

ダイズ根粒の生長および窒素固定活性に及ぼす湛水 処理の影響の品種間差異

鄭, 紹輝

九州大学大学院農学研究院植物資源科学部門農業植物科学講座作物学分野

楠田, 倫

熊本県球磨地域振興局

中元, 博明

九州大学大学院農学研究院植物資源科学部門農業植物科学講座作物学分野

山川, 武夫

他

<https://doi.org/10.15017/21103>

出版情報：九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 56 (2), pp.139-144, 2002-02. 九州大学大学院農学研
究院

バージョン：

権利関係：

ダイズ根粒の生長および窒素固定活性に及ぼす 湛水処理の影響の品種間差異

鄭 紹 輝 ・ 楠 田 倫*・中 元 博 明**
山 川 武 夫***・古 屋 忠 彦・福 山 正 隆

九州大学大学院農学研究院植物資源科学部門農業植物科学講座作物学分野

(2001年10月31日受付, 2001年11月20日受理)

Varietal Differences in the Effects of Flooding on the Nodule Growth, Nitrogen Fixing Activity in Soybean

Shao-Hui ZHENG, Osamu KUSUDA*, Hiroaki NAKAMOTO**,
Takeo YAMAKAWA***, Tadahiko FURUYA and Masataka FUKUYAMA

Laboratory of Crop Science, Division of Agricultural Botany,
Department of Plant Resources, Faculty of Agriculture,
Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan

結 言

ダイズは食用油の原料としての需要が高いほか、味噌や豆腐など伝統的な食品素材に使われており、重要な植物性タンパク源である。しかし、かつては40~50万トンもあった国内生産量は昭和33年頃から急激に減少しはじめ、平成9年度では約15万トンに落ち込み、自給率がわずか3%となっている。農水省は、米の生産過剰で政策的な減反によって余剰の水田にダイズを栽培することを推進しているが、多雨の気候から、透水性の悪い水田土壌においては過湿障害が発生しやすく、それによる減収が問題とされている。

一般に、水田転換畑は普通畑に比べて地力が高いため、ダイズ栽培において多収穫事例がよく報告されている(大沼ら, 1981; 島田ら, 1990)。しかし、水田は畦畔があり、保水性がよい反面、雨の多い場合過湿障害がしばしば見られる(三好, 1973; 橋本, 1978)。

杉本ら(1988, 1989, 1993)によれば、乾物生産と子実収量に及ぼす過湿処理の影響は生育時期が早いほど著しく、尿素の葉面散布および窒素追肥により軽減される。また、根粒非着生系統より根粒着生系統の方が受ける過湿障害の程度が軽いことから、過湿時およびその後の回復過程において窒素不足が過湿障害を起こす最大の原因であると考えられる(杉本・佐藤, 1990)。その解決方法の一つとして窒素肥料の投入があるが、近年窒素化合物が畑から地下水に流入し汚染を引き起こすなどの環境問題が指摘されており、環境保全の面から好ましいとは考えにくい。このため、ダイズと共生している根粒を効率的に利用することが望ましく、過湿条件下でも根粒の働きが抑制されにくい品種を栽培することが過湿障害を軽減できるのではないかと考えられる。しかしながら、ダイズの湿害に関する研究は、乾物生産や収量における品種間差異を調査したものが多く(松川ら, 1983; 杉本ら, 1988; 望月・松本,

* 熊本県球磨地域振興局

** 九州大学大学院生物資源環境科学府植物資源科学専攻農業植物科学講座作物学分野

*** 九州大学大学院農学研究院植物資源科学部門植物生産科学講座植物栄養学分野

* Kuma Regional Branch, Kumamoto Prefecture

** Laboratory of Crop Science, Division of Agricultural Botany, Department of Plant Resources, Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University

*** Laboratory of Plant nutrition, Division of Soil Science and Plant Nutrition, Department of plant Resources, Faculty of Agriculture, Kyushu University

1991), 根粒に着目したものは極めて少ない(杉本・佐藤, 1990).

そこで, 本研究では転換畑における過湿条件が根粒に対する影響を明らかにするために, ダイズを湛水条件下で栽培し, 根粒の形成, 生長, 並びに窒素固定活性について調査し, 品種間の比較を行った.

