

[成果情報名] 小規模農家を対象とした植林 CDM 事業の実施手法の確立

[要約] 国連から炭素クレジット（CER）を取得したパラグアイの小規模農家向け植林クリーン開発メカニズム（CDM）事業の実施手法は、中南米での植林による炭素隔離事業に活用できる。

[キーワード] CDM、植林、アグロフォレストリー、炭素クレジット

[所属] 国際農林水産業研究センター 農村開発領域

[分類] 行政 A

[背景・ねらい]

クリーン開発メカニズム（CDM）は、開発途上国で実施される温室効果ガス（GHG）排出削減事業で達成される排出削減量（吸収増加量）を炭素クレジット化し、先進国がこれを取得することで自国の排出削減目標量に追加できるシステムである。農村開発の一環として、パラグアイにおいて小規模農家を対象に植林を行い、植林地内の炭素蓄積量を増加させることで大気中の GHG を吸収する CDM 事業を実証し、国連気候変動枠組み条約 CDM 理事会から炭素クレジット（CER）を取得するまでの手法を開発する。

[成果の内容・特徴]

1. JIRCAS が実施した植林 CDM 事業「パラグアイ国パラグアリ県低所得コミュニティ耕地・草地再植林事業」に対し、平成 25 年 8 月に国連 CDM 理事会から発行された 6,819tCO₂ の CER（表 1、図 1）は、中南米初の小規模農家を対象とする植林の CER である。本事業では、小規模農家のニーズに基づき、アグロフォレストリー（林地と農地を組み合わせた生産体系）や林間放牧（林地と家畜の放牧を組み合わせた生産体系）を実施し（図 2）、小規模農家の土地の有効利用を実現している。
2. 小規模農家を対象とする植林事業は社会的意義が大きいですが、劣化した土地への植林と低い技術力のため、干ばつや雑草の被害を受けやすく、生育不良の植林地が発生し、計画に対し CER を取得した面積が低下することを実証している（表 2）。また小規模農家のふぞろいな林地に対応するため、一定樹木数のサンプル区画の設置による炭素蓄積量の定量化手法を確立している。
3. JIRCAS の小規模農家を対象とした植林事業の形成から実施までの手法は、マニュアル等（成果情報平成 22 年 18 号）として整備済みで、今回平成 24～25 年のモニタリング及び CER 取得の手法をガイドラインに追加している。また、計画、モニタリング及び指定運営組織による審査結果に係る実務資料は UNFCCC のウェブサイトで公表している。

[成果の活用面・留意点]

1. JIRCAS の植林 CDM 手法は、受益者負担原則と自己責任による、他へ依存しない持続性の高い植林を実施するものである。本手法は、中南米における未組織の小規模農家を対象とする植林 CDM、REDD プラス及び CDM 以外の炭素市場向けの植林による炭素隔離事業に活用できる。
2. 小規模農家を対象とする植林 CDM 事業の経済性確保のためには、財務分析により事業に必要な CER 単価を求め、JIRCAS の経費実績及び市場の実勢単価との比較から、CER 取得の可能性を判断する必要がある。
3. 受益者負担原則による持続性の高い経済的な植林事業を実施するためには、植林ニーズの高い地域を選定し、意識改革活動により住民の自助努力を促進することが重要である。

[具体的データ]

表1 GHG 吸収増加量

区分	樹種	炭素蓄積量 (tC)	ベースラ イン (tC)	リーケー ジ (tC)	炭素蓄積増加 量 (tC または tCO ₂) ⁽¹⁾
炭素蓄積	<i>Eucalyptus grandis</i>	882	263	132	487
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	2,471	558	371	1,543
	<i>Grevillea robusta</i>	75	58	11	5
	小計	3,428	879	514	2,035
精度調整 ⁽²⁾		△ 206	-	31	△ 175
計					1,860
tCO ₂ への換算 ⁽³⁾					6,819

注 (1) 炭素蓄積増加量 = 炭素蓄積量 - ベースライン - リークage。

注 (2) 精度調整率は、誤差率に従って決定される。プロジェクトの誤差率は11.4%なので、精度調整率は6%となり、炭素蓄積量から控除される。

注 (3) tCからtCO₂への転換率は44/12 (または3.667)。

表2 計画及びモニタリングの植林地面積

樹種	計画 (2009)		モニタリング (2012)			
	植林地面積 (ha)	区画数	クレジット 面積 (ha)	区画数	従前地の土地利用 (2009)	
					耕地面積 (ha)	草地面積 (ha)
<i>Eucalyptus grandis</i>	61.22	97	23.18	38	15.41	7.78
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	80.84	38	53.34	26	4.66	48.68
<i>Grevillea robusta</i> (単層林)	20.75	23	2.80	3	2.80	0.00
<i>Grevillea robusta</i> (AF)	52.35	82	2.19	3	1.21	0.97
計	215.16	240	81.51	70	24.08	57.43

AF: アグロフォレストリー

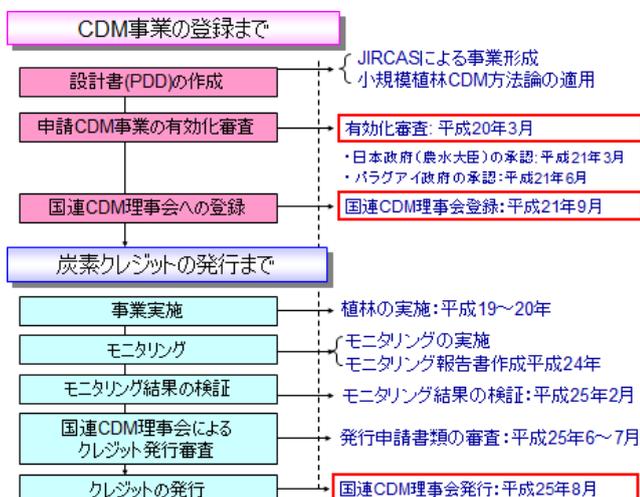


図1 CDM 事業の実施手順



図2 植林 CDM 事業の概要

[その他]

研究課題: 気候変動に対応した開発途上地域の農業技術開発

プログラム名: 開発途上地域の土壌、水、生物資源等の持続的な管理技術の開発

予算区分: 交付金 [気候変動対応]

研究期間: 2013 年度 (2011~2013 年度)

研究担当者: 松原英治・渡辺 守・白木秀太郎

発表論文等: 1) 松原ら (2009) 農業農村工学会誌 77(11): 27-30

2) 松原英治 (2012) 国際農業研究叢書 第 20 号

3) 松原ら (2014) 農業農村工学会誌 82(2): 127-130

4) 植林 CDM を活用した農村開発を体系的に取りまとめたマニュアル集

http://www.jircas.affrc.go.jp/archives_index.html#manual5) Reforestation of croplands and grasslands in low income communities of Paraguari Department, Paraguay, <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/TUEV-SUED1245074838.6/view>

[成果情報名] インド型イネ品種の一穂粒数増加させる QTL は第 7 染色体に座乗する

[要約] インド型品種 IR64 の遺伝的背景で一穂粒数を増加させるホシアオバ由来の量的遺伝子座(QTL)は第 7 染色体に座乗し、インド型品種における 収量性改善育種素材として活用できる。

[キーワード] ホシアオバ、準同質遺伝子系統、一穂粒数、QTL、IR64

[所属] 国際農林水産業研究センター 生物資源・利用領域

[分類] 研究 A

[背景・ねらい]

国際稲研究所 (IRRI) で育成されたインド型水稻品種 IR64 は、高品質で比較的病虫害に強く、広く熱帯地域で普及している。IR64 の収量性のさらなる遺伝的改良を通じ、開発途上地域における食料安定生産に貢献するため、日本の多収品種ホシアオバ由来の一穂粒数を増加させる量的遺伝子座 (QTL) の染色体上の座乗位置を明らかにし、IR64 の遺伝的背景を持つ準同質遺伝子系統(Near Isogenic Line; NIL)を開発する。

[成果の内容・特徴]

1. ホシアオバに由来し一穂粒数 (Total Spikelet Number per Panicle) を増加させる QTL (*qTSN7.1*) は、第 7 染色体の長腕に座乗し、DNA マーカーRM1132 と RM505 の間に検出される (図 1)。
2. IR64 の一穂粒数は、雨季栽培で 142、乾季栽培で 107 であるが、*qTSN7.1* を有する NIL (BC₄ 相当) はそれぞれ 176 (24%増)、150 (40%増) と増加し、IR64 の遺伝的背景で一穂粒数を増やす効果がある (表 1)。
3. 第 7 染色体の当該領域には、粒長 (Seed Length) に関与する QTL (*qSL7.1*) も検出され、NIL の粒長は、IR64 に比べて 3-6%短くなる (図 1、表 1)。
4. IR64 および NIL との間には、一穂粒数および粒長以外の農業形質にほとんど差が見られない (表 1)。

[成果の活用面・留意点]

1. 育成された系統は、各国で普及されているインド型品種の IR64 が遺伝的背景となっていることから、熱帯の環境条件に適しており、途上国での食料安定生産に寄与する育種素材や品種候補系統として活用できる。
2. 育成された系統は、遺伝子・環境相互作用解析などの実験材料として利用できる。
3. QTL の DNA マーカー情報は、遺伝解析やマーカー選抜による一穂粒数増加系統の育成に活用できる。
4. 開発した系統の一穂粒数の増加が収量に及ぼす効果の検証が必要である。
5. 粒数の増加と粒長に関する QTL の原因遺伝子が異なるものかどうかは、今後検証する必要がある。
6. この準同質遺伝系統の分譲については、JIRCAS 企画調整部情報広報室に問い合わせる。

[具体的データ]

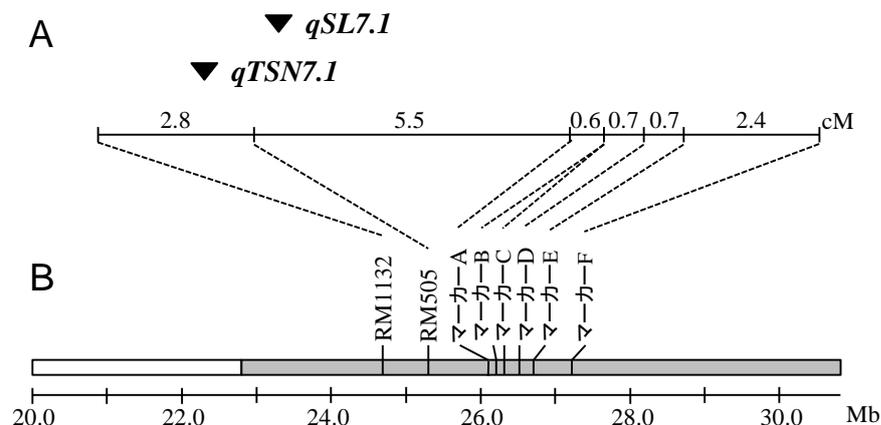


図1 第7染色体長腕に検出された一穂粒数($qTSN7.1$)と粒長($qSL7.1$)の QTL の座乗位置
A:連鎖地図(▼は LOD のピーク)。B: DNA マーカーの日本晴塩基配列上での物理地図

表1 $qTSN7.1$ を IR64 の遺伝的背景に導入した準同質遺伝子系統(NIL)における農業形質

品種・系統	試験作期	一穂粒数	到穂日数	稈長 (cm)	穂長 (cm)	葉身幅 (cm)	葉身長 (cm)	穂数
IR64	2010	141.8 ± 30.1	88.8 ± 1.8	78.6 ± 3.0	25.2 ± 1.5	1.3 ± 0.1	38.2 ± 5.3	18.0 ± 5.3
NIL	雨季	176.4 ± 21.4**	86.0 ± 1.0	77.8 ± 2.5	25.1 ± 1.2	1.3 ± 0.0	39.7 ± 5.4	22.6 ± 6.8
IR64	2012	106.9 ± 18.9	79.8 ± 3.4	65.5 ± 1.9	23.5 ± 1.1	1.3 ± 0.2	26.1 ± 4.0	19.2 ± 4.4
NIL	乾季	150.0 ± 34.2**	78.5 ± 2.1	69.7 ± 5.2	23.0 ± 1.7	1.5 ± 0.1	28.6 ± 3.3	14.6 ± 5.6

品種・系試験作	玄米100粒重 (g)	粒長 (mm)	粒幅 (mm)	粒厚 (mm)	
IR64	2010	2.7 ± 0.1	10.0 ± 0.4	2.5 ± 0.1	2.0 ± 0.0
NIL	雨季	2.6 ± 0.1	9.7 ± 0.4**	2.6 ± 0.1	2.0 ± 0.0
IR64	2012	2.8 ± 0.1	9.9 ± 0.5	2.4 ± 0.1	2.0 ± 0.1
NIL	乾季	2.5 ± 0.1**	9.3 ± 0.5**	2.4 ± 0.1	1.9 ± 0.1

IRRI (フィリピン、ロスバニョス) でのデータ (平均±標準偏差)。** : t 検定により 1%レベルで有意に差があることを示す。

[その他]

