

令和 2 年 5 月 18 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K07953

研究課題名 (和文) 土壌物理的要因の制御による乾田直播水稻の湿害の再現 ―出芽不良発生条件の解明

研究課題名 (英文) Reproduction of rice wet injury by controlling soil physical conditions -to clarify occurrence condition of poor germination

研究代表者

望月 秀俊 (Mochizuki, Hidetoshi)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・西日本農業研究センター・上級研究員

研究者番号：30403372

交付決定額 (研究期間全体) : (直接経費) 3,800,000 円

研究成果の概要 (和文) : 水稻品種「アケボノ」を用いて、土壌・地下水位・水移動の方向が湿害の発生に与える影響を明らかにするため、室内・屋外出芽試験を実施した。その結果、地下水位が高いほど出芽が遅延し、最終的な出芽率も低下した。また、土壌については、粘土分の高い灰色低地土と四国水田土壌で出芽の遅延と最終出芽率の低下が顕著であった。地下水位0cmに設定した場合の水移動の方向の影響については、下向きの水移動が最終出芽率を最も低下させた。これらの結果は室内・屋外に概ね共通の結果であった。これらの結果から、水田土壌は水稻の湿害が出やすく、高い地下水位や長期間の降雨が湿害を助長することが推察された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

当該研究の成果は、土壌物理的条件を制御することによって、乾田直播水稻の出芽不良 (湿害) の発生条件を具体的に示した点にある。とりわけ、水田土壌が湿害を助長するリスクが高いことを示した点は、意義が大きい。また、これらの成果は、農林水産省が発表した食料・農業・農村計画に示された水稻の多収・省力栽培技術の一翼を担うと考えられる乾田直播栽培における、圃場選びや圃場管理、土作り等の指標の明示に繋がり、これに基づく農作業の効率化・省力化が期待されるため、社会的な意義も大きい。

研究成果の概要 (英文) : We conducted laboratory and field experiments to clarify the effect of soil, ground water level, and direction of water movement on wet injury of rice, by using rice cultivar "Akebono". As a result, higher ground water level made the germination retarded more and final germination rate lower. As for the soil, the gray lowland soil and the Shikoku paddy soil showed the significant retardation of the germination and the low final germination rate. On the direction of the water movement at the ground water level of 0cm, the downward flow decreased the final germination rate most. These results were confirmed both in the laboratory and field experiments. Therefore, it is suggested that the paddy soil tends to occur the wet injury of rice, and high ground water level and a long-term rainfall would encourage it.

研究分野：土壌物理学

キーワード：水稻 乾田直播 湿害 出芽不良 土壌 地下水位 水移動 ロジスティック曲線

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

近年、農地の集約にともなって水稻生産体系の大規模化が進行している。乾田直播水稻栽培は、苗作りや代掻きが不要なこと等から大幅な省力化が可能であり、導入が始まっているものの、出芽・苗立ちの不安定さから普及面積の拡大には至っていない。

湛水直播を含めた直播栽培における出芽・苗立ちの不安定さの解消のため、育種分野では低温発芽遺伝子の導入が、水稻栽培分野では種子コーティングの開発が行われている。土壌化学・微生物学分野では、湛水直播において、強還元化に伴って生成される二価鉄や硫化物等が出芽不良の原因物質の一つであること、麦わらを施用した湛水土壤中で発生する芳香族カルボン酸が水稻根の伸長を阻害すること、湛水土壤中に稲わらが含まれると水稻種子の発芽遅延を起こす 3-フェニルプロピオン酸とサリチル酸が生成されることが報告されている。

