研究論文

コナギとイヌホタルイの多発圃場における機械除草法の改良 —株際機械除草法の開発—

中井 譲・鳥塚 智
滋賀県農業技術振興センター

Improvement of a Mechanical Weeding Technique in a Paddy Field where a Large Number of
Monochoria vaginalis and *Schoenoplectus juncoides* Emerged : Development of
a Mechanical Weeding Technique for Intra-row Spaces

Joe NAKAI and Satoshi TORITSUKA
Shiga Prefecture Agricultural Technology Promotion Center

1. 緒言

有機農業は、農業の自然循環機能を増進し、農業生産活動に由来する環境への負荷を大幅に低減するものであり、生物多様性の保全に資するものである。また、消費者の食料に対する需要が高度化し、かつ、多様化する中で、安全かつ良質な農産物に対する消費者の需要に対応した農産物の供給に資するものである。しかしながら、現状では、化学的に合成された肥料および農薬を使用する通常の農業に比べて、多くの技術的な課題を抱えている(農林水産省 2007)。また、有機稲作の技術的課題の都道府県調査では、雑草防除が最も深刻な問題になっている(財団法人日本土壌協会 2012)。水稲有機栽培の雑草防除技術についてみると、アイガモや魚類の放飼による除草技術、マルチ除草技術、米ぬかなど新鮮有機物の土壌表面処理による抑草技術、機械除草技術が実践されている。中でも、米ぬかなど新鮮有機物の土壌表面処理は、身近にある資材を使用できる。さらに、ペレット状に成形されたものを用いると、背負式動力散布

機や水田用栽培管理ビークルなどの粒状物散布装置で施用でき、散布作業の省力・軽労化が可能になる。しかしながら、米ぬか土壌表面処理の抑草効果は、コナギやイヌホタルイに対して低いことが明らかにされている(中井・鳥塚 2009; 中山 2010; 中井ら 2011)。したがって、コナギやイヌホタルイの埋土種子量の多い水田では、米ぬか土壌表面処理を実施しても、雑草が多発する危険性がある。これに対応する技術として、米ぬか土壌表面処理と機械除草の組み合わせによる複合除草技術が報告されている(吉田ら 2010; 中井ら 2011)。また、近年の除草機の開発動向についてみると、条間のみならず株際あるいは株の近傍までを機械的に除草する機構が実用化されている(宮原 2007)。しかしながら、滋賀県の事例では、株際対応除草機の導入は、コスト面から一部の大規模栽培農家にとどまっている。小規模栽培農家は、機械除草を低価格の歩行型水田用中耕除草機で実施しているが、株際除草対策が課題となっている。そこで、本研究では、歩行型水田用中耕除草機のロータ配列を除草作業ごとに変更することで、株際除草を可能にする作業法(以下、「株際機械除草」という)を検討した。具体的には、米ぬか土壌表面処理後にコナギとイヌホタルイが多発した圃場で、株際機械除草の効果を検討したので報告する。

平成 24 年 8 月 24 日受付

平成 25 年 5 月 11 日受理

Corresponding author

中井 譲 Joe NAKAI

〒521-1301 滋賀県近江八幡市安土町大中 516

516, Dainaka, Azuchi-cho, Omihachiman-shi, Shiga, 521-1301, Japan

E-mail : nakai-joe@pref.shiga.lg.jp

2. 材料および方法

1) 試験区および耕種概要

本研究は、滋賀県農業技術振興センター（近江八幡市安土町大中）の水稲栽培圃場で実施した。また、試験圃場では、2005年と2006年に米ぬか土壌表面処理による無除草剤水稲栽培を実施したが、コナギとイヌホタルイが残草し、2006年にイヌホタルイが多発した圃場である（表1）。

2007年に実施した本試験では、米ぬか土壌表面処理区（面積：248m²）と米ぬか土壌表面処理と株際機械除草の組み合わせによる複合除草区（面積：216m²、以下「米ぬか土壌表面処理—株際機械除草区」という）を設置し、米ぬか土壌表面処理後の残草に対する株際機械除草の効果を検討した。また、参考として、米ぬか土壌表面処理区内にあぜ波シートで完全に仕切った無除草区（2m×2m）2カ所を設置した。さらに、米ぬか土壌表面処理区と米ぬか土壌表面処理—株際機械除草区には、調査ブロック3地点（15条×5m）を設置した。

