

平成 26 年 6 月 19 日現在

機関番号：10101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24658013

研究課題名(和文)ダイズ種子吸水過程における水浸透ダイナミクスを探る

研究課題名(英文) Investigation of dynamics in water infiltration in water absorption process of soybean seed

研究代表者

実山 豊 (Jitsuyama, Yutaka)

北海道大学・(連合)農学研究科(研究院)・講師

研究者番号：90322841

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円、(間接経費) 930,000円

研究成果の概要(和文)：ダイズの乾燥種子は、播種直後に過湿環境に晒されると湿害を被る。種子への3時間以上の冠水処理は、生存率の有意な品種間差を誘引した。吸水速度は、種子浸漬時には処理10-30分の時間帯に、種子底面給水時には処理開始直後に有意な品種間差が認められた。これらの吸水速度の比は生存率と有意に関係していた。更に種皮透水性と種子浸透濃度を調べたところ、それぞれ、前者と後者の吸水速度に有意に関係していた。このように、ダイズ種子の冠水耐性は、種子の浸透濃度や種皮の透水性が複合的に吸水速度を律することで決定されている可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：Dried soybean seeds are prone to suffer waterlogging injury just after seeding if they are exposed to excess moisture. After 3 hr of waterlogging treatment, significant differences in seed survival were detected among cultivars. In addition, the passive imbibition during 10 - 30 min of waterlogging, and the capillary imbibition during 0 - 10 min of flooding were caused by significant differences in the imbibition rate among cultivars. Although neither imbibition showed a significant correlation with the survival directly, the ratio between the passive and the capillary imbibition rate was significantly correlated with survival. Factors affecting imbibition included the hydraulic conductivity of the seed coat and seed osmolarity, which were significantly correlated with the passive and the capillary imbibition rate, respectively.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学・作物学・雑草学

キーワード：耐湿性 種子 冠水害 発芽 吸水 受動 能動 微細構造

1. 研究開始当初の背景

ダイズの種子にとって、播種直後の降雨は、発芽過程に極めてネガティブな作用を誘引する。このダイズ種子の冠水害（種子段階での湿害）は、今なおダイズ栽培の現場において大きな障害の1つであり、数々の研究が既に展開されているものの、その作用機作については不明な点が数多く残る。本課題は、新たな手法・アプローチで本傷害の発生メカニズム解明を試みるものとして行った。

昨今、国際的に問題視されている地球温暖化とそれに伴う気候変動は、農業上重要な「水資源」の分布に大きく影響するが、その地域的偏在を正確に予想することは困難である。今世紀は水の世紀とされ、湛水資源の枯渇が懸念されているが、一方で、IPCC第4次報告書では「旱魃被害の増大」に比べ「豪雨の頻発化」の方が高確率で起こり得るとしている。日本でも、日降水量400mm以上の豪雨日数が1996年以降、増加傾向にあり、今後100年の間に、国土のほとんどの地域で降水量が増加するとの予測が為されている。

頻発する豪雨は畑の過湿化を伴う。土壌物理性に乏しい圃場や水田転換畑などではその影響は深刻となる。過湿土壌での根は、即座に嫌気環境下に置かれ、生体機能が低下、加え地上部の気孔は閉じ、光合成能も低下する。とりわけ、播種して間もない種子は過湿の影響を著しく受け、ダイズでは、播種後の降雨が収量低下に直結する。種子冠水害の緩和を目的とし、客土処理、明・暗渠の設置、さらには地下水水位制御システム(FOEAS)の導入などが試みられているが、コスト面の問題や、今後恒常的に増加する降水への対処としては十全ではなく、ダイズ種子への冠水耐性の簡易的付与などの技術的アプローチや「冠水耐性ダイズ種子」の作出が急務と考えられる。しかし「DREB 遺伝子」に代表される、乾燥・低温・塩などの環境ストレス耐性作物品種改良の第一線に比べ、作物の耐湿性研究の進捗は出遅れている感が否めない。過去の研究で幾度も研究対象とされているダイズでは、播種後の湿害被害が作物統計上、毎年報告されているにもかかわらず、その育種改良は立ち後れており、その冠水障害発生機構の実体についても明快な解には至っていない。

