

## 耕うん処理及び土壤水分条件が乾田直播水稻の 出芽に及ぼす影響†

大野智史\*・小野信一\*・高橋 茂\*・野々山芳夫\*\*・住田弘一\*\*\*

### Effects of Tillage Operation and Moisture Condition on Rice Seed Germination and Shoot Emergence out of Soil in Unwatered Paddy Fields

Satoshi OHNO\*, Shin-ichi ONO\*, Shigeru TAKAHASHI\*

Yoshio NONOYAMA\*\* and Hirokazu SUMIDA\*\*\*

\* National Agriculture Research Center

\*\* Present : Chugoku National Agricultural Experiment Station

\*\*\* Present : Minister's Secretariat, The Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

#### Abstract

Rice seeds sown directly in unwatered paddy fields are unreliable in their germination and young shoot emergence, though labour for cropping is much saved by such planting method.

Effects of tillage operation on rice seed germination and shoot emergence out of soil were studied in unwatered paddy fields of Low-Humus Andosol soil (LHA) and Haplic Gray Lowland soil (HGL). Soil macropores holding moisture of more than  $-10$  KPa of water potential were reduced by tillage operation in both soils, though pores corresponding to less than  $-10$  KPa were not affected. After rain fall, tilled field more rapidly dried than untilled ones in both soils especially in LHA. Tillage operation lowered percentage of young shoot emergence in both LHA and HGL fields, and the percentage was higher in LHA field than HGL one regardless of the operation. Also stability of the emergence, which was evaluated based on coefficient of the variance, was reduced by tillage operation. Dominant part of no emergence seeds stopped their sprouting after beginning of root elongation, and percentage of such seeds in total seeds was over that of seeds normally emerging in the tilled HGL field. Only small part of total seeds was unable to emerge by stopping their growth after beginning of both root and shoot elongation, and such seeds were most often observed in tilled HGL field.

In a laboratory experiment, beginning of shoot elongation of rice seeds was more delayed than that of root elongation by low soil moisture. Almost all rice seeds started their root elongation within 72 hr of seeding under soil moisture condition of more than  $-1$  MPa, while initiation of shoot germination was repressed negatively corresponding to soil water potential at 72 hr.

**Key words :** rice direct seeding, germination, non-tillage, water potential

#### 1. はじめに

水稻の直播栽培は、移植栽培に比べ、省力的で育苗期

の過密な労力を軽減させるので大規模経営化や複合経営化に際し、有効な技術として期待されている。この直播栽培のうち乾田直播栽培は、水田の汎用利用のしやすさ

† 本報告の一部は1997年8月の日本土壤肥料学会関東支部会神奈川大会において発表した。

\* 農業研究センター 〒305 つくば市観音台3-1-1, \*\* 現中国農業試験場 〒721 福山市西深津町6-12-1, \*\*\* 現農水省大臣官房 〒100 東京都千代田区霞が関1-2

キーワード: 直播水稻, 出芽, 不耕起, 水分ポテンシャル

などの利点がある一方で、大きな問題点としては、出芽、苗立の不安定さなどがある。

水稻は湛水条件下で栽培されることもあって、湛水条件下での発芽研究に力が注がれ、特に三石、中村(1977)による過酸化石灰被覆種子を用いた湛水土壤中直播の提唱以降、畑条件下におけるこの種の研究はほとんど行われなくなった。しかし、乾田直播栽培のような畑条件下における発芽を伴う栽培体系の技術開発が再び注目されるに伴い、その重要性が再認識されてきている。

乾田直播栽培における出芽、苗立の向上のために、乾燥条件下での出芽性に優れる品種の選抜が白土ら(1997)により試みられ、乾田直播適性品種の育成が期待されている。一方、栽培管理、とりわけ土壌管理技術は土壌環境の側面からの研究は多いが、種子との因果関係を検討した研究はほとんどなされていない。そこで本研究では、耕うん管理により変化した土壌の水分環境が種子の生理的特性に及ぼす影響を調べ、これが水稻乾田直播栽培における出芽、苗立に与える影響を検討した。

## 2. 材料および方法

### 1) 圃場における播種から苗立期までの種子の状態調査

供試圃場は、農業研究センター・谷和原水田圃場のライシメーターで、灰色低地土(LiC)と淡色黒ボク(LiC)が充填してあるものを用いた。このライシメーターは造成5年目で、両土壤枠とも $25\text{ m} \times 6\text{ m} = 150\text{ m}^2$ の面積で、それぞれの土壤枠を2等分( $12.5\text{ m} \times 6\text{ m}$ )して播種前にロータリー耕(1996年は4月下旬に耕うん)を行う耕起区と行わない不耕起区とを設けた。この圃場における水稻の乾田直播は、両土壤に耕起・不耕起処理を施してからともに3年目で、作物残さは原則として持ち出しとした。

