研究報文

有機質肥料と床土原土との混和時期が 水稻苗の生育に及ぼす影響

朝妻英治*・高橋行継**・平井英明**

* 東京農工大学大学院連合農学研究科

** 宇都宮大学農学部

Mixing Organic Fertilizer with Nursery Soil : Effect of Fallow Duration
on Growth of Paddy Rice Seedlings

Eiji ASATSUMA*, Yukitsugu TAKAHASHI** and Hideaki HIRAI**

* Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan

** Faculty of Agriculture, Utsunomiya University, Japan

1. 緒言

水稻有機栽培においては、各都道府県から挙げられた諸問題の一つとして、水稻育苗対策に係る問題がある (日本土壌協会 2012a)。

有機質資材の使用に関しては、それらの特異的な窒素無機化パターンにより肥効調節が困難であり、施用量や施用時期により水稻苗に障害を引き起こすなどの影響を及ぼすこと (進藤ら 2006)、また有機質資材を窒素源として利用するとムレ苗が起りやすい (日本土壌協会 2012b) といった栽培上の問題点が報告されている。ムレ苗とは 2~3 葉期に苗が急激に枯死する症状であり、岡山 (1987) は床土 pH の上昇によりピシウム属菌が繁殖し、更に苗床の低温条件が菌に侵され易い環境を作るとしており、床土 pH の上昇と低温条件の両要因がムレ苗の発生を助長するとしている。有機物の混和により床土の pH が上昇することが

知られており (金ら 2007)、有機育苗においてはムレ苗発生の助長要因の一つであると考えられる。日本土壌協会 (2012b) は水稻有機育苗におけるムレ苗の抑制技術としてプール育苗方法を奨励しており、米倉・大下 (2000) はプール育苗方法において、事前に有機質肥料と床土原土を混和することで苗立枯症状も抑制できると報告している。また、浦野ら (2011) は、有機育苗に用いる有機質肥料は菜種油粕および魚粕 (以下魚粉と記述する) が適しており、その施用量は窒素成分でそれぞれ 1g ずつ、箱当り 2g が適当と報告しており、この施用量でのプール育苗方式により苗立枯症状、ムレ苗の発生は無く、かつ健苗が得られると報告している。

水稻有機栽培には、緩効的な肥効発現系、雑草・病虫害防除等の観点から、移植直後に良好な初期生育が期待される中苗以上の苗の使用が望ましい (江上ら 2009, 菊地・鈴木 2009, 鈴木・菊地 2009) と考えられるが、有機育苗における中苗育成に関して詳細に報告された例が少なく、浦野ら (2012) の報告においても混和時期に関しては明らかにされていない。

以上の背景から本研究では、有機質肥料を利用した培土を供試し、有機中苗として本田機械移植に対応した生育、品質を有する水稻苗の生産技術の確立に資することを目的として、プール育苗条

平成 25 年 3 月 27 日受付

平成 26 年 1 月 11 日受理

Corresponding author

朝妻英治 Eiji ASATSUMA

〒321-0923 栃木県宇都宮市下栗町 2764-4 D'フレアタウン長宮Ⅲ 201

D' Fureatown Ngamiya III 201, 2764-4 Shimogurimati, Utsunomiya, 321-0923, Tochigi Japan.

E-mail : eiji0712@miya.jm.utsunomiya-u.ac.jp

件下の中苗育成における魚粉、菜種油粕と床土原土との混和時期が水稻苗の生育、苗質に及ぼす影響について、2011年、2012年の2か年にわたり検討したので報告する。

2. 材料および方法

1) 栽培管理の概要と試験区の設定

試験は2011年、2012年の2か年、宇都宮大学農学部附属農場内（以下、附属農場と略称）のガラス温室、およびハウス内で実施した。供試品種はコシヒカリを用いた。

種子予措並びに播種作業は、附属農場慣行法に従った。播種は、2011年では4月21日、2012年では4月24日に行った。両年共に播種量は乾粉換算で100g/箱（育苗箱の大きさは60cm×30cm）とし、床土は、宇都宮大学農学部附属農場内の森林下の表層土（黒ボク土）（以下、山土と略称）に、有機質肥料を混和したものを育苗箱（丸三産業株式会社製ニューライン）あたり2.15L、覆土として有機質肥料を混和していない山土1Lを充填した。有機質肥料として魚粉（カネミ倉庫株式会社製）、菜種油粕（Jオイルパーム株式会社製）を使用した。それぞれの肥料保証成分量（N:P₂O₅:K₂O）は、菜種油粕5.3:2.0:1.0、魚粉7.0:7.0:0.5であり、C/N比は菜種油粕6.9、魚粉は4.6であった。箱当たりの有機質肥料の施用については、浦野ら（2011）に従った。すなわち、両有機質肥料を窒素成分比1:1で混和したものを供試し、その施肥量は窒素成分で2g/箱とし、供試した有機質肥料と山土を混和する時期を異にした試験区を設定した。播種4週間前、2週間前、1週間前に有機質肥料を山土と混和し暗所保存した培土と、播種日当日に有機質肥料を山土と混和した培土を使用し、育苗試験を実施した。それぞれ4W区、2W区、1W区、0W区として、計4試験区を設けた。育苗試験は3反復で行った。

