

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 2 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24658019

研究課題名(和文)ダイズの耐湿性に関わる要因の網羅的解析システムの構築

研究課題名(英文)Development of a method for evaluation of the factors relating to wet tolerance of soybean plant

研究代表者

望月 俊宏(MOHIZUKI, Toshihiro)

九州大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授

研究者番号：60239572

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円、(間接経費) 600,000円

研究成果の概要(和文)：畑作物の湿害には複数の要因が関与すると考えられることから、それらを単独の要因として解析するシステムを構築し、ダイズ遺伝資源を評価することを目的とした。まず、溶存酸素濃度及び溶存二酸化炭素濃度を一定に保つ水耕栽培法を開発し、低酸素条件および低酸素+高二酸化炭素条件がダイズ初生葉展開期の生育に及ぼす影響を評価した。その結果、低酸素単独よりも高二酸化炭素受験が加わることにより、ダイズ根の生育抑制は大きく、その程度には品種間差異のあることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)： Since it is thought that the wet-injury of upland crops is caused by multiple factors, the system that analyzes them as an independent factor is needed.

The hydroponic culture method that keeps constant dissolved carbon dioxide and/or oxygen concentration level was developed. Using this method, effects of high root-zone carbon dioxide on growth of soybean seedlings under oxygen deficit conditions were examined. As a result, it was clear that the high root-zone carbon dioxide inhibited root growth, and genotypic differences were observed in the high carbon dioxide effect.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：作物学・雑草学

キーワード：耐湿性 ダイズ 嫌気耐性 高二酸化炭素耐性 品種間差異

1. 研究開始当初の背景

国土の大部分がモンスーンアジアに位置する我が国では、梅雨期の長雨などによって耕地は過湿になりやすいため、ダイズにおいても、また他の畑作物においても耐湿性に関する研究が古くから数多く行われてきたが、育種的な改良の成功事例はほとんど認められない。その原因として、湿害の発生要因が多岐に亘ることや、これまでに検定した遺伝資源の変異が小さかったこと等があげられており、効果的な育種のためには耐湿性検定法を確立し、有益な遺伝資源を検索することが求められている。

本研究では実用的な耐湿性品種の育成を目指し、湿害発生要因の網羅的検定法の開発を試みる。従来の耐湿性検定では、圃場栽培やポット栽培下において湛水試験が実施されることが多く、この場合には土壌や気象条件等の影響によって結果が左右される。また、実際の栽培現場においては、低酸素ストレスによる根の呼吸阻害の他にも、高二酸化炭素ストレス (Boru et al., 2003; Araki 2006)、酸化還元電位の低下によって生成される有害還元物質の影響(高井 1980)、茎疫病などの病害の発生など、過湿害は複合的な要因によって引き起こされる。従って耐湿性評価については個別事例が多数あるものの、統一的に評価することは困難である。

実験室レベルでは、寒天やデンプン添加培地下における嫌気反応試験 (Taylor 1971; 島村 2010)、酸素除去剤を用いた嫌気反応試験 (実山 2008) などがあるが、これらの試験は湿害発生要因の全体をカバーするものとはなっておらず、特に高二酸化炭素耐性の遺伝的変異についての知見はほとんど得られていない。

2. 研究の目的

ダイズ幼苗期において、過湿によって引き起こされる種々のストレスに対する反応を同一実験系で評価できるシステムを構築する(病害は除く)。このようなシステムはこれまでに提示されていない。さらに、構築したシステム下において、それぞれの要因に対する耐性の遺伝的変異の検出が可能かどうかを検討する。具体的には、水耕栽培法を基本に、低酸素、高二酸化炭素、有害還元物質の影響などを個々に評価できるシステムを作出する。調査対象は、過湿の影響を直接受ける根の形質(根系の発達、通気組織の形成など)を中心に行う。

国内外においてダイズの耐湿性に関する研究は古くから行われているにもかかわらず(松川ら 1983; 望月・松本 1991; Cornelious et al., 2005; Githiri et al., 2006 など数多く)、実用的な品種は育成されていない。本研究は耐湿性研究に突破口を切り開くと同時に、個々の要因に関する遺伝子のピラミディングの可能性を通して実用品種の開発につながり、広くダイズ生産現場に貢献

