残草が見られた。紙マルチ移植栽培に、収穫後のロータリ耕やグリホサートアンモニウム塩処理による秋期防除を組合せることにより雑草防除効果が高まり、一年生雑草ばかりでなく多年生雑草を含めて、除草剤を使用せずにはほぼ完全に雑草防除を行うことが可能であった。
3. 紙マルチ移植栽培における生育初期の茎数は、活着の遅れにより抑制されたが、黒色紙マルチを使用すると、慣行栽培の無マルチ区と比べて最高地温が1~4℃高くなるため、茎数の抑制はほぼ回避された。白色紙マルチの使用で、初期の茎数が抑えられた場合でも、最高分げつ期以降は生育が回復し、慣行並みかそれ以上の収量が得られた。
4. 地表下3 cmの最高地温は、黒色紙マルチでは慣行

の無マルチより高くなった。地温の日変化は日照時間と関係し、日照時間の多い日は日較差が大きくなり、日中の地温は黒色紙マルチの使用では慣行と比べて高くなり、白色紙マルチの使用では慣行並みであった。

5. 紙マルチ移植栽培の生産費は、慣行栽培と比べて玄米60kg当たり約6,600円高くなるため、生産現場への技術導入に当たっては、無農薬無化学肥料栽培米とする等付加価値をつけ、高価格で販売することが必要である。

引用文献

- 千葉県農業試験場 (1998). 環境にやさしい稲作・野菜・果樹新技術の開発と実証. 環境保全型農林業技術開発研究事業第I期成果報告書: 9-10.
- 小林勝志・宮田邦夫・伊藤邦夫 (1993). 再生紙マルチ水稲栽培について 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.
- 小林勝志・湯谷一也・伊藤邦夫 (1995). 農用再生紙の水田マルチングによる雑草抑制と水稲栽培. 農業技術. 50: 168-173.
- 小山豊 (1999). 温暖地の水稲早期栽培における水田雑草の生態及び防除. 農業技術. 54: 399-403.
- 熊谷一秀 (2003). 水稲紙マルチ栽培は技術・経営・環境学習の積み重ねが大切. 千葉県・千葉県農林技術会議. 平成14年度作物部門試験研究成果発表会資料: 30-32
- 栗原大二 (2003). 環境にやさしい水稲新技術の経営的評価. 千葉県農業総合研究センター. 平成14年度農業経営研究調査成績書: 58-61.
- 三谷誠次郎 (1995). 再生紙マルチ田植機の開発研究. 鳥取農試研報. 25: 1-7.
- 三谷誠次郎 (1999). 中山間地の米作りに朗報「黒色再生紙マルチ」で生育も収量もOK. グリーンレポート. 315: 2-3.
- (社)千葉県農林水産統計協会 (2003). 千葉農林水産統計年報 平成13年~14年: 145-146.
- 高橋茂・山室成一 (1995). 水田土壌における施肥窒素の行方に及ぼす再生紙マルチの影響. 土肥誌. 66: 267-269.
- 谷口岳志・中沢伸夫・斉藤稔・酒井長尾・上原敬義・根田裕子 (1998). 中山間寒冷地における黒色再生紙マルチによる雑草防除と水稲の生育. 長野県農事試験場. 平成9年度研究成果情報.
- 土田徹・高橋能彦・岩津雅和 (1999). 再生紙の色の違いが雑草抑制効果及び水稲の生育・収量に及ぼす影響. 新潟農総研研報. 1: 23-27.
- 津野幸人・山口武視・中野淳一・河上英俊 (1993). 水稲の再生紙マルチ栽培の理論的根拠ならびにその応用試験. 日作紀. 62(別1): 28-29.
- 上野秀人 (1996). 水稲の再生紙マルチ栽培とその応用. 農業および園芸. 71: 484-488.
- 山岸淳・武市義雄. 水田多年生雑草防除に関する研究 第Ⅳ報 クログワイの生理生態的特性について. 千葉農試研報. 19: 191-217.
- 湯谷一也・小林勝志・三谷誠次郎・伊藤邦夫 (1993). 再生紙マルチ水稲栽培について 第2報 水田雑草の発生に及ぼす影響. 日作紀. 62(別1): 30-31.

Effects of Transplanting A Culture of Rice Using Paper Mulching On Weed Control, and Rice Plant Growth and Yield During the Early-season Culture Area in a Temperate Climate.

Masahiko SHINODA, Yoshihisa SAKURAI*, Tohru OHTANI, Yutaka KOYAMA, Tomio WATANABE

Key words : paper mulching, paddy rice,
weed control, environmental preservation,
agricultural reduction

Summary

We examined the adaptability of a transplanting culture of rice with paper mulching on characteristic rice plant growth and paddy weeds in an early-season culture area with a temperate climate and obtained the following results.

1. Using the transplanting culture of rice with paper mulching was as effective as using herbicides in preventing the emergence of annual weeds around 60 days after transplanting. However, for perennial weeds, paper mulching had a different effect on weed control. Using black paper mulching was as effective in weed control as using herbicides.
2. The paper mulching disintegrated and disappeared 45 to 50 days after transplanting. Since perennial weeds have a long emergent period, they could grow after the paper mulching disappeared. Using black paper mulching with a high weed-control capacity could keep the weeds from growing. The transplanting culture of rice with paper mulching coupled with rotary tilling after harvest or the treatment of glyphosate ammonium liquid formulation in the fall yielded better weed control. The annual weeds and perennial weeds could then be held in a dormant state without herbicide.
3. In the early stage, the transplanting culture of rice with paper mulching, rooting occurred later and the number of stems was restricted. However, it could be possible to restore rice plant growth after the maximum tiller number stage. The obtained yield could then be higher than that for usual cultivation.
4. The maximum soil temperature 3cm below the surface was higher than in usual cultivation without mulching when black paper mulching was used. The daily variation of soil temperature was due to the number of hours of sunshine. The diurnal soil temperature when black paper mulching was applied was higher than in the usual cultivation, but soil temperature was normal when colorless paper mulching was used.

(Present Address : *Chiba Prefectural Agriculture and Forestry Promotion Div.)