移植（品種：「コシヒカリ」、供試苗：3～4葉の中苗）は、代かき翌日の5月17日に乗用型田植機（5条）を用いて実施した。米ぬか土壌表面処理は、移植翌日に背負式動力散布機を用いて、無洗米製

造工程で粒状に整形された米ぬか150kg/10aを土壌表面に施用した。株際機械除草は、3条の歩行型水田用中耕除草機（以下、「中耕除草機」という）を用いて、1回目を6月7日（代かき22日後）に、2回目を6月13日（同28日後）に実施した（表2、図1）。施肥は、移植翌日の米ぬか150kg/10a（N：3.0kg/10a、P₂O₅：7.5kg/10a、K₂O：4.5kg/10a）施用に加えて、穂肥として出穂18日前に背負式動力散布機でフェザーミール、なたね油かすおよび魚かすによって構成された有機質肥料43kg/10a（N：3.0kg/10a、P₂O₅：0.9kg/10a、K₂O：3.0kg/10a）を施用した。水管理については、移植直後から幼穂形成期までは、水深7cm以上の深水管理を行い、幼穂形成期から出穂20日後までは、水深3～5cmの湛水管理を行い、出穂20日後以降は、成熟期まで間断かん水管理を行った。

2) 移植作業法および株際機械除草法

(1) 移植作業法

5条植の乗用型田植機による移植作業は、隣接行程間35cm（1作業行程155cm）に設定するために、乗用型田植機のマーカを慣行より5cm外側に取り付けて実施した（図2）。

(2) 中耕除草機のロータの配置

1回目には、中耕除草機の両側のロータを条間

表1 米ぬか土壌表面処理後の個体数および生体重

項目	草種名	2005年	2006年
個体数 (個体/m ²)	コナギ	93 (100)	82 (88)
	イヌホタルイ	72 (100)	306 (425)
生体重 (g/m ²)	コナギ	18 (100)	24 (133)
	イヌホタルイ	15 (100)	215 (1,433)

注1) 移植（品種：「コシヒカリ」、供試苗：3～4葉の中苗）は、代かき翌日（2005年：5月16日、2006年：5月17日）に実施した。

注2) 米ぬかは、移植翌日に150kg/10aを土壌表面に散布した。

注3) 雑草抜き取り調査は、2005年が7月1日に、2006年が7月7日に実施した。

注4) 括弧内は、2005年の値を100としたときの割合を示す。

注5) コナギ、イヌホタルイ以外の雑草は、2005年にマツバイが僅かに発生した。

表2 試験区の作業経過（2007年）

試験区	代かき	移植	米ぬか処理	機械除草①	機械除草②	雑草抜き取り調査
米ぬか土壌表面処理区	5月16日(0)	5月17日(+1)	5月18日(+2)	—	—	7月3日(+48)
米ぬか土壌表面処理— 株際機械除草区	5月16日(0)	5月17日(+1)	5月18日(+2)	6月7日(+22)	6月13日(+28)	7月3日(+48)
無除草区	5月16日(0)	5月17日(+1)	—	—	—	7月3日(+48)

注1) +の後の数字は、代かき後日数を示す。

<主要諸元>

全長×全幅×全高 (mm)	1340×840×895
質量 (kg)	14.1
伝導方式	遠心クラッチ・ウォームギア (減速比1/35)
作業条数	3 (条間30cm)
ロータ幅 (cm)	18.0 (中央部は16.0)
ロータ径 (cm)	36
ロータ回転数 (rpm)	120~180
排気量 (cc)	41.5
出力 (kW)	1.5

図 1 歩行型水田用中耕除草機の概略図と主要諸元

図 2 供試した中耕除草機による株際機械除草法

注 1) ロータ通過率は、条間が92.4% (田植機1行程105cmのうち97cm通過)、株際が24.0% (田植機1行程50cmのうち12cm通過)、条間+株際が70.3% (田植機1行程155cmのうち109cm) である。

