

水稻有機栽培のための各種雑草防除法の有効性と課題

大場 伸一*・鈴木 雅光*・原田 博行**・鈴木 泉***

Effects and problems of weed control methods to cultivate organic rice

Shinichi Oba*, Masamitsu Suzuki*, Hiroyuki Harada** and Izumi Suzuki***

要約：水稻の有機栽培を行う場合の大きな課題のひとつが雑草防除である。その対応技術として除草機、再生紙マルチ、コイ放飼、液状活性炭について検討し、その特徴を明らかにした。除草機はコストが低いが、株間雑草が残りやすく、投下労力が多い。再生紙マルチは雑草防除効果が高く、広い面積で処理可能であるが、水稻の生育量が確保し難い。コイ放飼は雑草防除効果が高いが、処理可能面積が狭い。液状活性炭は投下労力は少ないが、雑草防除効果が安定しない。

キーワード：水稻有機栽培、除草機、再生紙マルチ栽培、コイ放飼雑草防除、液状活性炭

はじめに

山形県では持続性の高い農業を環境に優しい「マイルド農業」とネーミングし、技術開発と普及、啓もうを軸とした種々の行政施策を展開するマイルド農業推進事業に取り組んでいる。また平成11年度からは県産米について有機農産物等の認証制度を立ち上げており、平成12年度の認証面積は4,453haで県内作付け面積73,100haの6.1%（有機栽培認証面積は0.2%）となっている。このような背景のもとに、山形県立農業試験場ではここ数年

間、水稻における有機栽培技術の開発を研究課題として取り上げている。

山形県内農家の有機栽培の実践は高島町で早く、昭和48年から取り組みがある。松村ら（1991）はこの高島町で水稻有機栽培実践農業者を対象にして調査を行ったが、その中では雑草防除が栽培技術上の最も大きな問題であるとしている。また、著者らの聞き取りでは農業を主業としている夫婦一組が除草剤を使用せず、除草機によって水稻栽培が可能な面積は60～120aであった。さらに

第1表 除草機処理後の雑草発生量（1995年7月4日調査）（山形農試置賜分場）

	タイヌ ビエ	コナギ	アゼナ	キカシ グサ	チョウ ジタデ	ミゾハ コベ	ホタル イ	ヘラオ モダカ	マツバ イ	その他	合 計	
											風乾重	発生本数
①正方形植え	—	2.0	—	0.2	—	0.2	0.3	—	6.2	—	8.9	216
(②対比：%)	(—)	(34.3)	(—)	(—)	(—)	(33.3)	(—)	(—)	(47.5)	(—)	(45.3)	(42.2)
②慣行植え	—	5.6	0.1	0.0	0.3	0.5	—	—	13.0	—	19.5	512
③慣行(無除草)	—	16.6	0.5	3.8	—	2.2	0.6	0.3	28.6	0.6	53.2	3408

(風乾重・g/m²)

- (1) 5月18日に移植した。
- (2) 正方形植えの栽植様式は30cm×30cm、除草機で6月8日縦方向に、6月19日横方向に除草した。
- (3) 慣行植えの栽植様式は30cm×19cm、除草機で6月8日、6月19日に条間方向に除草した。
- (4) 全区、調査時まで深水管理。初期は草丈の3分の2を目安とし、徐々に深くして15cmを維持した。

* 山形県立農業試験場 〒999-2372 山形市みのりが丘6060-27

Yamagata Prefectural Agricultural Experiment Station, 6060-27 Minorigaoka, Yamagata 990-2372, Japan

** 山形県庄内農業改良普及センター

*** 山形農試置賜分場

平成4年までに鈴木ら(1994)が試みた水稲の無農薬・無化学肥料栽培の体系化技術開発の中では検討すべき課題として雑草防除が指摘されている。このように有機栽培の実施面積を制限している最も大きな要因は雑草防除であるといえることができる。

著者らは現在、除草剤を用いない各種の水田雑草防除技術の開発に取り組んでいる。ここではその中から、深水管理、除草機、再生紙マルチ、生物(コイ)利用防除、液状活性炭について、研究の現状と今後の課題について紹介する。

