

寒冷地における酸化鉄コーティング種子を利用した湛水直播水稻栽培の 出芽・苗立ち、乾物生産および収量特性

古畑昌巳¹⁾・帖佐直²⁾・大角壮弘¹⁾・松村修¹⁾

(¹⁾ 中央農業総合研究センター北陸研究センター, ²⁾ 東京農工大学農学部)

要旨: 寒冷地において酸化鉄コーティング種子を利用した水稻直播栽培法を確立する目的で、酸化鉄コーティング直播栽培における出芽・苗立ち、乾物生産性および収量性について、圃場で過酸化カルシウムコーティング直播栽培と2ヶ年比較した。酸化鉄コーティング直播栽培は、過酸化カルシウムコーティング直播栽培に比べて、播種直後の低温等により初期生育量が不足し、その結果、地上部乾物重、分げつ、LAI、窒素吸収量の増加が遅れた。そのために、穂数および総粒数が減少し、減収したと推察された。一方、播種直後の低温等で初期生育量を確保しにくい条件であっても、酸化鉄コーティング種子をより表面に播種した結果、初期生育量が増加した。そのために、その後の生育の遅れが緩和されて、減収程度も小さくなったと推察された。

キーワード: イネ、浮き苗、乾物生産、寒冷地、出芽、収量、湛水直播、鉄コーティング種子。

近年、鉄資材をコーティングした種子を利用した湛水直播栽培が低コスト、鳥害回避の点から注目されており(山内 2004b, 2005a, b)、栽培面積は2010年には1137 haまで増加したことが報告されている(宮越 2011)。当初、鉄コーティング種子は浮き苗を抑制するために、重み付けする資材として開発された(山内 2002)が、その後、圃場試験においてスズメの食害回避が観察されたこと(山内 2003)から、過酸化カルシウムコーティング直播栽培で頻繁に生じる鳥の食害による苗立ち低下を解決する栽培法として期待されている。これらの試験では、乾物重に対するコーティング比は1~4倍で検討されていたが、資材費削減の点からコーティング比を0.5倍まで下げても実用可能であることが報告され(山内 2004a)、その後、実用的なコーティング比は0.1~1倍であるとされている(注: 山内 稔 2006. 鉄コーティング直播技術の発案、技術開発および問題点. 鉄コーティング種子を用いた水稻の湛水直播技術.)。

現在、寒冷地である東北・北陸地域の湛水直播栽培面積は全国の湛水直播栽培面積の約77%を占めている(農林水産省 2009)が、播種適期の目安となる気温について、北陸地域では15℃前後で播種されており、東北地域では播種後20日間の平均気温が13.5℃以上(本馬ら 2000)、15℃(東北農政局 2004)必要とされ、ともに播種後の気温が低い条件で初期生育量の確保が必要とされている。古畑ら(2009a)は、鉄コーティング種子は過酸化カルシウムコーティング種子に比べて圃場において防鳥効果が確認される一方、低温条件や播種深が深くなることに伴って出芽・苗立ちが遅れ、出芽・苗立ち率は低下して初期生育量が小さくなることから、寒冷地では、表面播種により出芽・苗立ちを早めることの重要性を指摘している。また、酸化鉄コーティング種子を利用した栽培法が提案され(北野ら 2001)、出芽・苗立ちを早める目的で催芽種子(古畑ら 2009b)、浸

種種子(今川ら 2006, 2008)など水分が高い種子を鉄コーティング湛水直播栽培に利用した場合、鉄の酸化反応による発熱に伴って急速に発芽率は低下するが、酸化鉄の割合を高めたコーティング資材(関矢ら 2006, 古畑ら 2009b)や鉄粉への過酸化石灰資材の混入(白土ら 2008)によって、鉄の酸化に伴う発熱は遅れることが明らかとなり、圃場において催芽種子や浸種種子を利用した結果も報告されている(古畑ら 2010, 白土ら 2010)。鉄コーティング種子の出芽・苗立ちについてはこの様な幾つかの報告が行われているが、鉄コーティング湛水直播栽培の乾物生産性や収量性について詳細な報告はほとんどみられない。過酸化カルシウムコーティング種子を湛水土中に直播栽培した水稻は移植栽培した水稻に比べて根張りが浅くなりやすいことが報告されている(注: 土田政憲 2008. 福井県における水稻直播栽培普及の取り組みと今後の方向. 平成20年度革新的農業技術習得支援研修 水稻の直播技術 33–37.)。鉄コーティング種子を利用した湛水直播栽培においても、過酸化カルシウムコーティング種子を利用した湛水直播栽培に比べてより表面に播種されることから、根の支持力低下に伴う浮き苗・転び苗の発生および耐倒伏性の低下等が懸念され、実際に大区画圃場において波浪による苗の吹き寄せも報告されている(白土ら 2009)。そこで、本研究では、圃場において酸化鉄コーティング種子を利用した湛水直播栽培における生育および精玄米収量について、過酸化カルシウムコーティング種子を利用した湛水直播栽培と比較を行った。

材料と方法

あきたこまちの催芽種子(乾物をテクリードCフロアブル・200倍濃度で24時間種子消毒後、10℃で5日間浸種した後に50%程度発芽するまで催芽した種子)に重量比で酸化鉄粉(同和鉄粉工業製、ヘマタイト)70%と還元鉄

第1表 酸化鉄コーティング湛水直播水稻の収量, 収量構成要素.