注 2) 条間は稲株間30cmのうち株際以外の中央部分を示し、株際は稲株の中心から左右5cmの部分を示す。

の中心部から3cm内側に配置した。2回目には、中耕除草機の両側のロータを条間の中心部から3cm外側に配置した(図2)。

(3) 株際機械除草法

株際機械除草については、1回目、2回目ともに、1行程の移植作業につき、2行程の除草作業を実施した。また、2回目の株際機械除草時には、ロータの配列から欠株および損傷株が多発する危険が高い。そこで、前述のとおり田植機の隣接行程間は、欠株および損傷株を防止するため、慣行の30cm設定を35cm設定に広げた。また、除草作業時のロータ通過率は、条間が92.4%(田植機1行程105cmのうち97cm通過)、株際が24.0%(田植機1行程50cmのうち12cm通過)、条間+株際が70.3%(田植機1行程155cmのうち109cm)である。なお、ロータ通過率は、1回目もしくは2回目にロータが通過した地点の割合を示す(図2)。

(4) 株際機械除草の実施時期

1回目(6月7日;代かき22日後)は、コナギ3~4葉、イヌホタルイ4~5葉に実施し、2回目(6月13日;同28日後)は、コナギ4~6葉、イヌホタルイ5葉から花茎抽出期に実施した。

3) 調査項目および方法

(1) 水稻幼穂形成期の雑草発生状況

米ぬか土壌表面処理区と米ぬか土壌表面処理—株際機械除草区の雑草抜き取り調査は、水稻幼穂形成期に図3に示す枠(50cm×90cm;3株/条×3条=9株が入る枠)を用いて、調査ブロック内2地点で実施した。個体数(個体/m²)と生体重(g/m²)は、条間(稲株間30cmのうち、株際以外の中央部分)および株際(稲株の中心から左右5cmの部分)ごとに抜き取って、条間、株際および条

間+株際(加重平均;2/3×条間+1/3×株際)ごとに算出した。また、無除草区2ヵ所の雑草抜き取り調査は、水稻幼穂形成期に方形枠(50cm×50cm)を用いて各1地点で実施し、個体数(個体/m²)と生体重(g/m²)を算出した。なお、生体重は、根部に付着した土を洗い落としてから、表面に付着した水分を取り除いて測定した。

(2) 作業時間

米ぬか土壌表面処理と株際機械除草の10a当たりの作業時間は、実際の作業に加えて米ぬかや混合油の補給時間も含めて測定して算出した。米ぬか土壌表面処理は、圃場全面(短辺22.5m×長辺80m)で、株際機械除草は、1回目、2回目ともに864m²(短辺10.8m×長辺80m)で実施した作業時間を測定した。なお、各作業ともに作業者は1名であった。

(3) 水稻収量およびその構成要素

収量調査は、米ぬか土壌表面処理区と米ぬか土壌表面処理—株際機械除草区で実施した。精玄米重は、調査ブロックごとに稲株75株を刈り取って、脱穀、唐箕選、籾すりの実施後に1.8mmの篩で選別して算出した。また、千粒重は、精玄米重の測定サンプルを用いて算出した。なお、精玄米重と千粒重は、水分含量14.5%に換算した。穂数、登熟歩合、一穂穎花数の調査は、丸山(2007)の調査手順に準じて、代表株により実施した。

3. 結果および考察

1) 水稻幼穂形成期の雑草発生状況

(1) 米ぬか土壌表面処理による抑草技術

米ぬか土壌表面処理区では、コナギは、個体数170個体/m²、生体重53g/m²の発生が見られ、イヌホタルイは、個体数570個体/m²、生体重441g/m²の発生が見られた。また、無除草区と比較すると、コナギは、個体数30%、生体重12%であり、イヌホタルイは、個体数148%、生体重91%であった。なお、無除草区では、アゼナ類、タマガヤツリおよびマツバイが発生したが、米ぬか土壌表面処理区では、これらの雑草の発生がほとんど見られなかった(表3)。

つまり、試験圃場のように米ぬか土壌表面処理単独による無除草剤水稻栽培を連年実施し、イヌホタルイの埋土種子量が著しく増加した圃場では、米ぬか土壌表面処理の効果は低かった。したがって、持続可能性の高い無除草剤水稻栽培を継