2. 研究の目的

本傷害の初発原因として、種々の研究により「急激に流入してきた水による物理的な子葉組織の破壊」が推察されてきたが、種子吸水初期における水浸透ポテンシャル動態、そのポテンシャルに依存する種子内の通水経路と各障壁の透水抵抗、種子内における水の微細挙動と細胞死に至るまでの生理・形態学的過程については曖昧である。本課題は、ダ

イズ種子冠水障害において重要な上記の生理的過程のメカニズムを明らかにすることを、最終的な目的としている。

3. 研究の方法

(1) 2012 年度

種子冠水耐性品種ハヤヒカリおよび感受性品種トヨムスメの2品種を供試した。吸水前の湿潤または乾燥調湿処理は、種子を、室温に2日間以上置いた後、蒸留水またはシリカゲルと共に、25°C・暗所の恒温器に3日間静置して行った。種子の冠水処理は、種子を十分量の蒸留水に10分~24時間浸漬することでを行い、冠水を行わない区を対照区とした。

発芽試験はペーパータオル法で行い、播種1週間後に正常に発芽した個体の数を調査した。また、種皮が冠水耐性に及ぼす影響をみるため、種皮を一部剥離した種子も別途試験した。

種子吸水速度は、受動的な吸水と能動的な吸水とに分けて精査した。前者は冠水処理中の種子の生重を都度秤量して算出し、後者は底面給水方式で行い、給水源を都度秤量して水の減少量を吸水量とした。両法ともに、単位時間・種子乾物重あたりの水量変化量を種子吸水速度として求めた。

更に、種皮形態が冠水耐性に及ぼす影響をみた。実体または光学顕微鏡による種皮の形態観察を行ったが、品種間に顕著な差異は見出せなかったため、より一層微細な種皮構造変化を観察できる低温走査型電子顕微鏡(Cryo-SEM)により種皮裏面構造を観察した。

(2) 2013 年度

供試品種は、前年度のハヤヒカリとトヨムスメに、Peking、いわいくろ、スズマル、ナカセンナリ、エンレイ、フクユタカの6品種を加えた8品種を用いた。

乾燥調湿処理、冠水処理、発芽試験、種子吸水速度の測定は、前年度の方法に準じて行った。

種皮の水の通りやすさを表す種皮透水コンダクティビティは、手動加圧式水ポテンシャル測定装置の手動加圧部分にエアコンプレッサーを取り付け、自動で加圧が行えるように工夫した装置を用いて、チャンバー内に約100KPaの圧力を5分間かけることで、その間に種皮から浸み出た蒸留水の重量を測定した。

4. 研究成果

(1) 2012 年度

発芽試験の結果、乾燥調湿した種子を3時間以上冠水処理した場合に、トヨムスメ種子の発芽率がハヤヒカリと比較して有意に低下した。このことから、乾いた種子を冠水し

た場合のみに、種子を水に浸してから3時間前後で、感受性種子内で冠水害を誘引されることが示唆された(図1)。

また種皮を一部剥離した種子では、両品種ともに種子冠水害の発生が認められた。つまり、ハヤヒカリは種皮が剥離されることで耐性から感受性へ変化したと解釈でき、このことから品種特有の種皮特性が種子冠水耐性の品種間差に関与していることが示唆された(図2)。