供試品種はキヌヒカリで、乾籾を、1996年5月17日に汎用型不耕起播種機(農業研究センター・プロジェクト研究第1チーム試作で、円盤ディスクで細い溝を切り、その溝内に播種し、その後覆土・鎮圧する機構を持つ)により播種を行い、6月20日に入水した。この時の播種量は乾籾で $5.2\text{ g/m}^2$ であった。施肥は基肥に窒素として $6.7\text{ g/m}^2$ の被覆型肥料70日タイプの配合肥料を播種と同時に溝内に施用し、播種直後に、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ として $8.5\text{ g/m}^2$ のPK化成肥料( $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}: 0\text{-}17\text{-}17$ )を表面施用した。参考までに、追肥は幼穂形成期に窒素として $3.4\text{ g/m}^2$ のNK化成( $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}: 17\text{-}0\text{-}17$ )を施用した。PK化成施用後は速やかに除草剤を散布し、防鳥網を張った。土壌の水分状況は耕起処理後から入水までの期間においてテンションメーターにより経時的に自

動計測した。土壌コアサンプルの採取は入水直前に行った。

播種後20日目の6月6日に種子の状態を調査した。まず、各区のボーダー効果の影響がないと考えられた場所から無作為に抽出した2mの調査区間 $\times 5$ ヶ所で出芽率の調査を行った。次に発芽しなかった種子を各区の出芽率調査と同じの区間から400~500個体が回収されるまで掘り出し、その掘り出した種子を(1)発根もしなかった種子、(2)発根のみした種子、(3)発根も発芽もしたが発芽しなかった種子の3種類に分けた。ただし、希に発芽だけして発根しなかった種子が見受けられたが、その後の結果から本試験の条件下では発根が優先されたと判断されたため、これらは(1)の発根もしなかった種子に含めた。(1)、(2)の種子は、この後、水を張ったシャーレに入れ、 $30^\circ\text{C}$ 、6日間静置して生長が停止しているのを確認した。一方で(3)の種子は、ほとんどが莖葉部のクロロフィル形成をしていなかったが、各個体の生育停止の確認はできなかった。この上記の3種類に加え、(4)正常に出芽した種子の4つに分類した。なお、本報告における発根、発芽時の定義は便宜上、幼根、幼芽が籾から約1mm伸長した時とし、また出芽時の定義は地表面に莖葉部が出現したことが確認された時とした。

### 2) 土壌水分ポテンシャルが異なる条件下での水稻種子の発根、発芽の調査

供試品種は1)の試験と同様にキヌヒカリとした。供試土壌は灰色低地土では透水係数が低くなりすぎるため、淡色黒ボクのみを用いた。まず、 $50\text{ cm}^3$ の採土円筒に土壌を充填密度が $0.8\text{ g/cm}^3$ となるように充填し、この円筒を $-3.16\text{ kPa}$ の培地は砂柱法により、 $-10$ 、 $-31.6$ 、 $-100\text{ kPa}$ の培地は加圧板法により培地の水分ポテンシャルを調整した。 $-100\text{ kPa}$ より低い $-316\text{ kPa}$ 、 $-1\text{ MPa}$ の培地は、加圧板法により $-100\text{ kPa}$ に調整した後、2つの円筒を合わせ、遠心法により水分調整した後、円筒の接続面で切り取った物を用いた。そのため $-100\text{ kPa}$ より低い水分ポテンシャルの培地は最終的に充填密度 $0.8\text{ g/cm}^3$ とはなっていなかった。この土壌を充填した2つの円筒間に、ろ紙、種子(10粒)、ろ紙の順に挟み込んだ物を播種床として使い、この播種床6つを1単位として扱った。また、ろ紙をしいたシャーレに蒸留水を張ったものを水分ポテンシャル $0\text{ kPa}$ の対照培地として使い、計7段階の水分ポテンシャルにおいて調査した。さらに上記と同様に作成した $-10\text{ kPa}$ 、 $-100\text{ kPa}$ の培地を用いて、発根、発芽率の時間的推移についても検討した。