各種雑草防除法について

1. 深水管理と除草機

深水処理による雑草発生の抑制については既に報告があるが(荒井ら1956)、安定した雑草抑制効果を得るためには、①移植後可能な限り早い時期から深水処理を始めること、②雑草の茎葉が常に水中に没するような水深に保つことが重要になる。しかし深水管理だけでは水稲の生育、収量への影響がなくなるような水準までの十分な防除効果は期待できない。有機栽培実践農業者の多く

は深水管理を基本としているが、最も広く行われている防除技術は除草機処理であり、深水管理はその組み合わせ技術となっている。

除草機は通常、条間のみでの処理であるが、筆者らは除草効果を上げるために正方形植えにし、除草機を縦、横方向に処理して検討した。除草機で縦に1回、横に1回押した場合の雑草量は、除草機を条間2回押した慣行植えよりも少なく、風乾重では慣行植え(除草機処理)の45%、発生本数で同42%となった。これは慣行区では株間に雑草が残るが、正方形植えの場合は残草が株元に限られるためである。このように正方形植えて除草機を縦横方向に押せば雑草防除効果は高くなるが、正方形植え移植作業の機械化が問題点として残る。

除草機に関して、かつて用いられたことのある株間除草機が近年改良されている。現在その性能を検討しているが、株間の残草が少なく稲の生育への影響が比較的少ないことが明らかになっている。

手押し除草機処理作業は重労働であり、冒頭でも述べたように広い面積をカバーすることは難しい。これを改善するための動力装置付き除草機があるが、これは条間の雑草のみが防除され、株間雑草は残りやすい。手押し除草機では機械を押す際に泥が株間まではねられ、株間雑草防除にある程度の効果があるが、動力除草機では泥のはねあがりほとんどみられない。このため有機栽培に取り組む多くの農業者は手押し除草機を用いている。なお一部の動力機に株間除草機構をつけているものもある。また、乗用除草機(株間除草機構つき)の研究開発もすすめられている。

2. 再生紙マルチ栽培

再生紙マルチ栽培による雑草防除効果に関しては、既

第2表 再生紙マルチ栽培雑草発生量(平均)
(山形農試置賜分場)

	一年生	多年生	合計
マルチ区(1994~1996)	2.8	6.3	9.1
無被服区(1994~1996)	99.7	40.2	139.9
(参考)除草剤区(95,96)	0.0	0.4	0.4

※移植50~56日後に調査(風乾重g/m²)

第3表 再生紙マルチ栽培収量・収量構成要素(1994~1996年)(山形農試置賜分場)

年次	区名	苗質		移植日 (月日)	栽植密度 (株/m ²)	品種	茎数 7/10 (本/m ²)	出穂日 (月日)	穂数 (本/m ²)	m ² 当り もみ数 (粒)	収量 (1.8mm以上) (kg/a)
		葉齢	乾物重								
		LA	g/100本								
1994	マルチ区	3.1	2.30	5/23	18.2	ササニシキ	612	8/8	466	37,500	58.5
	無被覆区	3.1	2.30	5/23	18.2	ササニシキ	574	8/5	414	33,500	51.0
	(参考)慣行	2.4	1.30	5/25	22.2	ササニシキ	642	8/6	481	39,500	56.6
1995	マルチ区	3.0	2.24	5/23	18.5	ササニシキ	261	8/22	342	29,800	43.6
	マルチ密植区	3.0	2.24	5/23	25.6	ササニシキ	384	8/20	378	32,800	52.6
	無被覆区	3.0	2.24	5/23	18.5	ササニシキ	335	8/17	313	26,700	44.4
	(参考)慣行	2.6	1.42	5/25	22.2	ササニシキ	681	8/15	473	38,800	62.6
1996	マルチ区	2.5	1.76	5/21	20.4	はえぬき	182	8/19	298	23,200	44.6
	マルチ充実苗区	2.8	2.88	5/21	20.4	はえぬき	273	8/16	326	28,600	51.8
	無被覆区	2.5	1.76	5/21	20.4	はえぬき	296	8/13	275	19,500	42.6
	(参考)慣行	2.5	1.46	5/25	22.2	はえぬき	530	8/12	441	27,700	57.2