研究課題：気候変動に適応した水稻栽培システムの開発

プログラム名：開発途上地域の土壌、水、生物資源等の持続的な管理技術の開発

予算区分：拠出金 [IRRI-日本共同研究プロジェクト] 交付金 [気候変動対応]

研究期間：2013 年度 (2005~2013 年度)

研究担当者：小林伸哉 (作物研)・小出陽平 (日本学術振興会)・藤田大輔 (日本学術振興会)・

Analiza G. Tagle (IRRI)・佐々木和浩・福田善通・石丸 努

発表論文等：Koide, Y. et al. (2013) Euphytica, 192: 97-106

[成果情報名] インド型イネ品種の籾収量を増加させる遺伝子、SPIKE の発見

[要約] インドネシアの熱帯日本型在来品種に由来し、単離に成功した第4染色体上の遺伝子 *SPIKE* は、インド型品種 IR64 や IRR146 の遺伝的背景で一穂籾数を増加させるばかりでなく、止葉幅、穂首の維管束数、玄米外観品質などの形態的改善を伴い、籾収量を増加させる。

[キーワード] イネ、育種素材、遺伝子単離、籾収量

[所属] 国際農林水産業研究センター 生物資源・利用領域

[分類] 研究 A

[背景・ねらい]

広く熱帯地域で普及しているインド型品種 IR64 の収量性のさらなる遺伝的改良を通して、開発途上地域における食料安定生産を図る。IR64 の遺伝的背景において一穂籾数を増加させるインドネシアの熱帯日本型在来品種由来の第4染色体上の量的遺伝子座、*qTSN4* (国際農林水産業研究成果情報 第20号) の詳細な遺伝解析により、原因遺伝子を特定する。

[成果の内容・特徴]

1. インドネシアの熱帯日本型在来品種 Daringan に由来し、一穂籾数増加に関与する量的遺伝子座 *qTSN4* を含むゲノム領域内 (18 kbp) にある候補遺伝子の一つ *SPIKE* は、一穂籾数および止葉幅を増加させる (図1)。
2. IR64 に、交配育種により *SPIKE* を導入した準同質遺伝子系統(NIL)では、一穂籾数、止葉幅の他、穂首の維管束数 (図2A) や根重 (図2B) が増加し、圃場試験でも収量が13–36%増加する (図2C)。
3. *SPIKE* を導入した準同質遺伝子系統(NIL)では白未熟粒の発生が軽減する (図2D)。
4. インド型品種 IRR146 に *SPIKE* を導入しても、IR64 と同様に、一穂籾数や止葉幅の増加が確認でき、収量が有意に増加する (データ省略)。
5. DNA マーカーを用いた交配育種により、*SPIKE* を東南アジアや南アジアのインド型品種 PSBRc18, TDK1, Ciherang, Swarna, BR11 に導入すると、いずれの系統でも一穂籾数が増加する (データ省略)。

[成果の活用面・留意点]

1. 今回発見された熱帯日本型在来品種由来の *SPIKE* は、様々なインド型品種の遺伝的背景で収量を向上させる可能性がある。
2. *SPIKE* は、選抜 DNA マーカーを用い、交配育種により既存品種に効率的に導入することができる。
3. *SPIKE* が温帯日本型品種や他のインド型品種など異なる遺伝的背景でどのような効果を示すかについて、さらなる調査が必要である。
4. IR64 と IRR146 を背景とする *SPIKE* の準同質遺伝子系統の種子分譲については、JIRCAS 企画調整部情報広報室に問い合わせる。

[具体的データ]

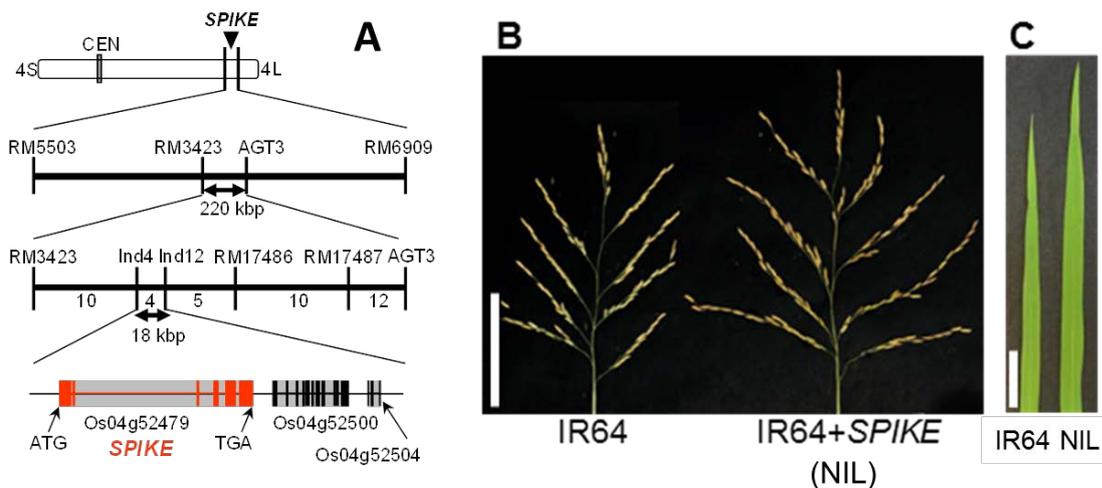


図1 *SPIKE* の染色体上の位置(A)と一穂粒数の増加(B)、止葉幅の増加(C)
一穂粒数および止葉幅を指標に、高精度連鎖解析および発現解析を通じて *SPIKE* を特定した。
スケールの大きさは B で 10 cm、C で 5cm

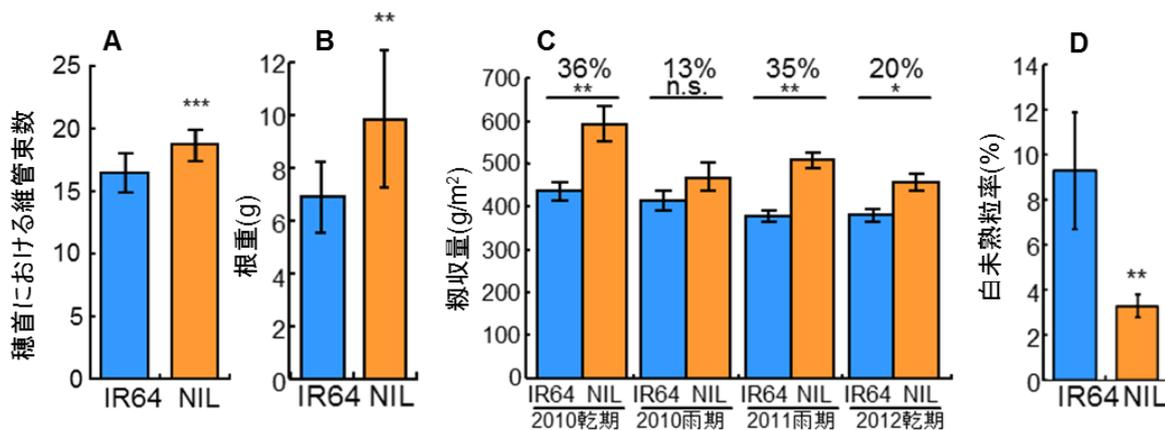


図2 インド型品種 IR64 と IR64 に *SPIKE* を導入した準同質遺伝子系統(NIL)の表現型や収量の比較
A, C, D は圃場試験による評価であるが、B はポット試験による評価

t 検定により*, **, ***はそれぞれ 5%, 1%, 0.1%水準で有意、n.s.は 5%水準で有意差なし、バーは標準偏差

[その他]

研究課題：気候変動に適応した水稻栽培システムの開発

プログラム名：開発途上地域の土壌、水、生物資源等の持続的な管理技術の開発

予算区分：拠出金 [IRRI-日本共同研究プロジェクト] 交付金 [気候変動対応]

研究期間：2013 年度 (2005~2013 年度)

研究担当者：小林伸哉 (作物研)・藤田大輔 (作物研、日本学術振興会)・A. G. Tagle (IRRI)・小出陽平 (日本学術振興会)・佐々木和浩・R. B. Gannaban (IRRI)・福田善通・石丸 努

発表論文等：Fujita, D. et al. (2013) PNAS, 110: 20431-20436

[成果情報名] メコンデルタ洪水常襲稲作地域におけるフルダイクの普及と水文環境への影響

[要約] メコンデルタの洪水常襲稲作地域を対象に稲3期作化のためのフルダイク（輪中）の普及が水文環境に与える影響を分析したところ、フルダイク地区の周辺域で洪水の長期化や水位の上昇傾向が認められる。

[キーワード] フルダイク、洪水常襲地域、稲3期作、気候変動、洪水緩和機能

[所属] 国際農林水産業研究センター 生産環境・畜産領域

[分類] 研究B

[背景・ねらい]

メコンデルタは世界第2位の米輸出国であるベトナムの輸出米の90%を生産する稲作地域であるが、気候変動の影響を最も強く受けるメガデルタの1つとして危惧されている。メコンデルタの洪水常襲稲作地域における稲3期作のためのフルダイクの普及が周辺地域の水文環境に与える影響について、住民や行政機関からの聞き取り、衛星画像と河川水位の分析から明らかにし、増大する洪水リスクに適応し、持続可能な稲作の基盤となるダイクシステム構築のための基礎的知見を提供する。

[成果の内容・特徴]

1. メコンデルタ洪水常襲地域では毎年の氾濫に対応した稲作のため、洪水を完全に防ぐ堤高の高いフルダイクと、夏秋作の収穫期（8月）までの洪水を防ぎ収穫後は農地への洪水の流入を許容する堤高の低いセミダイクが建設されている（図1）。フルダイクに囲まれた農地では氾濫期間（8～11月）でも水稲が作付けでき3期作が可能となるため、農家の強い要望とアンジャン省とベトナム政府の方針に基づき、ここ10年間で急速にフルダイクが普及し3期作が拡大している（図2）。
2. フルダイク普及前の2000年洪水（60年確率）とフルダイク普及後の2011年洪水（10年確率）について、MODIS Terraの画像を比較すると2011年洪水において、フルダイク地区の上流に位置するカンボジア（B地点）やアンジャン省の西側下流に位置するキエンジャン省（A地点）などにおいて、規模の大きかった2000年洪水よりも湛水域が拡大し、湛水期間が長期化していることが認められる（図3）。検証のため、図3から、大幅に長期化した地点（a）、若干の長期化が認められる地点（b）、あまり変化が認められない地点（c）で聞き取り調査を実施し、衛星画像から得られた湛水期間の変化と農家の感触は良く一致していることを確認している。
3. メコン河本川の1つであるハウ川のカントー地点の水位が近年上昇傾向にあることが水位分析から示されている。アンジャン省上流のチャウドックとカントー市カントーにおける1979～2011年の年最大水位を2004年以前と2005年以降に分けて比較すると、2005年以降はそれ以前と比較してカントーの水位の上昇傾向が認められる（図4）。

[成果の活用面・留意点]

1. 気候変動で洪水リスクが増大するメガデルタ地域の適応策の検討に活用できる。
2. メコンデルタのフルダイク普及と温暖化による洪水湛水域の変化を水文・水理モデルで評価する際の検証データとして活用できる。
3. カントー地点の水位上昇の原因は全てがフルダイクの影響ではなく、温暖化による海面上昇や都市部の地盤沈下の影響も考えられ、今後より詳細な調査が必要である。

[具体的データ]



図1 セミダイクとフルダイク

(上:両岸ともセミダイク、中:左岸セミダイク、右岸フルダイク、下:両岸ともフルダイク)
 図は、藤井ら(2013)農業農村工学会論文集 285: 67-74 より転載

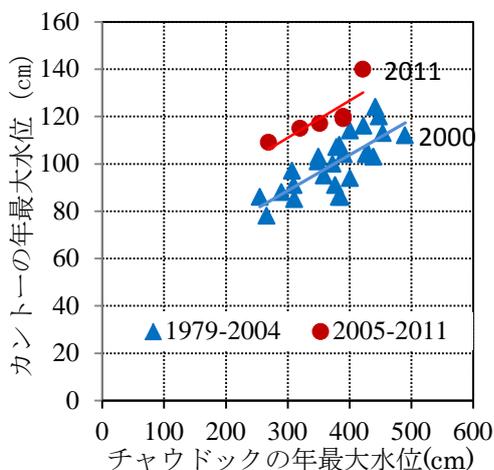


図4 フルダイク普及前後のチャウドックとカントーの年最大水位の関係 (2007年欠測)
 図は、藤井ら(2013)農業農村工学会論文集 285: 67-74 より転載

[その他]

研究課題：気候変動に対応した開発途上地域の農業技術開発
 プログラム名：開発途上地域の土壌、水、生物資源等の持続的な管理技術の開発
 予算区分：交付金 [気候変動対応]、科研費 [ダイクシステム]
 研究期間：2013年度 (交付金：2011～2012年度、科研費：2012～2015年度)
 研究担当者：藤井秀人・藤原洋一 (石川県立大学)・星川圭介 (京都大学)・横山繁樹
 発表論文等：藤井ら (2013) 農業農村工学会論文集 285: 67-74

