

## 高精度水田用除草機を活用した水稻有機栽培体系

誌名	農業および園芸 = Agriculture and horticulture
ISSN	03695247
巻/号	9112
掲載ページ	p. 1165-1170
発行年月	2016年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# 高精度水田用除草機を活用した水稲有機栽培体系

三浦重典\*

〔キーワード〕：有機栽培，水稲，機械除草，米ぬか

## 1. はじめに

わが国では、消費者の安全志向や健康志向さらには環境保全に対する関心の高まりを背景に、有機農産物に対する需要は確実に増加している。しかし、消費者ニーズに対応した有機農産物の生産は十分に行われていないのが現状である。この一因として、わが国では汎用的な有機栽培技術が確立していないことが指摘されている。

水稲の有機栽培では、直接労働に係る労働時間の約3割を除草作業が占めており（農林水産省 2004）、雑草対策が最も重要な課題である。しかし、化学合成除草剤を使用できない有機栽培では、単一の抑草技術で雑草害を防ぐことは困難である。このため、栽培地域の気象や有機栽培圃場の条件などに合わせて、複数の抑草技術を組み合わせた雑草対策を講じる必要がある。有機栽培で利用可能な抑草技術には、機械やチェーンによる除草、米ぬかやくず大豆などの有機物散布、紙マルチの利用、複数回代かきなどが挙げられる。このうち、機械除草に関しては、多目的田植機に装着可能な高精度水田用除草機などの除草効率が高い機械が開発、利用されている。また、米ぬかに関しては、土壌表面処理によりヒメタイヌビエやコナギなどの水田雑草の発芽が抑制されることが報告されている（室井ら 2005, 中井・鳥塚 2009）。しかし、有機栽培圃場を対象に、各種抑草技術の効果と水稲の生産性との関係を論じた文献は少なく、佐々木ら（2010）の短報がみられる程度である。

そこで、本研究では、有機 JAS 法に基づき、入手しやすい資材や労働生産性の高い機械などを利用した有機栽培体系を組み立て、試験圃場で実践することとした。特に問題となる雑草対策としては、高精度水田用除草機を中核とし、これに雑草の発芽抑制効果が示唆されている米ぬかの散布など耕種的な雑草防除技術を組み合わせた除草体系の有効性

を検討した。本報告では、有機栽培開始 4 年目の 2011 年から 4 年間の有機栽培圃場における雑草の動態と水稲の生育・収量を慣行栽培と比較しつつ解析し、汎用的な水稲の有機栽培体系について総合的に評価した。なお、本報は既報の三浦ら（2015）の一部に新たなデータを追加してとりまとめたものであり、有機栽培開始初期の状況についてはこれを参考にされたい。

## 2. 材料および方法

### (1) 試験圃場の概要

試験は、茨城県つくばみらい市の中央農業研究センター谷和原水田圃場（土壌は灰色低地土）で実施した。試験圃場は、栽培法によって有機栽培圃場と慣行栽培圃場を別々に設定した。有機栽培圃場は、2008 年に有機栽培を開始した圃場 2 筆とした。慣行栽培圃場は、2011 年が 2 筆、2012 年以降が 3 筆とした。各圃場の面積と土壌の化学性については表 1 に示すとおりである。