年次	処理	出穂期 (月・日)	稈長 (cm)	精玄米収量 (g/m ²)	穂数 (本/m ²)	1穂初数 (粒)	総初数 (×千/m ²)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	倒伏指数
2008	CaO ₂ ・土中条播	8.4	82.2±1.4	623±25	464±38	72.6±2.7	33.7±3.3	79.1±4.2	23.6±0.1	1.1±0.1
	酸化鉄・土中条播	8.5	67.0±2.3	397±6	296±14	68.5±3.3	20.1±0.6	83.8±3.2	23.5±0.1	1.1±0.1
	酸化鉄・表面条播	8.5	78.1±1.2	556±30	366±19	79.7±0.7	29.2±1.3	81.0±0.3	23.5±0.3	1.2±0.1
2009	CaO ₂ ・土中条播	8.4	88.0±0.2	513±18	374±13	71.3±2.7	26.7±0.3	84.3±1.1	22.8±0.2	1.5±0.2
	酸化鉄・土中条播	8.4	86.4±1.4	512±22	376±11	70.9±2.6	26.6±1.7	86.0±1.9	22.5±0.1	1.3±0.1
	酸化鉄・表面条播	8.4	86.4±3.3	503±25	402±28	66.9±1.1	27.1±1.5	84.1±0.2	22.0±0.1	1.4±0.1

精玄米収量は粒厚1.8 mm以上の精玄米重, 水分15%換算. 倒伏指数=(稈長×1穂あたりの生体重)/(測定高×1穂当たりの押し倒し抵抗値). 測定値±標準誤差で示す.

粉(同和鉄粉工業製, DSP-317) 30%を混合した資材(古畑ら 2009b)を乾初重の0.1倍量をカルパーコーティングマシン(ヤンマー製, YCT15)でコーティングした(以下酸化鉄コーティング種子). また, 対照区として, あきたこまの催芽種子に過酸化カルシウム資材を乾初重の等倍量コーティングした(以下CaO₂コーティング種子). 2008年および2009年の5月7日に北陸研究センター(新潟県上越市稲田)内の圃場(圃場A:5a(7.7m×64.7m), 圃場B:5.5a(9m×51m), 圃場C(30a)の一部:10a(10m×100m))で代かきを行い, CaO₂コーティング種子は同日中に圃場Cに, 酸化鉄コーティング種子は翌5月8日にエアアシスト条播機(帖佐ら 2009)で圃場Aに, それぞれ播種量を乾初で4 kg/10a設定で播種し, 「CaO₂・土中条播区」および「酸化鉄・土中条播区」を設けた. さらに, 播種機の吐出口を一部改変し, エアアシスト効果(空気によってコーティング種子を吐出口から送り出す力)を弱めた条件で酸化鉄コーティング種子を圃場Bに播種した区(酸化鉄・表面条播区)も設け, 試験区はいずれも無反復であった. なお, 過去の湛水直播試験結果において, 差異のほとんど認められなかった圃場3枚を選び, 無作為に試験配置した. 施肥は, 窒素成分で3 g/m²を全量基肥としてLPS60(ジェイカムアグリ製 シグモイド型 60日溶出タイプ被覆尿素肥料)を施用した. 播種後の水管理は, 播種当日から数日間落水した後に湛水管理とし, 6月下旬に2週間前後の落水(中干し)を行った後, 収穫前まで間断灌漑とし, 病虫害防除は適宜行った.

生育調査は, 播種後28日目に50×50 cmの枠を区内で無作為に選んだ6箇所に設置し, 枠内全ての苗立ち個体を対象に, m²当たり苗立ち本数, 白化茎長, 草丈, 葉齢, 茎葉部乾物重を調査し, m²当たり苗立ち本数をm²当たりの推定播種粒数で除して推定苗立ち率を算出した. また, 幼穂形成期(2008年は3区とも7月9日, 2009年は3区とも7月10日), 穂揃い期(2008年の過酸化カルシウムコーティング区は8月4日, 同年の鉄コーティング区は8月5日, 2009年は3区とも8月4日)および成熟期(2008年, 2009年の3区とも9月10日)に, 各試験区内の無作為に選んだ2箇所に50×50 cmの枠を設置して, 計3回の抜き

