

水稻の湛水土壌中直播における出芽・苗立ちと種子近傍の土壌環境との関係に関する研究

萩原 素之 (信州大学農学部)

日本作物学会紀事
(Jpn.J.CropSci.)
64 卷(別1号)
1995年

Studies on Seedling Emergence and Establishment in Direct Sowing of Paddy Rice into Paddled and Leveled Soil as Influenced by Local Soil-Environment around Seed

Motoyuki Hagiwara (Faculty of Agriculture, Shinshu University)

水稻の直播栽培への移行を妨げる大きな問題点として出芽・苗立ちの不安定性がある。湛水直播の苗立ちの不安定性を改善するため、酸素発生剤（過酸化石灰）を種子に被覆して湛水土壌中に播種する方法（湛水土壌中直播）が提案されているが、この方法でも出芽・苗立ちの不安定性が指摘されている。本研究は、出芽・苗立ちの阻害要因とその発現機構を種子近傍の土壌環境に注目して解明するとともに、出芽・苗立ち安定化技術の要件を明らかにしようとしたものである。

1. 土壌還元と出芽・苗立ち

土壌還元と出芽・苗立ちの関係の究明の第1歩として、イナワラを添加して還元状態とした土壌を用いたポット実験を行ない、土壌還元下では出芽・苗立ちが阻害されるが、苗立ち率 \approx (出芽率)²の関係を認めた (Fig. 1)。よって、出芽率の変動が苗立ち率の不安定の原因であり、出芽率を高める技術は苗立ち率も向上させると考えられた。強還元条件下では湛水中溶存酸素濃度は苗立ちを阻害する程度に低下したが、これよりも土壌還元による出芽低下の方が重大であった。

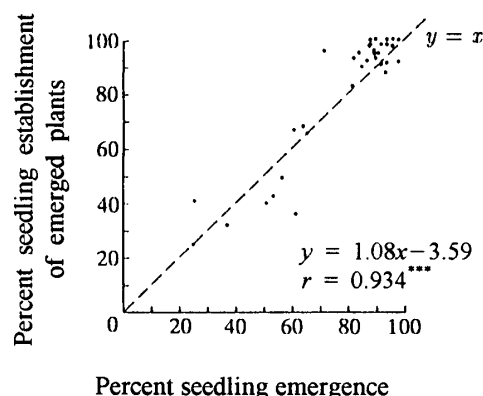


Fig. 1. Percent seedling establishment of emerged plant (y) as a function of percent seedling emergence (x).
Percent seedling establishment = $xy/100 \approx x^2/100$, where $y = 1.08x - 3.59 \approx x$

2. 種子近傍の土壌の酸化還元状態と発芽・出芽との関係

種子近傍の小土壌域の酸化還元状態を簡便に調査するため、酸化還元指示薬メチレンブルーを土壌に添加する新手法（後にメチレンブルー土壌法 (methylene blue soil method) と命名）を考案した。本法により、種子近傍の小土壌域の酸化還元電位 (Eh) は、その外部の土壌のEhとは異なり、特異な挙動を示すことを見出した (Fig. 2-A)。すなわち、過酸化石灰を被覆しないと播種後早くから種子近傍で局所的土壌還元が起こる (Fig. 2-B) のに対し、被覆種子近傍は発芽期頃まで酸化状態に保たれ (Fig. 2-C)，その後還元される。さらに、種子の発芽活動が土壌還元の一因である (Fig. 3) こと、こ

の土壤還元が出芽の阻害要因である (Fig. 4) こと, および還元開始から発芽までの日数が長いと出芽に不利となることを明らかにした. また, 発芽後数日間の土壤還元をある一定限度内に抑えれば出芽率の向上・安定化につながる可能性があることを示した.