### (2) 有機栽培圃場の栽培体系

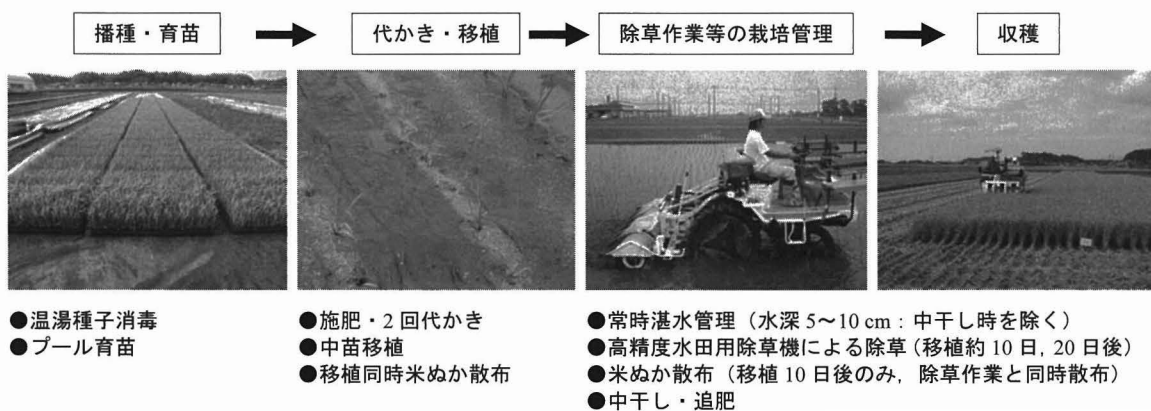
有機栽培圃場の水稲の栽培体系は、有機栽培農家で行われている作業（稲葉 2007）などを参考にし組み立てた（図 1）。有機栽培の水稲の移植時期については、慣行栽培に比べて遅く移植する生産者が多いことから、本試験では、茨城県における水稲（コシヒカリ）慣行栽培の標準移植期である 5 月中旬より遅く、収量ポテンシャルが大きく低下しないと考えられる 6 月上旬に中苗を移植した。雑草対策は、高精度水田用除草機と米ぬか散布を中核技術とし、これに 2 回代かきを組み合わせた除草体系とした。高精度水田用除草機は、乗用型多目的田植機の機体後部に接続可能な除草装置であり、国内の農機具メーカー 3 社から市販されている。本機には、高速回転する横軸回転ロータで水稲の条間を除草し、水平左右に揺動するレーキで株間を除草する方式の除草機構が採用されている（宮原 2005）。本試験では、田植機本体の肥料ホoppa から除草機の後部にホースを取り付け、機械除草と同時に土壌表面に米

表1 試験圃場の面積と土壌の理化学性

栽培法 (圃場)	面積 (a)	土壌の化学性					
		pH	全窒素 (%)	全炭素 (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (mg kg <sup>-1</sup> )	
有機栽培	Y1	9	6.5	0.33	4.4	68	285
	Y2	4	7.1	0.19	2.2	96	269
慣行栽培	K1	8	6.6	0.30	3.8	64	415
	K2	5	6.5	0.18	2.1	93	253
	K3	5	6.2	0.19	2.1	80	227

注1) 2010年に作土層(0~10cm)から採取した土壌の分析値.

2) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>はトルオーグ法により測定した有効態リン酸含量.



<主な必要資材:有機JAS適合育苗培土(約50L/10a),粒状米ぬか(約50kg/10a×2回分),有機JAS適合肥料>

図1 有機栽培圃場における水稻の栽培体系と主な導入技術・必要資材

ぬかが散布できるよう高精度水田用除草機を改良した。米ぬかは、肥料ホップ内の目皿やホース内での目詰まりを少なくするために無洗米製造工程で粒状に成形されたもの(市販品)を購入して用いた。有機栽培体系の雑草抑制効果を評価するために、圃場の一部に機械除草と米ぬか散布を行わない雑草放任区を設定した。

### (3) 栽培概要

有機栽培圃場の育苗には、市販の無消毒種子(品種は「コシヒカリ」)を2.2mmのふるいで選別後に60℃で10分間の温湯消毒を行い使用した。浸種・催芽後、市販の有機育苗培土(「日本の稲作を守る会」製)をつめた育苗箱に吸水粃80g(乾粃で60g相当)を均一に播種、覆土し30℃の恒温器で出芽させた。出芽後は移植まで屋外で約5週間プール育苗を行った。慣行栽培用の種子は、オキシリニック酸20%・プロクロラズ5%水和剤の200倍希釈液に24