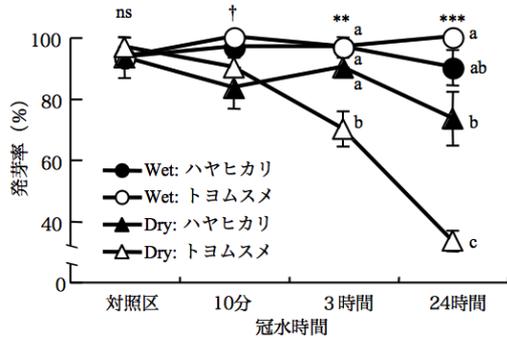


図1 異なる調湿処理を行ったダイズ2品種種子を異なる時間冠水した場合の発芽率の推移

Wet: 湿潤調湿、Dry: 乾燥調湿。図中の縦棒は、標準誤差を表す。†, **および***は、Tukey法にて、10, 1および0.1%水準で、同じ冠水時間内の値が有意に異なることを示し、nsは有意でないことを示す。シンボル近傍のアルファベットが互いに異なる場合も同法にて5%水準で値同士が異なることを示す。n = 3。

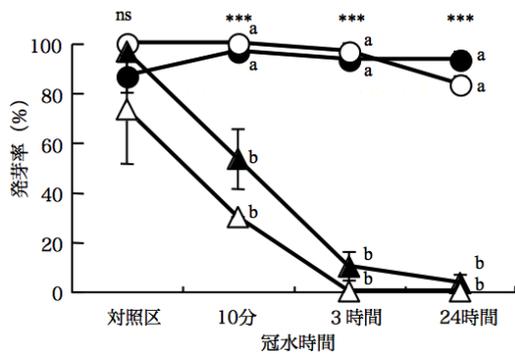


図2 異なる調湿処理を行ったダイズ2品種の、種皮を一部剥離した種子を、異なる時間冠水した場合の発芽率の推移

図中の表記(シンボル含め)および統計記号などについては、図1に準ずる。

吸水動向調査の結果、吸水開始後1-3時間の時間帯において、能動吸水速度ではハヤヒカリがトヨムスメを有意に上回ったのに対して(図3)、受動吸水速度ではトヨムスメがハヤヒカリを有意に上回り(図4)、能動吸水速度と受動吸水速度で、品種の順位に逆転が認められた。このことから、冠水開始1-3

時間におけるトヨムスメ種子の能動吸水能以上の受動吸水が、冠水害を誘引していることが考えられた。Cryo-SEMで種皮裏面を形態したところ、微細な孔(直径1μm以上をピット、直径1μm未満をポアとした)が存在し(図5)、定量化したところ、両孔ともにトヨムスメに有意に多く存在することが判明した。

以上から、トヨムスメ種子の冠水害には冠水開始1-3時間における能動吸水能以上の受動吸水が関与している可能性、またその受動吸水には種皮裏面に存在するピットおよびポアが関与している可能性が推測された。しかし種子吸水動向に対する微細孔の作用機構は未だ不明であり、精査が必要と考えられる。

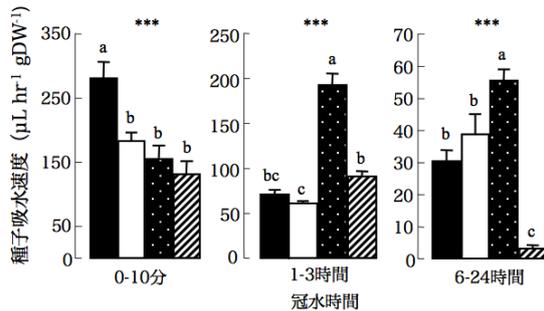


図3 異なる調湿処理を行ったダイズ2品種を冠水した場合の種子吸水速度(能動吸水)

