

食と農の総合研究所研究プロジェクト 研究成果報告書

研究課題	水田転換畑における地域特産作物の生産基盤としての耐湿性の理解と湿害対策
研究種別	<input checked="" type="checkbox"/> 共同 <input type="checkbox"/> 個人
研究組織	大門 弘幸（農学部・教授）研究代表者 米森 敬三（農学部・教授） 古本 強（農学部・教授） 玉井 鉄宗（農学樹・助教） 福嶋 雅明（タキイ研究農場附属園芸専門学校・前校長、本学客員研究員）
研究期間	<input type="checkbox"/> 1年研究 <input checked="" type="checkbox"/> 2年研究
キーワード	(1) アズキ (2) 過剰土壌水分 (3) 転作作物 (4) 養分吸収 (5) ラッカセイ (6) 緑肥

1. 研究計画(簡潔にまとめて記入してください。)

コメの生産調整（減反）に関する国の施策が見直されたが、ダイズやムギ類との輪作体系の維持や補助金に依存したエサ米の生産だけでは、農地集約化や法人化のメリットを活かせない。特に農耕地の95%が水田である滋賀県では、琵琶湖を含む農耕地環境の保全に立脚し、新たな価値を付加した水稲以外の作物の生産技術の確立が必要である。本研究では、水田転換畑で地域特産となり得る作物生産の可能性を生産者に提示するために、アズキ、ラッカセイといった畑作マメ類とウリ類、果樹類などの園芸作物ならびに転換畑で減耗する地力補完に機能する緑肥作物を供試して、耐湿性や湿害回避に関する情報を集積するとともに、実際の栽培技術の改良に関する知見を得ることを目的として2年間に亘る研究を計画した。

まず、西南暖地の水田転換畑において導入の可能性が高い畑作物として、アズキとラッカセイに着目し、これらの作物の転換畑条件下における生理生態学的特性を明らかにすることとした。試験は本学農学部牧実習農場および滋賀県と兵庫県の実地の生産者圃場において遂行し、実際栽培に近い条件下での知見を得ることを目的とした。また、転換畑においてしばしば問題となる地力の減耗に着眼し、有機物資源である緑肥作物やマメ類の収穫残渣（茎葉部）のすき込みによる窒素成分の補完能力を量的に評価することを目的とし、緑肥としてクロタラリア、セスバニア、ムクナ、収穫残渣としてラッカセイを供試して、それぞれの養分供給能力の評価を試みることにした。

さらに、地域特産の園芸作物としての果菜類や果樹類の転換畑での生育特性についても明らかにすることを試み、本県の各地域における生産者によるこれらの作物の安定生産のための技術支援や、新たな作物種の導入を試みる際のモチベーションの一助としたいと考えて本研究を立案した。

2. 研究成果の概要(4 ページ程度)

1. 転換畑における大納言系アズキの生育と過剰土壌水分条件下での栽培技術の改良

近畿地域の水田転換畑では、規模の大小はあるものの転作作物としてアズキ（大納言小豆）が生産されており、その慣行播種期は7月中旬から下旬である。収量の年次変動が大きいことが課題であり、その要因として梅雨の長期化や多雨の場合の圃場管理の困難性や出芽と初期生育の不揃いあげられる。特に大規模転作圃場では播種機が入れられず、播種の遅延により生育量が確保できず収量が減少する。研究代表者らは、本研究に先立ち京都大納言小豆や能登大納言小豆を供試し、播種日を慣行より約1ヶ月早くし、蔓化に伴う過剰な茎葉部を開花期前に切除する剪葉処理が生育反応と収量性に及ぼす影響を明らかにし、収量安定化の可能性を探ってきた。これらの先行研究では、小型バリカンやハサミで剪葉することで受光態勢が改善され、下位葉の老化が遅延し、上位節着莢が増加して、倒伏が軽減し、コンバイン収穫に向く生育を示した。本研究では剪葉栽培の実装のために、ダイズ摘心用ブロワー付きバリカン（図1）を用いて、滋賀県内の水田転換畑で剪葉処理の実証試験を行い、あわせてこれまで未調査であった剪葉後の根の活性を出液速度によって調査した。