農業工学分野では、乾田直播水稻栽培において良好な苗立ちを得るには、均平度を 25mm 以下に抑える必要があること、湛水が発生しない状況では好適な土壤水分条件を安定して維持することが最重要であること、播種後の鎮圧によって保水性を向上させること、が報告されている。また、湛水時期と湛水期間が苗立ち率に影響を与えること、碎土率と苗立ち率には強い相関があることも報告されている。さらに、湛水直播においては播種後の落水によって通気性が向上し、苗立ち率が高く保たれることが報告されている。申請者も、岡山県南部の乾田直播水稻栽培圃場において、貫入式土壌硬度計を用いて得た貫入抵抗値のプロファイルから、苗立ちを評価する指標とその閾値を明らかにした。貫入抵抗値は、乾燥密度や土壤水分量、団粒構造の有無等と相関があることは知られているが、出芽・苗立ちと土壌物理的要因の因果関係が明らかになっていないため、貫入抵抗値のプロファイルが苗立ちを評価できるメカニズムの解明には至っていない。

2. 研究の目的

本研究では既往の成果を踏まえた上で、土壌物理学的見地に立ち、土壌物理的要因を精密に制御した条件下で乾田直播水稻の湿害（出芽不良）を再現することで、出芽不良が発生する土壌物理的条件を解明することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、供試土の土壌物理性を把握した上で、土壌環境を精密に制御した条件下で出芽試験を実施し、湿害を再現することで、出芽不良が発生する土壌物理的条件を解明する。

実験は、水分特性曲線や飽和・不飽和透水係数等の土壌物理性を測定した後、(1)土壤水分量一定で水移動のない条件、(2)土壤水分量一定で水移動（上向き・下向き）のある条件の 2 つの土壌環境条件下で実施する。

その後、FOEAS 付きライシメータと一般的ライシメータを用いて、(1)～(2)で得られた出芽不良が発生する土壌物理的条件を検証するとともに、供試土の土壌物理性との関係を解析する。

【出芽試験】

本研究では、様々な土壌環境条件下で、岡山県南部の乾田直播水稻栽培地域の基幹品種である「アケボノ」を用いた出芽試験を行った。出芽試験においては、播種深度 1cm、1 粒蒔き、30 点／カラムを播種条件とし、播種後 2 週間の間、播種後日数と出芽率の関係を調査した（反復数：3）。また、室内では 25℃の恒温室で実施した。

【供試土】

本研究では、①モデル土壌：豊浦砂と②ライシメータ土壌：四国水田土壌、灰色低地土、黒ボク土、黄色土の 5 土壌とした

【実験 0】供試土の土壌物理性測定

実験 1 の実験条件を適切に設定するため、供試土の水分特性曲線、飽和・不飽和透水係数、土粒子密度、乾燥密度（②ライシメータ土壌のみ）を定水頭法等の定法で測定する（反復数：3）。

【実験 1】土壤水分量一定条件下における乾田直播水稻の湿害再現実験—水移動がない場合—

本実験では、土壤水分量を一定に保ちつつ、水移動がない（実際には、極力抑えた）土壤水分条件を再現した上で出芽試験を行い、出芽不良の発生する土壤水分量域を明らかにする。土壤水分量については、実験 0 で得た圃場容水量（ $pF=1.8$ 、地下水位 60cm 相当）と飽和体積含水率（ $pF=0$ 、地下水位 0cm 相当）の 2 条件と、その中間となる $pF=1.5$ （地下水位 30cm 相当）の計 3 条件とした。

【実験 2】土壤水分量一定条件下における乾田直播水稻の湿害再現実験—水移動がある場合—

本実験では、実験 1 に供試した土壌について、土壤水分量を一定に保ちつつ、上向き・下向きの水移動がある土壤水分条件を再現した上で同様の出芽試験を行い、出芽不良の発生する土壤水分量域を明らかにする。上向きの水移動は、土壌表面付近にファンで送風することで蒸発を促進させる。一方、下向きの水移動は、カラム上部に毎日降雨量 10mm 相当を散水した。

【実験 3】ライシメータにおける乾田直播水稻の湿害（出芽不良）発生条件の検証実験

本実験では、地下水位制御システム（FOEAS）の付いたライシメータと一般的ライシメータを用いて実験 2 の結果を検証した。なお、栽植密度（条間や株間）は生産現場の値を参考に、30cm×20cm とした。