取り調査を行った. 抜き取り株は茎数を調査した後, 代表株について葉身, 葉鞘および稈, 穂, 枯死部に分解し, 葉面積を測定後, 80℃で3日乾燥し, 各器官別の乾物重, 窒素含有率を測定した. なお, 窒素分析は乾式燃焼法(エレメンタル社製, rapidN)により行った. また, 出穂後2週間前後に穂数, 個体の地上部重, 稈長および地際から15 cmの高さの押し倒し抵抗値を区内で無作為に選んだ2箇所(1箇所18個体)で調査し, これらの値から瀬古(1962), 寺島ら(1992, 2002)の方法に準じて倒伏指数[(稈長×穂を含む地際までの茎1本当たりの生体重)/(測定高×茎1本当たりの押し倒し抵抗値)]を算出して, 耐倒伏性に関わる指標とした.

精玄米収量および収量構成要素の調査は以下の方法で行った. 区内で無作為に選んだ2箇所について2.4 m²を成熟期に刈り取り, 刈り取り株の穂数を調査した後天日乾燥を行った. 乾燥後, 脱穀を行う際にしいなを含めた籾を全て回収し, 均分したサンプルの初数を調査してm²当たり初数を算出した. 1穂初数はm²当たり初数をm²当たり穂数で除して算出し, 精玄米収量は粒厚1.8 mm以上の精玄米重で示し, 登熟歩合はm²当たり初数と粒厚1.8 mm以上の精玄米数をもとに算出した. 千粒重は精玄米約20 gの粒数を調査することにより算出し, 精玄米重と千粒重は水分含有率15%となるように値を補正した.

なお, 播種時期から成熟期に相当する5月から9月までの日平均気温および日射量は, 北陸研究センター内の気象観測装置によって1時間毎の正時に計測された値から算出した.

結 果

第1表には, 酸化鉄コーティング湛水直播水稻の収量, 収量構成要素を示した. 出穂期は, 両年ともに, 処理間の違いがみられなかった. 稈長は, 2008年ではCaO₂・土中条播区>酸化鉄・表面条播区>酸化鉄・土中条播区の順に長く, 2009年は処理間で稈長に差がみられなかった. 精玄米収量は, 2008年ではCaO₂・土中条播区>酸化鉄・表面条播区>酸化鉄・土中条播区の順に多く, 2009年は処理間で精玄米収量に差がみられなかった. 穂数は, 2008年では

CaO₂・土中条播区>酸化鉄・表面条播区>酸化鉄・土中条播区の順に多く、2009年は処理間で穂数に差がみられなかった。一穂粒数は、2008年では酸化鉄・表面条播区>CaO₂・土中条播区>酸化鉄・土中条播区の順に多く、2009年ではCaO₂・土中条播区>酸化鉄・土中条播区>酸化鉄・表面条播区の順に多かった。総粒数は、2008年ではCaO₂・土中条播区>酸化鉄・表面条播区>酸化鉄・土中条播区の順に多く、2009年は処理間で総粒数に差がみられなかった。登熟歩合は、2008年では酸化鉄・土中条播区>酸化鉄・表面条播区>CaO₂・土中条播区の順に高く、2009年は処理間で登熟歩合に差がみられなかった。千粒重は、両年とも処理間に差がみられなかった。倒伏指数は、両年とも処理間に差がみられなかった。

第2表には、月別気象概況を示した。日平均気温は、2008年では5月、7月および9月が平年に比べて高く、6月と8月は平年並みで推移し、2009年では8月が平年に比べて低い以外、平年並みか平年より高く推移した。日射量は、2008年では生育期間全体に渡って平年に比べて多く、2009年では5月、6月および9月が平年に比べて多かったが、7月と8月が平年より少なく推移した。

第3表には、酸化鉄コーティング湛水直播水稻の出芽・苗立ちを示した。推定苗立ち率は、両年ともCaO₂・土中条播区>酸化鉄・表面条播区>酸化鉄・土中条播区の順に多く、2008年ではいずれの区も2009年に比べて10%程度低かった。苗立ち本数は、両年とも推定苗立ち率と同様の順位となり、どの処理区も2008年の方が少なかった。白