試験は2016年と2017年の2カ年に亘り、本学農学部牧実習農場（灰色低地土の水田転換畑圃場）で実施した。京都大納言小豆を供試して、6月14日（2016年）、6月16日（2017年）（早期播種区）および7月15日（2016年）、7月21日（2017年）（慣行播種区）にそれぞれ播種した。栽植密度は16.7個体/m²（条間30cm、株間20cm）として密植栽培した。早期播種区には、開花開始前の8月12日（2016年）と8月15日（2017年）に草高約30cmで茎葉部を刈取る剪葉区を設け、無剪葉区および慣行播種区と生育、収量を比較した。

生育ならびに収量は2カ年の試験でほぼ同様の傾向を示したので、以下に2016年の概要を述べる。早期播種区のLAIは剪葉直前で5.1であったが、剪葉直後に1.4と、同時期の慣行播種区の1.1とほぼ同様の値となった。地表面の光合成有効放射量は、剪葉前で20μmol/m²/s、剪葉後で400μmol/m²/sと増加した。剪葉後13日目にはLAIは3.3まで回復し慣行播種区の2.9に比べてやや高かった。剪葉区では新たな一次分枝の発生が旺盛で、10月31日（一斉収穫の21日前）には、非剪葉区の3.2本に対して7.4本と多かった。ダイズ摘心用バリカンでは5条植え中央3条の剪葉は効率的に行えたが、両端の2条については30cm高で剪葉できない個体も生じ、それらの個体では非剪葉区と同様に蔓化が著しく、中央3条の生育にも影響した。すなわち、小規模圃場での剪葉には本機の利用が効率的であることが示されたが、茎葉の繁茂程度を確認しながら補完的な作業が必要かもしれない。本試験では、手取りでの一斉収穫（11月21日）を行った。面積当たり総莢数には、剪葉区と非剪葉区の間に有意な差は認められなかったが、着莢位置は剪葉区で明らかに高かった。なお、慣行播種区では7月の少雨による生育遅延で両区に比べて莢数が少なかった。出液速度は、剪葉7日後には各区間で差異はなかったが、剪葉13日後には剪葉区と慣行播種区が同様の値となり、非剪葉区より高かった。登熟期（10月31日）には剪葉区で高く、また道管液中のゼアチンリボシド含有率は剪葉区で高い傾向を示し、剪葉区で生育後期の根の活性が高く維持されることが示唆された。

以上のように、2年間に亘り圃場試験を行った結果、開花期前に剪葉することで、受光態勢が改善され、下位葉の老化が遅延し、上位節着莢が増加して、倒伏が軽減し、コンバイン収穫に向く生育を示すことができた。これらの結果を踏まえ、今後はより



図1 アズキの剪葉に用いたダイズ摘心機

効果的な剪葉方法についてさらに検討し、湿害が生じる転換畑圃場における大納言系アズキの安定栽培技術の構築を目指す予定である。なお、JA 滋賀蒲生町の生産者圃場で2016年に同様の試験を実施したが、播種後の土壌処理除草剤の施用後に小雨が続き、アズキの初期生育が遅延する一方で、雑草発生が著しかった。効果的な茎葉処理除草剤がアズキ用には登録がなく、現地試験では莢の収穫には至らなかった。なお、詳細なデータの図表は論文公表前につき割愛させて頂いた。

2. 転換畑におけるラッカセイ大粒品種おおまさりの導入の可能性と耐湿性の評価

コメの生産調整が終了した平成30年度以降、水田の利用形態がどのように変化するかは不透明ではあるが、水田転換畑に多様な畑作物を導入することが重要であることに変わりはない。本研究では、上述の大納言アズキに加えて、茹で豆用として人気の高いラッカセイ大粒品種‘おおまさり’（2007年千葉県育成）を近畿地域の水田転換畑で生産できるか否かについて検討を進めた（図2）。農耕地面積の95%以上が水田である滋賀県をはじめとする近畿地域において、比較的単価の高いラッカセイを転作物として導入する可能性を探るために、排水性が劣る水田転換畑において、‘おおまさり’の栽培を試み、あわせて耐湿性との関係で考慮すべき根の発育と根粒形成に関する基礎的知見を得ることを目的とした。



