

有機栽培米生産のための雑草防除

大場伸一・鈴木雅光・原田博行*・鈴木泉**

(山形県立農業試験場 *山形県寒河江農業改良普及センター

**山形県立農業試験場置賜分場)

Weed Control for Organic Cultivation of Paddy Rice

Shinichi OBA・Masamitsu SUZUKI・Hiroyuki HARADA*・Izumi SUZUKI**

(Yamagata Prefectural Agricultural Experiment Station・*Sagae Agricultural Extension Center・**Okitama Branch, Yamagata Prefectural Agricultural Experiment Station)

1. はじめに

山形県では持続性の高い農業を環境にやさしい「マイルド農業」とネーミングし、技術開発と普及、啓蒙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年度より県産米について有機農産物等の認証制度を立ち上げ、その認証面積は水稻作付け面積の約6% (有機栽培認証面積は約0.1%) となっている(表-1)。このような背景のもと、山形県立農業試験場ではここ数年間、水稻の有機栽培技術の開発を研究課題として取り上げている。

松村ら⁴⁾は昭和48年から取り組みのある山形県高島町の水稲有機栽培実践農業者を対象にした調査の中で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(表-2)。また、筆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しないで除草機による水稻栽培が可能な面積は60~120 aであった。さらに、平成4年までに鈴木ら⁷⁾が試みた水稻の無農薬・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た。

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のひとつが、雑草防除の問題であるということができる。

本稿では、筆者らが現在まで検討してきた有機栽培における雑草防除の技術開発の可能性に関してその現状と問題点を紹介する。

表-1 山形県有機農産物等認証制度による認証状況 (1999年)

有機栽培米	57.3ha (1.4%)
転換期間中有機栽培米	14.8ha (0.3%)
減農薬減化学肥料栽培米	1516.4ha (36.1%)
減農薬栽培米	2528.3ha (60.2%)
減化学肥料栽培米	51.8ha (1.2%)
減農薬無化学肥料栽培米	31.2ha (0.7%)
無農薬減化学肥料栽培米	0.3ha (0.0%)
合 計	4200.1ha

表-2 水稻有機栽培における技術上の主な問題点

除 草	35%
病 害 虫 防 除	19%
隣接地の航空防除	5%
苗 作 り	5%

(松村らによる)

2. 雑草防除法の特徴と課題

水田において、除草剤を使用しないで雑草を防除するために種々検討した技術要素を整理すると、次のようになる。

- ①深水管理
- ②物理的防除（機械的除草）
- ③マルチ
- ④生物利用防除
- ⑤濁水利用
- ⑥土壌還元
- ⑦土壌攪乱（耕耘，代掻き）
- ⑧アレロパシー

ここではこれらの中から主なものの特徴と問題点を述べてみたい。

(1)深水管理

深水による雑草の生育抑制については既に報告されており¹⁾、有機栽培の実践農業者の多くが試みている技術である。深水管理によって雑草防除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、本試験結果でも明らかであるように、深水管理だけで十分な防除効果は期待できず、水深15cm処理でも全残草量が45.8g/m²であり、水

稲の生育、収量への影響を無視できるような水準に安定して達するものではない(表-3)。また、この試験では示されていないが、他のほ場での観察によればコナギ、マツバイ等に対して深水管理の効果は小さい。深水管理を行ってもこれらの草種は水中で生育を続けて、中干し時期の落水と同時に旺盛な生育量となって、水稻生育に及ぼす影響が大きくなる。従って深水管理は雑草防除の主要な技術であるが、他の方法との組合せが必須であると考えられる。

(2)深水管理と除草機

除草機処理は除草剤体系が一般化するまでは広く行われていた方法であり、現在も有機栽培実践農業者の多くが深水管理と組み合わせて取り入れているが、課題は株間の雑草対策が不十分であることと、多労力の点である。そこで株間雑草の問題に関して、除草機の縦横押しを検討した。

稲を正方形に移植し、除草機で縦に1回、横に1回押したが、その場合の雑草量は、除草機を条間2回押した慣行植えよりも少なく、風乾重では無除草区の45%、発生本数で同42%となった(表-4)。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で除草機を縦横方向に押せば雑草防除効果は高くなるが、移植作業の機

表-3 深水管理による雑草発生状況（1992年7月6日調査）（山形農試置賜分場）

(風乾重・g/m²)

	タイヌ ビエ	コナギ	アゼナ	キカシ グサ	ミゾ ハコベ	ホタルイ	ヘラオモ ダカ	タマガ ヤツリ	その他	合計
水深3cm	214.6	0.2	0.0	0.0	0.0	288.2	0.2	27.2	4.4	335.0
水深10cm	62.4	0.6	0.1	0.1	0.3	23.7	0.1	5.3	8.2	100.5
水深15cm	22.2	0.1	0.1	0.1	0.1	12.7	0.1	4.6	5.8	45.8

(1) 1991年に雑草養成した土壌を30cm×45cmの合成樹脂性箱内に充填してほ場に埋め込んだ。

(2) 1992年5月25日から6月30日まで深水処理した。

械化が問題点として残る。また、人力であるために多労力の問題も残っている。

除草機については、かつて用いられた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くなることが明らかになっている。