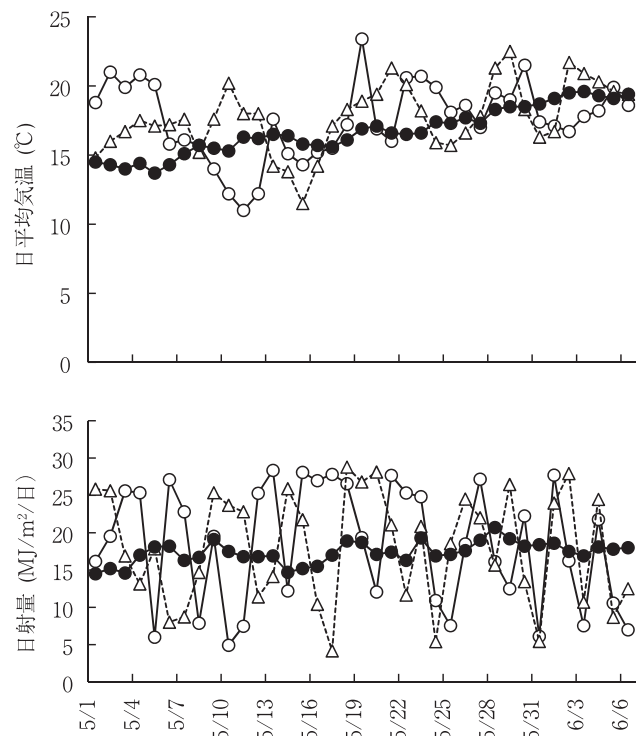
第2表 月別気象概況.

年次	5月	6月	7月	8月	9月
日平均気温 (℃)					
2008	17.5	20.0	25.6	25.4	22.1
2009	17.3	21.4	23.8	24.5	21.2
平年値	16.2	20.4	24.2	25.5	21.6
日射量 (MJ/m ² /日)					
2008	19.0	17.6	17.4	16.4	14.1
2009	18.0	18.2	12.4	14.8	13.7
平年値	17.0	15.3	15.7	15.9	11.3

日平均気温および日射量の平年値は1971～2000年までの平均値で表す。太字は平年値を上回る値を示す。

化茎長は、2008年のCaO₂・土中条播区が同年の酸化鉄・表面条播区と酸化鉄・土中条播区に比べて長く、両年とも酸化鉄・土中条播区>酸化鉄・表面条播区の順に長い傾向を示した。草丈は、2008年ではCaO₂・土中条播区が酸化鉄・表面条播区と酸化鉄・土中条播区に比べて長く、2009年では処理間で草丈に差がみられなかった。葉齢は、両年ともCaO₂・土中条播区が酸化鉄・表面条播区と酸化鉄・土中条播区に比べて進んでいた。茎葉部乾物重は、両年ともCaO₂・土中条播区>酸化鉄・表面条播区>酸化鉄・土中条播区の順に大きく、2008年ではいずれの区も2009年に比べて小さかった。また、2008年の酸化鉄区では、表面条播区、土中条播区ともに浮き苗が圃場の一部で観察された。

第1図には、播種から苗立ち調査時までの日平均気温および日射量の推移を示した。日射量は、両年ともに出芽・

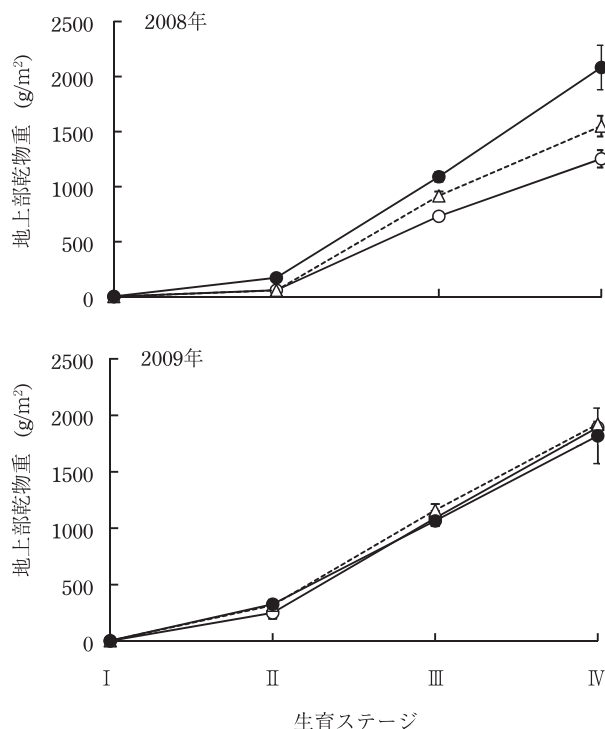


第1図 播種から苗立ち調査時までの日平均気温および日射量の推移。
○：2008年，△：2009年，●：平年値。

第3表 酸化鉄コーティング湛水直播水稻の出芽・苗立ち.