図2 降雨後の転換畑ラッカセイ

栽培試験は上述のアズキと同様に本学農学部牧実習農場（灰色低地土の水田転換畑圃場）において行った。2016年は、水田転換後2年目にあたったが、約8aを用いて試験栽培し、収穫物の商品化（菓子類への加工）の可能性を探った。さらに2017年には、約10aを用い、畝幅1m（畝長47m：べた畝）に1条播き（条間30cm）で9畝（畝間1m）を栽培した。すなわち、5月19日に2粒/穴を手播きし、土壌処理除草剤を散布した。畝間は管理機で適宜除草し、株間は手取り除草した。供試品種の‘おおまさり’は茹で豆用品種であるが、本研究では完熟莢を10月下旬から収穫した。2017年は10月の降雨量が著しく多く、収穫は11月上旬まで要した。茎葉を刈取って畝間に寄せた後にポテトハーベスタで莢を堀上げた。莢実の泥は収穫直後に高圧洗浄機で洗い落とし、平型通風乾燥機で乾燥した。

出芽および初期生育は順調で、開花は7月初旬から始まり、降雨後の乾燥で土壌クラストがやや生じたが、子房柄の貫入に問題はなかった。‘おおまさり’は茎葉部の生育が過剰な特性を示すが、本試験でも同様であった。2016年には畝間灌水が3-4回必要であったが、2017年は1回のみで対応できた。2017年の莢実収量（全量調査）は53.1±9.7kg/畝、剥き実上実割合は64%であった。

排水性が劣る転換畑では胚軸根（不定根）が発生するが、本試験でも旺盛な発生とそれらへの根粒の形成が観察され、また地際部の茎に茎粒様構造が確認された。この現象は、兵庫県丹波市および京都府舞鶴市のラッカセイ圃場でも同様に観察された。研究代表者らはこれまでに、このような茎粒の形成に加えて、灰色低地土の水田転換畑では、根長あたりの根粒数が多くなることを観察しており（図3）、過剰水分条件下でのラッカセイの根粒形成に嫌気条件下で発生するエチレンが関与している可能性に着目し



図3 転換畑ラッカセイの根粒形成の様態

てきた。そこで、水田土壌を湛水または圃場容水量にして密栓後に気相をアルゴン置換して24、48時間後に採取した気相のエチレン発生量を調査したところ、湛水区でエチレンが検出された。さらに、2-Chloroethylphosphonic acid (エテホン) を用い、エチレンがラッカセイの根粒形成に及ぼす影響を検証した。すなわち、土壌を充填したポットに‘おおまさり’の10日齢実生を移植し、13 mM エテホンを10 ml/ポット投与する区、7日間湛水する区、畑区の3処理区を設けた。移植後31日目の根粒数は、畑区に比べて、エテホン区では2.9倍、湛水区では4.6倍とそれぞれ多く、過剰水分で発生するエチレンが旺盛な根粒形成を誘導する可能性が示唆された。このことは、過剰水分条件下でのラッカセイの根粒形成には、嫌気条件において根で生じる内生エチレンおよび土壌から発生する外生エチレンが引き起こすラッカセイの根の細胞壁の緩みなどの感染経路の確保が関与する可能性が示唆された。現在、上記の転換畑圃場で採取した根と根粒の量的な解析を行っている。

なお、本学農学部牧実習農場および兵庫県の生産者圃場で栽培した‘おおまさり’はいずれも食味が良く、加工品として開発し得る品質を有する可能性が示された。得られた収穫物の一部をナッツ会社の協力を得てキャラメルコートしたラッカセイ菓子として試作し、本年5月に試験販売する予定である。今後は地域農業の6次化も視点に入れて、県内外の生産者に転換畑ラッカセイの栽培技術を提供できるように規模をやや拡大した現地試験を計画している。なお、転換畑での畑作物栽培の課題である減耗する地力の補完技術については、ラッカセイに関してはその収穫残渣のすき込みによる肥料低減効果を検討中である(図4)。現在、これらのすき込み後にパン用コムギ(ミナミノカオリ)を栽培し、窒素供給効果の量的把握を行っているところである。なお、詳細なデータの図表は論文公表前につき割愛させて頂いた。