(3)再生紙マルチ栽培

再生紙マルチ栽培は紙で田面をマルチングする機構の付いた専用田植機で移植し、紙マルチによって雑草を防除しようとする技術である。

この再生紙マルチ栽培による雑草防除効果が高いことは、既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^{3), 11), 14)}が、同時に地温が低下しやすいことが指摘されている^{2), 8)}。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、その普及は必ずしも順調ではない。しかし、山形県では米沢市、南陽市、高島町を中心にして約30haを越す取り組みがあり、東北地方としてはまとまった実施面積である。

試験によれば、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たが、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んだ。なお、田面に密着せずに水に浮遊している部分では溶解が遅かった。7月上旬の雑草の発生は無除草区の6%程度であり（表-5）、

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

											(風乾重・g/m ²)	
	タイム 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	3,408

(1) 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。

(2) 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。

(3) 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、除々に深くして15cmを維持した。

表-5 再生紙マルチによる雑草発生状況（平均）
（山形農試置賜分場）

	(風乾重・g/m ²)		
	一年生	多年生	合 計
マルチ区 (1994～1996)	2.8	6.3	9.1
無被覆区 (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

草種も一年生雑草とオモダカなどの多年生雑草でも防除効果が認められた。しかし、株元のすき間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で幅 160cm の紙の重ね合わせ目が開いたり、泥が紙の上にのったりするとすじ条に雑草が発生することがあった。

生育、収量をみると気象条件に恵まれた 1994 年には再生紙マルチ処理の水稻の生育は無被覆と同等の生育、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。これは地温および水温が低く経過したことが大きく影響したためである。この結果穂数が少なく、もみ数が不足して、収量は低くなった。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、栽植密度の増加が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比較的生育量が多くなり、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 (表-6)。

図-1 に地温推移を示したが、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区が無被覆よりも低く経過し、特に最高地温は 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、最高地温と同様に褐色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覆とほぼ同じ、ないしわずかに高かった。地温を下げない工夫として黒色再生紙や薄紙再生紙の検

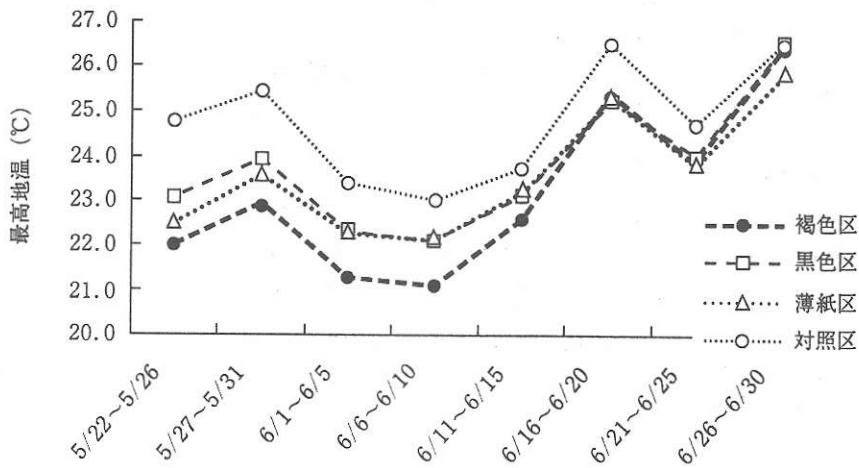
表-6 再生紙マルチ栽培の収量・収量構成要素 (1994～1996) (山形農試置賜分場)

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 L A	乾物重 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
	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
	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
	慣 行	2.5	1.46	5/25	22.2	はえぬき	530	8/12	441	27,700	57.2

(1) 慣行は除草剤、化学肥料使用

(2) マルチ区、無被覆区は有機質肥料 (発酵鶏ふん) を使用

(3) 無被覆は手取り除草区



図一 再生紙マルチの最高地温の推移
(1997年：山形農試置賜分場)

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、これらいずれの改善策も除草剤を使用したときと同等の収量水準には至らず、改善の余地はさらに残っている。また、10a当たりのマルチ資材コストが除草剤使用と比べて高いことも普及上の課題である。

(4) コイ放飼による方法

コイの水田放飼は昭和30年代まで農家の副収入のため山形県内でも各地で行われていた¹³⁾。この当時は当歳コイの放飼であるが、雑草防除の目的のためには二歳コイ（前年の春に孵化したコイ）を用いることになる。その機作はコイの放飼により雑草が浮き上げられ、さらに田面水が濁ることである^{6), 10)}。

放飼時期によって放飼密度を変える必要があり、移植後概ね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7日の雑草発生量に較べて移植後14日では発生本数が急激に増加しており、防除効果に大きく影響していると推測された。また、放飼期間を30日間にした場合にはコイを引き上げた後の雑草発生量が多くなるので、45日間程度を目標にするのが良いと考えられる（表-8）。

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、これらに対する防除効果は不明である。

コイ放飼の際には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やすくなった。このため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といえる。