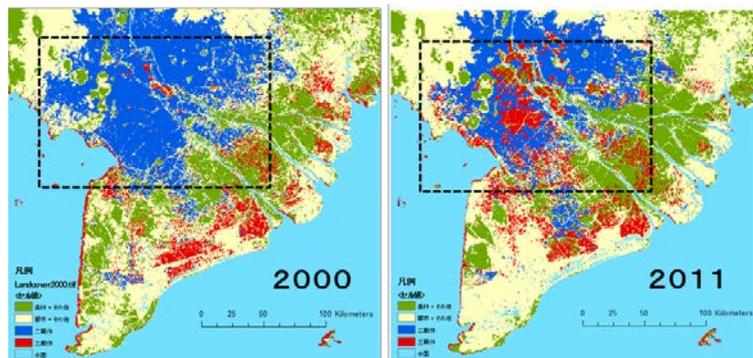


図2 洪水常襲地域の稲3期作の増加 (破線は図3の領域)
 青：2期作、赤：3期作、緑：森林・その他

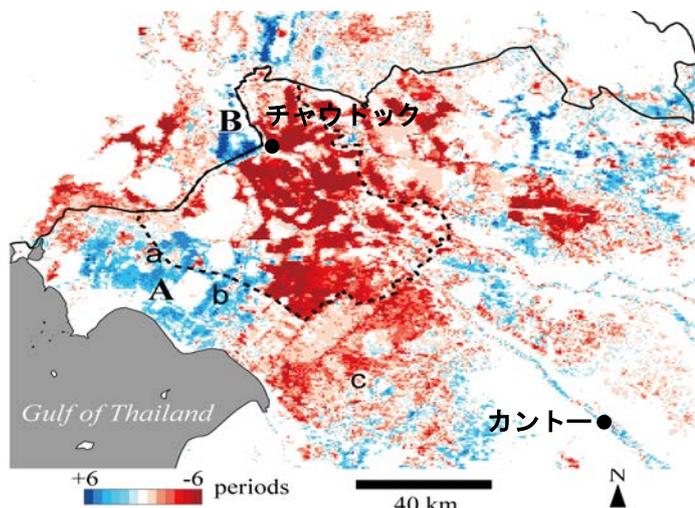


図3 MODIS 画像のNDWI 値から推定した2000年洪水と2011年洪水の湛水期間の比較
 (破線はアンジャン省、実線はベトナム・カンボジア国境を示す。青色が濃い部分ほど2011年の湛水期間が2000年に比べて長く、赤色が濃い部分ほど短いこと、白色の部分は両年の間にほとんど差がないことを示す。アンジャン省の西側下流に位置するキエンジャン省(A地点)、フルダイク地区の上流に位置するカンボジア(B地点)などで洪水長期化が認められる。a、b、cは検証地点である。a:大幅に長期化、b:若干長期化、c:あまり変化なし)
 図は、藤井ら(2013)農業農村工学会論文集 285: 67-74 より転載

[成果情報名] マメ科作物であるヘアリーベッチ作付け後の不耕起栽培による節肥効果とチッソ溶脱

[要約] マメ科作物であるヘアリーベッチを休耕期間中に作付け後、その残渣をマルチとして利用するトウモロコシの不耕起栽培では、チッソ施肥量を半量にしても収量が高く維持される。一方、ヘアリーベッチ残渣の土壌への還元量が多い場合には、その分解に伴い浸透水の硝酸態チッソ濃度が上昇し、チッソの溶脱量が増加する。

[キーワード] ヘアリーベッチ、不耕起栽培、チッソ溶脱、チッソ収支

[所属] 国際農林水産業研究センター 熱帯・島嶼研究拠点

[分類] 研究 B

[背景・ねらい]

マメ科作物を作付け後、その残渣をマルチとして利用する不耕起栽培は、降雨の表面流出と土壌侵食を大きく抑制する、節肥が可能であるなどの様々な長所を有する(国際農林水産業研究成果情報 第 14 号)。その一方で、土壌に還元されるマメ科作物残渣の分解で生ずる硝酸態チッソを有効利用できないと、降雨の下方浸透増大と相まってチッソ溶脱を促進する可能性がある。本研究では、マメ科作物のヘアリーベッチ(*Vicia villosa* Roth.)を休耕期に作付け後、その残渣でマルチシトウモロコシを不耕起栽培する場合において、降雨の表面流出量と下方浸透量との関係を考慮しながら、チッソの溶脱と収支を解明する。

[成果の概要・特徴]

1. ヘアリーベッチ作付け後のトウモロコシ栽培は、耕起の有無にかかわらず、自然休耕後の栽培(慣行栽培、チッソ施肥量: 100 kg ha^{-1})に比べて、チッソ施肥量を半量にしても同等以上の収量が得られ、節肥が可能であることを示している。自然休耕後の無施肥では、収量がほぼゼロとなるのに対し、ヘアリーベッチ作付け後では、約 70%の収量が得られる(図1)。
2. ヘアリーベッチ作付け後の不耕起マルチ栽培では、ヘアリーベッチは春先のトウモロコシ作付け時に枯死し残渣マルチとなり、土壌に還元される。表1の降雨イベントの事例で硝酸態チッソ溶脱量を慣行栽培と比較すると、浸透水中の硝酸態チッソ濃度は 23.5 倍に上昇し、降雨の下方浸透量は 1.5 倍と増大したために、硝酸態チッソの溶脱量は 37 倍に増大している。すなわち、この溶脱量の増大は、主にヘアリーベッチ残渣の分解で生ずる硝酸態チッソ濃度の上昇に起因しており、不耕起マルチ栽培が降雨の表面流出量を減少させ、下方浸透量を増大することの影響は小さい。
3. 供給される可給態チッソ量(肥料チッソ、ヘアリーベッチ由来の可給態チッソ及び土壌チッソの合計値)は、トウモロコシが吸収したチッソ量と溶脱したチッソ量の合計値とほぼ等しく、余剰に生成したチッソが溶脱していると説明できる。一方、ヘアリーベッチ作付け後の不耕起マルチ栽培のチッソ収支は、慣行栽培に比べて高く、ヘアリーベッチの作付けにより、肥沃度の持続的向上が期待される(表2)。

[成果の活用面・留意点]

1. 本作付け体系は、降雨の表面流出低減、節肥効果など様々な長所を有しており、降水量は少ないが、激しい降雨のある地域や施肥量の限られる地域に適用が期待される。
2. 一方、過剰なバイオマスの還元はチッソ溶脱による地下水汚染を引き起こす可能性を示しており、施肥チッソ量とヘアリーベッチ由来チッソ量との関係を検討し、施肥量を調整する必要がある。
3. 試験は国際農林水産業研究センター熱帯・島嶼研究拠点のオープンラボ傾斜圃場(斜面長:14 m、傾斜:2.0、3.5、5.0 度)で実施している。
4. 降雨の表面流出水中に硝酸態チッソは検出されなかったためチッソ収支では考慮していない。

[具体的データ]

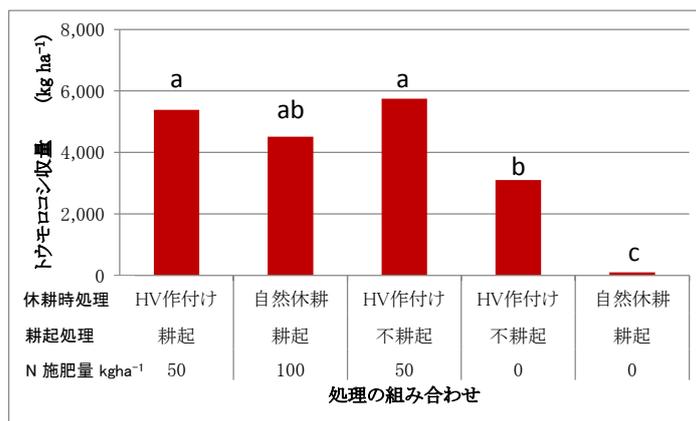


図1 ヘアリーベッチ(HV)作付け、耕起処理および施肥量の組み合わせがトウモロコシ収量に及ぼす影響(3傾斜の平均。異なるアルファベットは5%水準で有意)

表1 主要な降雨時の水移動とチッソ溶脱量(傾斜5度、播種後27-28日目の事例)

処理の組み合わせ (N施肥量 kg ha ⁻¹)	自然休耕	HV作付け
	耕起	不耕起
	100	50
降水量 mm	145.0	145.0
表面流出量 mm	30.6	7.1
下方浸透量 mm	86.0	130.3
NO ₃ -N 濃度 g m ⁻³	1.1	25.8
NO ₃ -N 溶脱量 kg ha ⁻¹	0.9	33.6

注) 浸透水は地表から60 cm 深さに埋設した簡易ライシメーターにより集水。

表2 トウモロコシ栽培におけるチッソ(N)収支 (kg ha⁻¹)

処理の組み合わせ (N施肥量 kg ha ⁻¹)	自然休耕	HV作付け
	耕起	不耕起
	100	50
バイオマス-N	13.2 (雑草)	150.1 (HV)
肥料-N	100.0	50.0
インプット N	113.2	200.1
うち可給態 N	108.7	133.7
N 吸収量	95.6	96.2
溶脱 N量	11.1	36.5
アウトプットN	106.7	132.7
可給態 N-アウトプットN	2.0	1.0
N収支	6.5	67.4

[その他]

研究課題: 土壌の地表面流出軽減技術の開発

プログラム名: 開発途上地域の土壌、水、生物資源等の持続的な管理技術の開発

予算区分: 交付金「島嶼生産環境」

研究期間: 2010 (2006~2010)

研究担当者: 南雲不二男・中村乾(農業環境技術研究所)

発表論文等: Nagumo, F. et al. (2013) Soil Sci. Plant Nutr., 59: 249-261

[成果情報名] 新規硝化抑制剤としての脂肪酸および脂肪酸メチルエステルの同定

[要約] 各種脂質のうち脂肪酸のリノール酸、 α -リノレン酸、 γ -リノレン酸、および脂肪酸エステルであるリノール酸メチルはある種の土壌微生物の働きによるアンモニアから硝酸が生成される過程、すなわち硝化（硝酸化成）を強く抑制する。リノール酸メチルは、 α -リノレン酸やリノール酸よりも硝化抑制活性が強く、残効性も長い。

[キーワード] リノール酸、リノール酸メチル、リノレン酸、脂肪酸、硝化抑制

[所属] 国際農林水産業研究センター 生産環境・畜産領域

[分類] 研究 A

[背景・ねらい]

ある種の土壌微生物の働きによるアンモニアから硝酸が生成される過程、すなわち硝化（硝酸化成）は、農業や園芸などの生産に用いる窒素肥料の大幅な損失を引き起こし、土壌環境汚染の原因ともなっている。このような土壌の硝化を抑制するため、従来、主にニトラピリン（2-クロロ-6-トリクロロメチルピリジン）やジシアンジアミド等の合成硝化抑制剤が用いられてきた。これらのうち、ニトラピリンは揮発性が高く、地温が 20℃以上の条件ではほとんど効果がないため、北米の冬季作等、限られた環境でのみ使用可能であった。一方、ジシアンジアミドは、ニトラピリンに比較して高い温度でも有効であるが、使用濃度が高く、かつ高価であることから農業生産コストに大きく影響するため、利用されている地域は限られている。また、これらの使用は安全性の面で懸念がある。このような背景から、熱帯から温帯にかけての広い地域で利用可能であり、経済的で安全な硝化抑制剤の開発が求められている。

[成果の内容・特徴]

1. 各種脂質のうち脂肪酸のリノール酸、 α -リノレン酸、 γ -リノレン酸、および脂肪酸エステルであるリノール酸メチルは、硝化細菌 *Nitrosomonas europaea* の代謝活性を強く阻害する。上記 4 物質の活性阻害率は 20 ppm の濃度で 95% である（図 1、2）。
2. 他の脂肪酸のステアリン酸、オレイン酸、パクセン酸、アラキドン酸、そして脂肪酸エステルのリノール酸エチル、 α -リノレン酸メチルでは阻害活性はみられない。
3. リノール酸、 α -リノレン酸、 γ -リノレン酸、リノール酸メチルの 80% 阻害濃度（ED₈₀）は、それぞれ 16、12、16、8 ppm である。なお、合成硝化抑制剤であるニトラピリンは 4 ppm であり、ジシアンジアミドは 185 ppm である。
4. リノール酸、 α -リノレン酸、リノール酸メチルは土壌中でのアンモニアからの硝酸の生成、すなわち硝化を強く抑制する（図 3）。 α -リノレン酸とリノール酸メチルは、リノール酸よりも硝化抑制活性が強く、残効性も長い。特に、リノール酸メチルは、硝化抑制する能力が高い。

[成果の活用面・留意点]