本試験においては、播種後の出芽作業を2011年はガラス温室内、2012年はハウス内において平置き出芽法（高橋ら1993、高橋ら2004）によって実施した。その際にシルバーラップ（東雄興産株式会社製）を被覆資材として使用した。2011年、2012年共に出芽長が概ね1cmに達した時点で被覆資材を除去し、その後もガラス温室内、ハウス内管理とし、播種日から起算して10日目以降はハウス内でのビニールプール育苗（以下、プール

育苗と略称）（高橋ら2004、高橋・吉田2006）に移行した。プール育苗時の水管理は、基本的に常時湛水条件（水深2~3cm）とした。育苗期間は、播種日から起算して30日間とした（2011年は4月21日から5月21日、2012年は4月24日から5月24日）。

2) 調査方法

苗の生育状況を比較するために、草丈、葉齢、第1葉葉鞘高、葉色値、地上部乾物重、生育むら、地下部障害、立枯症状および苗窒素含有率を調査した。草丈および葉齢は、育苗箱の周縁部を除いた場所から任意に20個体を選択し、播種後16日目、30日目（育苗完了日）に測定した。なお、第1葉は不完全葉を除いた葉位とした。第1葉葉鞘高は同じく育苗箱の周縁部を除いた場所から任意に20個体を選択し、播種後30日目（育苗完了日）に測定した。葉色は、2011年では葉緑素計（コニカミノルタセンシング株式会社製：SPAD-502）で測定した数値（SPAD値）を、2012年では葉色板を用いた1~6の段階評価を、葉色値とし、評価した。育苗箱の周縁部を除いた場所から任意に10個体を調査し、その平均値を箱全体の葉色値とした。測定部位は各々の調査時点における最上位展開葉のほぼ中央部とした。地上部乾物重は播種後30日目（育苗完了日）に育苗箱の周縁部を除いた場所から任意に100個体を採取し、80℃の通風乾燥器で48時間乾燥した後、重量を測定した。生育むら、苗立枯症状は浦野ら（2011）に従い、それぞれ育苗完了時、苗出芽時に育苗箱内の観察による1~5段階の相対評価として調査した。地下部障害については形成されたマット苗根部の観察による1~5段階の相対評価として調査した。苗の窒素含有率は、乾物重測定に使用した80℃通風乾燥した100個体を粉砕機（HEIKO社製SAMPLE MILL TI-100）で微粉碎し、NCアナライザー（住化分析センター製SUMIGRAPH NC-22F）で各試料の窒素含有率を測定して求めた。また、求めた窒素含有率、100個体乾物重および栽植密度から苗の箱当たり窒素含量を算出した。

得られた結果の統計解析はSTATISTICA2000（StatSoft, Inc.）を用いて多重検定（Tukey法）で行った。

3. 結果

1) 有機質肥料（魚粉・菜種油粕）の床土原土との混和時期が苗の生育に及ぼす影響

播種後 16 日目と 30 日目の苗生育を表 1 に示した。播種後 16 日目においては、2011 年、2012 年ともに草丈では混和後の保存期間が長い試験区が高くなる傾向を示した。2011 年と 2012 年ともに 4W 区で最大値（2011 年 11.6 cm, 2012 年 16.6 cm）を示した。播種後 30 日目の育苗完了時において、2011 年は 2W 区が最高の 16.7 cm, 0W 区が最低の 15.7 cm を示した。各試験区に有意差は認められなかった。2012 年では 4W 区が最大の 18.6 cm で、0W 区が最も低い 13.7 cm となり、4W 区、2W 区に比べ 5% 水準で有意に低い値を示した。

葉齢については、2012 年播種後 16 日目において 4W 区が 3.3 と 0W 区に比べ 5% 水準で有意に高い値を示した。両年ともに播種後 30 日目の育苗完了時においては各試験区に有意な差は認められなかった。