4. 研究成果

【実験 0】供試土の土壌物理性測定

供試土の、飽和透水係数、pF 曲線（データは割愛）・土粒子密度を測定した（表 1）。表層土の飽和透水係数は高かった。

表 1 供試土の飽和透水係数と乾燥密度 (n=3)

	豊浦砂	四国水田 土壌	灰色低地土	黄色土	黒ボク土
飽和透水係数 (cm/s)	2.34×10^{-1}	2.23×10^{-4}	3.63×10^{-2}	4.38×10^{-2}	2.01×10^{-2}
乾燥密度 (g/cm ³)	1.60	1.21	1.05	0.99	0.66
土粒子密度 (g/cm ³)	2.66	2.56	2.37	2.51	2.34

【実験 1】 土壌水分量一定条件下における乾田直播水稻の湿害再現実験－水移動がない場合－

【実験 2】 土壌水分量一定条件下における乾田直播水稻の湿害再現実験－水移動がある場合－

水移動のない場合、全ての土壌で、地下水位の低下によって、出芽が早まると共に、最終出芽数が向上した。すなわち、水分飽和したケースの最終出芽数が最も低く、湿害の発生が確認できた。（図 1）灰色低地土と四国水田土壌で地下水位 0cm における出芽の遅延と最終出芽率の低下が顕著であった。

水分飽和状態で水移動がある場合、上方・下方の方向を問わず、最終出芽数が低下した。特に、事前の予想に反して、下方移動の方がその低下が大きかった（図 2）

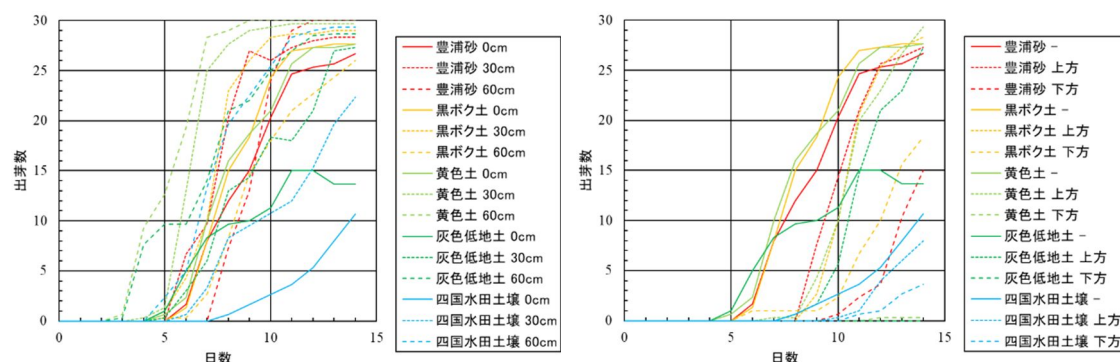


図 1 異なる土壌水分量における出芽数の変化 図 2 水移動の方向が異なる条件での出芽数の変化

【実験 3】 ライシメータにおける乾田直播水稻の湿害（出芽不良）発生条件の検証実験

屋外試験では、黒ボク土、黄色土、灰色低地土について、最終出芽率は地下水位が低い方が最終出芽率が高かったが、出芽の始まる時期は地下水位 30cm が最も早かった。これは、実験設備の都合上、同時期に地下水位を変えた条件で試験が行えなかった事による可能性もある。何故なら、同時期に試験を実施できた四国水田土壌については、出芽の始まる時期については地下水位による差異が確認できなかったためである。尚、四国水田土壌についても、最終出芽率は、地下水位が低いほど高く、地下水位 60cm では地下水位 0cm に較べて 25%向上した。水移動の方向については、下向きの場合に最終出芽率が最も低下した。（図 3）