時間浸漬後、浸種・催芽を行った。播種量は育苗箱1箱当たり吸水粃180g(乾粃で135g相当)とし、慣行法にしたがって約4週間育苗した。

有機栽培圃場は、図1に示す栽培体系を基本に作業を実施した。各年とも移植の約4週間前に元肥として市販の有機質肥料(有機アグレット666特号:朝日工業株式会社)を施用した。施肥量はN, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>Oで各成分3g/m<sup>2</sup>とした。その後5月上旬~中旬にかけて入水し、代かきハローにより代かきを行った。代かき後はそのまま湛水を続け、移植日の1~2日前に再度代かきをおこなって湛水期間中に発生した雑草を土中に埋め込んだ。6月上旬に6条植えの多目的田植機を用いて移植と同時に米ぬかを散布した。本作業では、田植ユニットの側条施肥部分を取りはずしビニールホースを接続することにより、移植と同時に米ぬかが散布できるようにした。栽植様式は条間30cm×株間18cmとし、移植後は

欠株がないよう補植した。なお、高精度水田用除草機が巡回する枕地には水稲の移植は行わなかった。移植後は水深を慣行栽培よりもやや深い 5~10cm とし、中干し期（7月下旬）まで常時湛水状態を維持した。

高精度水田用除草機による除草作業は、移植から約 10 日目および 20 日目の計 2 回行った。除草作業時の水深は 3 cm 程度とし、作業速度は 0.4~0.5 ms<sup>-1</sup> で作業後は速やかに水深を 5 cm 以上とした。米ぬかは、移植時と 1 回目の除草作業時の合計 2 回、それぞれ約 50 gm<sup>2</sup>（合計約 100 gm<sup>2</sup>）を散布した。追肥は、中干し終期に元肥と同じ有機質肥料を N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O で各成分 2 gm<sup>2</sup> 施用した。

慣行栽培圃場は、化成肥料を N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O で各成分 5 gm<sup>2</sup> 施用し耕うんした後入水して、移植日の 2~3 日前に代かきをし、5 月中旬に稚苗を条間 30 cm×株間 18 cm で移植した。除草剤は、各年とも移植約 10 日後にジメタメトリン 0.6%・ピラゾレート 12%・プレチラクロール 4.5%・プロモプチド 6% 混合粒剤を 10 a 当たり 1 kg 散布した。その後、水深 3~5 cm 程度で管理し、中干し期（7月上旬）に化成肥料で N および K<sub>2</sub>O を各成分 3 gm<sup>2</sup> 追肥した。また、中干し期には、ベンタゾンナトリウム塩 40% 液剤の 200 倍希釈溶液を 10 a 当たり 100 リットル散布した。栽培期間中は病害虫防除用の化学農薬は使用しなかった。

観察により全穂数の 80% 程度の穂首が黄化した日（成熟目安）から 1 週間以内に坪刈りと収穫期の調査を行った。収穫調査後、コンバインによる全刈りを行い、稲わらのみ全量圃場に還元した。各圃場の移植、機械除草、出穂および収穫作業日は表 2 に示すとおりである。

### 3. 結果および考察

#### (1) 高精度水田用除草機を中核とした除草体系の雑草抑制効果

本試験の有機栽培圃場での最優占雑草種はコナギであり、そのほかタマガヤツリ、イヌホタルイなどが存在したがヒエ類はほとんどみられなかった。有機栽培圃場における移植 6 週後の雑草の乾物重を表 3 に示す。高精度水田用除草機と米ぬか散布による抑草効果は、各年とも条間では極めて高く、雑草乾物重は雑草放任区の 2% 以下であった。一方、株間の雑草乾物重は雑草放任区の 6~17% となり条間に比べると年次変動が大きく残草量が大きかった。高精度水田用除草機は、条間の除草ロータが高速回転するため除草効果は高いが、株間除草レーキは水平揺動式であることから株間の除草効果がやや低いことが指摘されており（荒井・酒井 2005a）、本試験でも同様の結果となった。一方、収穫期における雑草の乾物重は各年次とも 10 gm<sup>2</sup> 以下（データ省

表 3 有機栽培圃場の雑草乾物重（移植 6 週後）

年次	処理	条間 (gm <sup>2</sup> )	株間 (gm <sup>2</sup> )
2011 年	除草区	0.7 ( 1 )	13.0 ( 17 )
	雑草放任区	76.3 ( 100 )	
2012 年	除草区	0.3 ( 0 )	10.6 ( 14 )
	雑草放任区	73.3 ( 100 )	
2013 年	除草区	0.1 ( 0 )	5.5 ( 6 )
	雑草放任区	87.3 ( 100 )	
2014 年	除草区	0.3 ( 1 )	5.7 ( 12 )
	雑草放任区	48.5 ( 100 )	