するものである。さらには本研究の成果は、麦類やトウモロコシなど他の畑作物の耐湿性研究にも波及するものであり、学問分野への貢献度は極めて高い。

3. 研究の方法

(1) システムの開発

これまでに開発した水耕栽培法(坂園ら 2011)を改良し、溶液を循環させ、水耕槽外で管理・調整するシステムを構築した(図1)。水耕槽にはプラスチック製コンテナ(386mm x 256mm x 135mm)を用い、溶液上には発泡スチロール板を浮かべ、植物体はシリコン栓で支持した。コンテナ両側面に inlet(下部)と outlet(上部)を設け、アクリルチューブを通して溶液を循環させた。溶液は水耕槽外の大形フラスコ内(処理槽)で調整し、循環させた。フラスコ内および outlet 部において酸素、二酸化炭素、pH、酸化還元電位をモニターした。

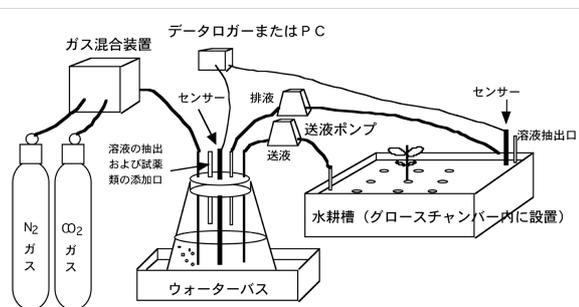


図1 システムの設計

(2) 材料および方法

① 根圏の低O₂条件下における高CO₂がダイズ幼苗の生育に及ぼす影響

伊豫大豆(低O₂条件下での根の生育抑制小)とタチナガハ(低O₂条件下での根の生育抑制大)を供試した。パーミキュライトを充填したプラスチックポットに播種し、4日後にプラスチックコンテナに移植して水耕栽培を行った。水耕液はコンテナとプラスチックコンテナの間で循環させ、コンテナ中で大気をバブリングした。初生葉展開期にあたる水耕栽培開始後6日目から2種類のガス処理(100%N₂(低O₂区)および15%CO₂+85%N₂(低O₂+高CO₂区)のバブリング)を開始した。処理開始後7日目にサンプリングし、地上部および地下部乾物重を計測するとともに、Win RHIZO (Regent Instrument Inc.)を用いて根形質(総根長、根表面積、根体積、根平均直径)を測定した。なお、実験は23°C、14時間日長、光強度150 μmol m⁻² s⁻¹のグローブチャンバー内で行い、各品種・処理あたり6個体を供試した。

② 根圏低O₂条件下における高CO₂がダイズ幼苗の生育に及ぼす影響の品種間差異

坂園ら(2011)が低O₂耐性の検定に用いたダイズ91品種・系統において、低O₂条件による根の生育抑制程度の変異をカバーする16品

種・系統を選抜、供試した。①と同様の水耕栽培を行った。水耕栽培開始後3日目から2種類のガス処理(100% N₂ (低O₂区)および15% CO₂+85% N₂ (低O₂+高CO₂区)のバブリング)を開始した。処理開始後6日目にサンプリングして主根長を計測し、Win RHIZOを用いて総根長、根表面積、根体積および根平均直径を測定した。その後、80℃で48時間乾燥し、地上部乾物重および地下部乾物重の測定を行った。1回の実験には同時に4品種、各品種・処理あたり5個体を供試し、3反復を行った。本実験では、低O₂下における高CO₂の影響を評価するため、各形質の相対値(低O₂+高CO₂区/低O₂区)について検討した。

③湛水条件下のダイズ転換畑における溶存CO₂濃度

伊豫大豆とタチナガハを供試し、九州大学農学部附属農場の転換畑で試験を行った。2012年7月26日に栽植密度4.76本m⁻² (畦間70cm×株間30cm)、1株当たり1粒播種した。基肥として化成肥料(N:P₂O₅:K₂O=4:16:16)を10aあたり36kg施した。初生葉展開期(8月3日)から対照区と湛水区に分け、対照区は無処理とし、湛水区では1週間の湛水処理を行った。処理期間中、湛水区では直径8mm、長さ(露出部)51mmのポーラスカップを5か所に埋設し、山川ら(2002)の方法に従って作成した装置を用いて土壤溶液を採取し、全炭酸濃度およびpHを測定した。なお採取位置は深さ10cmおよび20cmとした。

4. 研究成果

①処理開始後2日目以降、溶存O₂濃度は両処理区とも2.0mgL⁻¹以下、溶存CO₂濃度は低O₂+高CO₂区で13kPa前後であり、pHは低O₂区で7.4、低O₂+高CO₂区で5.9であった(図2)。