年次	処理	推定苗立ち率 (%)	苗立ち本数 (本/m ²)	白化茎長 (cm)	草丈 (cm)	葉齢	茎葉部乾物重 (g/m ²)
2008年	CaO ₂ ・土中条播	53.1 ± 4.9	87 ± 8	1.01 ± 0.13	15.1 ± 0.8	5.1 ± 0.2	3.4 ± 0.4
	酸化鉄・土中条播	35.3 ± 4.0	58 ± 7	0.49 ± 0.07	13.5 ± 0.4	4.7 ± 0.1	1.1 ± 0.1
	酸化鉄・表面条播	42.9 ± 3.8	70 ± 6	0.43 ± 0.05	13.5 ± 0.3	4.8 ± 0.1	1.6 ± 0.1
2009年	CaO ₂ ・土中条播	68.7 ± 6.2	113 ± 10	0.39 ± 0.02	17.2 ± 0.6	5.1 ± 0.1	4.4 ± 0.4
	酸化鉄・土中条播	45.9 ± 5.8	75 ± 9	0.59 ± 0.12	18.3 ± 0.6	4.6 ± 0.1	2.8 ± 0.4
	酸化鉄・表面条播	54.5 ± 4.4	89 ± 7	0.40 ± 0.04	18.4 ± 0.5	4.6 ± 0.1	3.8 ± 0.3

鉄コーティング種子は5/8(代かき翌日)、CaO₂コーティング種子は5/7(代かき当日)播種、播種後28日目の値。測定値 ± 標準誤差で示す。



第2図 鉄コーティング湛水直播水稻の地上部乾物重の推移。

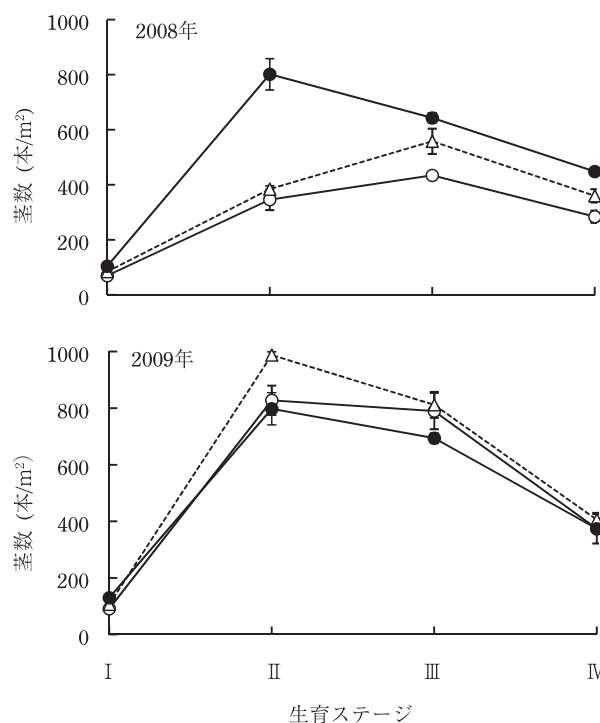
●: CaO₂・土中播種, ○: 酸化鉄・土中播種, △: 酸化鉄・表面播種. I: 分げつ始期, II: 幼穂形成期, III: 穂揃い期, IV: 成熟期 (第3図, 第4図, 第5図も同様). 縦棒は標準誤差.

苗立ちに関わる特徴がみとめられなかった. 日平均気温は, 両年とも生育初期に数日間の低温がみとめられ, 2008年では播種後1~4日目が平年値に比べて1.5~5.3℃低く, 2009年では播種後1~4日目が平年値に比べて1.7~4.9℃高く, 播種後5~8日目が平年値に比べて1.5~4.3℃低かった.

第2図には, 酸化鉄コーティング湛水直播水稻の乾物重の推移を示した. 乾物重は, 2008年ではCaO₂・土中条播区>酸化鉄・表面条播区>酸化鉄・土中条播区の順に高く推移したが, 2009年では処理間に差はみられなかった.

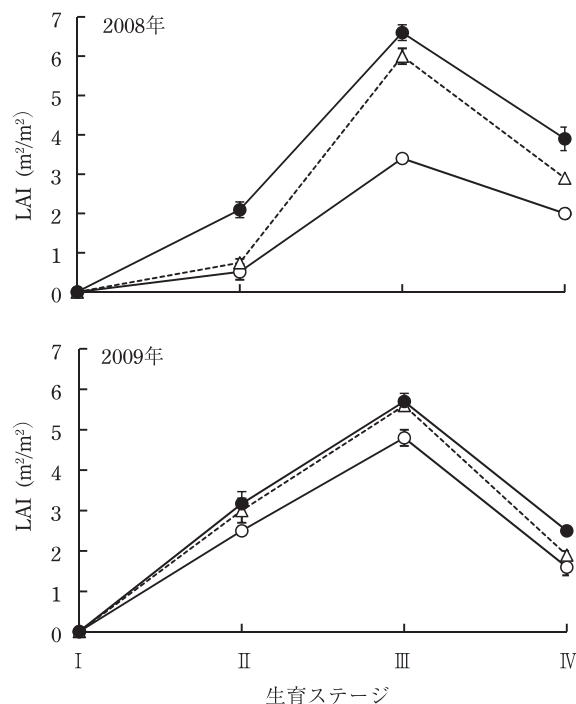
第3図には, 酸化鉄コーティング湛水直播水稻の分げつの推移を示した. 分げつは, 2008年ではCaO₂・土中条播区>酸化鉄・表面条播区>酸化鉄・土中条播区の順に多く推移し, 2009年では酸化鉄・表面条播区>酸化鉄・土中条播区>CaO₂・土中条播区の順に多く推移した. また, 分げつは, 2008年ではCaO₂・土中条播区は幼穂形成期, 酸化鉄・土中条播区と酸化鉄・表面条播区は穂ぞろい期に最大となり, 2009年ではいずれの区も幼穂形成期に最大となり, その後減少した.