第 1 葉葉鞘高については草丈と同様に混和後の保存期間が長いほど高くなる傾向にあった。4W 区は 2011 年では 3.2 cm, 2012 年では 4.4 cm と両

年ともに 1W, 0W 区に比べ 5% 水準で有意に高い値を示した。

葉色値については 2012 年播種後 16 日目において 2W 区が 0W 区に比べ 5% 水準で有意に高い値を示したが、両年を通じて播種後 30 日後の育苗完了時には各試験区間に有意な差は認められなかった。

地上部乾物重について、両年ともに 0W 区が最低値を示しており、2012 年では 4W, 2W 区に比べ 5% 水準で有意に低かった。

2) 有機質肥料（魚粉・菜種油粕）の床土原土との混和時期が苗マットの形質に及ぼす影響

育苗完了時苗マットの形質を表 2 に示した。生育むらにおいては両年ともに混和後の保存期間が長いほど大きい値を示す傾向があり、2011 年では 4W 区が他の試験区に比べ 5% 水準で有意に高くなった。

地下部障害、苗立枯症状は両年を通じて全試験区において見られなかった。

3) 有機質肥料（魚粉・菜種油粕）の床土原土との混和時期が苗窒素含量に及ぼす影響

表 1 有機質肥料（魚粕、菜種油粕）と床土原土との混和時期が苗の生育に及ぼす影響

年次	試験区	播種後 16 日目			播種後 30 日目（育苗完了日）				
		草丈 (cm)	葉齢	葉色値	草丈 (cm)	葉齢	第 1 葉 葉鞘高 (cm)	葉色値	苗地上部 乾物重 (g/100 個体)
2011	4W 区	11.6a	2.9a	23.1a	16.3a	4.1a	3.2a	24.2a	1.98a
	2W 区	11.0a	2.9a	25.5a	16.7a	4.1a	3.0ab	25.5a	1.84a
	1W 区	9.9a	2.9a	24.0a	16.0a	4.1a	2.9bc	25.0a	1.59a
	0W 区	10.0a	2.9a	27.0a	15.7a	4.2a	2.8c	22.9a	1.52a
2012	4W 区	16.6a	3.3a	5.0ab	18.6a	4.2a	4.4a	2.8a	2.45a
	2W 区	15.7a	3.2ab	5.8a	17.6a	4.2a	4.2a	3.2a	2.50a
	1W 区	14.4ab	3.2ab	5.0ab	16.2ab	4.1a	3.9b	2.7a	2.41ab
	0W 区	12.7b	3.0b	4.0b	13.7b	4.0a	3.9b	2.3a	1.99b
育苗完了時 中苗生育指標					14~18	3.4~4.5	3	—	

草丈、葉齢、第 1 葉鞘高は 20 個体の平均値。葉色値は 10 個体の平均値（但し、調査対象は立ち枯れ、生育むら等の障害がない健全な個体とした。）。

草丈、葉齢、葉色値は播種日から換算して 16 日後と 30 日後（育苗完了日）の値を示した。

第 1 葉鞘高は播種日から換算して 30 日後（育苗完了日）の値を示した。

葉色値…2011 年は SPAD 値、2012 年は葉色板による 1~6 段階の育苗箱内相対評価。

乾物重は育苗完了日に採取した 100 個体の絶乾状態での合計値。

統計分析における多重検定は年度毎に実施し、同一アルファベットは Tukey 法により 5% 水準で有意差のないことを示す。

—は指標未設定。

中苗生育指標…日本土壌協会（2012b）、菊地・鈴木（2009）、星川（1982）よりの引用を統合して記載。

表2 有機質肥料(魚粕, 菜種油粕)と床土原土との混和時期が苗マットの形質に及ぼす影響

年次	試験区	生育むら	地下部障害	立枯症状
2011	4W区	3.0a	1.0a	1.0a
	2W区	2.0b	1.0a	1.0a
	1W区	1.7bc	1.0a	1.0a
	0W区	1.0c	1.0a	1.0a
2012	4W区	2.0a	1.0a	1.0a
	2W区	2.0a	1.0a	1.0a
	1W区	1.0a	1.0a	1.0a
	0W区	1.0a	1.0a	1.0a

生育むら, 地下部障害および立枯症状は育苗箱内の観察による1~5段階評価(無~甚)の達観評価。
統計分析における多重検定は年度毎に実施し, 同一アルファベットはTukey法により5%水準で有意差のないことを示す。