注 1) 雑草放任区は条間と株間を区別せず調査。

2) ( ) 内は雑草放任区を 100 とした時の相対値。

表 2 年次・圃場別の移植、機械除草、出穂および収穫作業日

年次	圃場	移植	機械除草		出穂	収穫 (坪刈り)
			1 回目	2 回目		
2011 年	有機栽培	6 月 10 日	6 月 20 日	6 月 30 日	8 月 12 日	9 月 29 日
	慣行栽培	5 月 19 日	—	—	8 月 4 日	9 月 14 日
2012 年	有機栽培	6 月 8 日	6 月 18 日	6 月 28 日	8 月 14 日	9 月 24 日
	慣行栽培	5 月 18 日	—	—	8 月 1 日	9 月 12 日
2013 年	有機栽培	6 月 5 日	6 月 14 日	6 月 24 日	8 月 11 日	9 月 19 日
	慣行栽培	5 月 17 日	—	—	8 月 2 日	9 月 10 日
2014 年	有機栽培	6 月 3 日	6 月 13 日	6 月 23 日	8 月 12 日	9 月 24 日
	慣行栽培	5 月 16 日	—	—	7 月 30 日	9 月 9 日

略)であり、本試験では、概ね雑草害が生じない程度の高い抑草効果が得られたと考えられる。

本試験では、移植時および第1回目の除草作業と同時に約  $50 \text{ gm}^{-2}$  の米ぬかを散布した。小森 (2007) は、10 cm 程度の深水管理に加え米ぬかペレットとくず大豆の散布は雑草の抑制に有効であることを報告している。中井・鳥塚 (2009) は、米ぬか処理量に応じてコナギの残草量が少なくなり、米ぬか  $60 \text{ gm}^{-2}$  処理区では無処理区対比で生体重が 13% に抑制されるとしている。本試験では、機械除草のみを行った試験区を設定していないことから米ぬか単独の抑草効果については明らかではないが、米ぬか散布が抑草に貢献していた可能性は高い。一方、米ぬかによる抑草効果は土壌条件、施用時期や量などによって変動すること (Nozoe ら 2012, 内野ら 2012) が明らかになっており、本試験のような米ぬか散布方法が適正かどうかはさらに検討を要する。また、米ぬか散布による抑草メカニズムについては未だ明らかになっていないため、筆者らの研究グループでは米ぬかの分解時などに生成される有機酸や米ぬか散布後の土壌物理性の変化が雑草の発芽や生育に及ぼす影響についても解析中である (青木ら 2013, Nozoe ら 2016)。

## (2) 機械除草作業による欠株率

有機栽培圃場における機械除草作業後の水稻の欠株率を図2に示す。欠株率は年次により変動があり、1回目の除草作業後で 1.5~6.4%、最終的には 1.8~9.1% となった。これは、高精度水田用除草機

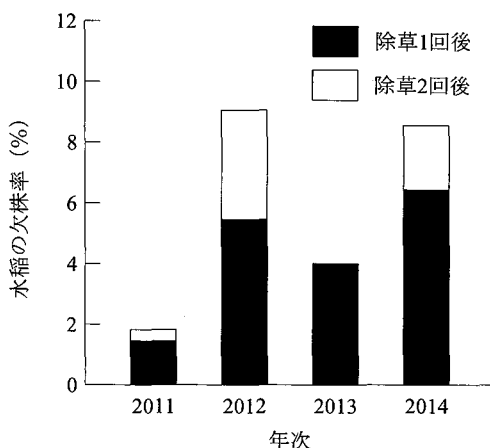


図2 除草作業後の欠株率

を利用したこれまでの試験結果とほぼ一致している (菊池・野沢 2007)。除草作業による欠株は1回目の除草時に発生しやすいが、その理由として1回目の除草時が水稻の活着初期であり、本機の走行や株間除草レーキにより株が抜けたり損傷が生じやすい状況にあることが一因と推察される。また、一部の圃場では車輪の外側の稲株に連続した欠株が観察された。これは、除草作業中、多目的田植機本体が傾くことにより車輪の外側の土が苗ごと押し出され、その上を除草機が通過することに起因すると考えられる。このような場合には、機体の後輪に補助車輪を利用することで走行を安定させ、欠株を減らすことができる (宮原 2005)。