図3 雑草抜き取り調査枠の概略図
注1) ■の部分は条間を、□の部分は株際を示す。

表 3 水稻幼穂形成期における米ぬか土壌表面処理区と無除草区の水田雑草の個体数と生体重 (2007 年)

項目	試験区名	タイヌ ビエ	アゼナ類	コナギ	キカシ グサ	タマガヤ ツリ	チョウ ジタデ	イヌホ タルイ	マツ バイ	合計
個体数 (個体/m ²)	米ぬか土壌表面処理区	1	0 (0)	170 (30)	1	1 (0.6)	1	723(148)	—	897 (62)
	無除草区	2	226(100)	570(100)	0	156(100)	0	488(100)	—	1442(100)
生体重 (g/m ²)	米ぬか土壌表面処理区	2	0 (0)	53 (12)	t	t (0)	t	250 (91)	1 (5)	306 (40)
	無除草区	t	7(100)	441(100)	0	13(100)	0	274(100)	22(100)	757(100)

注 1) 括弧内は無除草区を 100 としたときの割合を示す。

注 2) マツバイは地中に根系を伸ばして分株を発生させるため、生体重のみ表記した。注 3) t は 1g 未満を示す。

表 4 水稻幼穂形成期における水田雑草の個体数と生体重 (2007 年)

項目	試験区名	位置	タイヌ ビエ	アゼ ナ類	コナギ	キカシ グサ	タマガ ヤツリ	チョウ ジタデ	イヌホ タルイ	マツ バイ	計
個体数 (個体/m ²)	米ぬか土壌表面処理区	条間	1	0	190(100)	1	1	1	701(100)	—	895(100)
		株際	2	0	129(100)	0	2	0	766(100)	—	900(100)
		条間 + 株際	1	0	170(100)	1	1	1	723(100)	—	896(100)
	米ぬか土壌表面処理— 株際機械除草区	条間	0	0	33 (17)	0	1	0	8 (1)	—	42 (5)
		株際	2	0	107 (83)	0	0	0	127 (17)	—	236 (26)
		条間 + 株際	1	0	57 (34)	0	1	0	47 (7)	—	106 (12)
	t 検定 (n=3)	条間	—	—	*	—	—	—	*	—	*
		株際	—	—	ns	—	—	—	*	—	*
		条間 + 株際	—	—	*	—	—	—	*	—	*
生体重 (g/m ²)	米ぬか土壌表面処理区	条間	2	0	59(100)	t	t	t	244(100)	0	304(100)
		株際	2	0	41(100)	0	t	0	263(100)	2	308(100)
		条間 + 株際	2	0	53(100)	t	t	t	250(100)	1	306(100)
	米ぬか土壌表面処理— 株際機械除草区	条間	0	0	6 (10)	0	t	0	2 (1)	0	7 (2)
		株際	7	0	45(110)	0	0	0	53 (20)	t	106 (34)
		条間 + 株際	2	0	19 (36)	0	t	0	19 (8)	t	40 (13)
	t 検定 (n=3)	条間	—	—	*	—	—	—	*	—	*
		株際	—	—	ns	—	—	—	ns	—	ns
		条間 + 株際	—	—	ns	—	—	—	*	—	*

注 1) 括弧内は無除草区を 100 としたときの割合を示す。

注 2) t は 1g 未満を示す。

注 3) * は 5% 水準で有意なことを、ns は有意でないことを示す。

注 4) コナギとイヌホタルイ以外の草種は発生が僅かであったため、個体数および生体重のみ表記した。

続するためには、米ぬか土壌表面処理単独による抑草技術では難しいと考えられた。

(2) 米ぬか土壌表面処理と株際機械除草の組み合わせによる複合除草技術

米ぬか土壌表面処理—株際機械除草区の個体数と生体重は、コナギが米ぬか土壌表面処理区対比で個体数 34%，生体重 36% であり、イヌホタルイが同区対比で個体数 7%，生体重 8% であった。また、条間の個体数と生体重は、コナギが米ぬか土壌表面処理区対比で個体数 17%，生体重 10% であり、イヌホタルイが同区対比で個体数 1%，生体重 2% であった。株際の個体数と生体重は、コナギが米ぬか土壌表面処理区対比で個体数 83%，生体重 110% であり、イヌホタルイが同区対比で個体数 17%，生体重 20% であった (表 4)。