表3 有機質肥料(魚粕, 菜種油粕)と床土原土との混和時期が苗窒素含量に及ぼす影響

年次	試験区	苗窒素含有率(%)	苗の箱当り窒素含量(g/箱)
2011	4W区	3.56a	1.93a
	2W区	3.45a	1.74a
	1W区	3.10b	1.49a
	0W区	3.46a	1.44a
2012	4W区	2.68a	1.79a
	2W区	2.78a	1.90a
	1W区	2.27ab	1.63ab
	0W区	1.91b	1.04b

栽植密度は2012年度と同じとして算出。
統計分析における多重検定は年度毎に実施し, 同一アルファベットはTukey法により5%水準で有意差のないことを示す。

育苗完了時苗の窒素含量を表3に示した。窒素含有率においては, 2011年で1W区が他の3試験区に比べ5%水準で有意に低く, 3.10%で最低であった。4W区が最高の3.56%を示したが, 2W区, 0W区とはほぼ同等であった。2012年においては混和時期が早い試験区で多い傾向が見られ, 2W区が最大の2.78%であった。0W区が最も低い1.91%で, 4W区, 2W区に比べ5%水準で有意に低い値を示した。

箱当りの窒素含量については, 両年ともに混和時期の早い4W, 2W区で高く, 1W区, 0W区で低い傾向を示した。2011年では4W区が最大の1.93g, 2012年では2W区が最大の1.90gを示した。

両年ともに0W区が最低でそれぞれ1.44g, 1.04gであった。2011年では各試験区に有意差は見られなかったが, 2012年では, 0W区は4W区, 2W区に比べ5%水準で有意に低い値であった。

4. 考察

4W区について, 表2より2011年度試験においては他の試験区に比べ, 箱全体に明らかな生育むらが確認された。また, 2012年度においても有意差は認められなかったものの, 生育むらが発生していた。肥料の混和むらについては, 同じ条件で混和作業を行った0W区, 1W区では生育むらが小さかったことから, 本試験においては生育むら発生の要因ではないと考えられた。田淵ら(2011)は菜種油粕を使用し育苗すると, 種類, 施用量によっては根の発育抑制などの障害発生が確認され, ルートマットの形成が不十分で強度のないものとなるとしており, 山根(1986)によると菜種油粕は分解過程で植物の生長に有害な有機酸などを放出するとしている。本試験ではマット強度, 地下部乾物重の調査を行っていないが, 育苗終了時の相対評価においては地下部に障害の発生は認められず, また苗立枯症状の発生も確認されなかったことから(表2), 田淵ら(2011)の報告にある根の発育抑制や米倉・大下(2000)の言う菜種油粕の分解に伴う障害は起こらなかったと推察された。従ってこれらも本試験においては生育むら発生の原因ではないと考えられた。

本試験での2011年および2012年それぞれの苗地上部の箱当り窒素含量と生育むらの関係を図1に示した。図1より2W, 4W区のように, 苗地上部の箱当り窒素含量が1.7g以上になると生育むらが多く発生する傾向を示した(図1の円内)。このことから, 培土保存期間が長い程箱当り苗地上部窒素含量が大きくなるとともに生育むらも増える傾向にあった(表3)。

有機栽培に適したあるいは慣行中苗と遜色のない苗質とされる苗生育指標に関する報告(日本土壌協会2012b, 菊地・鈴木2009, 星川1982)と本試験区の苗生育を比較した(表1)。全試験区において苗生育量はほぼ範囲内, あるいは同程度であった。また本試験の0W区においては, 有機物の播種当日混和により懸念される苗立枯症状の発生(米倉・大下2000)も認められなかった。しかし, 本試験では培土保存期間が長い程苗地上部箱

図 1 苗地上部箱当り窒素吸収量と生育むらの関係

当り窒素含量が増加し、箱内に生育むらが発生する傾向が認められた。機械移植の際に出芽、生育むらのあるマット苗は欠株や移植後の本田での生育に影響を及ぼすことが知られており（鷲尾 1982）、疎植栽培が奨励される水稻有機栽培体系の中にあっては、特に欠株は問題となる。すなわち、箱全体（単一のマット）としては移植時に作業性の悪化を引き起こし、収量性について悪影響をおよぼす。得に 4W 区は他の試験区に比べ有意に生育むらが相対評価 3 という高い値を示すことがあった（表 2）。このことから、播種 4 週前に魚粉、菜種油粕を混和した培土で育成した苗は、機械移植を前提とした水稻有機栽培において使用するには課題の残るマット苗であった。