(1) 慣行栽培は化学肥料使用、その他は有機質肥料(発酵鶏ふん)使用

(2) 無被覆は7月上旬に手取り除草区(中苗)

に鳥取県をはじめとした各県の研究でも明らかにされている(小林ら 1993; 津野ら 1993; 湯谷ら 1993)が、同時に地温が低下しやすいことが指摘されている。東北地方でも、再生紙マルチ栽培のデモンストレーションが行われたが、地温低下に起因する生育量の不足とそれに伴う収量低下が最大の課題とされ(原田ら 1997; 鈴木ら 1995)、その普及ははかばかしくない。そのような状況の中で山形県での実施面積は比較的広く、米沢市、南陽市、高島町などで合計で約30haの取り組みがある。

再生紙による田面の被覆は移植後30日までは確実に維持されるが、6月下旬に部分的に穴が開き始め、移植後45日ころの7月上旬には紙を持ち上げることができないほどまでに溶解が進む。なお田面に密着せずに水中に浮遊している場合には溶解が遅い傾向がある。

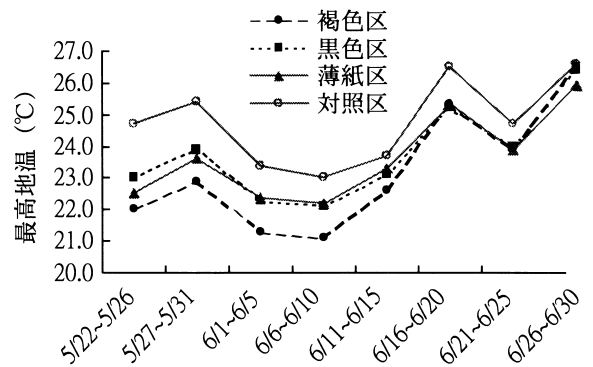
第4表 コイ放飼試験区の構成 (山形農試置賜分場)

区名	放飼数	放飼期日	放飼期間
0尾	0尾/a		
25尾	6日後30日 25尾/a	移植後6日	30日間
25尾	6日後43日 25尾/a	移植後6日	43日間
25尾	13日後47日 25尾/a	移植後13日	47日間
50尾	13日後47日 50尾/a	移植後13日	47日間

- (1) 放飼したコイ: 2歳コイ, 体長; 20.7cm, 体重; 131g
- (2) ササニシキ中苗を5月18日に移植
- (3) 水深10~12cmに維持

7月上旬の雑草の発生は無除草区の1~5%程度であり、一年生雑草と多年生のオモダカでも防除効果が認められた。しかし株元の破けた穴からしばしば雑草が発生したり、また機械操作上の不注意などにより紙の重ね合わせ目が開いたり、泥が紙の上ののったりしてすじ状に雑草が発生することがある。

地温推移を図1に示したが、移植後30日ころの6月中旬までの地温は、通常の褐色再生紙マルチ処理が無被覆よりも低く経過し、特に最高地温で5月中は約2.5℃、6月10日までは約2℃、6月20日までは約1℃それぞれ低くなった。最高水温は、最高地温と同様に再生紙マルチ処理区が低かったが、最低水温および最低地温は無被



第1図 再生紙マルチの最高地温の推移

(1997年: 山形農試置賜分場)

第5表 コイ放飼による雑草発生量 (山形農試置賜分場)

放飼後日数 (調査日)	0		+14		+30		+44		+68
	(5/24)	(5/31)	(6/7)	(6/14)	(6/23)	(7/4)	(7/7)	(7/18)	(8/1)
放飼時発生本数	62	1792							
	本/m ²								
0尾			6.24	8.54	80.16	103.60	127.56	219.52	
25尾 6日後30日	放飼		0.40		0.00		2.24		107.84
25尾 6日後43日	放飼		0.48		0.00		0.00		7.52
25尾 13日後47日		放飼		0.44		4.52		4.04	
50尾 13日後47日		放飼		0.00		0.00		0.00	