第4図には, 酸化鉄コーティング湛水直播水稻のLAIの推移を示した. LAIは, 両年ともCaO₂・土中条播区>酸化鉄・表面条播区>酸化鉄・土中条播区の順に大きく推移し, いずれの区も穂ぞろい期に最大となり, その後減少した. また, LAIが最も大きく推移したCaO₂・土中条播区と最も小さく推移した酸化鉄・土中条播区との差は2008年で大



第3図 鉄コーティング湛水直播水稻の分げつ推移。

●: CaO₂・土中播種, ○: 酸化鉄・土中播種, △: 酸化鉄・表面播種. 縦棒は標準誤差.



第4図 鉄コーティング湛水直播水稻のLAIの推移。

●: CaO₂・土中播種, ○: 酸化鉄・土中播種, △: 酸化鉄・表面播種. 縦棒は標準誤差.

きく、2009 年は小さかった。

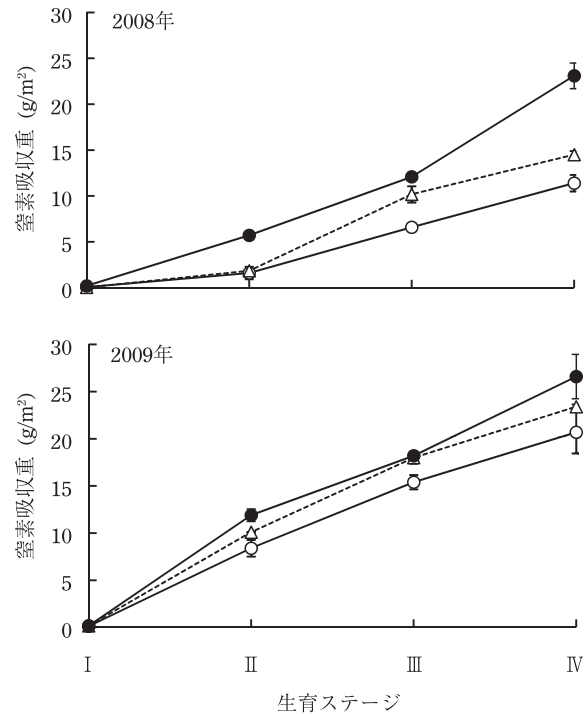
第 5 図には、酸化鉄コーティング湛水直播水稻の窒素吸収量の推移を示した。窒素吸収量は、両年とも CaO_2 ・土中条播区>酸化鉄・表面条播区>酸化鉄・土中条播区の順に多く推移した。また、窒素吸収量が最も多く推移した CaO_2 ・土中条播区と最も少なく推移した酸化鉄・土中条播区との差は 2008 年で大きく、2009 年は小さかった。

考 察

本研究では、酸化鉄コーティング種子を利用した湛水直播栽培における生育および収量について、 CaO_2 コーティング種子を利用した湛水直播栽培との比較を 2 ヶ年行った結果、酸化鉄区は、 CaO_2 区に比べて穂数および総粒数が少なく、精玄米収量が小さくなる事例がみとめられた（第 1 表）。その理由について、主に出芽・苗立ちおよび乾物生産に着目して考察する。

本研究の結果、2008 年は 2009 年に比べて苗立ち率がいずれの区も 10% 程度低く、酸化鉄区の茎葉部乾物重は CaO_2 区に比べて顕著に小さかった（第 3 表）が、この要因の一つとして播種直後の低温条件（第 1 図）が考えられた。2008 年および 2009 年ともに播種後 10 日以内に平年に比べて数日間の低温条件となったが、2008 年は播種直後から数日間の低温条件、2009 年は播種後数日間高温となった後に数日間の低温条件であり、播種直後から数日間の気温の違いが出芽・苗立ちの相違に強く影響していることが示唆された。湛水直播水稻の出芽・苗立ちおよび初期生育に及ぼす気温の影響について、低温条件でも気温の日較差が大きい場合には出芽・苗立ちおよび初期生育が促進されることが報告されている（古畑ら 2008a, 2008b）。一方、播種から出芽・苗立ちまでの生育過程で一時的な低温条件となった場合、出芽・苗立ちおよび初期生育がどのような影響を受けるかは明らかにされていない。今後、低温の影響を受けやすい時期の有無や影響の程度、その回復方法について明らかにしていく必要性があり、現在、調査検討しているところである。さらに、酸化鉄区は、2008 年では CaO_2 区に比べて初期の生育量を十分に確保できず（第 3 表）、地上部乾物重が小さく（第 2 図）、分けつが少なく（第 3 図）、LAI が小さく（第 4 図）、窒素吸収量が少なく（第 5 図）推移した。また、同じ気象条件であっても、酸化鉄コーティング種子をより表面に播種した表面条播区は土中条播区に比べて初期生育量が多く（第 3 表）、その後の地上部乾物重が大きく（第 2 図）、分けつが多く（第 3 図）、LAI が大きく（第 4 図）、窒素吸収量が多く（第 5 図）推移しており、これらの結果は、湛水直播水稻栽培における初期生育量確保の重要性を示唆している。