1. リノール酸、 α -リノレン酸、リノール酸メチルは、室内試験で土壌中の硝化を抑制することから、ジシアンジアミド等に代わる硝化抑制剤として実用化が期待できる。
2. リノール酸、 α -リノレン酸、リノール酸メチルの圃場レベルでの硝化抑制効果は未検討であることから、今後、実験によりその確認が必要である。

[具体的データ]

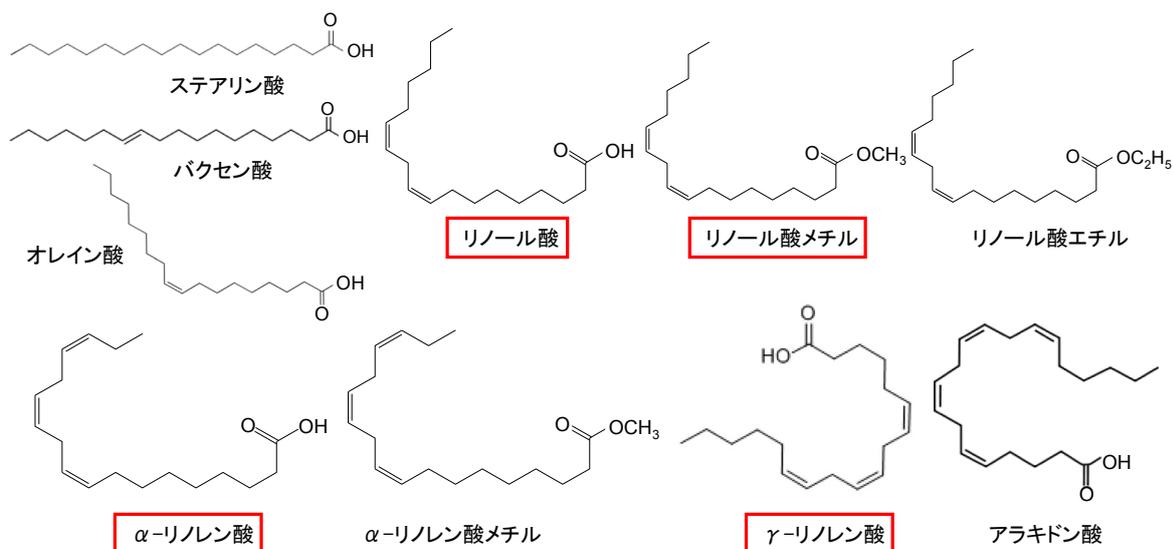


図1 各種脂肪酸および脂肪酸エステル(囲みのある物質に活性あり)

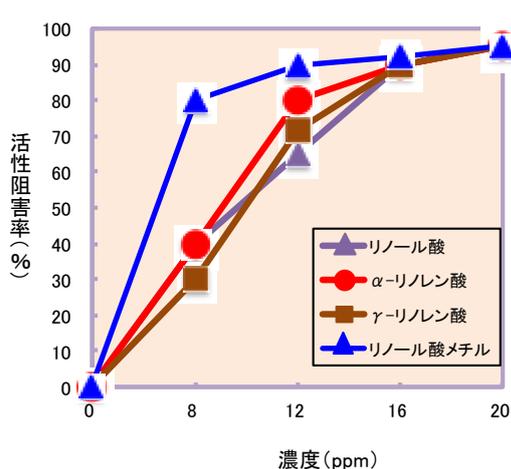


図2 各物質の濃度と硝化細菌 *Nitrosomonas europaea* の活性阻害との関係

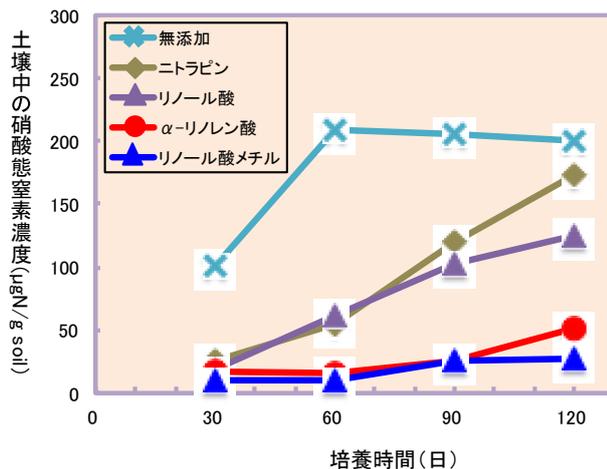


図3 各物質添加土壌での硝酸態窒素濃度の経時的変化(室内試験)

ニトラピンの添加濃度4.5ppm, その他の添加濃度1000ppm、硫酸アンモニウム濃度 Nとして200ppm、培養温度20℃

[その他]

研究課題：生物的硝化抑制作用の解明とその利用

プログラム名：開発途上地域の土壌、水、生物資源等の持続的な管理技術の開発

予算区分：交付金 [硝化抑制]

研究期間：2006～2007年度 (2006～2010年度)

研究担当者：Subbarao, G.V.・中原和彦・石川隆之・吉橋 忠・小野裕嗣 (食品総合研究所)・亀山真由美 (食品総合研究所)・吉田 充 (食品総合研究所)

発表論文等：1) Subbarao, G. V. et al. (2008) Plant and Soil, 313: 89-99

2) 特許第 5067520 号、発明の名称「土壌の硝化抑制方法」(登録日 平成 24 年 8 月 24 日)

[成果情報名] ソルガム根からの生物硝化抑制物質の分泌機構の解析

[要約] ソルガムの根からの硝化抑制物質の分泌には、根圏 pH、アンモニウムイオン (NH_4^+) の取り込み、細胞膜 H^+ -ATP アーゼ (ATP の加水分解エネルギーを利用して H^+ を細胞外へと輸送するタンパク質、プロトンポンプ) が大きく関わっている。低い根圏 pH と NH_4^+ の取り込みが硝化抑制物質の分泌を促進する。 H^+ -ATP アーゼ活性促進により硝化抑制物質の分泌量は増加し、阻害により分泌量は減少する。

[キーワード] ソルガム、生物的硝化抑制物質、根圏 pH、細胞膜 H^+ -ATP アーゼ

[所属] 国際農林水産業研究センター 生産環境・畜産領域

[分類] 研究 B

[背景・ねらい]

植物が自身の根から物質を分泌して、ある種の土壤微生物の働きによるアンモニアから硝酸が生成される過程、すなわち硝化(硝酸化成)を制御することを「生物的硝化抑制」とよぶ。これは、植物が低濃度窒素環境に適応するために進化の過程で獲得した形質である。つまり、植物が分泌する硝化抑制物質は硝化菌の NH_4^+ の消費を抑え、結果的に植物側の窒素吸収量は増加する。ソルガムは生物的硝化抑制能をもっており、アンモニウムイオン (NH_4^+) 存在下で硝化抑制物質の分泌量は増加し、逆に硝酸イオン (NO_3^-) 存在下では分泌量は減少する。しかし、根での NH_4^+ の取り込みから硝化抑制物質の分泌までの活性化機構の詳細は不明のままである。この機構を明らかにして、ソルガムでの生物的硝化抑制の実用化に際して考慮すべき情報とする。

[成果の内容・特徴]

1. 水耕栽培のソルガムでは、窒素源として NH_4^+ を用いると NO_3^- の場合よりも根からの硝化抑制物質の分泌量が増える。根圏 pH を 3.0 にすると、どちらを窒素源としても 7.0 の場合よりも分泌量が多くなる (図 1a)。
2. 根の細胞膜 H^+ -ATP アーゼ活性への窒素源の影響をみると、 NH_4^+ のほうが NO_3^- よりもどちらの根圏 pH (3.0 と 7.0) でも高くなる。また、根圏 pH の影響を比較すると、3.0 ほうが 7.0 の場合よりも H^+ -ATP アーゼ活性はどちらの窒素源でも高くなる (図 1b)。
3. 上記条件下では細胞膜 H^+ -ATP アーゼ活性と硝化抑制物質の分泌との間には高い正の相関があり、 NH_4^+ による分泌促進効果は H^+ -ATP アーゼ活性の増大と強く関係している (図 2)。
4. 水耕栽培での根分け法を用いてソルガムの根の半分それぞれに H^+ -ATP アーゼの活性促進物質のフシコクシンと阻害物質のバナジン酸を作用させると、硝化抑制物質の分泌と H^+ -ATP アーゼ活性は両者とも各物質の効果に対応して促進あるいは阻害される (図 3)。このことは、細胞膜 H^+ -ATP アーゼが硝化抑制物質の分泌に重要な役割をもっていることを示している。
5. 以上より、ソルガムでの硝化抑制能物質の分泌機構は次のように推定される。 NH_4^+ が根細胞内へと取り込まれて同化された後に形成される H^+ は、活性化された細胞膜 H^+ -ATP アーゼにより細胞外へと排出される。細胞質内の負のポテンシャルが増大して、細胞膜のアニオンチャンネルを通して硝化抑制物質が細胞外へと分泌される (図 4)。

[成果の活用面・留意点]

1. ソルガムによる硝化抑制物質の分泌が低 pH の根圏条件で促進されることから、ソルガムがもつ生物的硝化抑制能を有効に活用するための情報として利用する。半乾燥熱帯地域の Alfisols (土壌 pH 6 以下)、南アメリカの Ultisols (土壌 pH 5 以下)、西アフリカの Sandy-loams (土壌 pH 6 以下) のような軽埴土でソルガムの生物的硝化抑制能が発揮されやすいと考えられる。
2. 強い生物的硝化抑制能をもつソルガムの実用品種開発において有効な情報となる。

[具体的データ]

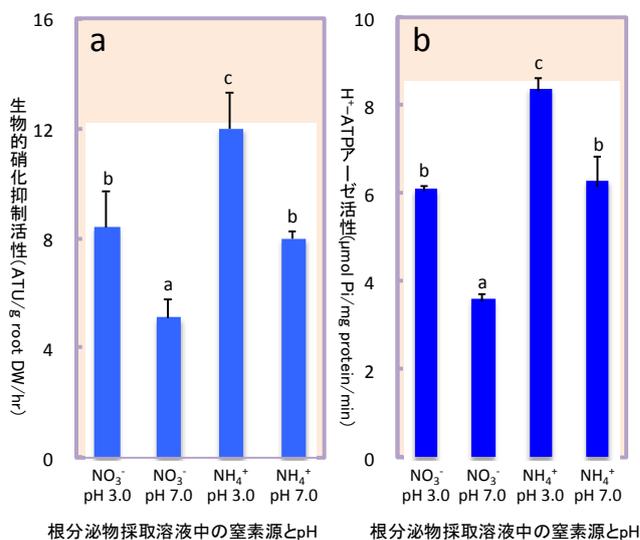


図1 ソルガムの生物的硝化抑制活性 (a) および細胞膜H⁺-ATPアーゼ活性 (b) に及ぼす根分泌物採取溶液の窒素源とpHの影響 (水耕栽培)

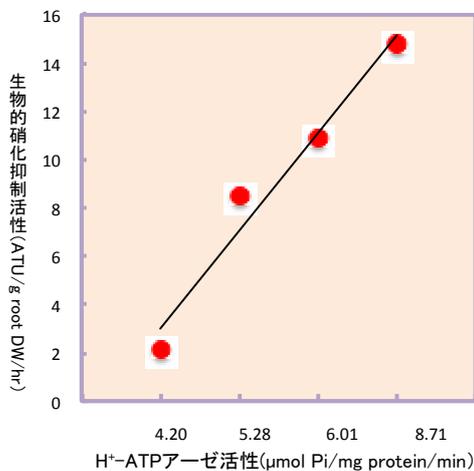


図2 水耕栽培におけるソルガムの根からの生物的硝化抑制物質の分泌量と細胞膜H⁺-ATPアーゼ活性との関係性

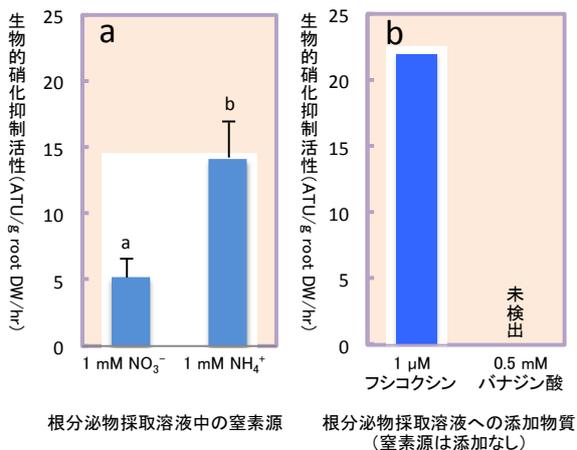


図3 ソルガムの生物的硝化抑制活性に及ぼす窒素源 (a) とH⁺-ATPアーゼの活性促進物質フコクシンおよび活性阻害物質バナジン酸 (b) の添加の影響(水耕栽培、根分け法)

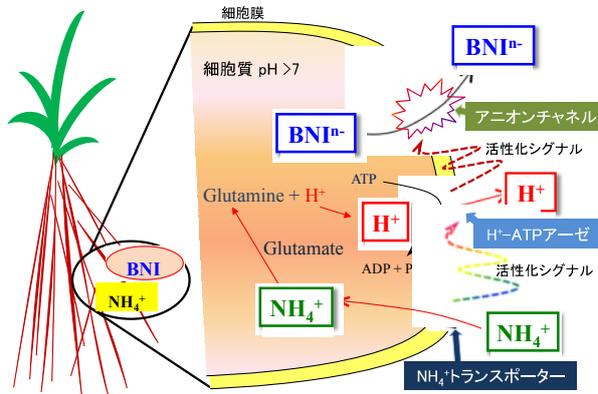


図4 ソルガムにおけるアンモニウムイオン(NH₄⁺)の取り込みによる硝化抑制物質(BNI⁻)の分泌機構の推定図

[その他]

研究課題：生物的硝化抑制作用の解明とその利用

プログラム名：開発途上地域の土壌、水、生物資源等の持続的な管理技術の開発

予算区分：交付金 [硝化抑制]

研究期間：2009～2010年度 (2006～2010年度)

研究担当者：Zhu, Y.・Zeng, H. (南京農業大学)・Shen, Q. (南京農業大学)・石川隆之・Subbarao, G.V.

