

学 位 論 文 要 旨

氏 名	古畑 昌巳
題 目	<p>水稻の打込み式代かき同時土中点播栽培における播種後落水および施肥が出芽・苗立ちに及ぼす影響</p> <p>(Influences of Fertilizer Application and Drainage of Flooded Water after Seeding on Seedling Emergence and Establishment of Rice Plants in Submerged Hill Seeding Cultivation)</p>
<p>わが国の稲作を展望すると、米価引下げに対応する低コスト化・省力化・大規模化は必至であり、それを可能とする栽培技術が直播である。本研究は九州沖縄農業研究センターが開発した打込み式点播方式で湛水土中約1cmの深さに直播した水稻幼植物の生育の実態を土壤状態の変化と関連づけて解明し、同方式での出芽・苗立ち安定化の実現に向けて落水出芽の生育促進機構に着目して実証的な検討を行った。その内容は以下に要約される。</p> <p>1. 出芽の遅速と幼植物の生育を多様な条件下で解析し、早期に出芽する場合は出芽率が高く、出芽が遅い場合は出芽率も低下することを明らかにした。また、出芽率が草丈、葉齢、茎葉乾物重、苗立ち率とそれぞれ高い正の相関関係を示すことから、早期出芽の重要性を指摘した。</p> <p>2. 播種後、湛水管理を行うと、出芽後の鞘葉、第1葉・第2葉の生育が遅延する。しかし、落水管理は、表層土壤の物理性と三相分布を変化させて、酸素拡散速度を高め、出芽後の鞘葉の伸長を抑制して、第1葉・第2葉の出葉と生育速度を早め、乾物増加を促すことを認めた。次に、落水管理における落水時期の影響をみると、播種後、直ぐに落水を完了させる場合が最も生育速度と乾物増加を高め、効果的であったが、落水完了が遅くなるほど効果を減じ、出芽・苗立ちが不良となった。これらのことは落水出芽の生育促進機構を裏付けるものであった。</p> <p>3. 代かき程度と落水管理の関係をポット試験で検討したところ、入念な代かきは、土壤の団粒構造をより破碎して通気性を低下させ、落水管理の生育促進効果を損なった。それは、播種深が深い場合および麦稈施用した場合により顕著となった。また、圃場試験においても、パディハローによる代かきの回数が増えることで落水後も土壤含水率は高く、通気性の改善は図られず、落水管理の効果を低めた。</p> <p>4. 打込み点播方式では、種子と肥料が土壤中で近接するため、出芽・苗立ちが阻害される。解析の結果、基肥由来のアンモニア態窒素濃度の上昇に伴って種子(胚+胚乳)のグルコース含量が低下し、出芽率が低下する傾向を確認した。しかし、播種後の落水管理により濃度障害が改善され、出芽ならびに幼植物の生育も回復し、同時施肥による問題が解消された。</p> <p>以上の結果から、打込み点播方式においては、出芽速度の速い品種の利用、播種後早期の落水管理、代かき程度の最適化および基肥由来アンモニア態窒素土壤中濃度の制御によって出芽・苗立ちの安定化が可能になると考えられた。</p>	

学 位 論 文 要 旨

氏 名

Masami Furuhata

題 目

Influences of Fertilizer Application and Drainage of Flooded Water after Seeding on Seedling Emergence and Establishment of Rice Plants in Submerged Hill Seeding Cultivation
(水稻の打込み式代かき同時土中点播栽培における播種後落水および施肥が出芽・苗立ちに及ぼす影響)

Technology to lower cost and save labor in large-scale rice cultivation is desired in Japan, and direct-seeding rice cultivation has such potential. The National Agricultural Research Center for the Kyushu Okinawa Region developed a shooting hill-seeded direct seeder. This research clarified the emergence and establishment of rice seedlings, seeded by this machine, about 1 cm deep in a flooded paddy field. The research also studied the change in the condition of the soil and empirically examined the growth promotion mechanism for improved emergence and establishment of rice seedlings. The findings are summarized below.

1. An analysis of the relationship between the speed of emergence and growth after emergence revealed that the final emergence rate was increased (decreased) by emergence at an early stage (a late stage). The plant length, the leaf age, the dry weight of vegetative parts, and the rate of establishment at 14 days after seeding were highly and positively correlated with the final emergence rate.

2. Flooded conditions after seeding delayed growth of the coleoptiles, first leaves and second leaves after emergence. Under drained conditions after seeding, soil physics with three phases ratio of the surface soil changed, increasing the oxygen diffusion rate of soil; coleoptiles stopped elongating soon after emergence, and the emergence and growth of the first leaves and the second leaves immediately followed. Dry weights of rice seedlings increased more. Next, analysis of the effect of the drainage day after seeding under drained conditions indicated that draining immediately after seeding increased the growth speed and the dry weights of rice seedlings. However, slow draining after seeding decreased these, and the rate of emergence and establishment decreased. These results demonstrated the growth promotion mechanism by draining management.