材料と方法

実験 1. 湛水条件下における根粒の形成および生長の品種間差異

供試材料は, 作物学研究室で保存していた中・晩性ダイズ21品種であった. 九州大学貝塚圃場にある上部のみビニールを張ったハウス内において, 直径11cm, 深さ10cm (容量0.7L) のプラスチックポットに, 水田土壌と真砂土を1:1の割合に充填し, 8月5日に根粒菌(十勝農業協同組合連合会農産科学研究所製, 商品名「まめぞう」, 菌種: *Bradyrhizobium Japonicum* (A1018) を接種した種子を1ポット当たり4粒播種した. 出芽後1ポット1本立てとした. 初生葉展開後, 適切湛水を行う無処理区(C)と, 水をためた大型バットにポットを入れ, 地表まで15日間湛水する処理区(T)を設けた. 処理は各区3ポットとした. 処理終了後, 地下部を丁寧に洗い出し, 肉眼で確認できるすべての根粒を根から分離して計数した. その後, 80℃の乾燥器内で3日間乾燥させた後, 地上部重, 根粒重, 根および根粒を合わせた地下部重を測定した.

実験 2. 耐湿性が異なる品種における湛水処理による根粒の形成, 生長および窒素固定活性の変化

供試材料は第1実験の結果によって選ばれた耐湿性

が異なる5品種であった. 九州大学温室において第1実験と同様の方法で9月26日に播種し, 出芽後1ポット1本立てとした. 初生葉展開後, 適切湛水を行う無処理区(C)と, 湛水処理を28日間行った後, 適切湛水に戻す湛水処理区(T)を設けた. まず, 葉色の変化を測定するために, 4~6日ごとに各区6個体について第2葉および第3葉の中央部3ヶ所のSPAD値を葉緑素計(MINOLTA SPAD-502)を用いて測定した. 次に, 処理開始後14日目, 28日目, および処理終了後7日目, 14日目に根粒数, 根粒重, 地上部重, 地下部重およびアセチレン還元法による根粒の窒素固定活性を各区4~6個体について調査した. アセチレン還元法とは, 根粒菌がもつニトロゲナーゼがアセチレンをエチレンに還元する性質を利用して酵素活性を測定する方法である(浅沼, 1992). 測定方法については, ダイズの地下部を丁寧に洗い出し, 水につけて実験室に持ち帰り, 切断した地下部を600mLの三角フラスコ内に入れ, ゴム栓で密封した. 酸素濃度5%および10%区については, 所定濃度の酸素ガス(窒素ベース)を90秒間流し込みフラスコ内の空気と置換して30分間放置した後, フラスコ内にアセチレンガスを10%になるように注入し, 5, 35および65分後に生成されたエチレン量をガスクロマトグラフを用いて測定した.

結果と考察

実験 1. 湛水処理による根粒の形成および生長の品種間差異

第1図には湛水処理15日後の根粒数, 根粒重を示した. すべての品種において湛水処理によって植物の葉

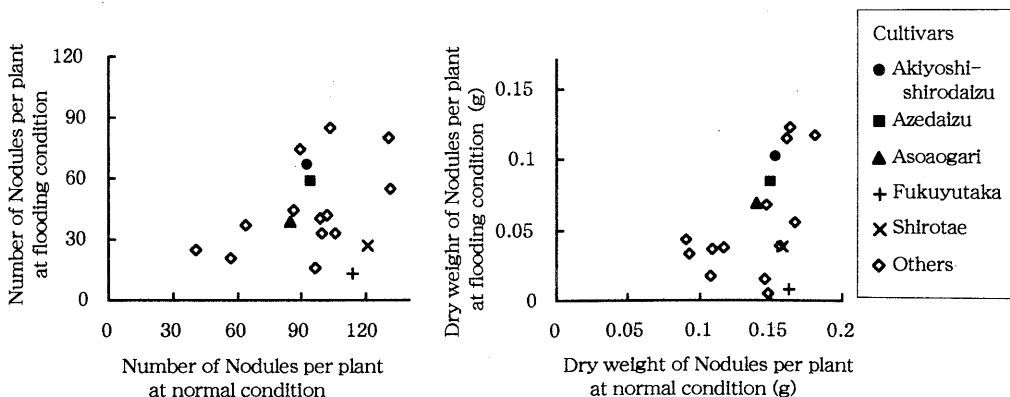


Fig. 1. The number and dry weight of nodules at flooding and normal conditions.