図4 収穫残渣は後作コムギの窒素供給源としてすき込んだ

3. 水田転換畑の地力補完対策としての緑肥の導入

水田を畑に転換した際の課題として、好気条件になることで有機物の分解が促進され、窒素を中心に地力が減耗することがあげられる。実際に転作作物として栽培されているダイズでは、有機物を補完しないと経年的に収量が減少することが報告されている。有機物として堆肥の畦外からの導入にはその搬入、施用に労力を含む多くのコストがかかることも課題となっている。そこで、圃場そのもので生産する有機物として乾物生産量の大きい緑肥作物の導入に期待するところが大きい。本研究では、上記のマメ科作物とムギ類や葉菜類との輪作体系を想定して、ラッカセイやアズキの収穫残渣に加えて、熱帯原産のクロタラリア、セสบニア、ムクナの3種類のマメ科緑肥作物の利用に関する知見を得ることを目的にそれらの試作を行った。本学農学部牧実習農場、滋賀県東近江市と兵庫県丹波市の生産者圃場にクロタラリア (*C. juncea* と *C. spectabilis*) およびセสบニア (*S. rostrata* と *S. cannabina*) をそれぞれ5月~6月にかけて播種した。試作は2016年と2017年の両年に亘り行った。

本研究では生育量や窒素固定量の量的評価までは至らなかったが、根粒形成の時期や開花期についての基礎的な知見を得ることができた。いずれの緑肥作物も各圃場での生育は順調であり、代表者らが先行研究で明らかにしてきた乾物生産量や窒素固定量とほぼ同様の値が得られることが推察された。ムクナ (*M. prurens*) についても2017年に本学農学部牧実習農場で試作したところ、その生育は極めて旺盛であった。しかし、本学圃場の気象条件下では開花はしたものの、種子が成熟に至る前に低温によっ

て茎葉部が枯死したので採種はできなかった。

生育後期の茎葉部を採取して、地下水水位制御型大型ポット（FRPポット）を用いてマルチ施用またはすき込み施用を行い、コムギ（ミナミノカオリ）を栽培したところ、マルチ施用では作土層の土壤含水率が高く維持されることが示された。2018年3月時点でのコムギの生



図5 緑肥作物ムクナのマルチ施用とすき込み施用後のコムギの生育（2018/2/5撮影）

育はすき込み区で顕著に優り、次いでマルチ区、無施用区の順であった（図5）。今後、成熟期まで栽培してムクナの緑肥としての窒素供給量について評価する予定である。なお、詳細なデータの図表は論文公表前につき割愛させて頂いた。

4. 転換畑における園芸作物導入の可能性

土地利用型の農作物に比較して単価が比較的高い集約型の園芸作物を水田転換畑に導入し、新たな地域特産物として生産する可能性について検討した。本研究では、定量的な試験は遂行できなかったが、以下に結果の概要を示す。

果菜類のウリ類および数種の果樹類について、転換畑あるいは過剰土壤水分条件下での栽培試験を行った。ウリ類については、守山市の特産品であるマクワウリを本学堂農場（灰色低地土の水田転換畑圃場）で試作した。排水管理を十分に行えば実際栽培も可能となることが示されたが、圃場の排水性との関係についてさらなる検証が必要である。果樹類については、柑橘類とカキの生産を目的としたが、実際の生産者圃場の排水管理等の準備を開始するまでに時間を要し、2017年3月に苗木を定植したところである（図6）。果樹類は永年作物であることから、本プロジェクトの実施期間内には成果を得ることはできなかった。今後、定植後の苗木の定着等について調査を継続する予定である。