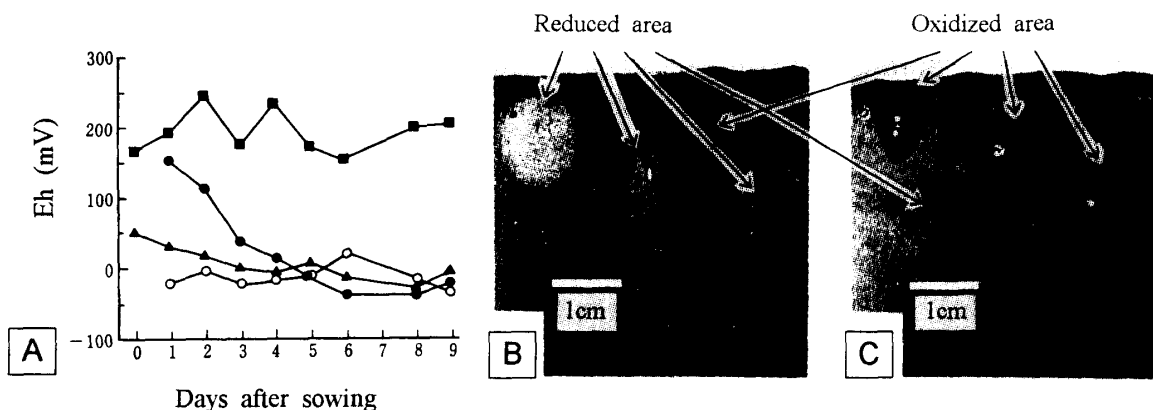


Fig. 2. Oxidation-reduction state of soil in the vicinity of a paddy rice seed sown into flooded soil.
 A: Time course change of redox potential of soil measured by redox electrode at soil surface (■), vicinity of a seed coated with (●) and not with (○) CaO₂, and 1.5cm under soil surface (▲).
 B: Local soil-reduction around non-coated seed sown into oxidized flooded-soil, and C: soil oxidation around CaO₂-coated seed sown into reduced flooded-soil (by methylene blue soil method).

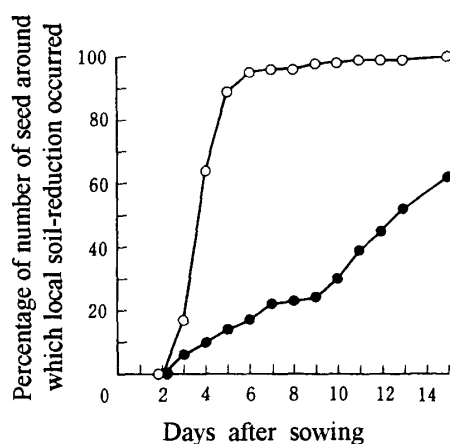


Fig. 3. Percentage of number of seed around which local soil reduction occurred.
 ○: viable seed, ●: inviable seed.

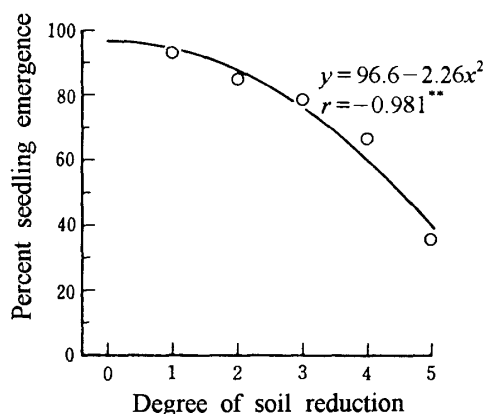


Fig. 4. Percent seedling emergence as a function of degree of local soil-reduction around seed on the next day of germination.

3. 土壤の酸素環境と発芽・出芽

無酸素状態の滅菌湛水土壌では, 過酸化石灰の被覆の有無で発芽・出芽に顕著な差がない. 一方, 土壤酸化作用を持つが酸素を発生しない硝酸カリウムの被覆で出芽・苗立ち促進が可能である (Fig. 5). また, 発芽時の転形率は過酸化石灰による種子への酸素供給が小さいことを示唆した. よって, 過酸化石灰の出芽・苗立ち促進効果は, もっぱら種子への酸素供給によるとされてきたが, 土壤酸化の効果の重要性を指摘した.