以上の結果から、米ぬか土壌表面処理後にコナギおよびイヌホタルイが多発しても、株際機械除草 2 回を実施することにより、コナギ、イヌホタルイともに除草効果が得られ、残草量の大幅な減少につながることが明らかになった。また、個体数の減少率を草種別にみると、コナギは、ロータ通過率とほぼ同じ 66% であったが、イヌホタルイは、コナギよりかなり高く 93% であった。さらに、株際の除草効果をみると、コナギは、個体数が減少する傾向が見られたものの、生体重が減少しなかったが、イヌホタルイは、個体数が減少し、生体重も減少する傾向が認められた。これらのことから、米ぬか土壌表面処理後にコナギとイヌホタルイの残草が多発した圃場では、株際機械除草 2 回を実施すると、条間のコナギおよびイヌホタル

イのみならず、株際のイヌホタルイにも除草効果が認められ、残草量の減少に寄与した。

2) 作業時間

米ぬか土壌表面処理の作業時間は、散布作業と補給作業をあわせて0.34h/10aであった。また、米ぬかの補給回数は、10a当たり7.2回であった。株際機械除草については、作業時間は、1回目が1.59h/10a、2回目が1.69h/10aであった。米ぬか土壌表面処理と株際機械除草2回の作業時間は、3.62h/10aであった(表5)。一方、都府県の慣行の除草剤水稲栽培では、除草に要する労働時間は1.43h/10aであった(農林水産省2012)。本作業体系は、作業行程を重複させる必要や米ぬかの補給時間に時間を要することから、除草に要する時間は、慣行と比較して2.53倍になった。したがって、作業能率を改善するためには、乗用型作業機

図4 水稲成熟期の雑草発生状況(2006年予備試験)

注1) 移植(品種:「コシヒカリ」)は、代かき翌日(5月17日)に実施し、米ぬかは移植翌日に150kg/10aを土壌表面に散布した。

注2) 株際機械除草は、1回目が6月7日(代かき22日後)に、2回目が6月13日(同28日後)に実施した。

や米ぬかの補給方法について検討する必要があると考えられた。

3) 水稲収量およびその構成要素

千坂(1966)は、コナギ、タイヌビエ、マツバイの雑草害に関して、玄米重(y)と穂数(x)の関係を無雑草区に対する比率で表したとき、各点がだいたい $y=x$ の線の近くに分布することから、雑草害による移植水稲の減収に最も強く働いている構成要素は穂数であると述べている。本試験では、精玄米重は、米ぬか土壌表面処理-株際機械除草区が529g/m²に対して、残草の多発した米ぬか土壌表面処理区が422g/m²であった。また、収量構成要素についてみると、一穂穎花数と登熟歩合は、両区の差が見られず、千粒重は、米ぬか土壌表面処理-株際機械除草区が米ぬか土壌表面処理区より小さいものの、精玄米重に対する影響が少ないと考えられた。一方、穂数は、米ぬか土壌表面処理区263本/m²、米ぬか土壌表面処理-株際機械除草区328本/m²であったことから、精玄米重に強い影響を与えたと考えられた(表6)。以上のことから、本試験の米ぬか土壌表面処理区では、コナギとイヌホタルイの雑草害が穂数減に強く現れて、収量が著しく減少した。したがって、米ぬか土壌表面処理後にコナギとイヌホタルイが多発した場合、さらに株際機械除草2回を行うこ

表5 10a当たり作業時間(2007年)

作業名	作業時間(h/10a)
米ぬか土壌表面処理	0.34
株際機械除草(1回目)	1.59
株際機械除草(2回目)	1.69
合計	3.62

注1) 作業時間には、米ぬかと混合油の補給時間も含む。

表6 水稲収量およびその構成要素(2007年)