本試験では、除草時の作業速度は約  $0.4 \text{ ms}^{-1}$  であったが、作業速度が  $1.0 \text{ ms}^{-1}$  程度で除草時の水深が 3 cm 以下では 15% 以上の欠株率となるという報告がある (菊池・野沢 2007)。欠株率は 5% 程度では減収しない (西山 1984)、欠株率 15% 程度までは減収が 5% 以内となる (渡邊ら 2009) など慣行栽培では欠株率が極端に大きくならなければ周囲株の補償作用もあり収量に及ぼす影響は小さいとの報告は多い。しかし、圃場条件や作業時期に合わせて水深や作業速度を考慮した除草作業により欠株率を低減させることは、有機栽培において収量を安定させるために重要と考えられる。

## (3) 水稻の生育と収量

水稻の生育は各年とも概ね順調であり、葉いもち病およびカメムシ類などの発生が観察されたが、いずれも軽微であった。有機栽培圃場の移植日が遅かったことから、移植から出穂までの平均日数は、有機栽培圃場で 67 日、慣行栽培圃場で 76 日であった。有機栽培圃場では、慣行栽培圃場に比べ穂数が有意に少なく、草丈、稈長、穂長などには有意な差はなかった (表 4)。有機栽培圃場の玄米収量は 4 年間の平均で  $476 \text{ gm}^{-2}$  であり、有意差はなかったが慣行栽培圃場より約 8% 低かった。玄米収量と収穫期の諸形質および雑草乾物重との相関を解析した結果、穂数と玄米収量との間に有意な正の相関関係が認められた (図 3)。しかし、移植 6 週間後および収穫期の雑草乾物重と玄米収量との間には相関関係は認められなかった (図省略)。

農薬や化学肥料を使用しない有機栽培では、一般に水稻の生育や収量が慣行栽培より劣り、農家調査

表4 玄米収量と収穫期の形質

項目	有機栽培 圃場	慣行栽培 圃場
草丈 (cm)	110.7 ( 96)	114.9
稈長 (cm)	90.8 (102)	89.2
穂長 (cm)	19.0 ( 99)	19.2
穂数 (本 m <sup>-2</sup> )	319.8*( 84)	380.4
玄米収量 (gm <sup>-2</sup> )	476.4 ( 92)	515.8
もみわら比	0.805 ( 99)	0.812
玄米千粒重 (g)	22.1 ( 99)	22.3

注1) 2011~2014年の4年間のデータの平均値。

2) ( ) 内は慣行栽培を100とした時の相対値。

3) \*は5%水準で有意差あり(分散分析)。

によれば減収率の平均値は25%という結果がある(MOA自然農法文化事業団2011)。齋藤ら(2001)は、10年間の継続試験において無農薬区(有機JAS栽培相当)の慣行区に対する減収程度は平均で約10%であり、コナギの雑草害による穂数減が主要因と考察している。荒井・酒井(2005b)は、福島県で行った現地試験で、有機栽培では慣行栽培に比べて水稲の稈長および穂長がやや長く穂数が少ないこと、収量がやや劣ることを報告している。本試験の有機栽培圃場における玄米収量は慣行栽培圃場より約8%低かったが、前記した報告(齋藤ら2001)、荒井・酒井(2005b)に比べ減収率は小さかった。このことは、本試験で組み立てた有機栽培体系の有効性を示唆している。特に、雑草防除に関しては、全般に残草量が少なく、収量との間に相関関係がなかったことから、収量に影響しないレベルまで雑草は抑制されたと判断される。一方で、水稲の生育、収量に対する雑草の影響は発生する雑草種によって異なり、荒井・川島(1956)はコナギ優占の群落よりノビエ優占の群落で水稲収量への影響が大きいと報告している。ヒエ類の耕種的な防除法としては、15cm程度の深水管理が有効との知見(三石1976、稲葉2007)もあることから、本試験で実施した除草体系については、ヒエ類が優占する圃場で深水管理との組み合わせなどを行うことで有効性を確認中である。