色が黄化し、うち3品種は処理終了時にすでに枯死していた。大多数の品種において無処理区では根粒数は90~120個、根粒重は0.1~0.15gの範囲内であったが、湛水処理区では根粒数は10~90個、根粒重は0.005~0.12gまで変動した。これらの品種においては無処理区では根粒数および根粒重共に差異が小さかったため、湛水処理区における差異は耐湿性の強弱を表しているものと考えられた。この結果から、湛水処理による影響の小さい(耐湿性強)品種として秋吉白大豆および畦大豆、影響の中程度の品種としてアソアオガリ、影響の大きい(耐湿性弱)品種としてフクユタカおよびシロタエを選んで以降の実験に供試した。

実験2. 耐湿性が異なる品種における湛水処理による根粒の形成、生長および窒素固定活性の変化

1. 湛水処理の影響および処理解除後の回復

第2図にみられるように、湛水処理によって、アソアオガリを除いた4品種において地上部および地下部の乾物重は処理28日後に無処理区の約80%に減少しており、処理解除14日後までの回復も地下部ではややみられたものの、品種間には違いがあまりみられなかった。しかしながら、根粒および葉色についてみると(第3図)、前実験で述べた耐湿性の強弱の差異が明らかにみられた。まず根粒数(対無処理区比)については、処理終了時およびその後はあまり変化がなく、耐湿性強の秋吉白大豆や畦大豆で高く、耐湿性弱のフクユタカやシロタエでは低かった。なお、根粒数は前実

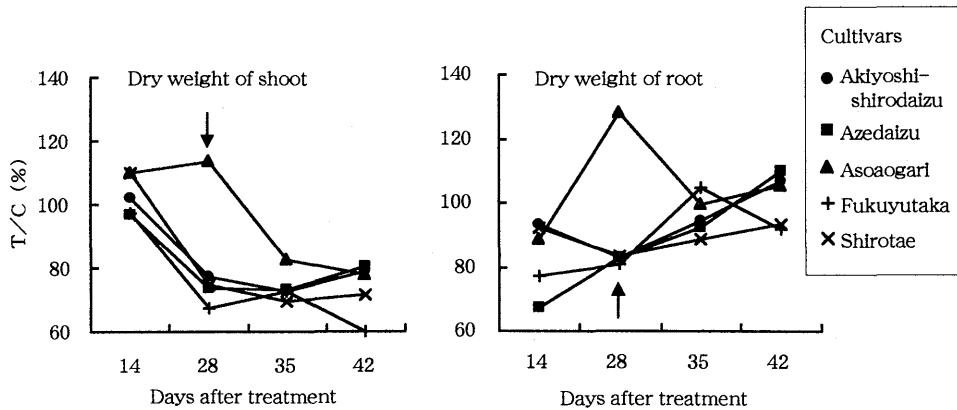


Fig. 2. The ratio of flooding treatment (T) and control (C) in dry weight of shoot and root. Arrows show the day of treatment removed.

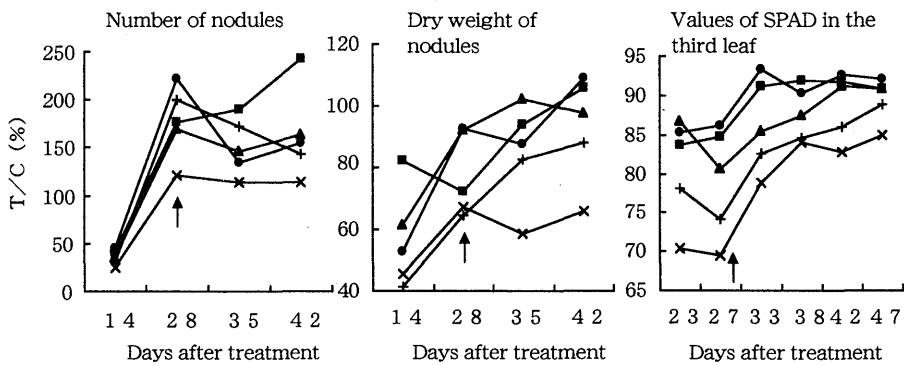


Fig. 3. The ratio of flooding treatment (T) and control (C) in the number and dry weight of nodules and the values of SPAD. Arrows show the day of treatment removed. Marks are same with Fig. 2.

験の結果と異なり、すべての品種で無処理区より湛水処理区の方が多かったのは、湛水処理期間が長くなると酸素濃度が高い水面近くに形成された新根に小さな根粒が多数形成されたためである (Huang and LaRue, 1985)。つぎに、根粒重については全品種において湛水処理によって減少したが、その程度は、耐湿性弱のフクユタカおよびシロタエでは大きく (対無処理区比: 64%, 67%), 耐湿性強の秋吉白大豆および中程度のアソアオガリで小さかった (対無処理区比: 93%, 92%)。また、湛水処理解除後は耐湿性強および中の秋吉白大豆、畦大豆およびアソアオガリの3品種においては回復傾向が見られ、処理解除14日後の対無処理区比は109%, 106%および98%であったが、耐湿性の弱いシロタエでは対無処理区比が66%と回復が見られなかった。なお、葉色 (SPAD 値) についても、根粒重の変化とほぼ同様な傾向を示した。湛水処理による SPAD 値が減少した原因は、根の窒素吸収が悪いことに加えて根粒の形成および生長抑制によって、植物体内の窒素含有量が減少したためであると考えられる (Bacanamwo and Purcell, 1999)。