発表論文等：Zhu, Y. et al. (2012) Plant and Soil, 358: 131-141

[成果情報名] ダイズさび病抵抗性に関する研究のための実験マニュアル

[要約] ダイズさび病抵抗性に関する実験手法を取りまとめたマニュアルである。本マニュアルをさび病菌の病原性の変異、並びに抵抗性の遺伝解析や選抜育種等に活用することで手法や材料が統一され、大豆生産の重要な阻害要因であるダイズさび病の対応策開発の効率化が期待できる。

[キーワード] ダイズさび病、病原性、抵抗性

[所属] 国際農林水産業研究センター 生物資源・利用領域

[分類] 研究B

[背景・ねらい]

ダイズは北米・南米を主産地とし、世界で約 2.5 億トンを生産する最も重要なマメ科作物である。そこで、南米をはじめとする熱帯・亜熱帯地域の大豆安定生産上の大きな阻害要因となっているダイズさび病に対して、これまで病原性変異の解析や抵抗性ダイズ品種育成等の取り組みが各国で精力的に行われてきた。一方、ダイズさび病菌は国境を越えて極めて広い範囲に拡大するため、各国でダイズの抵抗性評価に関して共通の指標を持ち、お互いの情報を有効に活用して対応策を効率的に開発することが重要と考えられる。しかしながら、ダイズさび病抵抗性に関する評価手法が統一されていなかったため、ダイズさび病菌の病原性やダイズのさび病抵抗性の評価データを異なる機関の間で比較することは困難であった。マニュアルの導入により、統一した手法によるこれらの評価が期待される。

[成果の内容・特徴]

1. 「ダイズさび病抵抗性に関する研究のための実験マニュアル：Laboratory manual for studies on soybean rust resistance」には、ダイズさび病抵抗性の評価に関する実験プロトコール（第1章）として、さび病菌夏胞子の増殖方法、さび病菌の単病斑分離法、ダイズへのさび病菌接種法、さび病菌の病原性評価法、ダイズのさび病抵抗性・耐性の評価法が記載されている。また、マーカー選抜育種に活用できる抵抗性のマーカー選抜に関する実験プロトコール（第2章）が記載されている（図1、表1）。
2. 本マニュアルは国際農林水産業研究センターホームページより最新版が自由にダウンロード・閲覧できる。
(http://www.jircas.affrc.go.jp/english/manual/soybean_rust/JIRCAS_manual_soybean_rust.pdf)

[成果の活用面・留意点]

1. 本マニュアルは、現在、日本をはじめ南米3ヶ国4機関で採用され活用されているが、南米だけでなくダイズさび病が発生するあらゆる国・地域で活用できる。
2. 各判別品種は1植物体から増殖した種子を利用している。本マニュアルに記載の方法でダイズさび病菌の病原性を評価する場合、ダイズ判別品種（表2）はJIRCASに連絡の上で入手する必要がある。
3. 本マニュアルに従って得られたさび病菌の病原性データは、これまでに得られている病原性情報（Akamatsu et al., 2013 等）と比較することが出来る（表2）。

[具体的データ]

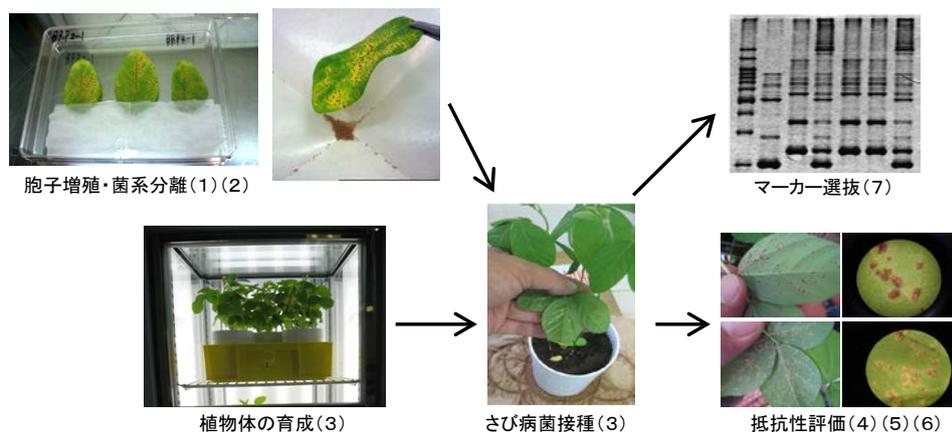


図1 ダイズさび病に対する抵抗性評価の流れ. 数字はマニュアル内容(表1)との対応

表1 マニュアルの構成とその内容

図1との対応	項目	内容
(1)	・さび病菌の胞子の増殖	ダイズさび病菌の接種試験に必要な夏胞子を増殖する方法
(2)	・単病斑分離菌系の獲得	複数の菌系が混在しているサンプルからの単病斑分離方法
(3)	・ダイズへのさび病菌接種	ダイズ植物体の育成とさび病菌胞子懸濁液の調製・接種方法
(4)	・さび病菌の病原性評価	さび病菌サンプルの病斑型に基づく病原性評価方法
(5)	・ダイズのさび病抵抗性評価	病斑型に基づくダイズのさび病抵抗性判定方法
(6)	・ダイズのさび病耐性評価	感染指数・黄化度に基づくダイズのさび病耐性評価方法
(7)	・抵抗性のマーカー選抜	さび病抵抗性マーカー選抜育種のための SSR マーカー分析法

表2 判別品種に対するさび病菌サンプルの病原性データの例

採取国	採取地	採集年	判別品種 番号	判別品種*															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
アルゼンチン	Pergamino,	2007/2008	PI 200492	S	S	S	S	nd	S	R	R	nd	R	S	R	R	nd	S	S
	Buenos Aires	2009/2010	PI 368039	S	S	S	S	S	R	IM	S	I	R	S	S	IM	S	S	S
ブラジル	Passo Fundo,	2007/2008	PI 230970	S	S	R	IM	S	S	R	IM	IM	S	S	IM	R	S	S	S
	Rio Grande do Sul	2008/2009	PI 417125	S	S	IM	S	I	IM	R	S	I	I	S	I	R	S	S	S
パラグアイ	Capitán Miranda, Itapúa	2007/2008	PI 462312	S	S	S	S	S	R	S	I	I	R	S	I	R	S	S	S
		2008/2009	PI 459025	S	R	S	S	S	R	R	R	I	I	S	I	R	S	R	S
		2009/2010	PI 200562	IM	S	IM	IM	I	IM	R	IM	I	I	S	I	R	S	R	S
日本	つくば	2007	PI 416764	R	R	S	R	R	R	R	nd	I	S	R	R	nd	S	S	S
	つくば	2008	PI 587855	I	I	R	R	R	R	I	I	nd	R	R	R	nd	nd	S	R

I: 免疫性型; R: 抵抗性型; IM: 中間型; S: 感受性型; nd: データなし

*最新の判別品種には、17. PI 517602Bと18. No6-12-1が加わる。

[その他]

研究課題: 食料供給安定・生産向上を目指した畑作物育種技術の開発

プログラム名: 熱帯等の不安定環境下における農作物等の生産性向上・安定生産技術の開発

予算区分: 交付金 [畑作安定供給]

研究期間: 2013年度(2011~2015年度)

研究担当者: 山中直樹・赤松創・山岡裕一(筑波大)

発表論文等: 1) "Laboratory manual for studies on soybean rust resistance"

http://www.jircas.affrc.go.jp/english/manual/soybean_rust/JIRCAS_manual_soybean_rust.pdf

2) Yamanaka, N. et al. (2013) Crop Breed Appl Biotechnol, 13: 75-82

3) Akamatsu, H. et al. (2013) J Gen Plant Pathol, 79: 28-40

[成果情報名] イネの根において通気組織形成は窒素欠乏によって誘導される

[要約] イネの根において、細胞の崩壊による通気組織の形成は窒素栄養の欠乏によって誘導される。酸素欠乏による誘導的通気組織の形成とは異なり、窒素欠乏による誘導的通気組織は根の基部から形成される。イネの根の通気組織は、自発的形成、酸素欠乏による誘導的形成に加え、窒素欠乏による誘導的形成の少なくとも3種の形成機構が存在している。異なる機構で形成される通気組織を調査することで、イネの根の通気組織形成に関わる遺伝子群の機能解明が期待できる。

[キーワード] イネ、根、自発的通気組織、誘導的通気組織、窒素欠乏

[所属] 国際農林水産業研究センター 生物資源・利用領域

[分類] 研究 A

[背景・ねらい]

作物の根の通気組織は、地上部から根端への酸素の供給を担っており、湛水耐性に重要な組織であることが考えられている。湛水耐性が弱い畑作物では、自発的通気組織はほとんど形成されないが、栄養欠乏や酸素欠乏などに応じて誘導的通気組織は形成される。一方、湛水耐性が強いイネでは、酸素欠乏などの環境要因に応じた誘導的通気組織の形成に加え、自発的通気組織が形成されるため、通気組織形成機構がより複雑と考えられている。特に、土壌で最も不足しやすい栄養である窒素の濃度に応じた誘導的通気組織は、根で消費されるエネルギー消費の抑制に効果的であると考えられるが、窒素条件が形成機構に及ぼす影響は不明である。窒素濃度と誘導的通気組織の形成機構との関係を明らかにすることにより、イネの通気組織形成機構の解明、およびその形成を制御する遺伝子の同定が期待される。

[成果の内容・特徴]

1. pH を厳密に制御した水耕栽培方法を用いることにより、pH の低下によって引き起こされる生長阻害を解消させることができる (図 1)。
2. イネの根全体においての通気組織は窒素欠乏により誘導的に形成される (図 2)。
3. イネの種子根において、酸素欠乏による誘導的通気組織は根の先端から形成されるのに対し、窒素欠乏による誘導的通気組織は根の基部から形成される (図 3)。
4. イネの根の通気組織は、自発的形成、酸素欠乏による誘導的形成に加え、窒素欠乏による誘導的形成の少なくとも3種の形成機構が存在している (図 3)。

[成果の活用面・留意点]

1. 本成果は、自発的、窒素欠乏および酸素欠乏による誘導的通気組織形成に関連する遺伝子の単離・同定に活用できる。
2. 本成果は、日本型イネ 2 品種、日印交雑品種 1 品種、インド型イネ 1 品種においても確認されている。
3. 自発的形成に関与する遺伝子は、遺伝子組換え技術を用いた畑作物への湛水耐性の付与への活用が期待できる。

[具体的データ]

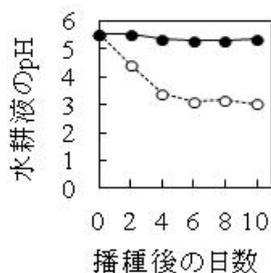


図1 水耕液のpH変化(左)と植物体への生長阻害の解消(右)

●は本研究、○は従来法

**は、有意水準1%を示す。

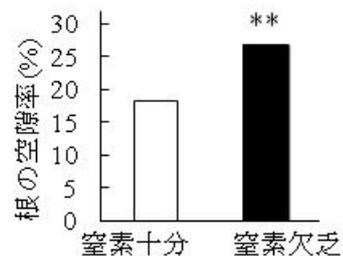
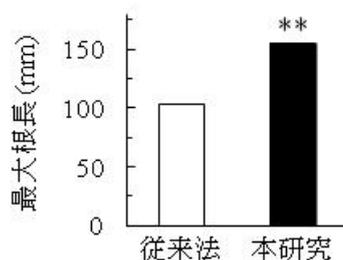