図6 東近江市蒲生地区における転換畑において一部の作土層を剥いで盛土を行った後に柑橘類とカキ樹の苗を定植した

5. 総括

以上のように、本研究では滋賀県をはじめとする西南暖地における水田の高度利用の実装を目的に、大納言アズキとラッカセイを例にして、その栽培上の課題についていくつかの知見を得ることができた。一方、収穫残渣や緑肥作物の効果的な利用といった実際の圃場における技術開発と地力補完の機序解析には比較的長期に亘る試験が必要なこと、また湿害を被り易い転作作物の生育や収量には年次変動があること、永年作物の果樹類においては苗木の定植から収穫までに長期に亘る調査が必要なことなどを考慮すると、本研究はその目的を達成するための緒についたばかりであるとも言える。今後は本プロジェクトで得られた情報を基盤にして、さらに複数年に亘る栽培試験を遂行し、転換畑を利用した地域農業の活性化に資することができる成果を得たいと考えている。最後に、本プロジェクトを採択頂いた龍谷大学食と農の総合研究所の関係各位に深謝いたします。

3. 収支報告

(非公開)

4. 研究発表等(研究代表者及び研究分担者)

<学会発表>

- 1) 大門弘幸・大橋善之・松村篤・中山祐一郎 2017. ダイズ摘心用バリカン機を利用した早期播種大納言アズキの剪葉栽培. 日本作物学会第 243 回講演会, 東京.
- 2) 大門弘幸・大橋善之・松村篤・与那覇晃規 2018. 宮古島黒小豆(ササゲ)の特性評価と安定多収の可能性. 日本作物学会第 245 回講演会, 宇都宮.
- 3) 大門弘幸・瀧本歩・松村篤・大橋善之・吉村大輔・妹尾拓司・吉良徹・米森敬三・古本強・玉井鉄宗 2018. 灰色低地土の水田転換畑におけるラッカセイ大粒品種‘おおまさり’導入の可能性. 日本作物学会第 245 回講演会, 宇都宮.

<依頼講演>

- 1) 大門弘幸 2017. 滋賀県における水田の高度利用と環境保全に着目した地域特産農作物の創出. RECBIZNET 研究会, 龍谷大学 REC 主催, 2017.12.15.
- 2) 大門弘幸 2018. 水田の高度利用と付加価値を意識した地域特産農作物生産へのチャレンジ. 蒲生町新春講演会, 蒲生町街づくり協議会主催, 2018.1.5.
- 3) 大門弘幸 2018. マメ科作物を利用して環境調和型農業にアプローチする. 第 1 回緑肥研究会, 雪印種苗主催, 2018.2.15.

<発表論文(査読有り)>

- 1) Funakoshi, Y., H. Daimon and A. Matsumura 2018. Morphological and physiological studies on densely branched lateral roots triggered by localized phosphate in *Sesbania cannabina*. Journal of Plant Nutrition and Soil Science (DOI: 10.1002/jpln.201700228)

<発表論文(査読無し)>

- 1) 大門弘幸 2017. 緑肥作物の栽培と利用. 牧草と園芸 65(3): 1-6.

<著書>

- 1) 松村篤・大門弘幸 2017. 緑肥作物編第 2 章「夏作緑肥作物」, 作物栽培大系第 8 巻「飼料・緑肥作物の栽培と利用」. 大門弘幸・奥村健治編著, 179-203. 朝倉書店, 東京.
- 2) 大門弘幸 2018. 第 12 章「その他のマメ科作物」他, 作物学概論改訂版. 大門弘幸編著, (印刷中)朝倉書店, 東京.

<学外資金獲得状況>

- 1) 2016-2018 年度 日本学術振興会科学研究費基盤研究(C)(一般),代表大門弘幸「転換畑ラッカセイの異形的根粒形成のエチレンによる制御機序の解析」, 4810 千円(総額)
- 2) 2017 年度 東和食品研究振興会学術奨励金, 個人研究大門弘幸「宮古島黒小豆の機能性の理解と地域特産農作物としての新展開」, 2000 千円(総額)