コイ放飼による防除法の問題点としては、放飼

表-7 コイ放飼試験区の構成 (1995年) (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；131 g)

(2) ササニシキ中苗を 5 月18日に移植

(3) 水深10～12cmに維持

表-8 コイ放飼による雑草発生状況 (1995年) (山形農試置賜分場)

(風乾重・g/m²)

放飼後日数 (調査日)	0 (5/24)	0 (5/31)	+14 (6/7)	+14 (6/14)	+30 (6/23)	+34 (7/4)	+44 (7/7)	+48 (7/18)	+68 (8/1)
放飼時の 雑草発生本数	62	1,792 (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	

* 時に鯉を引き揚げ

表-9 コイ放飼法の収量構成要素および品質 (1995年) (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

表一10 活性炭処理区の構成 (1998年) (山形農試置賜分場)

区 名	処理時期及び処理量 (kg/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)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
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	-	-	

表一11 活性炭処理による雑草発生状況 (1998年) (山形農試置賜分場)

	タイヌ ビエ	コナギ	ホタルイ	オ ダ	モ カ	ヘラオモ ダカ	チョウジ タデ	キカシ グサ	アゼナ	ミ ハコベ	ゾ ハコベ	その他	計
1-1-除-1	0	2,144	0	44	22	0	89	11	0	11	2,322		
	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	2,900	11	11	67	22	956	33	0	33	4,044		
	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	1,500	11	33	67	56	56	0	0	0	1,733		
	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	1,178		
	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	2,889	0	211	244	156	211	122	0	133	4,978		
	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

前と放飼後のコイの管理やサギなどの鳥害の回避などが問題点として挙げられる。さらに雑草防除に関した10a当たりコストはコイの入手先にもよるが除草剤の3～4倍になると見積られる。ただし、コイは2ヵ年以上使用することが可能であるので、コストを抑えることは可能である。

(5)液状活性炭の利用

活性炭溶液を投入することによって雑草の生育が抑制されることは、芝山⁹⁾によって報告されている。これは田面水が活性炭によって遮光され、雑草の発芽や生育が抑制されることによる。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10～15kg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、表－11に示すように活性炭溶液だけで雑草を十分に抑制することはできず、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った。また、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った。降雨が多い場合も同様である。

(6)有機栽培のための雑草防除体系の組み立てと特徴

以上、雑草防除のための技術の長所と短所をまとめると表－12のようになる。

3. まとめ

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。すなわち深水管理の場合、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、田面まで光が射している期間が長くなるため、雑草の要防除期間は長くなる。これは正方植えの場合でも同様なことがいえる。より高い防除効果を得るためには、水稻品種の選択、栽植密度、移植時期などの検討の必要性が指摘されており^{9), 12)}、今後の課題といえる。

ここで述べたような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

表－12 雑草防除のための技術の長所と短所

	長 所	短 所
再生紙マルチ	- 広い面積でも適用する - 投下労力が小さい - 雑草防除効果は大きい	- 水稻の生育量を確保し難い - 資材コストが高い
深水＋コイ放飼	- 雑草防除効果は大きい - 投下労力が小さい	- 適用面積が狭い - 資材コストが高い - 鳥害対策を考慮する - 使用後コイの処理方法
深水＋除草機	- 資材コストが小さい - ほ場条件の制約が少ない	- 投下労力が大きい - 株間雑草が残りやすい
深水＋活性炭	投下労力が小さい	- 防除効果が安定し難い - 資材コストが高い



写真-1 再生紙マルチ栽培の移植作業



写真-2 コイによって浮き上げられた雑草

だ至っていない。今後はさらに複数の技術を組み合わせ、雑草の生育抑制について未解明の技術要素も多いため、着眼点を変え、従来とは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。

現在、稲作をはじめ農業生産全般において環境

との調和が重要なキーワードになっている。この考え方に沿い、従来から進められてきている雑草防除体系だけでなく、生態に配慮しその機能を取り込んだ技術も視野に置いて研究開発に取り組むことができれば、雑草防除の分野でもさらに新しい発展が期待されると考えている。

参 考 文 献

- 1) 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. 日作紀 24(3): 163 - 165.
- 2) 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.
- 3) 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. 日作紀 62(別1): 32-33.
- 4) 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. p.31 - 40.
- 5) 大場伸一, 鈴木雅光, 原田博行. 1998. 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.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 鈴木雅光, 大場伸一. 1995. 水稻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.
- 9) 橘雅明, 渡邊寛明. 2000. 草型の異なる水稻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.
- 10) 高橋真二, 安部浩, 古山武夫. 1995. 鯉の放飼が水田雑草の発生および水稻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.
- 11) 津野幸人, 山口武視, 中野淳一, 河上英俊. 1993. 水稻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.
- 12) 汪光熙, 草薙得一. 2000. 異なる水稻の栽植密度条件下でのコナギの動態. 雑草研究 45(別): 64-65
- 13) 山形県水産課. 1960. 山形県の水産. 21 - 37.
- 14) 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. 日作紀 62(別1): 30-31.