



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ダイズ湿害発生メカニズムに関するいくつかの考察：耐湿性ダイズ育種の簡易診断技術開発への一助として
Author(s)	実山, 豊
Citation	グリーンテクノ情報, 11(2), 8-11
Issue Date	2015-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/64523
Type	journal article
File Information	JAFT11-2_8-11.pdf



‡ 研究紹介 ‡

ダイズ湿害発生メカニズムに関するいくつかの考察 -耐湿性ダイズ育種の簡易診断技術開発への一助として-

北海道大学 大学院農学研究院 園芸学研究室 じつやま ゆたか
実山 豊

1. はじめに

ダイズは、タンパク質と脂質に富む、世界的に主要な食用・油料作物です。日本特有の食文化においては、味噌・醤油・納豆・豆腐などその加工法は多様化し、加えて未熟な子実はエダマメとしても園芸利用され、我が国においても極めて重要な作物です。しかし日本のダイズの自給率は約6%に留まり、国内産ダイズの生産性向上が望まれているものの、依然解決されるべき問題は多く残され、そのうちの一つに湿害の発生があげられます。

米の生産調整に絡み、我が国では1970年から減反政策が施行されましたが、その影響で、国内ダイズ生産の約8割が水田転換畑で行われています。水稻栽培に適する水田土壌はきめ細かい粘土質であり、明・暗渠やFOEAS (Farm-Oriented Enhancing Aquatic Sysytem) の設置がない限り水はけは極めて悪く、雨後には長期的な過湿状態に陥りやすくなります。一般的に、播種以降にダイズが過湿環境の中におかれると深刻なダメージを受けやすく、これが大きな減収要因の一つとなっています。

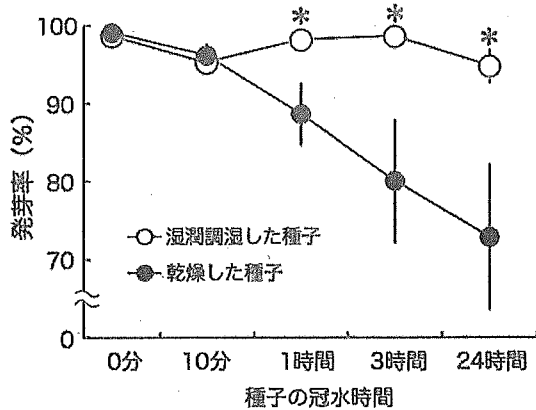
ダイズの湿害は、発生する時期(生育段階)で大きく二種類に分けられます。一つは、播種直後に過湿に遭遇した場合の種子湿害です。種子の調湿処理や高畦栽培で軽減しうる場面もありますが、種子側の性質として冠水耐性に優れた新品種の作出には未だ至っていないように思います。もう一つは、発芽後に過湿に見舞われた場合の根域湿害です。こちらも土木的・耕種的な工夫に効果を期待できます

が、嫌気条件でもダメージを受けにくい品種が開発されれば、湿害による低収化は根本的に緩和されるでしょう。しかし、環境適応性に優れた品種の作出には、膨大な材料から目的形質を持つ個体を選抜するのに多大な労力と時間を要し、加え耐性の多寡は年々の環境に左右されるため一定の評価が難しく、再現性の乏しさが伴います。私が行ってきた研究では、両湿害の発生メカニズムを探る過程で、圃場での湿害発生程度を実験室内でも簡易・安定的に評価できる実験系と評価項目を見いだす事が必要でした。本報では、ダイズ耐湿性品種の新規育成の必要性に鑑み、そのサーベイ法考案に向けての一助として湿害影響因子を紹介し、湿害発生のしくみについていくつか考察したいと思います。

2. 種子の冠水耐性

ダイズ種子の播種後に畑が水浸しになると、その後いつまでも芽が出ず、確かめてみると土中で種子が腐っていたりします。このような種子の湿害は、種子内への急激な水の流入によって組織が物理的に破壊されることに起因しているとされています。降雨時に過剰な水分を逐次畦下に落とす高畦栽培、および種子にあらかじめ水分を含ませて緩やかな吸水を促す調湿処理も、周囲の水が種子内に入り込む速度を抑制するのに有効です。

ダイズ7品種を用いて調湿処理の効果を改めて調べたところ(Jitsuyama et al., 2014)、確かに乾燥した種子(含水率約5%)では冠水時間が延びるにつれ発芽率が低下したのに



○ 湿潤調湿した種子 (含水率約 13%)

● 乾燥した種子 (含水率約 5%)

図1 含水率の異なるダイズ種子を冠水処理した時の発芽率の変化

(図中の縦棒は標準誤差を示し、*は Student-T Test で 5% 水準で湿潤調湿した種子と乾燥した種子の発芽率が異なる事を示す。)