3. We investigated the effect of the degree of puddling on emergence and establishment under drained conditions in a pot experiment. In over-puddled pots, the aggregate structure of soil was more crushed, and air permeability decreased more than in normally puddled pots, especially when they were seeded deep and wheat straw was applied. In the field experiment, water content (air permeability) of puddled soil was higher (lower) in the plots puddled more times with a paddy harrow, and the effect of draining management was reduced.

4. In the shooting hill seeding method, emergence and establishment were inhibited because seed and fertilizer were adjacent. The emergence rate and the glucose content in the seeds were negatively correlated with the concentration of ammonium nitrogen from the basal dressing. When the concentrations were corrected, the emergence rate and early growth of rice seedlings recovered, and the problem of simultaneous fertilizer application was eliminated by draining management.

These results suggested that the use of a rice variety with fast emergence, early drainage after seeding, optimization of the degree of puddling, and elution control of the ammonium nitrogen from the basal dressing improved the rate of emergence and establishment of submerged direct-seeded rice seedlings.

学位論文審査結果の要旨

学位申請者 氏 名	古 畑 昌 巳
審査委員	主査 佐賀 大学 教授 有 馬 進
	副査 佐賀 大学 教授 田 代 洋 丞
	副査 鹿児島 大学 助教授 佐々木 修
	副査 宮崎 大学 教授 小 川 紹 文
	副査 佐賀 大学 助教授 上 埜 喜 八
審査協力者	
題 目	<p>水稻の打ち込み式代かき同時土中点播栽培における播種後落水および施肥が出芽・苗立ちに及ぼす影響 (Influences of fertilizer application and drainage of flooded water after seeding on seedling emergence and establishment of rice plants in submerged hill seeding cultivation)</p>
<p>わが国の水稻栽培は、米価引下げに対応するための低コスト化・省力化・大規模化を求められている。それを可能とするキーテクノロジーが直播栽培である。従来の直播栽培では、出芽苗立ちの不揃い、倒伏、雑草害、鳥害など収量の安定性に欠けていたが、酸素発生剤被覆種子を用いた湛水土中直播の採用により、それらはかなり改善された。さらに、本研究で対象とした「打ち込み式代かき同時点播栽培」による直播方式は、慣行の湛水土中直播の播種作業工程を専用播種機の開発によって短縮し、一層の省力化を可能とするだけでなく、湛水土中約 1 cm の均一な深さで株状に散播して稲体の耐倒伏性を強め生産性を高めるものであった。しかし、本方式は、代掻きにより単粒化し還元状態となりやすい土壌中に播種することから、直播栽培において最も重要な出芽苗立ちの確保が改めて課題となり、その対応技術が求められた。また、種子と粒状化成肥料が隣接することによる出芽障害も懸念された。</p> <p>そこで、本研究では、同直播方式による播種から出芽、苗立ちに至る 2 週間における水稻芽生えの生育とその生理生態に焦点を当て、その実態を土壌状態の変化と関連づけて解明するとともに、同方式での出芽・苗立ち安定化の実現に向けて適正な水管理方法、特に落水出芽法の生育促進機構に着目して実証的な検討を行った。その内容は以下のように要約された。</p>	

1. 出芽の遅速と出芽後の幼植物の生育を、施肥や水管理などが多様に異なる条件下で解析し、播種後早期に出芽する場合は出芽率が高く、出芽が遅い場合は出芽率も低下するという基本的な関係を実証した。また、出芽率が苗立ち率ならびに葉齢、草丈、茎葉乾物重など初期生育の各指標と高い正の相関関係にあることを確認し、出芽促進の意義とその技術確立のための要因を指摘した。
2. 播種後、田面を湛水状態に保つと、出芽率が低く出芽後の鞘葉、第1葉・第2葉の生育が遅延する傾向を示す。そこで、出芽促進技術の一つとして播種直後の落水管理の効果を検討した。その結果、落水管理は表層土壌の物理性と三相分布を改善して、酸素拡散速度を高め、出芽後の鞘葉の伸長を抑制して、第1葉・第2葉の出葉と生育速度を早め、乾物増加を促すことを認めた。次に、落水管理における落水時期の影響をみると、播種後、直ちに落水を完了させる場合が最も生育速度と乾物増加を高め、効果的であったが、落水完了が遅れるほど効果を減じ、出芽・苗立ちが不良となった。これらのことは他の直播方式との共通技術として落水出芽の生育促進機構を裏付けるものであった。
3. 効率的な播種作業体系を確立するために、代かき程度と落水管理の関係を検討した。ポット試験の結果、入念な代かきは、土壌の団粒構造をより破碎して通気性を低下させ落水管理の生育促進効果を損なった。それは播種深が深い場合および麦稈施用を伴う場合により顕著となった。また、圃場試験においても、パディハローによる代かきの回数が増えることで落水後も土壌含水率は高く、通気性の改善は図られず、芽生えの生育に対する落水管理の効果を低めた。
4. 打込み点播方式では、種子と肥料が土壌中で近接するため、出芽・苗立ちが阻害された。それは、基肥由来の土壌中アンモニア態窒素濃度の上昇に伴うものであることが示唆された。その場合、出芽率の低下とともに、胚+胚乳のグルコース含量が低下する傾向を確認した。そこで、濃度障害の防止のために、播種後の落水管理の実施を検討したところ、土壌中アンモニア濃度が上昇せず、出芽ならびに幼植物の生育も改善され、同時施肥による問題が解消された。
5. これらのことから、打込み式代掻き同時点播栽培においては、出芽速度の速い品種の利用、播種後早期の落水管理、代かき程度の最適化および基肥由来アンモニア態窒素土壌中濃度の制御を補助技術として体系的に組み込むことで、出芽・苗立ちのより安定化が可能となることを実証した。