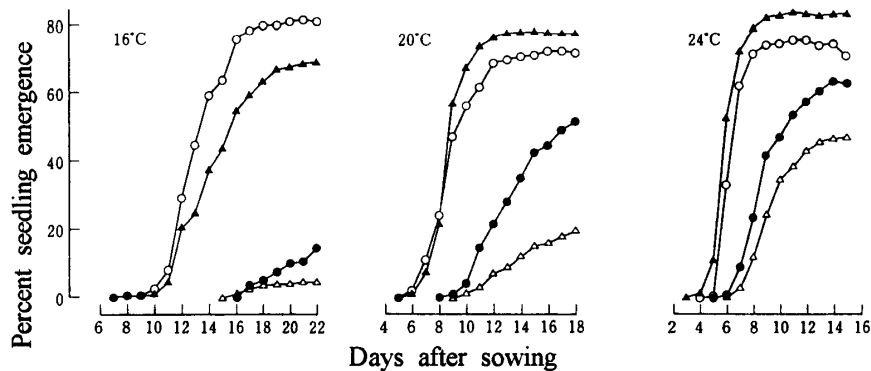


Fig. 5. Promotion of seedling emergence from flooded soil by coating seed with potassium nitrate. Seed coating treatment; ●: Control, ▲: CaO₂, ○: KNO₃, △: Olivine.

4. 還元生成物と出芽・苗立ち

湛水土壤中の還元生成物（二価鉄，酢酸，硫化物），特に二価鉄の出芽・苗立ち阻害性を明らかにした（Fig. 6）。発芽時の種子近傍の土壤還元の進行には品種間差があり，土壤還元の進行と出芽・苗立ちの良否には関連がうかがえたので，高出芽・苗立ち性品種の選抜・育成の可能性を論じた。種子近傍の土壤還元域の拡大は低温の方が緩やかであった。しかし，低温では発芽が遅れるので，土壤還元開始から発芽までの期間は低温の方が長く，発芽時の土壤還元域の大きさも高温の場合よりやや小さい程度であった（Fig. 7）。このことは低温下での出芽不良と関連が深いと考察した。

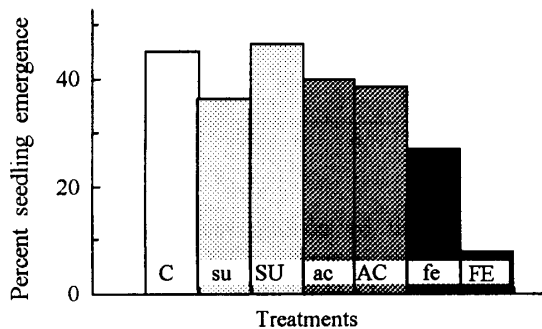


Fig. 6. Effect on seedling emergence of substances produced in flooded soil.

Treatment	Substance and amount of addition to soil
C	No-addition (Control)
su, SU	Sodium sulfide 20mg, 40mg
ac, AC	Sodium acetate 0.5me, 1.0me
fe, FE	Iron (II) sulfate 150mg, 300mg

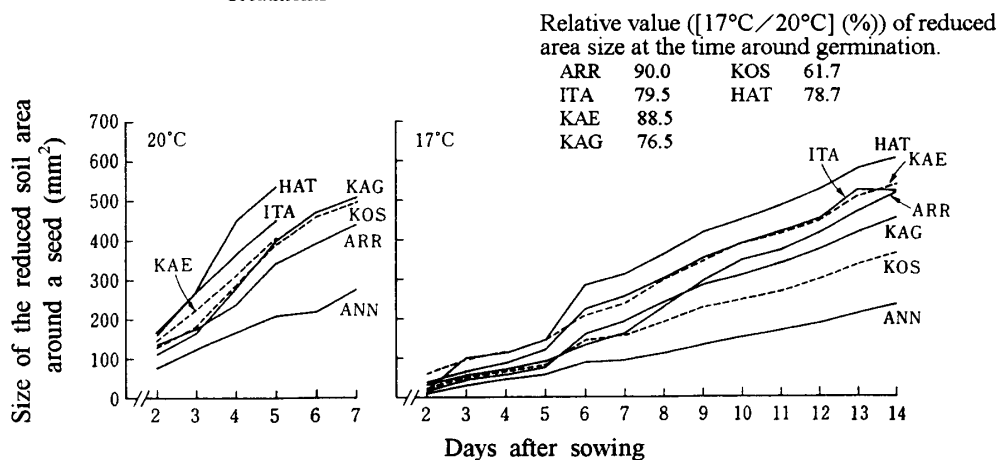


Fig. 7. Varietal difference in the time course change in size (vertical length (mm) × horizontal length (mm)) of the reduced soil area around a seed.

ANN: Annan V₁, ARR: Arroz da Terra, HAT: Hatanishiki, ITA: Italica Livorno, KAE: Kaeu N-17, KAG: Kagahikari, KOS: Koshihikari.