図2 窒素欠乏による根全体の通気組織の形成程度を表す空隙率の増加

播種後10日のイネの根を用いている。

**は、有意水準1%を示す。

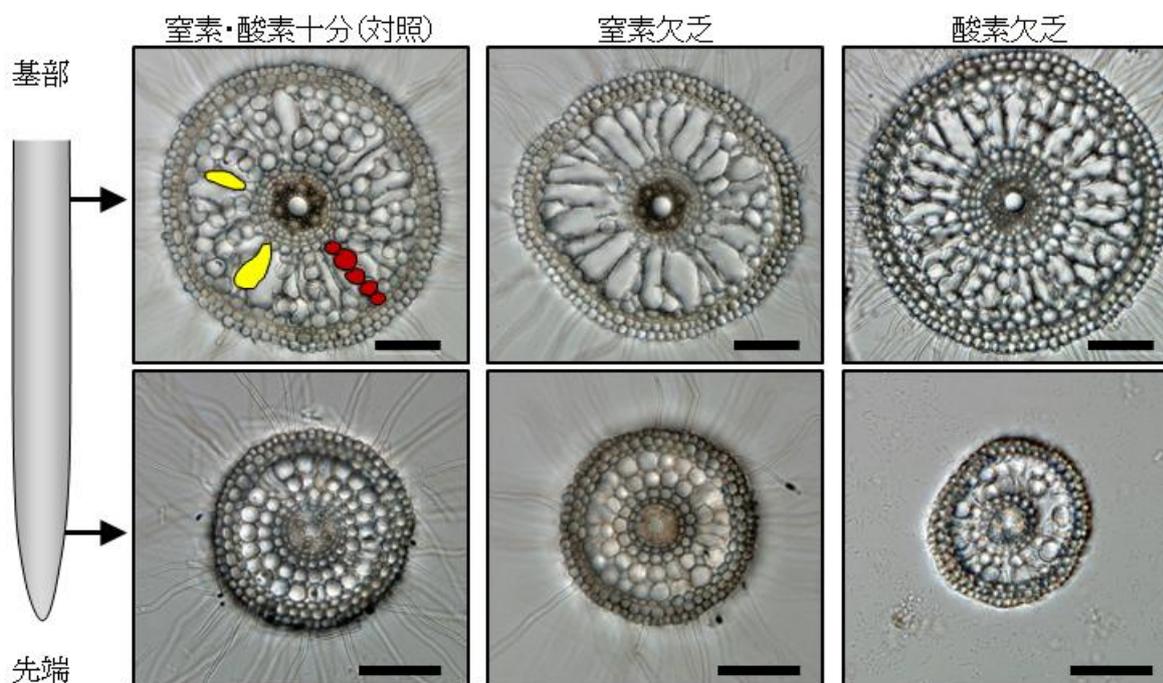


図3 播種後6日のイネの種子根の基部と先端付近における自発的および誘導的通気組織の形成
赤で示した皮層細胞が崩壊し、黄色で示した通気組織が形成される。対照である窒素、酸素十分条件では自発的通気組織が観察される。自発的通気組織に加え、窒素欠乏では基部から、および酸素欠乏では先端から、それぞれの誘導的通気組織が観察される。バーは100 μmを示す。

[その他]

研究課題：食料供給安定・生産向上を目指した畑作物育種技術の開発

プログラム名：熱帯等の不安定環境下における農作物等の生産性向上・安定生産技術の開発

予算区分：受託[生研センターイノベーション創出基礎的研究推進事業]、交付金[畑作安定供給]

研究期間：2013年度(2011~2015年度)

研究担当者：小原実広・安彦友美

発表論文等：Abiko, T. and Obara, M. (2014) Plant Science, 215-216: 76-83

[成果情報名] ブルキナファソ産リン鉱石は水田への直接施用において高い肥効を示す

[要約] ブルキナファソ産リン鉱石は水田への直接施用により、イネ収量を向上する。またリン酸あたり同量施用では化学肥料とほぼ同程度の収量を期待できる。

[キーワード] リン鉱石、直接施用、稲、アフリカ

[所属] 国際農林水産業研究センター 生産環境・畜産領域

[分類] 研究 A

[背景・ねらい]

サブサハラ・アフリカ (SSA) 稲作では、低土壌肥沃度環境が収量を制限する大きな要因となっており、中でも土壌中リン酸含量の低さが問題として挙げられている。また、一般に化学肥料は高価であるため、化学肥料を代替できる安価なリン酸資源が求められている。一方で SSA にはリン鉱床が多く確認されており、産出するリン鉱石を直接施用することが可能であるが、産出されるリン鉱石の多くは溶解度が低く、一般的に畑作物において直接施用による効果は低いとされている。しかし、水稻作においては土壌環境が畑作とは異なり、リン鉱石直接施用が有用である可能性があり、域内で産出されるリン鉱石直接施用の有効性が確認出来れば、当該地域における安価なリン酸資源として活用できる。そこで、SSA 稲作の代表的農業生態系である、サバンナ帯および赤道森林帯の稲作圃場において、ブルキナファソ産リン鉱石 (BPR) の直接施用効果を検証する。

[成果の内容・特徴]

1. ガーナ国内のサバンナ帯および赤道森林帯の二つの農業生態系において、稲作農家圃場を各 2 地点設定し、BPR の直接施用効果を評価するための試験を実施する (表 1)。
2. 供試した BPR は Kodjari 産出の堆積性リン鉱石で、微粉碎されたもの (およそ 70 メッシュ) である。
3. BPR 施用区では、リン酸施用量に応じて稲収量が増加することから (図 1)、BPR の直接施用が稲作において有効である。また、稲植物によるリン吸収量と稲収量との間には正の相関があり (図 2)、施用したリン酸が有効に働いたと考えられる。
4. リン酸として同量施用した化学肥料 (重過リン酸石灰 : TSP) 区の収量と BPR 施用区の収量はほぼ同程度であることから、BPR は TSP を代替できるリン資材であるといえる。

[成果の活用面・留意点]

1. ブルキナファソにはリン酸として約 1 億トンの埋蔵量が推定されており、類似の未利用リン鉱石は周辺各国の埋蔵量を合わせるとリン酸として約 6 億トンの埋蔵量があるとされている。
2. BPR は既存研究により、溶解度が低く直接施用には適さないとされていたが、この成果は直接施用によっても活用可能であることを示すものである。
3. BPR は今のところ調査地であるガーナ国内での流通は認められないものの、ブルキナファソにおいては、リン化学肥料の約 1/4 の価格で購入出来ることから、サブサハラ・アフリカ稲作における利活用が期待できる。
4. 稲作における BPR 直接施用の残効は、地点間の差異が認められる。残効の高い地点では、連続施用の 80~116% の収量が得られ、高い残効が期待できる (未発表データ)。
5. 本成果は 2 年間の試験による成果であり、気候条件等により効果が変動する可能性がある。
6. BPR 直接施用は、土壌のリン酸吸収係数が非常に高い場合、効果が認められない場合が報告されている (Fukuda et al. (2013))。

[具体的データ]

表1 リン鉱石直接施用試験における各処理区の施肥量 (kg ha⁻¹)

処理区	リン酸肥料	サバンナ帯			赤道森林帯		
		P ₂ O ₅	N	K ₂ O	P ₂ O ₅	N	K ₂ O
Zero [†]	なし	0	0	0	-	-	-
Control	なし	0	60	30	0	90	60
PR-L	BPR*	67	60	30	67	90	60
PR-M	BPR*	135	60	30	135	90	60
PR-H	BPR*	270	60	30	270	90	60
TSP	TSP**	270	60	30	270	90	60
TSP-rec [†]	TSP**	-	-	-	60	90	60

[†] サバンナ帯では、完全無施用区 (Zero) を設定し、赤道森林帯では、TSP を推奨量(60 kg P₂O₅/ha) 施用する試験区を設定した (TSP-rec)

*ブルキナファソ産リン鉱石 (P₂O₅ 26%, Ca 32%, Si 6%)

**重過リン酸石灰

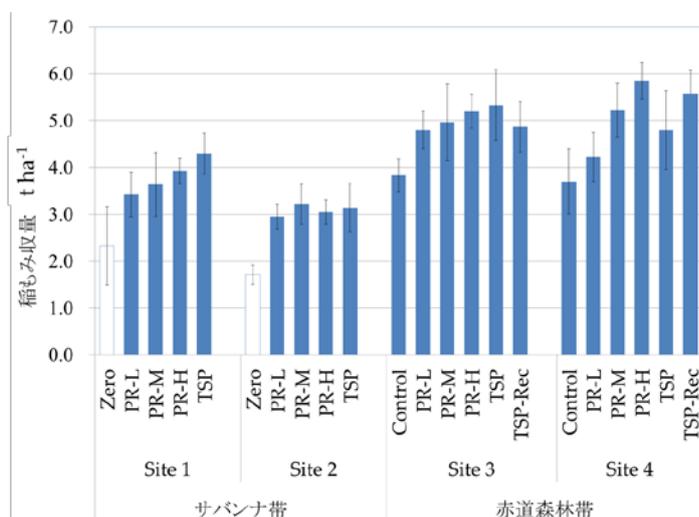


図1 ガーナ稲作におけるブルキナファソ産リン鉱石の直接施用が稲収量に及ぼす影響 各データは3反復の平均値であり、エラーバーは標準誤差で示した。なお、各地点の試験開始時の土壌pHを以下に示す。Site 1; 5.60, Site 2; 5.83, Site 3; 4.53, Site 4; 5.70。

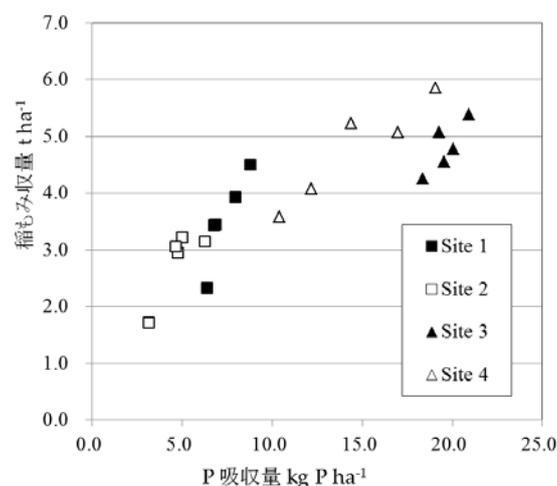


図2 ブルキナファソ産リン鉱石直接施用によるリン吸収量と稲収量の関係 リン吸収量は、イネ止葉中のリン酸濃度を乾式灰化法により定量し、地上部乾物重を乗じて算出した。

[その他]

研究課題：アフリカにおける土壌肥沃度改善検討調査

プログラム名：熱帯等の不安定環境下における農作物等の生産性向上・安定生産技術の開発

予算区分：受託 [農水省・大臣官房・肥沃度資源]

研究期間：2013年度 (2009～2013年度)

研究担当者：中村智史・福田モンラウィー・飛田哲

発表論文等： 1) Nakamura, S. et al. (2013) African Journal of Agricultural Research, 8: 1779-1789

2) Nakamura, S. et al. (2013) JARQ, 47: 353-363

[成果情報名] イネ種子のプライミングは発芽・出芽の速度および斉一性を向上する

[要約] イネ種子のプライミング処理は発芽および出芽時間を短縮させるとともに苗立ちの斉一性を改善するため、直播技術開発における苗立ち率の向上に活用できる。

[キーワード] アフリカ、水稲直播、苗立ち

[所属] 国際農林水産業研究センター 生産環境・畜産領域

[分類] 研究 B

[背景・ねらい]

アフリカの天水低湿地における水稲直播栽培技術の開発において、初期成育とりわけ出芽速度と苗立ち率の向上は安定生産維持のために極めて重要である。不良条件下での出芽のばらつきによる初期成長速度の個体間差異は、イネの受光態勢や乾物生産の低下、また収量へ影響を及ぼす。特に天水低湿地においては、播種時の土壤水分を制御することが難しいため、幅広い土壤水分条件下で苗立ちを良好にする技術の確立が求められる。そこで、種粒を水に一定期間浸漬・乾燥し、発芽過程を人工的に進める、いわゆるプライミング処理による発芽・出芽促進効果を検討する。本技術の天水低湿地への応用が可能となれば、安定したコメ生産体系の確立と拡大に貢献することが期待できる。

[成果の内容・特徴]

1. プライミングの効果は、水温 20℃では 24 時間と 48 時間浸漬、水温 30℃では 12 時間浸漬のプライミング処理で顕著である。アフリカの環境に比較的近い水温 30℃12 時間浸漬で、無処理区に比較すると発芽が約 18 時間短縮する（表 1）。
2. 閉鎖系で設定した 3～20%の土壤含水率において、無処理区に比べてプライミング区で発芽後の鞘葉の伸長速度が 1.2 倍以上向上する（図 1）。このことは、プライミングによって発芽の高速化に苗成長速度の上昇が付加されることで出芽速度が向上・安定化することを示している。
3. 圃場容水量（土壤が吸収できる水分の重量%）が 22.2%の砂質土壤では、3～20%の範囲の土壤含水率において、プライミングの効果が認められる。特に、乾燥状態にある土壤含水率 8%で最も高いプライミングによる出芽時間短縮効果を示すとともに、より厳しい乾燥条件においてもプライミングは出芽時間を短縮する（図 2）。
4. 出芽の斉一性は土壤含水率 6%および 20%を除き、無処理区に比べプライミング区で向上する（図 3）。