### 3. 結 果

#### 1) 土壌水分ポテンシャルの推移と降雨後の土壌の乾燥に対する耕うん処理の影響

1996年は、5月上旬に47.3 mmの降雨があったが(図-1)、播種後から入水までの期間においては、5月22日には短時間に8.5 mmの比較的降雨強度の高い降雨があった後は、入水までの期間中に10.0 mmしか降雨がなく、土壌がかなり乾燥していた(図-2)。

降雨後の土壌の乾燥をみると灰色低地土、淡色黒ボクともに耕起区の方が速く乾燥することが示され、特に灰色低地土ではその傾向が顕著に現れた(図-1)。

各処理区土壌の固相率は、灰色低地土耕起区、灰色低地土不耕起区、淡色黒ボク耕起区、淡色黒ボク不耕起区の順にそれぞれ、0.364, 0.415, 0.306, 0.341 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>で

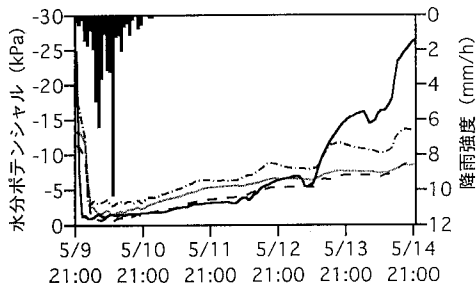


図-1 耕起, 不耕起土壌における降雨後の土壌の乾燥速度

Fig. 1 Drying rate of tillage and non-tillage paddy fields after a rainfall.

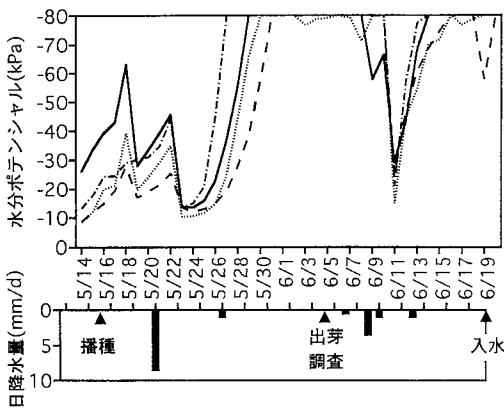


図-2 試験期間中の土壌水分ポテンシャルの推移と日降雨量

Fig. 2 Time-course of soil water potential and rainfalls during experimental period.

あった。各土壌の水分-水分ポテンシャル分布から算出された孔隙分布の耕うん処理による差は、マトリックポテンシャルが-10 kPa以上の時に気相となる粗孔隙については両土壌とも耕起区の方が多かったが、マトリックポテンシャルが-10 kPaより低くならないと気相とならない孔隙については耕うん処理による差は認められなかった(図-3)。

#### 2) 圃場における播種後の種子の状態

出芽率は、土壌間で比較すると淡色黒ボクの方が高く、耕うん処理で比較すると両土壌とも不耕起区の方が高くなった(表-1)。変動係数を発芽の安定性の指標とすると、両土壌とも不耕起区の方が安定した出芽を示した(表-1)。

発根もしなかった種子の割合は各処理区ではほぼ同等(9.18~11.56%)であった(図-4)。

発根のみした種子の割合は、全枯死種子の55.9~66.7%と過半数を占め、特に灰色低地土耕起区では正常に出芽した種子の割合を上回った(図-4)。

発根も発芽もしたが出芽しなかった種子が占める割合はどの処理区においても最も低かった。この割合は、両

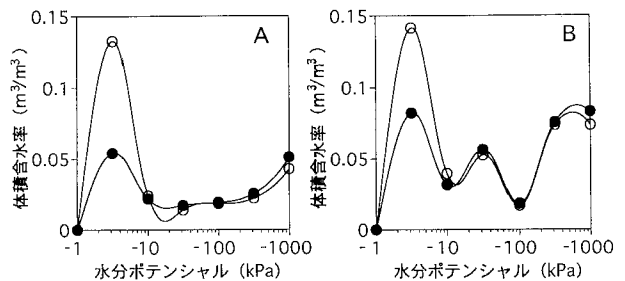


図-3 耕起, 不耕起土壌の水分ポテンシャル-水分分布特性(脱水過程)

Fig. 3 Water content distribution-matric potential relationship of tillage and non-tillage soils (drying curves).

表-1 耕起, 不耕起土壌における出芽率

Table 1 Seedling emergence on tillage and non-tillage paddy fields.