5. 出芽・苗立ちの安定化

以上の結果から、過酸化石灰は種子近傍の土壤還元を一定期間抑えるが、この作用が発芽期までであるため、出芽・苗立ち促進効果に不安定な面が生じることが現行技術の問題点と結論し、出芽・苗立ちの向上・安定化技術の要件として以下の仮説を提示した。

- 1) 種子近傍の局所的土壤還元の防止
- 2) 土壤還元に伴って生成する有害物質の害の防止

本研究では1)として、過酸化石灰のアルカリ度を下げ、酸素発生反応を促進し、土壤酸化力を強化する方法 (Fig. 8), 土壤酸化剤として硝酸カリウムを過酸化石灰と併用する方法, また, 2)として二価鉄の不溶化剤を用いる方法 (Fig. 9) を考案し, その効果を実験的に検証した。

その結果, いずれの方法も主として出芽を早めるなど一定の有効性を認めた。出芽・苗立ち安定化技術の確立上の難関は, 発芽が土壤還元促進の一因であることで, この関係の克服のためには, より有効な薬剤の開発・利用とともに, 発芽が良好で, かつ土壤還元を招かない品種の選抜・育成も考慮した総合的対策が重要と指摘した。

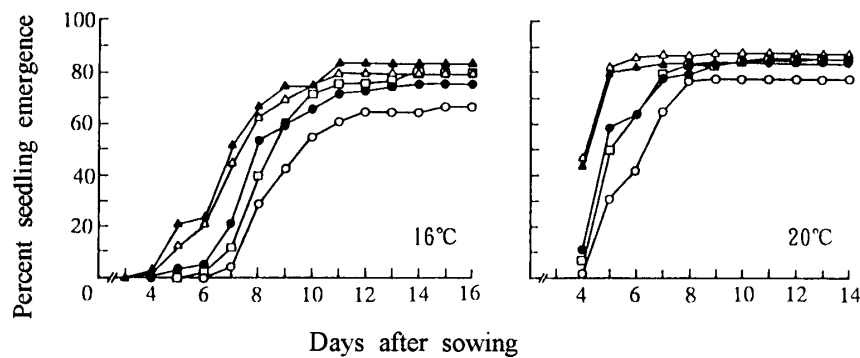


Fig. 8. Promotion of seedling emergence from flooded soil by coating seed with aluminium phosphate (AP) or magnesium carbonate (MC). Seed coating treatment; □: Control (CaO_2), ○: CaO_2 +AP 20%, ●: CaO_2 +AP 40%, △: CaO_2 +MC 20%, ▲: CaO_2 +MC 40%

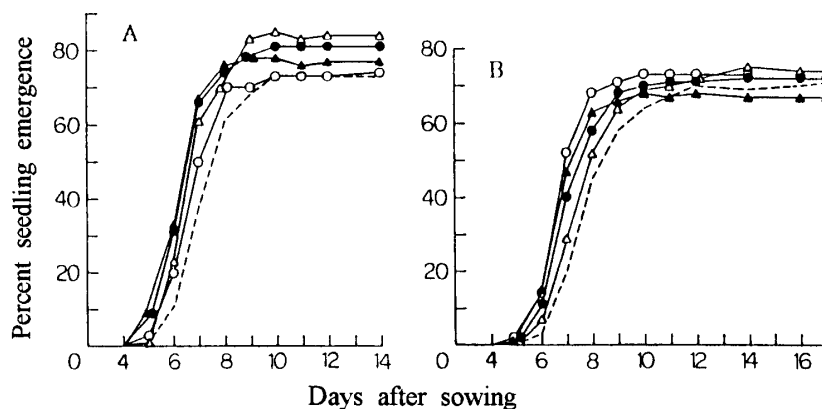


Fig. 9. Promotion of seedling emergence from flooded soil by coating seed with potassium hexacyanoferrate (II) [PH-II] or potassium hexacyanoferrate (III) [PH-III]. A: Oxidized soil, B: reduced soil. Seed coating treatment; - - - - : Control (CaO_2), ○: CaO_2 +PH-III 1%, ●: CaO_2 +PH-III 5%, △: CaO_2 +PH-II 1%, ▲: CaO_2 +PH-II 5%