[成果の活用面・留意点]

1. 現場で特別な施設を必要とせず、種もみの簡易的な作業（吸水と乾燥）によって、プライミングの処理を施すことができる。
2. アフリカの天水低湿地において高速発芽と出芽が得られる。
3. 乾燥種子は芽出しと異なり、保存が利く。
4. プライミング処理中の長時間の浸種は発芽を誘起するため、浸種時間を遵守する。

[具体的データ]

表1 プライミングの種々の処理温度・処理時間における発芽時間(h)

浸漬時間 (h)	浸漬温度(°C)			
	15	20	25	30
6			39.7 ± 4.6 ns	35.5 ± 1.7 **
12	46.0 ± 0.5 ns	37.7 ± 2.3 *	35.6 ± 0.8 **	34.4 ± 0.7 **
24	39.0 ± 0.7 **	34.4 ± 1.3 **	35.6 ± 1.0 **	35.6 ± 1.8 **
36	41.6 ± 2.0 *	36.7 ± 1.2 **	39.7 ± 0.7 **	
48	36.0 ± 0.5 **	34.3 ± 0.3 **	-	
60	37.9 ± 1.7 **	36.5 ± 1.2 **		
96	36.2 ± 1.4 **	44.1 ± 3.8 ns		
120	40.0 ± 2.0 *	-		
無処理	51.9 ± 2.4			

発芽率が50%に到達するに要した時間を発芽時間とした。表中の-は発芽率が50%未満であったことを示す。

平均値±標準誤差。

**, *は無処理との間に1%, 5%水準で有意差あり(T-検定)。

各温度・時間で浸漬後, 25°Cで24時間(浸漬前の種子重まで)乾燥させた。

発芽検定は30°C定温暗条件で行われた。

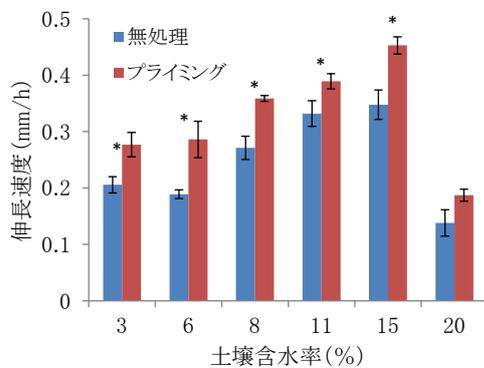


図1 鞘葉伸長速度に対するプライミングの効果
*は無処理との間に5%水準で有意差あり(T-検定)。

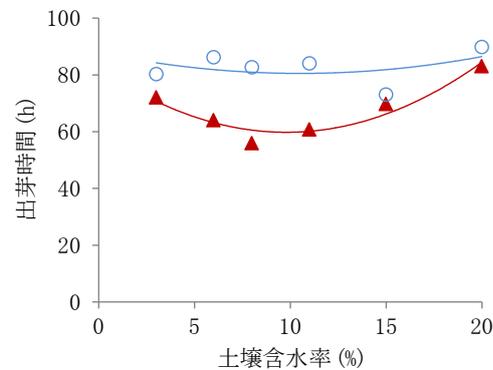


図2 プライミングによる出芽時間の短縮効果
無処理: $\circ, y = 0.066x^2 - 1.385x + 87.814, r=0.395$
プライミング: $\blacktriangle, y = 0.237x^2 - 4.630x + 82.442, r=0.957^{**}$

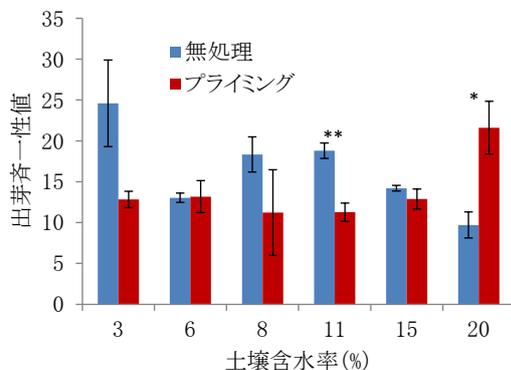


図3 出芽斉一性値(右式)に対するプライミングの効果
※低い値ほど出芽が斉一であることを示す。

発芽斉一性値 (GU) は平均発芽時間の標準偏差を意味し, その計算式は

$$GU = \sqrt{\frac{\sum\{(D-\bar{D})^2 \times n\}}{\sum n - 1}}$$

で示される。

\bar{D} : 平均出芽時間, D : 播種後時間, n : D 時の発芽数

[その他]

研究課題: 氾濫低湿地における低投入稲作技術体系の開発

プログラム名: 熱帯等の不安定環境下における農作物等の生産性向上・安定生産技術の開発

予算区分: 交付金[アフリカ稲作振興 III]

研究期間: 2013年度 (2011-2015年度)

研究担当者: 松嶋賢一・坂上潤一

発表論文等: Matsushima, K. et al. (2013) American Journal of Plant Sciences, 4: 1584-1593

[成果情報名] カンボジアのイネいもち病菌レースは地域によってその出現頻度が異なる

[要約] カンボジアのイネいもち病菌菌系は判別品種への反応から3つグループに分けられ、グループの出現頻度は、メコン川流域とトンレサップ湖周辺、さらにアンコールワットで知られるシェムリアップ県と他の地域では異なっている。

[キーワード] いもち病、菌系、病原性、稲、カンボジア、

[所属] 国際農林水産業研究センター 生物資源・利用領域、熱帯・島嶼研究拠点

[分類] 研究 B

[背景・ねらい]

JIRCAS の国際いもち病ネットワーク研究では、防除技術開発の基礎となる判別システムの開発と世界各地のいもち病菌菌系の病原性の評価、多様性の解析を進めている。しかしメコン川流域の東南アジア諸国におけるいもち病菌レースの分化や多様性に関する研究は少なく、特にカンボジアにおいてはその病気そのものの発生や被害の程度も把握されていない。

[成果の内容・特徴]

1. 合計 122 のいもち病菌菌系は、感受性品種の LTH と 23 種の抵抗性遺伝子を対象とした判別品種群(一遺伝子系統群または LTH の準同質遺伝子系統) の反応パターンをもとに 3 つのグループ(I、IIa、IIb)に分類される。
2. グループ I は、IIa に比べて、特に *Pii*、*Pi3*、*Pi5(t)*、*Pik-s*、*Pi12(t)*、*Pita* に対して病原性を示す菌系頻度が増し、*Pi20(t)* に対しては減る。
3. グループ IIb は、*Pib*、*Pit*、*Pia*、*Piz-t*、*Pi19(t)* に対して病原性の菌系頻度が増す。
4. またグループ IIa は、判別品種群に最も広い病原性を示し、広くカンボジア国内に分布し、特にメコン川流域に高頻度で現れる。
5. グループ I はシェムリアップ県に特に多く、他のトンレサップ湖周辺の地域では IIb の頻度が高い。
6. カンボジアにおけるいもち病菌菌系は地域によって異なる病原性をもったものが分布しているが、IIa をもとに I および IIb が分化したものと考えられる。

[成果の活用面・留意点]

1. カンボジアにおけるいもち病菌菌系の分布・分化についての初めての情報である。
2. 国際判別品種の反応に基づく詳細な病原性研究は、カンボジアのみならず、メコン川周辺のいもち病害が問題となっている国々における、いもち病菌レースの影響や相互の関係を理解するうえでも重要な情報となる。
3. カンボジア南部、南ベトナムとの国境地域についてはいもち病菌菌系の採取が行われておらず、解析を継続する必要がある。

[成果情報名] ミャンマーの在来イネ品種に由来する新規いもち病抵抗性遺伝子

[要約] ミャンマー由来の在来イネ品種 **Haoru** のいもち病抵抗性には、3つの抵抗性遺伝子が関与する。このうち二つは、標準判別いもち病菌菌系に対する抵抗性反応が既知のものとは異なり新規のものであり、第12染色体の遺伝子名は **Pi58(t)**、第6染色体のものは **Pi59(t)**である。

[キーワード] いもち病、判別システム、抵抗性遺伝子、イネ、標準判別菌系

[所属] 国際農林水産業研究センター 生物資源・利用領域、熱帯・島嶼研究拠点

[分類] 研究 B

[背景・ねらい]

イネのいもち病の防除には、抵抗性品種の利用が経済的また環境共生的にも有効である。このため、新規のいもち病抵抗性遺伝子をみつけ、育種に利用していくことは重要である。ミャンマーの在来イネ品種の **Haoru** は多くのいもち病菌菌系に抵抗性を示すので、その抵抗性の遺伝的機構を解明し、抵抗性遺伝子源としての可能性を明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. ミャンマーの在来品種 **Haoru** は、フィリピン産標準判別いもち病菌 20 菌系のうち、17 菌系に対し抵抗性を示す。(表 1)
2. この 17 菌系を用いた、**Haoru** と感受性系統 **US-2** との雑種後代集団(**BC₁F₂** 系統群)の分離分析は、**Haoru** が少なくとも 3 種類の抵抗性遺伝子を持つことを示す (データ省略)。
3. これらのうち、二つは第 12 染色体と第 6 染色体にそれぞれ座乗する。(図 1、2)
4. これら遺伝子をホモで持つ固定系統群 (**BC₁F₂**) (表中に太字で表記) では、当該染色体に抵抗性遺伝子を持つ既報の判別品種(一遺伝子系統群) (表中の名称が **IRBL** で始まる品種) との反応が標準判別いもち病菌菌系に対して異なることから、これらの固定系統は新規抵抗性遺伝子を持つと言える (表 1)。
5. 遺伝子名は、第 12 染色体のものが **Pi58(t)**、第 6 染色体のものが **Pi59(t)**である。

[成果の活用面・留意点]

1. 第 12 染色体の **Pi58(t)**、第 6 染色体の **Pi59(t)**は、同じ染色体領域に座乗する既存の抵抗性遺伝子とは異なるもののため、新たな遺伝子源として利用できる。
2. 分析に用いた **SSR** マーカー情報は、マーカー補助選抜の情報として活用できる。
3. 遺伝子座の同定が進んでいないもう一つの抵抗性遺伝子については、連鎖解析などさらなる解析が必要である。
4. **Haoru** の種子は、国際稲研究所ジーンバンクから入手可能である。

[具体的データ]

表 1 判別品種および Haoru 由来抵抗性遺伝子保有系統 (太字) の反応

品種および系統	保有する抵抗性遺伝子	座乗染色体	反応パターン																				
			フィリピン産いもち病標準判別菌株系																				
			PO6-6	CA89	43	CA41	M64-1-3-9-1	M39-1-3-8-1	M39-1-2-21-2	M36-1-3-10-1	JMB8401	IK81-25	IK81-3	BN111	V850256	V850196	V86010	JMB840610	BN209	MI01-1-2-9-1	B90002	C923-49	
Haoru	-	-	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	S	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R
US-2	-	-	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
BC₁F₂ line (US-2/Haoru/US-2)	Pi58(t)	12	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	S	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R
IRBL12-M	Pi12	12	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	M	M	R	R	R	R	R
IRBL19-A	Pi19	12	S	S	S	M	S	S	S	M	M	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
IRBLta-CP1	Pita	12	S	S	S	R	M	M	S	S	M	R	R	S	R	R	S	S	S	S	M	S	S
IRBLta2-Pi	Pita-2	12	S	S	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
IRBL20-IR24	Pi20	12	S	S	S	S	S	S	R	R	S	M	M	R	S	S	R	S	S	S	R	R	R
BC₁F₂ line (US2/Haoru/US2)	Pi59(t)	6	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	R	R	R	R	R	R
IRBLz-Fu	Piz	6	R	M	R	M	R	R	R	R	R	R	R	R	S	M	R	R	M	R	R	M	R
IRBLz5-CA-1	Piz-5	6	R	M	M	R	M	R	R	R	R	R	R	R	R	R	M	R	M	S	M	M	M
IRBLz-T	Piz-t	6	S	S	S	S	R	R	S	S	S	S	S	S	S	S	R	R	S	S	R	R	R
IRBL9-W	Pi9	6	R	R	R	R	M	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	R