2. 異なる酸素濃度における根粒の窒素固定活性

第4図には異なる酸素濃度条件下における根粒の窒素固定活性 (アセチレン還元能, ARA) について示した。無処理区においては、全ての品種において酸素濃度が上がるにつれ ARA が増加した。それに対し、湛水処理区ではシロタエとフクユタカにおいては酸素濃度10%区と21%区ではほぼ同じになり、秋吉白大豆では酸素濃度10%区で ARA が最も高く、21%区では逆に少なかった。つぎに、同じ条件区の品種間で比較してみると、湛水処理・21%酸素区を除けば、いずれ

も秋吉白大豆、シロタエ、フクユタカの順に高かった。また、無処理区と湛水処理区を比較すると、同じ酸素濃度においてはどの品種も湛水処理区の ARA のほうが高かった。なお、単位根粒重当りの ARA もほぼ同様な傾向を示した。

Dakora and Atkins (1991) は、根粒が長期間大気と異なる酸素濃度条件下で生長するとその酸素濃度に適応し、通常条件に戻した直後は根粒の窒素固定活性が抑制されると報告している。本実験における湛水処理区で生長した根粒は低酸素濃度条件下において無処理区より高い活性を示したことから、根粒が低酸素濃度に適応していたのではないかと考えられる。しかしながら、ARA の値は、瞬間的な酵素活性を示しているだけで、このような効果は長期的にみられるかどうかは不明である。もし、根粒が湛水ストレスに順応するために自ら形態的あるいは生理的な何らかの変化を起こしているならば、それは極めて意義深いことであろう。

杉本ら (1990) によれば、根粒着生系統 T202 と根粒非着生系統 T201 を用いた実験では、T202 は根粒が着生することによって過湿障害が軽減され、処理後の回復も早められることが明らかになった。その理由は、T202 においては処理終了後に根粒の働きが活発となって固定窒素量が増大し、根粒から窒素の供給が増えた結果、過湿障害による光合成や乾物生産の減少が軽減された。本実験においては、秋吉白大豆および畦大豆が根粒の形成、生長において耐湿性が強い傾向を示した。このような品種を転換畑で栽培し、過湿による障害が軽減されることが証明されれば、今後の耐湿性育種に応用できるのではないかと考えられる。

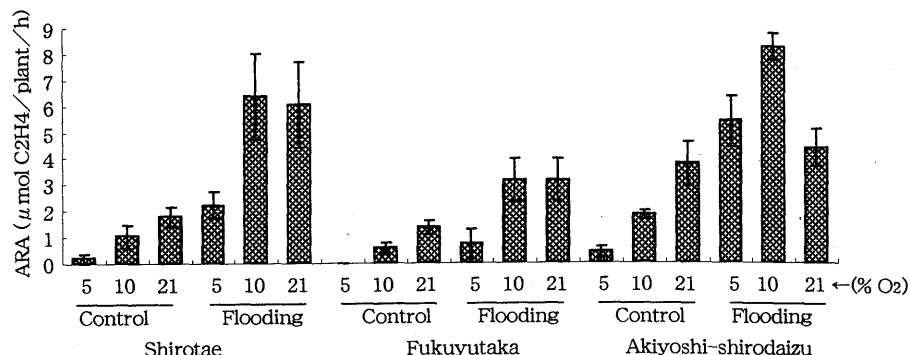


Fig. 4. Acetylene reduction activity (ARA) of nodule at different oxygen concentrations with or without flooding treatment. The ARA were measured on 28 days after flooding treatment.