※ [] 時にコイを引き揚げ (風乾重・g/m²)

第6表 コイ放飼による雑草防除の収量構成要素および品質 (山形農試置賜分場)

区名	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	穂数 (本/m ²)	もみ数		玄米粒数 歩合 (%)	千粒重 (g)	玄米重 1.8mm以上 (kg/a)	整粒歩合 (%)
				1穂当	m ² 当 ×100				
0尾	8/14	9/29	189	76.1	144	66.9	19.8	19.4	85.6
25尾 6日後30日	8/18	10/3	247	90.5	224	84.0	21.0	39.7	83.6
25尾 6日後43日	8/20	10/5	256	94.6	242	82.8	21.6	43.0	78.7
25尾 13日後47日	8/19	10/3	225	93.3	210	82.7	20.9	35.9	79.0
50尾 13日後47日	8/19	10/7	251	93.0	233	78.4	21.4	39.1	76.5

覆とほぼ同じないしわずかに高かった。

稲作期間の気象条件に恵まれた1994年には、再生紙マルチ処理の水稲の生育は無被覆と同等以上の生育、収量となったが、他の年次の再生紙マルチ処理では再生紙のマルチ状態が持続している約40日間の生育量は少なく、葉色も淡く推移した。また出穂期は5日～7日遅れた。そして穂数は少なく、もみ数が不足して、収量は低くなった。このように東北地域における再生紙マルチ栽培では地温および水温の低下が水稲の生育に大きな影響を及ぼす。

この生育量不足の問題点を改善するために栽植密度を25.6株/m²に増して検討したところ、穂数確保に結びつき、減収率が小さくなった。また充実度の高い苗を用いた場合も、初期から生育量が比較的多くなり、穂数もある程度確保された。さらに出穂期の遅れも小さくなった。また地温を下げない改善策として黒色再生紙や薄紙再生紙の検討を行ったところ、地温低下の程度が小さくなる

ことが明らかになった。これにより従来の褐色再生紙よりも茎数が確保しやすくなり、生育の遅れも小さくなった。

しかし、これらいずれの方法も除草剤を使用したときと同等の収量水準には至らず、生育量の確保については改善の余地が残っている。

3. 生物利用防除（コイ放飼による方法）

水田でコイを飼養することは、山形県内でも農村地域のたんぱく源の確保や副収入を目的として、昭和30年代まで行われていた。その当時は当歳ゴイを放飼していたが、雑草防除を目的とする場合には二歳ゴイ（前年の春に孵化したコイ）を利用することになる。コイ放飼による雑草防除の機作は、雑草が浮き上げられること、さらに田面水が濁ることによって雑草発生が抑えられることである（大場ら1995, 1998a; 高橋ら1995）。放飼時期によって放飼密度を変える必要があり、移植後7日の場合はa当たり25尾とするが、放飼時期が遅れた場合には放飼密度を高くする必要があり、移植後14日ではa当たり50尾必要になる。これは移植後約7日の雑草発生量に較べて移植後約14日では発生本数が急激に増加し、防除効果に大きく影響するためである。また放飼期間は45日間程度を目標にするのが良いと考えられる。放飼期間が短い場合にはコイを引き上げた後の雑草発生量が多くなる。

草種別では一年生雑草の他、多年生雑草のオモダカも水面に浮き上げられるのが観察された。なおクログワイのように比較的深くから出芽する多年生雑草が発生するほ場では試験を行っていないので、それらに対する防除効果は明らかではない。