(%)	灰色低地土		淡色黒ボク	
	耕起	不耕起	耕起	不耕起
出芽率	39.5 a	55.9 b	56.5 bc	67.1 c
変動係数	25.6	9.7	33.8	9.8

各区内に2 m×5ヶ所を設けた結果であり、異なるアルファベットの付いた値間には、P<0.05で有意差がある。

土壌とも不耕起区より耕起区の方が高く、不耕起区に対する耕起区のそれは灰色低地土で2.91倍、淡色黒ボクで1.84倍に達した(図-4)。

3) 水稻種子の発根, 発芽に対する土壌水分ポテンシャルの影響

水分ポテンシャルを0~-1 MPaに調整した培地での発根, 発芽率を, 0 kPaの培地で発根, 発芽が完了した播種後72時間目で比較すると, 発根率は-1 MPaまでのどの領域においてもほぼ100%に達していたが, 培地水分ポテンシャルが低いほど発芽率は低くなった(図-5)。

土壌の水分ポテンシャルが低下したときに発根, 発芽がどの程度遅延するかについての指標を, -10 kPa培地と-100 kPa培地における発根, 発芽率の50%到達時間の差として, それぞれで求めた。それによると-10 kPa培地と比べて-100 kPa培地では, 発根率50%時点で6.5時間, 発芽率50%時点で9.3時間の遅れとなった(図-6)。また, 培地の水分ポテンシャルが低い方が, 全個体が発根, 発芽を完了するのに要する時間が長くなり, この時間は, 発根において, -10 kPa培地では発根開始か

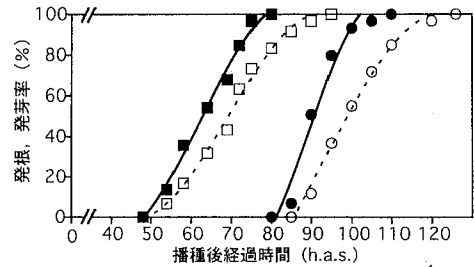


図-6 マトリックポテンシャルが異なる培地における発根, 発芽率の経時変化

Fig. 6 Time-course of germination of root and shoot on high and low matrix potentials.

ら26時間であるのに対し, -100 kPa培地では41時間と1.58倍に達し, 同様に発芽において, -10 kPa培地では発芽開始から25時間であるのに対し, -100 kPa培地では36時間と1.44倍に達することから, 個体間差が広がり, 発根・発芽が不安定になったことが認められた(図-6)。

4. 考 察

本試験において, 両土壌とも耕起土壌の方が不耕起土壌より乾燥が速かったが, マトリックポテンシャルが-10 kPaより低くならないと気相にならない孔隙量には差が認められないため, 乾燥速度の差はマトリックポテンシャルが-10 kPa以上の時に気相となる粗孔隙に起因すると考えられた。すなわち, 粗孔隙は排水が容易に行われて, 土壌毛管の連続性が断たれ, 比較的速やかに気相になる孔隙であり, 蒸発可能な土壌表面積の増大のために乾燥が速かったことが示唆された。不耕起土壌では固相率が高まるが, 透水性が大きくなるということが井手ら(1970), 大森(1971)により報告されており, また野々山(1981)は耕起をしても集中降雨後には3相分布は不耕起と同様になり, また落水後の土壌の乾燥は不耕起の方がやや早いとしている。しかし, これらは保水性というより排水性という面で不耕起が優れていることを意味し, 本試験からも明らかのように, 不耕起は保水性という面でも耕起より優れ, 安定して好適な水分条件をより長く維持できると考えられる。

水稻種子の出芽の良否を判定するには, 従来, 正常に出芽した種子にのみ着目してきたが, 出芽しなかった種子の方に視点を移すとその因果関係にまで踏み込むことができる。発根もしなかった種子は, 処理による差は認められず, 環境に影響されたのではなく種子そのものの発芽活性によると考えられた。そのため, 水稻の乾田直

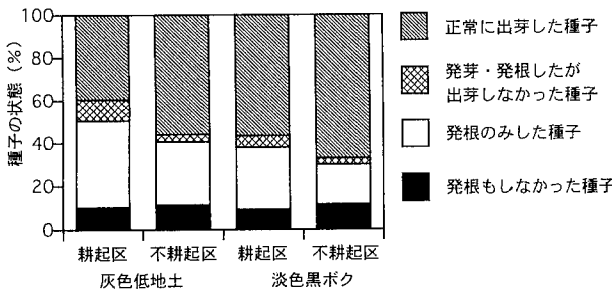


図-4 耕起, 不耕起土壌における出芽期の種子の状態

Fig. 4 Seed conditions on tillage and non-tillage paddy fields at emergence stage.