以上のように、本研究は、水稻の新たな直播栽培条件下における幼植物の生理生態を解明し栽培技術開発のための重要な基礎的知見を示していることから、作物学的に意義あるものと評価できる。したがって、審査員一同は本論文が博士（農学）の学位論文として十分に価値があるものと判定した。

最終試験結果の要旨	
学位申請者 氏 名	古畑 昌巳
審査委員	主査 佐賀 大学 教授 有馬 進
	副査 佐賀 大学 教授 田代 洋丞
	副査 鹿児島 大学 助教授 佐々木 修
	副査 宮崎 大学 教授 小川 紹文
	副査 佐賀 大学 助教授 上埜 喜八
審査協力者	
実施年月日	平成 18年 1月 14日
試験方法 (該当のものを○で囲むこと。) <input checked="" type="radio"/> 口答 <input type="radio"/> 筆答	
<p>主査及び副査は、平成18年1月14日の公開審査会において学位申請者に対して、学位申請論文の内容について説明を求め、関連事項について試問を行った。具体的には別紙のような質疑応答がなされ、いずれも満足できる回答を得ることができた。</p> <p>以上の結果から、審査委員会は申請者が博士（農学）の学位を受けるに必要な十分の学力ならびに識見を有すると認めた。</p>	

学位申請者 氏名	古畑 昌巳
<p>〔質問1〕 一般に湛水直播栽培では倒伏が懸念されるが、打ち込み点播方式の耐倒伏性は改善されているのか。</p>	
<p>〔回答1〕 本方式は種子を一カ所に直径数センチの円形で土中散播するため、稲姿が株状となり、耐倒伏性が慣行直播の散播・条播に比べて強く、移植栽培並に改善されている。</p>	
<p>〔質問2〕 打ち込み点播方式を普及する上での障害にはどのようなことがあるのか。地域で気温・水温などの条件等が異なるが対応できるのか。</p>	
<p>〔回答2〕 本方式は全国で2400haに導入されている。現在普及が伸びている地域は北陸と東北である。その目的はコシヒカリのような良食味で耐倒伏性の弱い品種の省力化を図るために、耐倒伏性の強い本方式を採用した結果である。温度条件については、九州でも4月中下旬～5月上旬に播種を行っている地域もあり、また、山間部では10℃前後の条件でも播種を行い移植と遜色ない収量レベルを確保している。一方、本方式の普及率が低い地域は、残念ながら、この方式を開発した九州である。最大の障害はスクミリングガイ（通称ジャンボタニシ）であり、次いで雑草である。スクミリングガイは0.5頭/m²存在するだけで大きな被害となるが、その防除で有効とされているのが田畑輪換（夏作は大豆）である。本方式を導入している福岡県筑前町と佐賀県上峰町ではいずれもブロックローテーションにより前年の夏作が大豆であった場所に直播栽培を行うことが前提となっている。ただし、大豆作による貝密度の低減効果はアレロパシーのような化学的な原因ではなく、畑地化に伴う貝の死滅によるものである。</p>	
<p>〔質問3〕 打ち込み点播方式で均一な苗立ちを確保するには、水田面の排水性・均平性が重要となる。そのため本方式は、高度な均平作業が必要になるが、一般の農家でも対応できる技術だろうか。</p>	
<p>〔回答3〕 移植栽培においても±5cmの均平が必要とされてきたが、直播栽培ではより高い精度での均平が必要となる。それは代掻きにより田面水は地下への浸透が妨げられ表面排水の割合が増すからである。1筆の面積が10a程度なら熟練者であれば均平を確保でき一般農家でも採用される方式である。しかし、1筆が30a以上になる場合はレベリングが難しく、レーザーレベラー等を導入した大型機械稲作が望まれる。その点で、本方式は、農家形態の集団化組織化を進めて地域あるいは組織単位で行う大規模稲作に対応した技術でもある。</p>	
<p>〔質問4〕 打ち込み点播方式では、他の湛直栽培と同様に落水すると浅播きでは出芽が早まるが、深播きの場合、なぜ落水より湛水のほうがスムーズに出芽するのか。</p>	
<p>〔回答4〕 播種後落水は表層土壌の通気性を高めるのと同時に表層土壌の硬化をもたらす。播種深が深い場合、ほとんどの個体が発芽しているにもかかわらず、一部の個体では鞘葉を伸長させることが物理的に阻害されるため、出芽遅れや出芽の低下が生じる。しかし、打ち込み点播機を利用した栽培法では深さ2cm以内に9割強の種子が播種されるため、播種後落水による表層硬化のデメリットより表層土壌の通気性向上のメリットがより生かされる。</p>	
<p>〔質問5〕 打ち込み点播方式での施肥は実際にはどのようになされて、どのような問題があるのか。</p>	
<p>〔質問5〕 本方式では播種と同時施肥を行う機構を備えた播種機が開発されたが、窒素成分で7～8kg/10aレベルの緩効性肥料を利用する場合、肥料の必要量は種子の数倍となるため、面積の広い水田では肥料のみ追加補充する必要がある。その場合には施</p>	