本研究の結果、酸化鉄・土中条播区は、 CaO_2 ・土中条播区に比べて苗立ち率が低く、茎葉部乾物重が小さかったが、酸化鉄コーティング種子をより表面に播種した表面条播区で苗立ち率は向上し、茎葉部乾物重は増加した（第 3 表）。



第 5 図 鉄コーティング湛水直播水稻の窒素吸収量の推移。

●： CaO_2 ・土中播種、○：酸化鉄・土中播種、△：酸化鉄・表面播種。縦棒は標準誤差。

このことに関しては、既に、鉄コーティング種子は過酸化カルシウムコーティング種子に比べて低温条件や播種深が深くなるのに伴って出芽・苗立ちが遅れ、出芽・苗立ち率は低下して初期生育量が小さくなることが報告されていること（古畑ら 2009a）からも本結果は裏付けられた。また、2008 年の圃場試験において酸化鉄区の一部で浮き苗が観察された。浮き苗はその後の生育において穂数が少なくなること（周ら 2003）から、2008 年の酸化鉄区でも分けつが少なめに推移して穂数不足となり、減収の一因となった可能性は考えられたが、本研究では圃場で観察された浮き苗について、その後の分けつ調査や倒伏程度の調査を行っていない。

以上の結果、酸化鉄コーティング種子を利用した湛水直播栽培では、播種直後に寒冷な気象となった 2008 年の苗立ち率が播種直後の気温が高い 2009 年よりも劣り、その結果、地上部乾物重、分けつ、LAI、窒素吸収量の増加に遅れが生じ、穂数や総粒数が減少することにより、収量が低下した。一方、播種直後に寒冷な気象となった 2008 年でも、酸化鉄コーティング種子をより表面に播種して苗立ち率を高めることにより、その後の生育の遅れが緩和されて減収程度も小さくなった。

謝辞：本研究の遂行にあたって、技術専門職の栗崎利幸氏、丸山義明氏、浅野修氏、関口誠氏、小山茂夫氏、中川広行氏、小竹剛志氏および研究スタッフの杉浦尚美さん、伊倉智子さん、渡辺梅子さんにご協力頂いた。ここに記して感謝の意を表する次第である。