試験区	精玄米重(g/m ²)	穂数(本/m ²)	一穂穎花数(粒/本)	総穂数(100粒/m ²)	登熟歩合(%)	千粒重(g/1000粒)
米ぬか土壌表面処理区	422	263	84	220	88.3	21.8
米ぬか土壌表面処理-株際機械除草区	529	328	90	296	85.6	20.9
t検定(n=3)	**	*	ns	**	ns	*

注1) 登熟歩合は、逆正弦変換値でt検定を行った。

注2) **は1%水準で有意なことを、*は5%水準で有意なことを、nsは有意でないことを示す。

とにより、残草が少なくなり、穂数減による減収が軽減されることが明らかになった。

4. 摘要

米ぬか土壌表面処理単独による水田雑草の抑草技術は、コナギとイヌホタルイに対する抑草効果が低い。これに対応するため、米ぬか土壌表面処理後に、歩行型水田用中耕除草機のロータの配列変更による株際機械除草技術を検討した。

米ぬか土壌表面処理後にコナギとイヌホタルイの残草が多発した圃場では、歩行型水田用中耕除草機で株際機械除草2回を実施することにより、条間のコナギとイヌホタルイのみならず、株際のイヌホタルイにも除草効果が認められた。また、米ぬか土壌表面処理と株際機械除草2回を組み合わせた複合除草技術は、米ぬか土壌表面処理単独と比較して、雑草害による水稻収量の減少を軽減することができた。

謝辞

本論文の作成に当たっては、神戸大学大学院農学研究科の伊藤一幸博士、川村恒夫博士、庄司浩一博士に貴重な助言をいただきました。記して謝意を表します。また、圃場試験の実施に当たっては、滋賀県農業技術振興センターの三崎清道氏、吉岡善明氏、渡邊敏之氏、前田武彦氏に協力をいただきました。記して謝意を表します。

キーワード

イヌホタルイ、株際機械除草、コナギ、米ぬか土壌表面処理、水稻収量

引用文献

- 千坂英雄 (1966) : 水稻と雑草の競争, 雑草研究 5 ; 16-22.
- 丸山幸夫 (2007) : 作物の形態調査法 : マクロからミクロまで 収量および収量構成要素, 日作紀 76 ; 601-603.
- 宮原佳彦 (2007) : 機械除草技術開発の動向, 東北の雑草 7 ; 1-6.
- 中井 譲・鳥塚 智 (2009) : 米ぬか土壌表面処理による水田雑草の抑草効果, 雑草研究 54 ; 233-238.

- 中井 譲・鳥塚 智・河村政彦 (2011) : 米ぬか土壌表面処理と機械除草の組み合わせによる無除草剤水稻栽培技術, 雑草研究 56 ; 242-247.
- 中山幸則 (2010) : 米ぬかの水田雑草防除への利用について, 農業および園芸 85 ; 252-257.
- 農林水産省 (2007) : 有機農業の推進に関する基本的な方針, <http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/youki/pdf/d-2.pdf> (2007 年 4 月 27 日公表).
- 農林水産省 (2012) : 平成 22 年産米及び麦類の生産費, <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001087471> (2012 年 3 月 16 日公表).
- 財団法人日本土壌協会 (2012) : (有機栽培技術の手引(水稻・大豆等編)), II. 有機農産物の生産実態と有機栽培の技術的課題, 東京, pp. 3-6.

Summary

Rice bran treatment of soil surfaces in paddy fields does not adequately control two weeds, *Monochoria vaginalis* (Pontederiaceae) and *Schoenoplectus juncoides* (Cyperaceae). After changing the arrangement of the rotor in a walking cultivator, we examined the effect of weeding the intra-row spaces on the control of weeds in combination with rice bran treatment. In rice paddy fields where many of these residual weeds emerged after rice bran treatment, weeding the intra-row spaces twice reduced not only *M. vaginalis* and *S. juncoides* in the row spaces but also *S. juncoides* in the intra-row space. Compared to the weed-suppressive technique of rice bran treatment alone, the combination of rice bran treatment and weeding the intra-row space twice preserved paddy rice yields by more effectively controlling weeds.

Key Words

mechanical weeding technique intra-row spaces, *Monochoria vaginalis* (Pontederiaceae), paddy rice yields, rice bran treatment of soil surfaces, *Schoenoplectus juncoides* (Cyperaceae)