対し、含水率 13% 程度まで湿潤調湿した種子では冠水後も変わらず高い発芽率を維持しました (図 1)。この実験の供試品種において、乾燥種子の冠水耐性には強弱が見出され、有意な品種間差は冠水 3 時間以降に出現しました。この研究では更に、種子の吸水様式を、土壌水の量によって連続的に切り替わる 2 種、冠水状態時の吸水 (受動吸水) と非冠水状態時の吸水 (毛管吸水) に分けて考え (図 2)、各々別々に測定を試みました。

冠水処理後どのくらいの時間に、各吸水速度に品種間差異が出始めたのかを調べてみると、毛管吸水では吸水直後から 10 分間、受動吸水では吸水開始 10 分から 30 分の間でした。しかし、各吸水速度と、上記の種子冠水耐性との相関を調べても有意な関係性は見出せませんでした。しかし、品種間差異が出始めた時間帯の両速度の速度比 (受動吸水/毛管吸水) と、種子冠水耐性との相関を調べたところ、興味深いことに密接な負の相関が検出されました。この結果は、「種子が毛細管現象で吸水できる速度を、受動的に入り込む水の

速度が大幅に上回るほど、発芽率が低下する」ということを現すものでした。更に、両吸水速度が何に影響を受けているのか、種子の様々な性質について調べたところ、毛管吸水速度と子葉抽出液の浸透濃度、そして受動吸水速度と種皮の透水性との間に、それぞれ独立に、有意な正の相関が認められました。この結果は、子葉組織内における糖などの浸透性物質の濃度が高いほど、そして種皮が水の分子を通しにくいほど、種子の冠水耐性が強いことを示しています。少なくとも今回供試したダイズ品種においては、種子の冠水耐性は、上記のような複合的な影響因子の組み合わせによって形成されていると考えられました。

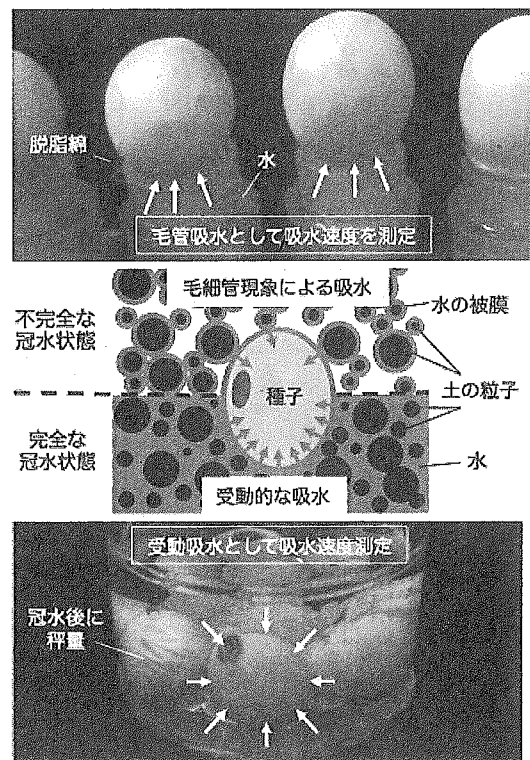


図2 二種類の異なる種子吸水様式を示した模式図と各吸水速度の測定の様子を示した写真

(土中が完全に冠水していない場合は、種子は毛細管現象による吸水を主に行い (図上部)、冠水時には受動的な吸水に移行するものとする (図下部)。毛管吸水速度および受動吸水速度の測定は、いずれも経時的に秤量することで行った (上・下写真)。)

3. 植物体の根域低酸素耐性

播種時に過湿環境に遭わず、無事に発芽して幼植物体に成長した後も、根域が長期間水浸しになると、ダイズ植物体は大きなダメージを被ります。過湿土壌は還元状態となるため、根の酸欠が湿害の本質的な要因であると考えられています。本研究では、根の酸欠に強い品種を効率的にサーベイするため、以下の装置を考えました。すなわち、ダイズの根域に、低酸素環境を均一に負荷するため土や根粒の影響をあえて取り除いた水耕栽培システムを設け（図3）、10日間ほどの成育期間における低酸素反応性を観察しました（Jitsuyama, 2015）。