要 約

水田転換畑へのダイズ栽培には過湿障害がしばしば問題になる。この場合、根粒が過湿障害後の窒素供給に重要な役割を果たしていることが知られている。本研究では、根粒の生長が過湿の影響を受けにくい品種を選択することによって過湿障害を軽減することができるのではないかと考え、湛水条件下で栽培したダイズの根における根粒数及び根粒重を調べた。大多数の品種において無処理区ではほとんど差異がみられなかったにも関わらず、湛水処理区では無処理区に対して根粒数が11~82%、根粒重が3~74%に減少したほどの明らかな品種間差異がみられた。そこで、耐湿性程度が異なる5品種を供試し、28日湛水処理後通常条件に戻したところ、2週間後には耐湿性強の品種秋吉白大豆では根粒重はほぼ回復したが、耐湿性弱のシロタエでは回復がほとんどみられなかった。このような強弱の関係は葉色においてもみられた。さらに、根粒の窒素固定に関わるニトロゲナーゼの活性を示すアセチレン還元能(ARA)においても、耐湿性強の秋吉白大豆が高く、耐湿性弱のシロタエ、フクユタカでは低く、特に湛水処理区の低酸素(5%)条件下ではその差が顕著であった。以上の結果から、過湿障害に対する根粒の反応にも品種間差異がみられ、耐湿性強の品種では湛水条件下での根粒の生長、処理解除後の回復および低酸素条件下の窒素固定活性などが優れていることが明らかになった。

文 献

- 浅沼修一 1992 土壤微生物実験法。土壤微生物研究会編。養賢堂、東京、224-233頁
- Bacanamwo, M. and L. C. Purcell 1999 Soybean dry matter and N accumulation responses to flooding stress, N sources and hypoxia. *J. Exp. Bot.*, **50**: 689-696
- Dakora, F. D. and C. A. Atkins 1991 Adaptation of nodulated soybean to growth in rhizospheres containing nonambient pO₂. *Plant Physiol.*, **96**: 728-736
- 橋本鋼二 1978 水田大豆作の問題点(1)。農業技術, **33**: 103-107
- Huang, C. Y. and T. A. LaRue 1985 Effects of waterlogging on the nitrogen fixation and carbohydrate metabolism in nodules of soybean plant. *Proc. Natl. Sci. Council. B. Roc.*, **9**: 82-88
- 松川 勲・谷村吉光・寺西 了・番場宏治 1983 大豆の耐湿性に関する研究—湛水条件下における品種間差異—。北海道立農試集報, **49**: 32-40
- 三好 洋 1973 水田および水田転換畑の地下水位と湿害対策—1. 水田および転換畑の地下水位の変動—。農業技術, **28**: 293-296
- 望月俊宏・松本重男 1991 秋ダイズの耐湿性の品種間差異。日作紀, **60**: 380-384
- 大沼 彪・安部吉克・今野 周・桃谷 英・吉田 昭・藤井弘志 1981 水田転換畑大豆の多収実証。山形県立農業試験場研究報告, **15**: 27-38
- 高田信二・広川文彦・宮川敏男 1990 山陽地域の水田転換畑高収量ダイズに対する播種期および栽植密度の効果。日作紀, **59**: 257-264
- 杉本秀樹・雨宮 昭・佐藤 亨・竹ノ内篤 1988 水田転換畑におけるダイズの過湿障害。第1報 土壌の過湿処理が乾物生産と子実収量に及ぼす影響。日作紀, **57**: 71-76
- 杉本秀樹・佐藤 亨・西原定照・成松克史 1989 水田転換畑におけるダイズの過湿障害。第3報 尿素の葉面散布による湿害の軽減。日作紀, **58**: 605-610.
- 杉本秀樹・佐藤 亨 1990 水田転換畑におけるダイズの過湿障害。第4報 湿害発生時における根粒の役割について。日作紀, **59**: 727-732
- 杉本秀樹・佐藤 亨 1993. 水田転換畑におけるダイズの過湿障害。第5報 窒素追肥による湿害の軽減。日作紀, **62**: 47-52

Summary

Deficiency of nitrogen is the most serious problem on the growth of soybean under excess moisture conditions. It is well known that nodulation could recover the deficiency of nitrogen while the excess moisture injury occurred in soybean. The objective of this study is to make clear the varietal differences in the nodule growth and nitrogen fixing activity under flooding conditions.

In the most cultivars which had the same number and dry weight of nodules, the nodule number and nodule dry weight decreased by 18-89% and 26-97%, respectively, by the flooding treatment. The nodule growth was recovered within 14 days after removed from the flooding treatment in the cultivars with high resistance to flooding, like 'Akiyoshi-shirodaizu' and 'Azedaizu', whereas was not recovered in the cultivar 'Shirotae' with low resistance to flooding. The same results were also observed in leaf color (SPAD value). Moreover, the acetylene reduction activity, an indicator of nitrogen fixing activity, was higher in 'Akiyoshi-shirodaizu' than in 'Shirotae' and 'Fukuyutaka', especially in the nodules grown under flooding and at low O_2 conditions. The results indicated that not only the nodule growth but also the nitrogen fixing activity and the recovery after flooding stress were superior in the cultivars with high resistance compared with those in the cultivars with low resistance to flooding.