バーは左から、Wet:ハヤヒカリ、Wet:トヨムスメ、Dry:ハヤヒカリ、Dry:トヨムスメを表す。統計記号については、図1に準ずる。

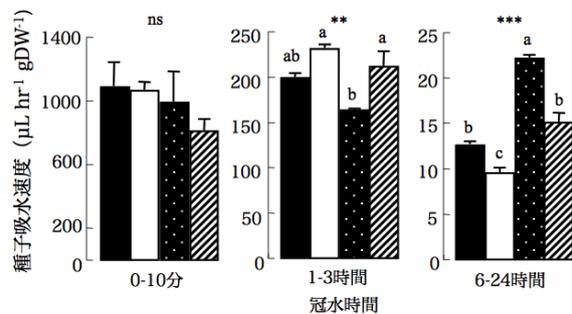


図4 異なる調湿処理を行ったダイズ2品種を冠水した場合の種子吸水速度(受動吸水)

バーのシンボルおよび統計記号は、図3に準ずる。

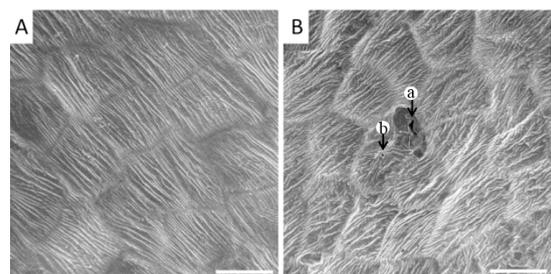


図5 ハヤヒカリ(A)およびトヨムスメ(B)の種皮裏面のCryo-SEM典型像

グラフの種別、a はピットを、b はポアをそれぞれ示す。図中のスケールは $10\ \mu\text{m}$ を示す。

(2) 2013 年度

発芽試験の結果、3 時間以上の冠水処理を行なった場合に、完全種皮を有する種子に、有意な品種間差が認められ、更に種皮を一部剥離した種子の場合には、冠水 10 分後に有意な品種間差が認められ、発芽率は急激に低下した(図 6)。これらの結果から、前年度と同様に、供試した全ての品種において、主に種皮が、種子内への水の流入を妨げる障壁として重要な役割を担っていることが示唆された。

また、吸水速度を測定した結果、冠水処理初期における種子の能動・受動吸水速度が冠水処理期間の中で最も大きかったが、それぞれの吸水速度が単独で発芽率低下に影響を及ぼしている可能性は低く、むしろ両吸水速度の関係性が冠水害の発生に強く影響していることが認められた(図 7)。