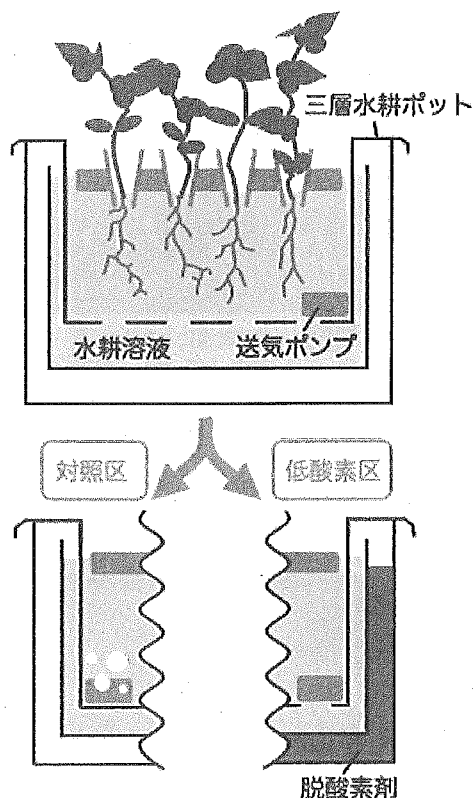


図3 根域低酸素試験に用いた水耕栽培システムを示す模式図

（ダイズの幼植物体を三層構造の水耕ポットに移植し、対照区では送気ポンプによるエアレーションを、低酸素区では最外層に市販の脱酸素剤を封入して水耕溶液から酸素を吸収させた。溶存酸素濃度は、対照区で約 6.6mg L^{-1} 、低酸素区で約 1.8mg L^{-1} と、3-4 倍の酸素濃度差が処理間で生じていた。）

その際の供試品種は、先行研究事例で特徴的な耐湿性を示した 11 品種とし、先行研究結果を元に「冠水下での形質／対照区での形質」を計算し、研究事例間で比較が可能なように、統一的な「冠水処理による傷害指標」を算出しました。

次にそれら 11 品種のダイズを、本実験の水耕システムで栽培したところ、植物体への根域低酸素処理の影響が葉や茎よりも、根で強く現れることがわかり、また、「低酸素下での形質／対照区での形質」を「低酸素処理による傷害指標」として測定形質ごとに算出したところ、総根長や太い根における根長などの根形質における「低酸素処理による傷害指標」がそれぞれ、先述の「冠水処理による傷害指標」と有意な正の相関を示すことが明らかになりました（表1）。この結果は、太い根の伸長程度が低酸素処理で短くなれば、圃場においてもその品種は冠水耐性が弱く、長くなれば冠水耐性が強いことを示唆しています。

この低酸素による根長の品種特異的な変化はまた、根の通導性に強く影響を及ぼしていることが多く品種で認められています（未公表）。現在、耐湿性の強いダイズ品種が根域低酸素下でも水を吸水し続けられる理由、及び耐湿性の弱い品種の根の通導性が低酸素下で極端に低下する理由について、解析しています。

4. まとめ

上記のように、ダイズが被る湿害には、作用機作の異なる二種類が存在し、「耐湿性」を測定形質としてダイズ品種をサーベイする場合には、湿害種に応じた異なる解析アプローチが必要と考えられました。測定機器等の制限があるかもしれませんが、種子の冠水耐性においては、受動／毛細管吸水速度比、種皮の透水性や子葉の浸透物質濃度の多寡など、植物体の冠水耐性においては、簡易的な水耕栽培による、直根および第1次分枝根などの

太い根の根長、を評価形質の一部として採用すれば、育種母材や有用系統などの探索に、効率および時間的な面で有効と考えられました。いずれの測定形質も室内試験にて対応でき、少ないサンプリング量、短時間の栽培により、特徴あるダイズ耐湿性品種を探索する可能性を有します。各測定手法の詳細は、引用文献をご参照下さい。

さて、ダイズ湿害に影響を及ぼすと考えられる上記の測定形質の共通項に「水の透過性」が挙げられます。種皮や根における水透過性は、細胞の生体膜（細胞膜や液胞膜など）に局在するタンパク質複合体「水チャネル」に大きく依存すると考えられています。今後は、水チャネルを構成するタンパク質：アクアポリンの存在量や活性に着目した実験を展開し、

将来的には、アクアポリンの発現量などを指標に、更に簡易的な耐湿性評価ができるようになればと考えています。

5. 引用文献

Jitsuyama, Y., Hagihara, Y. and Konno, Y. (2014) Two imbibition properties independently influence the cultivar-specific flooding tolerance of dried soybean seeds. *Seed Sci. Res.* 24: 37–48.

Jitsuyama, Y. (2015) Morphological root responses of soybean to rhizosphere hypoxia reflect waterlogging tolerance. *Can. J. Plant Sci.* 95: 1–7.

表1 冠水処理による傷害指標（先行研究事例）と、諸形質の低酸素処理による傷害指標（本研究）との間の相関係数と有意性

測定形質	相関係数	有意性
乾物重		
葉	0.3155	ns
茎	0.4437	ns
根	0.5389	†
全重	0.4017	ns
根の形態的形質		
全根長	0.6531	*
太い根の根長	0.8640	***
細い根の根長	0.3220	ns
平均根径	0.3139	ns
根端数	0.1134	ns
分枝数	0.5546	†

冠水処理による傷害指標：先行研究事例から抽出したバイオマスや各種形態的形質を元に算出した「冠水下での形質／対照区での形質」の値を示す。低酸素処理による傷害指標：本研究で測定した形質の「低酸素下での形質／対照区での形質」の値を示す。

†, *および***は、Pearson's correlation coefficient によって、10%、5%および0.1%水準で相関関係が有意と検出されたことを示し、nsは、有意でなかったことを示す。

表中の「太い根」および「細い根」は、0.75-1.05 mm および 0.00-0.45 mm の径巾の根をそれぞれ示す。