有機栽培圃場と慣行栽培圃場では穂数に有意な差が認められ、有機栽培圃場では玄米収量と穂数との間に正の相関関係が認められたことは、本試験の有機栽培体系で収量を高めるためには穂数の確保が重要であることを示唆している。本試験で穂数が

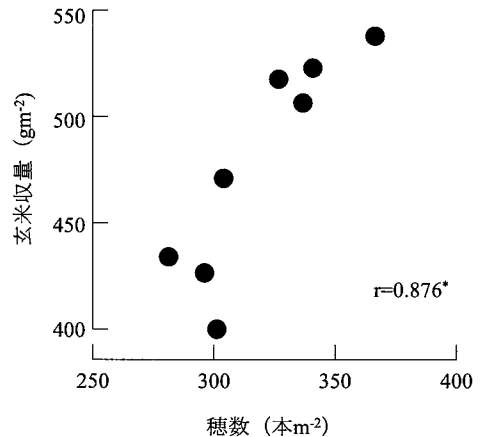


図3 穂数と玄米収量との関係

注1) 有機栽培2圃場のデータ。

2) \*は5%水準で相関関係あり(n=8)。

少なかった原因として、有機栽培圃場では慣行栽培圃場より3週間程度遅く移植したため出穂までの日数が短く、栄養成長期間が十分でなかったことが考えられる。また、本試験では2回代かきを実施したため有機質肥料の施用後から移植まで3~4週間程度は湛水状態を維持した。これにより、有機質肥料に含まれる窒素などの無機化は進んだと考えられるが、代かき、移植及び除草時の落水で窒素などの流亡が起こった可能性がある。加えて、機械除草による茎や根の物理的な損傷や米ぬか散布による生育障害の可能性もあり、穂数の減少に係る要因についてはさらなる解析が必要である。

穂数を増加させるためには、雑草を安定的に抑制するとともに、栽植密度を高めることや移植時期を早めて栄養成長期間を長くすることなどが有効と考えられる。栽植密度を高めることは生育初期の被蔭による抑草効果を高め、欠株による茎数、穂数の減少を抑制する効果がある反面、低農薬栽培では密植による穂数増加はわずかで多肥では穂いもちの多発生を招く(前田2002)とする報告がある。また、移植時期を早めることは、一般にイネミズゾウムシやイネドロオウムシなどによる被害の増加につながるほか、米ぬかの抑草効果を低下させる(内野ら2012)ため農薬を使用できない有機栽培には不利な点も多い。今後、有機質肥料の分解特性を明らかにし、有効茎数を確保するための施肥(追肥)時期や量などについて検討することも必要である。

以上、本試験の水稲有機栽培では高精度水田用除草機と米ぬか散布を中核とした除草体系により概ね雑草害による水稲の減収が生じない程度の高い抑草効果が得られ、変動があるものの慣行栽培の9割程度の収量が確保されることが示された。このことから、本試験で組み立て実践した有機栽培体系は、農業現場への普及に有効な技術体系であると判断される。一方、株間の抑草効果がやや劣ること、水稲の欠株率が平均で6%程度と高いことおよび慣行栽培に比べて穂数が少ないことなどが課題としてあげられた。今後は、土壌の物理・化学性、雑草の動態、水稲の収量性などを継続的に調査、解析することで水稲有機栽培における生産性の維持、向上について検討するとともに、本試験で組み立てた水稲有機栽培体系の有効性については、農家圃場での実証試験を通じて確認していく予定である。

本研究の一部は、農林水産省の農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（課題名「機械除草技術を中心とした水稲有機栽培システムの確立と実用化」）により実施しました。なお、本稿で紹介した高精度水田用除草機の改良、水稲有機栽培技術のポイントなどに関しては下記の Web サイトを参考にしてください。