肥作業後の播種が効率の良い場合もある。一方で播種と施肥を1行程で済ませたいという要望もあり、目的によって使い分けが必要と考えている。一方、種子と肥料を同一場所に打ち込むために、種子と肥料が近接し、場合によっては施肥位置での出芽率低下が懸念される。本研究でも土中のアンモニア態窒素濃度を指標として再現試験を実施し、施肥位置から3 cm以内で出芽率が低下し、また、施肥量の増加に伴って低下傾向を示している。出芽障害を生じさせない施肥法については現在検討を進めている。

〔質問6〕 湛水直播に対応した良出芽性品種については、育種・選抜の状況はどうか。

〔質問6〕 良出芽性品種の育成にあたって、農水省のプロジェクト会議でも育種部門から栽培部門に対してどのような特性が良出芽となるかを明示してほしいという要望が出されている。品種 ASD1 や AROZ DA TERRA が良出芽品種と知られているが交配後も土中播種が出芽の評価として使われることが多い、しかし、いまだ選抜が進んでいない状況にある。現在、私が投稿中の論文では嫌気条件での鞘葉の伸長速度が出芽速度を通して出芽・苗立ちを向上させること、また土中播種条件より簡便でかつ品種の選定効果が高い手法について検討しており、これら手法の組み合わせによって良出芽品種の選定が進むことを期待している。

〔質問7〕 打ち込み点播方式と一般の湛水直播きにおける「落水管理」の効果は、どのように違うのか。

〔回答7〕 現在、湛水直播方式のうちで普及面積が広いのは条播、点播である。他の湛水直播方式でも土中に播種する点では、落水管理の効果は本方式と同じであると考えられる。

〔質問8〕 本論文ではポット栽培試験を基にした試験設計が多いが、それらは水田圃場における実際の技術展開には問題なくつながるのか。

〔回答8〕 これまで事例報告として出芽・苗立ちの低下について報告が行われてきたが、複合的要因によってそれらの現象がもたらされてきたと考えている。そのため一つの要因について精密な設定条件のもとで実験を行うためにはポット試験は不可欠であると考えている。また、これらのポット試験で得られた成果については圃場レベルで検証を行い、ポット条件の結果が圃場条件でも再現されることを確認している。

〔質問9〕 コーティング種子の貯蔵と出芽苗立ちの関係ならびに貯蔵温度の影響についてはどのように考えるか。

〔回答9〕 催芽した種子をコーティング後、貯蔵温度を短期間上げた状態で保管すると、 α -アミラーゼ活性が高まることが報告されている。そのため、 α -アミラーゼの下流域（おそらくは種子の糖代謝）の活性も高まった結果、20℃貯蔵区の m^2 当たりの出芽個体数が10℃貯蔵区に比べて播種後6日目には多く、苗立ち個体数も多くなったと考えている。

〔質問10〕 打ち込み点播方式における今後の課題はどのようなものがあるか。

〔回答10〕 直播栽培ではいずれの方式でも出芽の確保が最も重要なポイントであり、多様な条件下で高い出芽率・苗立ち率を得る技術確立が望まれる。本方式においては基本体系が確立されているので、今後は各地の気候・土壌・栽培条件に応じた細かな出芽促進の調整技術が必要となる。また、本方式でより一層の省コスト化・省力化のためには、酸素発生剤の種子コーティングを省くことが可能な品種育成とその対応技術が必要である。