水移動の方向については、室内試験と同様に下向きの場合に最終出芽率が最も低下した。（図 4）

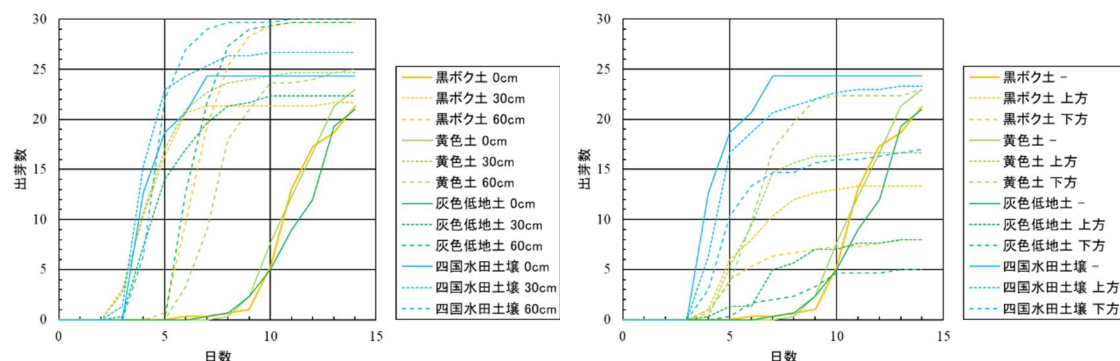


図 3 異なる土壌水分量における出芽数の変化（検定層等） 図 4 水移動の方向が異なる条件での出芽数の変化（検定層等）

【解析】

黒ボク土の室内出芽試験と検定槽出芽試験の結果をロジスティックモデル（下式）で近似し、

r , N_0 , K の各パラメータを表 2、表 3 に示した。

$$N = \frac{N_0 K e^{rt}}{K - N_0 + N_0 e^{rt}}$$

この解析によって、立ち上がりの位置を示す r や最終的な出芽率を示す K を用いて、それぞれの試験結果を定量的に再現できた。

表 2 ロジスティックモデルによる室内出芽試験の近似結果（黒ボク土の場合）

パラメータ	発芽試験	室内出芽試験				
		0cm	30cm	60cm	上方(0cm)	下方(0cm)
r	5.17	1.03	1.64	1.40	1.57	0.90
N_0	1.08E-05	7.02.E-03	1.92.E-04	2.92.E-04	2.26.E-06	4.38.E-04
K	30.92	27.74	28.75	27.21	27.95	21.82

表 3 ロジスティックモデルによる室内出芽試験の近似結果（黒ボク土の場合）

パラメータ	検定槽出芽試験				
	0cm	30cm	60cm	上方(0cm)	下方(0cm)
r	1.43	1.55	1.50	1.08	1.26
N_0	4.39.E-06	3.60.E-04	1.49.E-04	3.22.E-02	1.02.E-02
K	20.45	21.45	29.45	13.16	7.44

【まとめ】

水稲品種「アケボノ」を用いて、土壌・地下水位・水移動の方向が湿害の発生に与える影響を明らかにするため、室内・屋外出芽試験を実施した。その結果、地下水位が高いほど出芽が遅延し、最終的な出芽率も低下した。また、土壌については、粘土分の高い灰色低地土と四国水田土壌で出芽の遅延と最終出芽率の低下が顕著であった。地下水位 0cm に設定した場合の水移動の方向の影響については、下向きの水移動が最終出芽率を最も低下させた。これらの結果は室内・屋外に概ね共通の結果であった。以上のように、再現された湿害の発生条件から、水田土壌は乾田直播水稲の湿害が出やすく、高い地下水位や長期間の降雨がその湿害を助長することがわかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 望月 秀俊・坂口 巖
2. 発表標題 土壌水分センサーEC-5の水田土壌等に対する校正直線の傾きと切片
3. 学会等名 日本土壌肥料学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

—

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----