「機械除草技術を中心とした水稲有機栽培技術マニュアル」

<https://ml-wiki.sys.affrc.go.jp/Organic-Pro/>

#### 4. 引用文献

- 1) 青木大輔・内野 彰・野副卓人・田中福代・三浦重典 (2013) コナギ種子の発芽に及ぼす芳香族カルボン酸の影響。雑草研究, 58 (別): 131.
- 2) 荒井正雄・川島良一 (1956) 水稲栽培に於ける雑草害の生態学的研究 I・II。日作紀, 25: 115-119.
- 3) 荒井義光・酒井孝雄 (2005a) 福島県浜通りにおける水稲有機栽培の実証 第1報 有機栽培初年目の深水・除草機による雑草防除の効果。日作東北支部報, 48: 17-18.
- 4) 荒井義光・酒井孝雄 (2005b) 福島県浜通りにおける水稲有機栽培の実証 第2報 有機栽培初年目の水稲生育と収量。日作東北支部報, 48: 19-20.
- 5) 稲葉光國 (2007) 農薬・有機のイネづくり。農山漁村文化協会, 東京, 189p.
- 6) 菊池晴志・野沢智裕 (2007) 青森県における水田用除草機の利用方法。日作東北支部報, 50: 97-98.
- 7) 小森秀雄 (2007) 有機栽培の水管理が水稲の生育と雑草の発生に及ぼす影響。日作東北支部報, 50: 95-96.
- 8) 前田忠信 (2002) 低農薬栽培における栽植密度が水稲の生育、収量と穂いもち発生に及ぼす影響。日作紀, 71 (1), 50-56.
- 9) 三石昭三 (1976) 湛水土壤中直播水稲およびタイヌビエの生育に及ぼす深水の影響。北陸作物学会報, 11: 16-18.
- 10) 三浦重典・内野 彰・野副卓人・田澤純子・吉田隆延・水上智道・鄭 凡喜・万 小春・仲川晃生・中谷敬子・澁谷知子・白石昭彦・今泉智通・青木大輔・松岡宏明 (2015) 機械除草と米ぬか散布を組み合わせた水稲有機栽培体系の抑草効果と収量性。中央農研研究報告, 24: 55-69.
- 11) 宮原彦彦 (2005) 高精度水田用除草機の開発と実用化。関雑研会報, 16: 11-17.
- 12) MOA 自然農法文化事業団 (2011) 有機農業基礎データ作成事業報告書。静岡, p.20.
- 13) 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粉剤ならびにペレット剤の作用。雑草研究, 50 (3): 169-175.
- 14) 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 (4): 233-238.
- 15) 西山岩男 (1984) 補植をしない稲作のすすめ。農業および園芸 61 (10): 1189-1191.
- 16) 農林水産省 (2004) 環境保全型農業（稲作）推進農家の経営分析調査報告。農林水産省統計部, p.26.
- 17) Nozoe, T., A. Uchino, S. Okawa, S. Yoshida, Y. Kanda and Y. Nakayama (2012) Suppressive effect of rice bran incorporation in paddy soil on germination of *Monochoria vaginalis* and its relationship with electric conductivity. *Soil Science and Plant Nutrition*, 58: 200-205.
- 18) Nozoe, T., D. Aoki, K. Matsuoka, S. Miura, A. Uchino and X-C. Wan (2016) Relationship between physical property of soil and growth of *Monochoria vaginalis* under paddy condition of organic farming — analysis using settled soil volume water of superficial layer. *Plant Production Science*, 19: 238-245.
- 19) 齊藤邦行・黒田俊郎・熊野誠一 (2001) 水稲の有機栽培に関する継続試験。日作紀, 70 (4): 530-540.
- 20) 佐々木園子・濱名健雄・大谷裕行・鈴木幸雄・新妻和敏 (2010) 水稲有機栽培の雑草防除に関する研究 第1報 有機物施用によるコナギ抑草効果と水稲の生育および収量。日作東北支部報, 53: 5-6.
- 21) 内野 彰・青木大輔・今泉智通・岩上哲史・安達康弘・野副卓人・三浦重典 (2012) 新鮮有機物の施用によるコナギ抑草効果に及ぼす各種環境条件の影響。雑草研究, 57 (別): 17.
- 22) 渡邊 肇・佐々木倫太郎・関口 道・鈴木和美・三枝正彦 (2009) 異なる栽培法における欠株が水稲の生育・収量に及ぼす影響。日作紀, 78 (1): 95-99.