水稲の生育は1穂もみ数は多いものの、穂数が少ないため、m²当たりもみ数は少なくなった。このため収量も低くなった。

第7表 活性炭処理区の構成（山形農試置賜分場）

区名	処理時期及び処理量（リットル/a）			
	+8	+17	+24	+34
	5/27	6/5	6/12	6/22
1-1-除-1	1.0	1.0	除草	1.0
1-1-1-1	1.0	1.0	1.0	1.0
1-除-1-1	1.0	除草	1.0	1.0
2-2-2-2	2.0	2.0	2.0	2.0
1-1-放任	1.0	1.0	-	-

(1998年)

- (1) 資材名：活性炭溶液
- (2) 処理法：湛水状態で畦畔から全面散布
- (3) 除草：除草機押し1回

第8表 活性炭処理による雑草発生状況（山形農試置賜分場）

	タイヌ ビエ	コナギ	ホタル イ	オモダ カ	ヘラオ モダカ	チョウ ジタデ	キカシ グサ	アゼナ	ミゾハ コベ	その他	計
1-1-除-1	0	2144	0	44	22	0	89	11	0	11	2322
	0.0	7.4	0.0	3.7	0.0	0.0	0.1	0.0	1.2	1.2	25.6
1-1-1-1	11	2900	11	11	67	22	956	33	0	33	4044
	5.9	23.4	2.7	0.7	1.2	0.0	5.7	0.0	7.3	7.3	54.2
1-除-1-1	11	1500	11	33	67	56	56	0	0	0	1733
	0.0	22.2	0.0	1.0	2.1	0.3	0.3	0.0	0.6	0.6	27.1
2-2-2-2	11	978	0	22	33	56	78	0	0	0	1178
	0.0	9.7	0.0	1.8	1.7	0.0	0.3	0.0	1.4	1.4	16.3
1-1-放任	11	2889	0	211	244	156	211	122	0	133	4978
	2.6	40.8	0.0	29.3	6.0	0.1	7.1	0.3	4.4	5.1	95.8

(1) 上段：本数/m² 下段：風乾重 g/m² (1998年)

コイ放飼の方法は10～15cmの深水管理とするが、田面に高低差があると浅い部分ではコイが泳ぎ回らずに雑草が残り易い。均平が重要となるが、1筆面積が広いと高低差をなくするのが難しくなるので、1筆10a程度の面積に適している。コイ放飼雑草防除では防除期間前後のコイの管理やサギなどの鳥害の回避、またコストなどが問題点として挙げられる。

4. 液状活性炭の利用

活性炭溶液投入による雑草発生抑制については芝山(1996)が既に報告している。著者らは田面水を濁らせることにより雑草発生を抑制することが可能であることを報告している(大場ら1998b)が、活性炭溶液の利用は田面水の濁り利用と防除機作が同じと考えられる。すなわち活性炭溶液を投入することにより、田面水が黒く遮光され、雑草の発芽や生育が抑制される。投入間隔があいて黒い濁りが維持されない場合には雑草発生が多くなってくるので、7日～10日ごとに投入すること、投入量は10a当たり10～15リットルとし、8cm以上の深水とするなどがポイントになる。また、移植後できるだけ早く投入することも重要となる。

しかし活性炭溶液だけで雑草を十分に抑制することはできないので除草機を組み合わせること、あるいは投入量を多くすることによって抑制程度は高くなる。なお、田面水が泥水である場合には活性炭の沈降が早まり、濁りの維持日数が短くなる傾向がある。また、降雨が多い場合も同様である。

各種雑草防除法の特徴

これまでに述べた各種雑草防除法を整理すると次のようになる。

1) 深水+除草機体系では資材コストが小さく、また適応ほ場の条件制約が小さいことがメリットとしてあげられる。他方、デメリットは投下労力が多く、処理可能面積が狭いこと、株間雑草が残りやすいことである。

2) 再生紙マルチ栽培では雑草防除効果が高く安定していること、投下労力が少なく、広い面積を処理できることが大きな特徴であり、除草剤を用いない防除技術で大きな壁となっている問題点をクリアしている。一方で、水稻の生育量を確保し難く、収量減になりやすいこと、専用田植機と再生紙の価格が高くコストをあげていることが問題点となる。