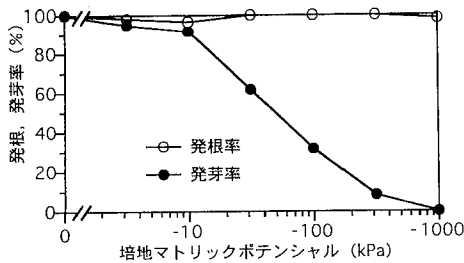


図-5 マトリックポテンシャルが発根, 発芽率に及ぼす影響

Fig. 5 Influence of matrix potential on germination of root and shoot.

播栽培において、出芽の良否を決めるのは、発根も発芽もしたが出芽しなかった種子と発根のみした種子をどれだけ少なくできるかにあると考えられる。

発根も発芽もしたが出芽しなかった種子は、両土壤とも不耕起処理で減少したが、これらの種子は、土壤クラストが形成された所に集中して観察され、井手ら(1970)の報告のように不耕起処理は土壤クラストが形成されにくいことを示している。

本試験においては、発根のみした種子が正常に出芽しなかった種子の過半数を占め、これを抑制することが出芽率の向上と安定に寄与すると推察された。水稻種子の発根に対する発芽の優先性について、Takahasi(1954)は高水分の他、低温、低酸素分圧などの因子も影響するとしているが、本試験のように播種時期の土壤の平均地温が20℃前後と比較的高く、有機物施用を行っていないため水分条件以外に低酸素条件が生じにくい環境下では、水分条件が大きな支配因子となる。さらに本試験中は、土壤が-10 kPa以上の水分域になっている期間が極めて短く、本試験結果からもわかるように、このような水分域では発根が発芽に優先される状況にあったため、種子は発根のみした段階において、何らかの原因により生長が抑制、停止され、今回のような結果になったと判断された。水分ポテンシャルが0 kPaで酸素供給が強い律速因子となっていない条件における発根と発芽はほぼ同時に進行するため、土壤の水分ポテンシャルの低下に伴った発根、発芽の遅延は、水稻種子をさらなる強い乾燥、地温の変動、病虫害などの様々な危険因子を内包している不安定な土壤という環境に長時間さらすことになり、このことが出芽を不安定にする原因と考えられる。

本試験のような条件では、好適な土壤水分条件を安定して維持することが、水稻種子の出芽率向上にもっとも

重要と考えられる。水稻種子は土壤の乾燥が進行すると、発根、発芽の遅延が起こり、出芽率が低下しやすくなるが、不耕起土壤では耕起土壤より水分環境が安定し、また土壤クラストの形成も抑えるため直播水稻の出芽率を向上させるための条件として適していると判断された。不耕起は、単に省力という意味だけでなく、直播水稻の出芽率を向上させるという栽培管理上の意義も重要であることが認識できるが、不耕起の継続期間、除草など総合的栽培管理面から未解決の問題も多く、今後の検討の余地を多く残しているといえる。

### 引用文献

- 井手一浩・徳安雅行・小林 淳・下村忠夫(1970)：乾田直播水稻の発芽機構解明に関する研究，佐賀農試研報，11：59～89。
- 井手一浩・徳安雅行・小林 淳・下村忠夫(1970)：不耕起栽培継続に関する研究—稲・麦の連続不耕起栽培試験，佐賀農試研報，11：91～109。
- 野々山芳夫(1981)：耕起の有無が乾田直播水田作土の物理性に及ぼす影響，中国農試報，E18：63～81。
- 三石昭三・中村喜彰(1977)：水稻の湛水土壤中直播栽培に関する研究 第1報 過酸化石灰の粉衣方法と粉衣量，日作紀，46(別1)：35～36。
- 大森 正(1971)：水稻不耕起直まき栽培と土壤物理性について，土壤の物理性，25：19～23。
- 白土宏之・森田 敏・高梨純一(1997)：イネ種子の乾燥土壤中出芽性のスクリーニング，日作紀，66(別1)：10～11。
- Takahashi N.(1954)：Studies on the germination of rice seed, Sci. Rep. Inst. Tohoku. Univ., 6：1～12。

受稿年月日：1998年5月25日

受理年月日：1998年10月1日