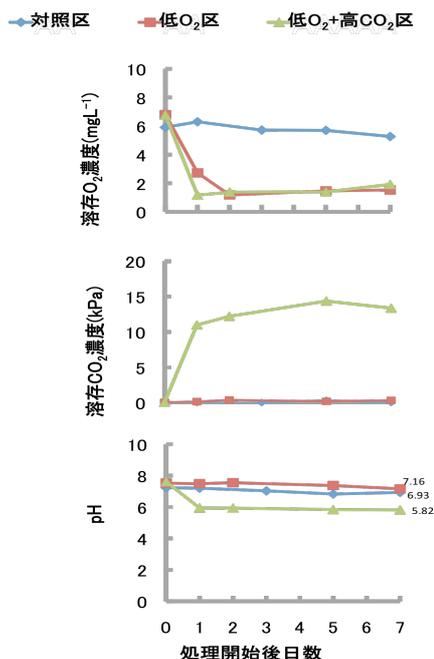


図2 水耕液の溶存O₂濃度、溶存CO₂濃度およびpH

以上の結果から、本システムは湿害に関与する要因について個別に評価することが可能であると考えられる。

地上部乾物重は、両品種とも低O₂+高CO₂区の方が高い値を示し、処理間差は認められなかった。地下部乾物重は、両品種とも低O₂+高CO₂区の方が低い値を示し、伊豫大豆およびタチナガハでそれぞれ40.4および27.5%減少した(図3)。



図3 処理終了時の根系

根平均直径は低O₂+高CO₂区の方で大きく、一方、総根長、根表面積および根体積は低O₂+高CO₂区の方で小さかった。以上の結果から、低O₂単独よりも、高CO₂が加わることで、根の生育抑制程度が大きくなることが明らかであった。

②タチナガハと伊豫大豆の結果と同様、何れの品種においても地上部乾物重および主根長を除くすべての形質に高CO₂処理による影響が認められた。地下部乾物重、総根長、根表面積および根体積では低O₂+高CO₂区の方が低い値を示した。各形質の相対値をみると、総根長において高CO₂処理の影響が最も顕著であり、また品種間変異も大きかった。相対総根長において有意な品種・系統間差異が認められ、フクユタカで最も高く(0.94)、秣食豆公503で最も低かった(0.52)。いずれの品種においても、低O₂下における高CO₂は根の生育を抑制し、その抑制程度に品種・系統間差異が認められたことから、耐湿性品種の選抜・育成には高CO₂耐性についても考慮する必要があることが明らかであった。

③湛水区では、処理開始1日後の土壤溶液中全炭酸濃度は70~90mgL⁻¹、7日後には150mgL⁻¹以上であった(データ省略)。以上より、ダイズ転換畑は1週間の湛水期間中高CO₂条件下にあることが明らかであり、湿害には低O₂条件だけでなく高CO₂等の他の要因も関与することが明らかであった。

以上、本研究によって、1)湿害に関与する

要因を個別に評価するシステムが構築され、2)本システムの利用によって、土壤溶液中の高二酸化炭素がダイズ根の生育を抑制すること、3)抑制程度には品種間差異のあることが明らかとなった。さらに、4)実際の水田転換畑における湛水条件は、土壤溶液中の高二酸化炭素濃度を高めることが明らかとなり、耐湿性品種の選抜・育成において、高二酸化炭素耐性の評価が重要であることが示された。

今後、本システムの利用により、有害還元物質の影響等についても検討が可能である。さらには、麦類やトウモロコシなどの他の畑作物への応用が期待される。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計3件)

①松元聡憲・望月俊宏、根圏の低 O₂ 条件下における高 CO₂ がダイズ幼苗の生育に及ぼす影響、日本作物学会紀事 81(別2):268-269、第 234 回日本作物学会講演会、2012 年 9 月 11 日、仙台市

②松元聡憲・望月俊宏、湛水条件下のダイズ転換畑における溶存 CO₂ 濃度、日本作物学会紀事 82(別1):352-353、第 235 回日本作物学会講演会、2013 年 3 月 29 日、川崎市

③松元 聡憲・望月 俊宏、根圏の低 O₂ 条件下における高 CO₂ がダイズ幼苗の生育に及ぼす影響の品種間差異、本作物学会紀事 82(別2):94-95、第 236 回日本作物学会講演会、2013 年 9 月 11 日、鹿児島市

6. 研究組織

(1) 研究代表者

望月 俊宏 (MOCHIZUKI, Toshihiro)

九州大学・大学院農学研究院・教授

研究者番号：60239572