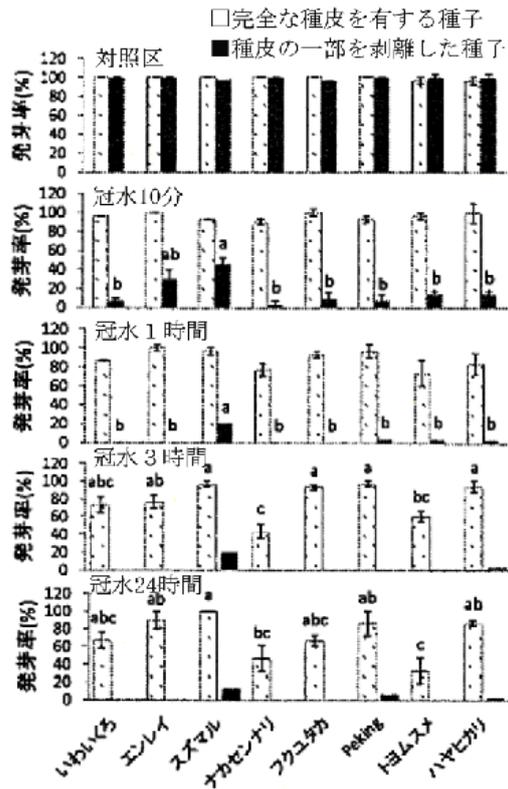


図 6 完全な種皮、または一部剥離した種皮を有するダイズ 8 品種の発芽率の推移
統計記号などについては、図 1 に準ずる。

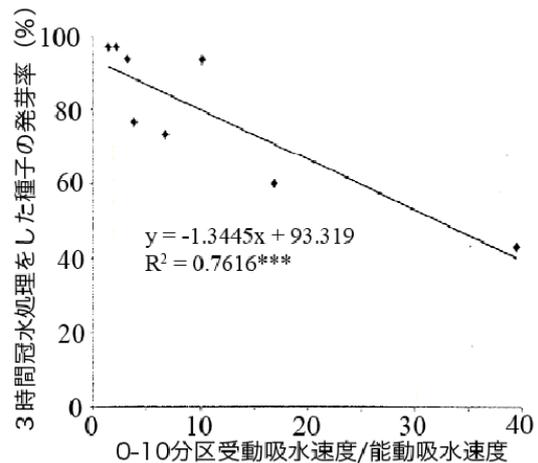


図 7 乾燥調湿種子における 0-10 分の受動吸水速度/能動吸水速度と、冠水 3 時間後種子発芽率との関係性
図中の***は、両者の関係性が 0.1%水準で有意であることを示す。

種皮透水コンダクティビティは、受動吸水速度と有意な正の相関関係が存在したことから、冠水条件下の種子での受動的な水の流入の多寡に影響している可能性が示唆された(図 8)。

以上のことから、冠水耐性が弱い品種は冠水初期の吸水のうち能動吸水速度が小さくても受動吸水速度が大きい可能性が考えられ、またその際の受動吸水速度には種皮の透水コンダクティビティが関係している可能性が示唆された。しかし、種皮の性質や能動・受動吸水速度の割合の多寡が冠水耐性につながるメカニズムには依然不明な点が存在し、今後の精査が必要と考えられる。

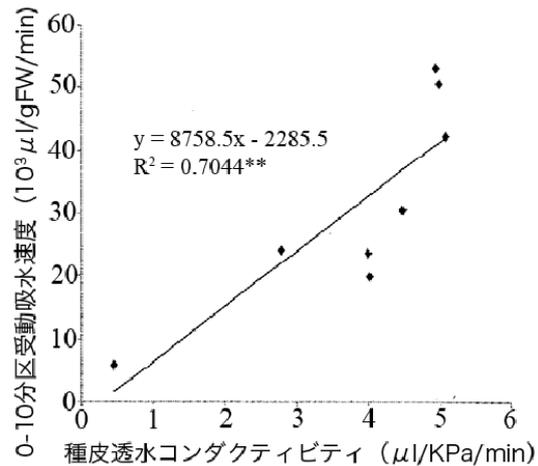


図 8 乾燥調湿種子における種皮の透水コンダクティビティと 0-10 分の受動吸水速度との関係性
図中の**は、両者の関係性が 1%水準で有意であることを示す。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① Jitsuyama, Y., Y. Konno and Y. Hagihara
Two imbibition properties independently influence the cultivar-specific flooding tolerance of dried soybean seeds. *Seed Science Research*, 査読有, 2014, 24 (1): 37-48.
<http://dx.doi.org/10.1017/S0960258513000378>

[学会発表] (計 2 件)

- ① 実山豊・紺野裕太郎・萩原雄真
北海道産ダイズ2品種の種子冠水害発生機序における品種間差異-種子吸水動向に影響を与えうる種皮形態因子-
日本作物学会紀事82 (別2) : 262-263.
2012. 9. 10-11. 宮城 (仙台)、東北大学
- ② 実山豊・紺野裕太郎
北海道産ダイズ2品種の種子冠水害発生機序における品種間差異-種子の調湿処理と吸水動向に着目して-
日本作物学会紀事82 (別1) : 360-361.
2012. 3. 29-30. 東京 (府中)、東京農工大学

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
取得年月日 :
国内外の別 :

[その他]

ホームページ等

<http://www.agr.hokudai.ac.jp/botagr/sakumotsu/Jitsuyama/Welcome.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

実山 豊 (JITSUYAMA, Yutaka)
北海道大学・大学院農学研究院・講師
研究者番号 : 90322841

(2) 研究分担者 なし

研究者番号 :

(3) 連携研究者 なし

研究者番号 :