3) コイ放飼では投下労力が少なく、また雑草防除効果も大きい、収量が低下しやすいこと、コイ購入のため10a当たり約16,000円のコストになること、適応面積が狭いこと、鳥害に注意しなければならないことが課題となっている。

4) 液状活性炭は投下労力は少ないのが長所であるが、防除効果が安定し難いこと、資材コストの高いことが課

題である。

おわりに

ここで述べたうちのいくつかの防除法では水稻による田面被覆の程度が防除効果を左右する大きな要素になると考えられる。深水管理の水稻の分けつは抑制されるので水稻による被覆程度は小さく、雑草の要防除期間は長くなる。また正方植えの場合でも同様なことがいえる。水稻品種の草型、栽植密度などは雑草発生にも影響をおよぼす(橘ら2000; 汪ら2000)とされており、より高い防除効果を得るため、水稻と雑草の競合関係も今後の検討課題である。

現在試みられている除草剤を用いない雑草防除法はいずれの場合も防除効果が不十分であったり、また概ね満足される防除効果が得られても、水稻の生育や収量が劣るなどの問題を抱えており、除草剤と肩を並べることのできる水準にはまだ至っていない。今後はさらに複数の技術を組み合わせて検討を重ねることや、未解明の技術要素も多いため、着眼点を変え、異なったアプローチから検討を進めることが必要と考えられる。

引用文献

- 荒井正雄・宮原益次 1956. 水稻の本田初期深水灌漑による雑草防除の研究 第1報 雑草の群落構造及び雑草量に及ぼす影響. 第2報 水稻の生育収量に及ぼす影響. 日本作物学会紀事 24(3): 163-165.
- 原田博行・大場伸一・鈴木雅光 1997. 水稻の無農薬栽培における雑草防除技術の開発 第4報 再生紙マルチ栽培による水田雑草防除と水稻の生育. 東北農業研究 50: 75-76.
- 小林勝志・宮田邦夫・伊藤邦夫 1993. 再生紙マルチ栽培について 第3報 再生紙マルチが肥効と生育に及ぼす影響. 日本作物学会紀事 62(別1): 32-33.
- 松村和則・青木辰司 1991. 有機農業運動の地域的展開. 家の光協会, pp.31-40.
- 大場伸一・鈴木雅光 1995. 水稻の無農薬栽培における雑草防除技術の開発 第1報 鯉放飼による水田雑草防除. 東北農業研究 48: 57-58.
- 大場伸一・鈴木雅光・原田博行 1998a. 水稻無農薬栽培におけるコイ利用の水田雑草防除. 山形農試研究報告 32: 21-40.
- 大場伸一・原田博行 1998b. 水田雑草の発生におよぼす田面水の濁りの影響. 雑草研究 43(別): 48-49.
- 芝山秀次郎 1996. 活性炭スラリーの湛水処理による水田雑草の発生防止効果. 雑草研究 41(別1): 48-49.
- 鈴木雅光・長谷川愿・宮野斉・大場伸一 1994. 水稻の無農薬・無化学肥料栽培の基本指標. 山形農試研究報告 28: 39-55.

- 鈴木雅光・大場伸一 1995. 水稲の無農薬栽培における雑草防除技術の開発 第2報 再生紙マルチによる水田雑草防除. 東北農業研究 48 : 59-60.
- 橘 雅明・渡邊寛明 2000. 草型の異なる水稲6品種とタイヌビエとの競合関係にみられる年次間差異. 雑草研究 45 (別) : 62-63.
- 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及ぼす影響. 日本作物学会中国支部研究集録 36 : 1-9.
- 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. 日本作物学会紀事 62 (別1) : 28-29.
- 汪光熙・草薙得一 2000. 異なる水稲の栽植密度条件下でのコナギの動態. 雑草研究 45 (別) : 64-65.
- 湯谷一也・小林勝志・三谷誠次郎・伊藤邦夫 1993. 再生紙マルチ栽培について 第2報 水田雑草の発生におよぼす影響. 日本作物学会紀事 62 (別1) : 30-31.
(2001年3月2日受理)