引用文献

- 帖佐直・古畑昌巳・大嶺政朗・松村修 2009. 水稻湛水直播のためのエアアシスト条播技術の開発－播種機の概要とエアアシストの効果－. 農作業研究 44: 211–218.
- 古畑昌巳・原嘉隆・松村修 2008a. 風等の気象条件が湛水直播の出芽・苗立ちに及ぼす影響－異なる気温と気温日較差での解析－. 日作紀 77(別 1): 10–11.
- 古畑昌巳・原嘉隆・松村修 2008b. 風等の気象条件が湛水直播の出芽・苗立ちに及ぼす影響－低温条件における異なるコーティング種子と気温日較差での解析－. 日作紀 77(別 1): 12–13.
- 古畑昌巳・帖佐直・松村修・湯川智行 2009a. 鉄資材のコーティングが湛水直播水稻の出芽・苗立ちに及ぼす影響－酸素発生資材との比較－. 日作紀 78: 170–179.
- 古畑昌巳・帖佐直・松村修・湯川智行 2009b. 異なる酸化程度とした鉄コーティング種子が湛水直播水稻の出芽・苗立ちに及ぼす影響. 日作紀 78: 242–249.
- 古畑昌巳・帖佐直・松村修・大角壮弘 2010. 酸化鉄コーティング種子における種子予措が湛水直播水稻の出芽・苗立ちに及ぼす影響. 日作紀 79: 363–371.
- 本馬昌直・菊地栄一・三浦恒子・酒井博幸・小野寺郁夫・一守貴志・木野田憲久・小菅孝一・寺島一男・渡邊寛明 2000. 東北地域の水稲湛水直播における直播後落水管理の効果と適用条件. 東北農業研究成果情報 14: 51–52.
- 今川彰教 2006. 東北地方における鉄コーティング直播栽培技術の導入－コーティング法の改良－. 日作紀 75(別 2): 284–285.
- 今川彰教・松田裕之・柴田康志 2008. 東北地方における鉄コーティング直播栽培技術の導入－播種時の高温が発芽に与える影響－. 日作紀 77(別 2): 4–5.
- 北野順一・中山幸則・神田幸英 2001. 水稻湛水散播栽培における酸化鉄粉被覆種子の出芽苗立ち. 日作紀 70(別 2): 71–72.
- 宮越彊 2011. 水稻鉄コーティング直播栽培の現状と今後の方向. 植調 45: 18–27.
- 農林水産省 2009. 最新の直播の状況 (20 産速報値). http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/zikamaki/z_genzyo/pdf/zikamaki_h20.pdf (2011/7/8閲覧).
- 関矢博幸・西田瑞彦・加藤直人 2006. 有機物多量施用条件下における飼料用稲鉄コーティング種子の苗立ち. 東北農業研究 59: 45–46.
- 世古秀生 1962. 水稻の倒伏に関する研究. 九州農試彙報 7: 419–499.
- 白土宏之・木村勝一・関矢博幸・吉永悟志・福田あかり・長田健二 2008. 過酸化石灰資材による密封式鉄コーティング水稻種子の発熱遅延. 日作紀 77(別 1): 6–7.
- 白土宏之・福田あかり・福嶋陽・山口弘道 2009. 水稻鉄コーティング種子の生育と波浪による流去の関係. 日作紀 78(別 1): 8–9.
- 白土宏之・木村勝一・関矢博幸・吉永悟志・福田あかり・長田健二・福嶋陽・山口弘道・片岡知守・梶亮太・山口誠之 2010. 過酸化石灰資材を用いた密封式鉄コーティング水稻種子の苗立ちと収量. 日作紀 79(別 1): 8–9.
- 寺島一男・秋田重誠・酒井長雄 1992. 直播水稻の耐倒伏性に関する生理生態的形質. 第 1 報 押し倒し抵抗測定による耐ころび型倒伏性の品種間比較. 日作紀 61: 380–387.
- 寺島一男・酒井究・桃木信幸 2002. 直播水稻における一株の生育量と耐ころび型倒伏性との関係. 日作紀 71: 161–168.
- 東北農政局 2004. 水稻直播栽培技術のポイント東北版. <http://www.maff.go.jp/tohoku/seisan/gizyutu/index.html> (2011/7/7 閲覧).
- 山内稔 2002. 湛水直播水稻における種子の鉄コーティングによる比重の増加と浮き苗回避. 日作紀 71(別 1): 150–151.
- 山内稔 2003. 鉄コーティング湛水直播栽培の概要. 日作紀 72(別 1): 150–151.
- 山内稔 2004a. イネ種子の鉄コーティング方法と湛水直播栽培. 日作紀 73(別 1): 10–11.
- 山内稔 2004b. 水稻の鉄コーティング湛水直播. 農及園 80: 947–953.
- 山内稔 2005a. 「動散で播く鉄コーティング種子 雑草と鳥害をクリア！」現代農業 84: 114–117.
- 山内稔 2005b. 浮き苗と鳥害を防ぎ、いつでもまける鉄コーティング種子. 「農業技術体系作物編 2 イネ. 基礎技術編」追録 27 号: 技 402 の 1 の 7 の 2–8.
- 周紅・森田脩・江原宏 2003. 湛水土壤中散播イネにおける苗立ち型別の生育と収量の特徴. 日作紀 72: 177–184.

Effects of Direct Seeding of Iron-Oxide-Coated Seeds on Dry-Matter Production and Yield of Paddy Rice in Cold Climate Area : Masami FURUHATA¹⁾, Tadashi CHOSA²⁾, Akihiro OHSUMI¹⁾ and Osamu MATSUMURA¹⁾ (¹⁾Natl. Agr. Res. Cent. Hokuriku Res. Cent., Joetsu 943-0193, Japan, ²⁾Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology)

Abstract : In 2008 and 2009, the characteristics of seedling emergence, dry matter production, and yield of rice direct-seeded using iron-oxide-coated seeds (Fe-seeds) were examined in comparison with those in rice direct-seeded using calcium-peroxide-coated seeds (Ca-seeds) to establish a method of direct seeding of Fe-seeds in a cold climate area. In direct seeding of Fe-seeds, early growth was reduced by a low temperature for about 4 days after seeding, compared with that in direct seeding of Ca-seeds. Thus, increase in dry weight of the top, tiller number, leaf area index, and nitrogen uptake of the seedling from Fe-seeds was delayed resulting in reduced numbers of panicles and spikelets, and yield was reduced. Even under such conditions, early growth in direct seeding of Fe-seeds was improved by seeding nearer the soil surface, and thus, the degree of the yield reduction by a low temperature was mitigated.

Key words : Cold climate area, Direct seeding under submerged paddy field, Dry matter production, Floating seedling, Iron-coated seed, Rice, Seedling emergence, Yield.