摘要

水稻有機栽培において、健全な有機中苗生産技術の確立に資することを目的として、プール育苗方法、中苗育成における魚分、菜種油粕の床土原土との混和時期が水稻苗におよぼす影響について検討した。魚粉と菜種油粕をそれぞれ窒素成分 1:1 で配合したもの（箱当たり窒素成分量 2g）と森林下の表層土（山土）を 4 週間前、2 週間前、1 週間前、播種当日に混和した培土を使用し育苗した 4 試験区で実施した。各試験区について苗生育および窒素含量を調査した。設定した全ての培土で育成した苗に生育障害は認められなかったが、一方で播種 4 週間前に混和した培土を使用するとマット全体に生育むらが広く発生した。

キーワード

魚粉、混和時期、生育むら、菜種油粕、プール育苗

引用文献

- 江上宗信・本田義信・濱名健雄・佐々木園子（2009）：水稻有機育苗に関する研究第 3 報有機質肥料による追肥の効果，東北農業研究 62；31-32。
- 星川清親（1982）：イネの生育と技術，育苗期，稚苗，中苗，成苗の特徴，農業技術大系作物編 2，イネ 1，農山漁村文化協会，東京，pp. 109-110。
- 菊地幹之・鈴木幸雄（2009）：水稻有機栽培の育苗に関する研究第 1 報自作培土の作成法，東北農業研究 62；27-28。
- 金和裕・金田吉弘・佐藤孝（2007）：有機質肥料の層状施肥とプール育苗の組合せによる水稻有機育苗技術，日作東北支部報 50；83-84。
- 日本土壤協会（2012a）：第 1 部有機農業と標準栽培技術指導書作成の方針，Ⅱ有機農産物の生産実態と有機栽培の技術的課題，2 有機栽培における技術的課題，日本土壤協会編，有機栽培技術の手引き（水稻・大豆編），日本土壤協会，東京，p. 6。
- 日本土壤協会（2012b）：第 2 部水稻の有機栽培技術，Ⅱ有機稲作の栽培技術解説，2 育苗技術，日本土壤協会編，有機栽培技術の手引き（水稻・大豆編），日本土壤協会，東京，pp. 71-73。
- 岡山清司（1987）：水稻の機械移植栽培における稚苗育苗床土の適正酸度，土肥誌 58；619-621。
- 進藤勇人・原田久富美・小林ひとみ（2006）：水稻有機 JAS 栽培に用いられている有機質資材の窒素無機化特性と土壤還元への影響，東北農業研究 59；31-32。
- 鈴木幸雄・菊地幹之（2009）：水稻有機栽培の育苗に関する研究第 2 報ぼかし肥料，ナタネ油粕を利用した培土が苗生育に及ぼす影響，東北農業研究 62；29-30。
- 田淵恵・芝宏子・石橋英二（2011）：鶏ふんを利用した水稻の有機育苗法，岡山県農業県報 2；1-7。
- 高橋行継・前原宏・阿部邑美（1993）：水稻のビニールプール育苗における平置き出芽法試験，日作関東支報 8；25-26。
- 高橋行継・佐藤泰史・前原宏・阿部邑美（2004）：群馬県的水稻普通期露地育苗における平置き出芽法の適応，日作紀 73（3）；253-260。

- 高橋行継・吉田智彦 (2006) : 群馬県二毛作地帯における水稲育苗箱全量基肥栽培のプール育苗法に関する検討, 日作紀 75 (2) ; 119-125.
- 浦野耕・高橋行継・平井英明・森島規仁・前田忠信・星野幸一 (2011) : 有機質肥料を用いた水稲育苗の開発に関する研究, 日作紀 81 (1) ; 45-54.
- 鷺尾養 (1982) : イネの生育と技術, 育苗期, 出芽不良, 農業技術大系作物編 2, イネ 1, 農山漁村文化協会, 東京, pp, 144-147.
- 山根忠昭 (1986) : 有機質肥料, 市販有機質肥料, 植物質肥料, 菜種油粕, 山根忠昭, 農業技術大系土壌肥料編 7-①, 農山漁村文化協会, 東京, pp, 271-276.
- 米倉賢一・大下穰 (2000) : 水稲有機育苗法の確立に関する研究第 4 報, 日作紀 69 (別 2) ; 8-9.

Summary

The present study aimed to develop a technique for raising middle rice seedlings under the pooled condition with organic fertilizer. We set up experimental plots in which rapeseed oil cake containing 1 g nitrogen and ground fish containing 1 g nitrogen were mixed with forest surface soil to prepare nursery soil. Plots were kept fallow for 0, 1, 2, or 4 weeks. All plots appeared to have satisfactory growth conditions for middle rice seedlings, but irregular seedling growth were observed in the nursery boxes of the 4-week plots.

Key Words

ground fish, irregular growth of seedlings, mixing time, pool raising, rapeseed oil cake