R:抵抗性、M:部分抵抗性、S:感受性
 BC₁F₂ 系統群における抵抗性遺伝子ホモ型のもの抵抗性反応

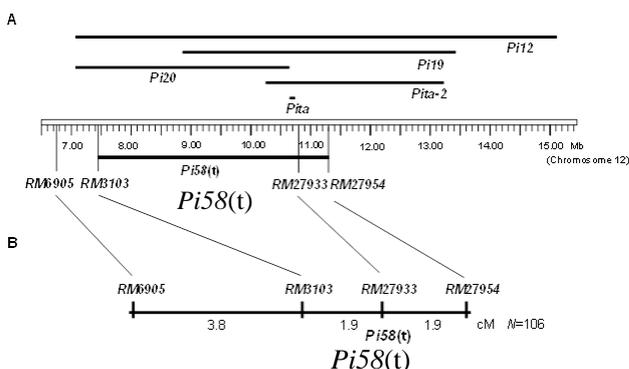


図 1 第 12 染色体上の新規抵抗性遺伝子 Pi58(t)の位置

A: 日本晴ゲノム塩基配列に基づく物理地図上の DNA マーカーおよび既知の抵抗性遺伝子の位置。
 B: 連鎖地図

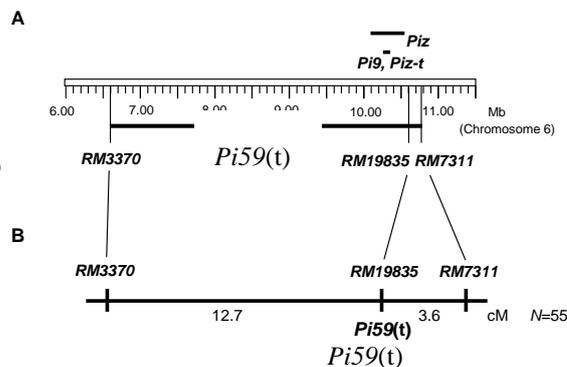


図 2 第 6 染色体上の新規抵抗性遺伝子 Pi59(t)の位置

A: 日本晴ゲノム塩基配列に基づく物理地図上の DNA マーカーおよび既知の抵抗性遺伝子の位置
 B: 連鎖地図

[その他]

研究課題：多様性および判別システムを利用したイネいもち病抵抗性品種の開発

プログラム名：熱帯等の不安定環境下における農作物等の生産性向上・安定生産技術の開発

予算区分：交付金 [イネ創生 I]、拠出金[日本-IRRI 共同プロジェクト研究第 IV、V 期]

研究期間：2013 年度(イネ創生：2011-2015 年度、拠出金：1999-2012 年度)

研究担当者：小林伸哉 (作物研)・小出陽平 (京都大)・M. J. Telebanco-Yanoria (JSPS)・福田善通

発表論文等：Koide, Y. et al. (2013) Molecular Breeding, 32: 241-252

[成果情報名] イネの生育・老化・ストレス耐性を制御する RNA 結合性タンパク質の同定

[要約] イネの *OsTZF1* 遺伝子は、乾燥などの環境ストレスに応答して発現する。*OsTZF1* タンパク質は、細胞質の顆粒に局在して RNA に結合する性質をもち、多くのストレス関連遺伝子の RNA の代謝調節を通じて、イネの生育、老化ならびに環境ストレス耐性を制御する。*OsTZF1* 遺伝子過剰発現イネでは生育・老化が遅れるが、乾燥・塩ストレス耐性が向上する。

[キーワード] イネ、RNA 結合性タンパク質、生育、老化、ストレス耐性

[所属] 国際農林水産業研究センター 生物資源・利用領域

[分類] 研究 A

[背景・ねらい]

移動の自由のない植物は、干ばつなどの乾燥ストレス条件下でもその場所で耐えなければならない。そこで植物は、さまざまな遺伝子の働きを調節してこのようなストレス下でも生き延びるための機構を発達させている。乾燥ストレス下では、親水性タンパク質、転写因子など、ストレス耐性に関わる種々のタンパク質をコードした遺伝子の発現が誘導される。それらの中で CCCH 型ジンク・フィンガー・タンパク質が果たす役割については、よくわかっていなかった。本研究は、機能が不明であったイネの乾燥ストレス応答性 CCCH 型ジンク・フィンガー・タンパク質の一種である *OsTZF1* が、RNA に結合するタンパク質で、生育・老化・ストレス耐性の制御に関わることを明らかにしたものである。

[成果の内容・特徴]

1. イネの *OsTZF1* は CCCH 型ジンク・フィンガー・タンパク質の 1 種である。この遺伝子は、乾燥や塩ストレスといった環境ストレス、環境ストレスに関連した植物ホルモンであるアブシシン酸、病害応答に関連した過酸化水素、ジャスモン酸、サリチル酸によって発現が誘導される (図 1 A, B)。
2. *OsTZF1* 遺伝子は、通常生育条件においては、子葉鞘、若い葉、穂において発現している。
3. *OsTZF1* は、ストレス条件下において、核ではなく細胞質中の顆粒に局在することから、転写因子ではない (図 1 C)。
4. *OsTZF1* はストレス関連遺伝子等の RNA との結合が見られることから、RNA 代謝に関わると考えられる (図 1 D)。
5. *OsTZF1* 遺伝子の発現を強化した *OsTZF1* 遺伝子過剰発現イネでは、発芽、生育、老化の遅延が見られる (図 2 A, B)。
6. *OsTZF1* 遺伝子過剰発現イネでは、乾燥、塩ストレス耐性の向上が見られる (図 2 C)。
7. *OsTZF1* 遺伝子過剰発現イネでは、環境ストレス、病害応答などに関わる遺伝子の発現レベルが変化している。

[成果の活用面・留意点]

1. *OsTZF1* は、ストレス応答性遺伝子等の RNA 代謝のコントロールを通じ、いろいろな作物のストレス耐性を強化するための遺伝子工学的ツールとして利用できる。
2. 恒常的に過剰発現すると生育の遅延等が見られるため、ストレス誘導性プロモーターを利用するなどの方法により、生育遅延を起こさずに環境ストレス耐性を向上させるための工夫が必要である。

[具体的データ]

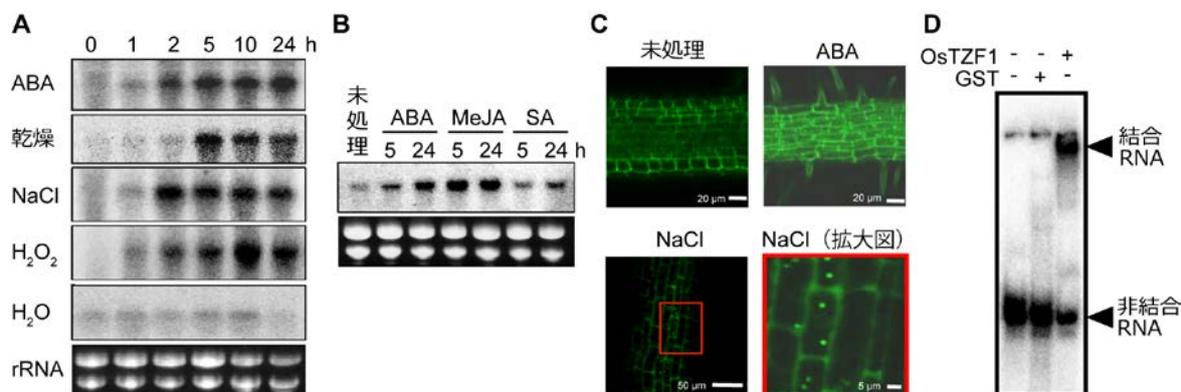


図1 *OsTZF1* 遺伝子の発現、*OsTZF1* タンパク質の細胞内局在、および RNA 結合性

(A) ノーザン法による *OsTZF1* 遺伝子のストレス誘導性発現解析。アブシシン酸 (ABA)、乾燥、塩ストレス (NaCl)、過酸化水素 (H_2O_2) 処理による発現上昇が見られた。 H_2O は水処理。
 (B) ノーザン法による *OsTZF1* 遺伝子のストレス関連植物ホルモンによる発現。ABA に加え、ジャスモン酸メチル (MeJA)、サリチル酸 (SA) によっても発現が上昇した。
 (C) *OsTZF1*-GFP 融合タンパク質の細胞内局在解析。
 (D) *OsTZF1*-GST 融合タンパク質とストレス関連遺伝子 RNA 断片との結合解析。GST タンパク質は RNA と結合しないが、*OsTZF1* は結合する。
 図は Jan et al. (2013) より転載 (Copyright American Society of Plant Biologists ; www.plantphysiol.org)。

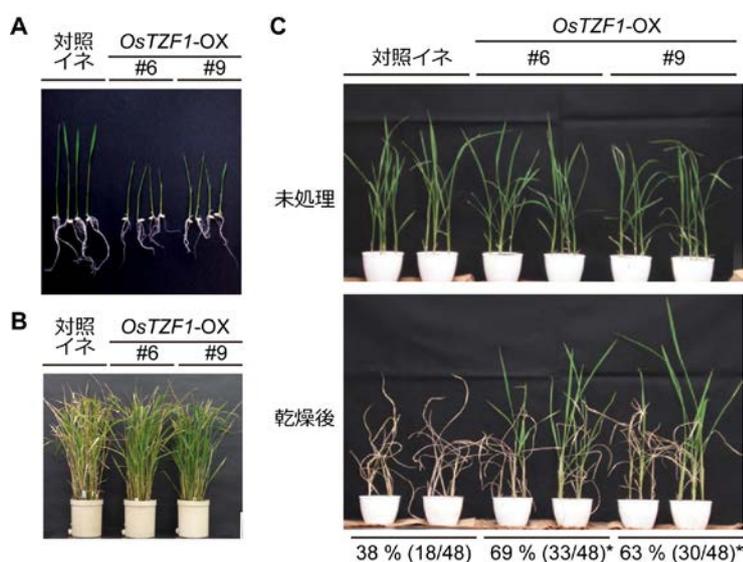


図2 *OsTZF1* 過剰発現イネ (*OsTZF1*-OX) の表現型

(A) 幼苗 でみられた生育遅延
 (B) 開花 4 週間後に見られた老化遅延
 (C) 乾燥耐性の向上。写真の下に生存率を示す。
 *は有意水準 5% を示す。
 図は Jan et al. (2013) より転載 (Copyright American Society of Plant Biologists ; www.plantphysiol.org)。

[その他]

研究課題：環境ストレス耐性作物の作出技術の開発

プログラム名：熱帯等の不安定環境下における農作物等の生産性向上・安定生産技術の開発

予算区分：交付金 [環境ストレス耐性]、受託 [農水省・新農業展開 DREB]

研究期間：2013 年度 (2007~2013 年度)

研究担当者：Asad Jan・圓山恭之進・戸高大輔・城所聡 (東京大学)・安保 充 (明治大学)・吉村 悦郎 (東京大学)・篠崎一雄 (理化学研究所)・篠崎和子・中島一雄

発表論文等：Jan, A. et al. (2013) Plant Physiol., 161: 1202-1216

[成果情報名] *Oshox24* プロモーターを利用した生育阻害が起きないストレス耐性イネの作出

[要約] イネの乾燥応答性遺伝子 *Oshox24* のプロモーター活性は、通常生育条件下において非常に低いですが、乾燥時に強く誘導される。種子における活性も極めて低い。*Oshox24* プロモーターを用いて、ストレス耐性遺伝子を過剰発現させたイネでは、生育阻害が起きずにストレス耐性が向上する。

[キーワード] イネ、乾燥誘導性プロモーター、乾燥、塩ストレス、耐性、生育阻害

[所属] 国際農林水産業研究センター 生物資源・利用領域

[分類] 研究 A

[背景・ねらい]

イネの生産は、干ばつや塩ストレスなどの環境ストレスによって大きく阻害されるため、ストレス耐性を強化したイネの開発が求められている。ストレス耐性遺伝子を恒常的に過剰発現させると植物の生育を阻害することが多いため、通常生育条件で発現レベルが低いストレス誘導性プロモーターの探索が求められていた。本研究課題では、通常生育条件で発現レベルが低いイネのストレス誘導性プロモーターを探索・利用し、生育阻害が見られずにストレス耐性が向上するイネを作出する技術を開発する。

[成果の内容・特徴]

1. マイクロアレイを用いた網羅的発現解析を実施すると、イネの *Oshox24* 遺伝子は、通常生育条件のイネにおいて発現レベルが低い代表的な乾燥応答性遺伝子の一つとして同定される。
2. *Oshox24* 遺伝子プロモーター（以下、*Oshox24* プロモーターとする）には、植物ホルモンであるアブシシン酸（ABA）に応答性を示すシス配列 ABRE が存在し、*Oshox24* プロモーターは ABA 応答性転写因子である AREB による発現誘導が見られる。
3. *Oshox24* プロモーターは、従来用いられてきた *LIP9* プロモーター、*OsNAC6* プロモーターに比べて、通常生育条件における活性が極めて低く、穏やかな乾燥処理によって強く誘導される（図 1A）。
4. 種子における *Oshox24* プロモーターの活性は、*LIP9* プロモーター、*OsNAC6* プロモーターに比べて非常に低い（図 1B）。
5. *Oshox24* プロモーターを利用して乾燥耐性遺伝子を発現させたイネでは、通常生育条件下において生育阻害や収量低下が見られないが、幼苗を用いた試験において乾燥、塩ストレス耐性の向上が見られる（図 2）。

[成果の活用面・留意点]

1. イネの *Oshox24* プロモーターは、恒常的に過剰発現すると生育を阻害するストレス耐性遺伝子を利用して耐性作物を作出する際に利用できる。
2. *Oshox24* プロモーターと *OsNAC6* 等のストレス耐性遺伝子を利用した組換えイネが、実際の圃場で生育阻害を起こさずにストレス耐性を強化できるかどうか、検証が必要である。

[具体的データ]

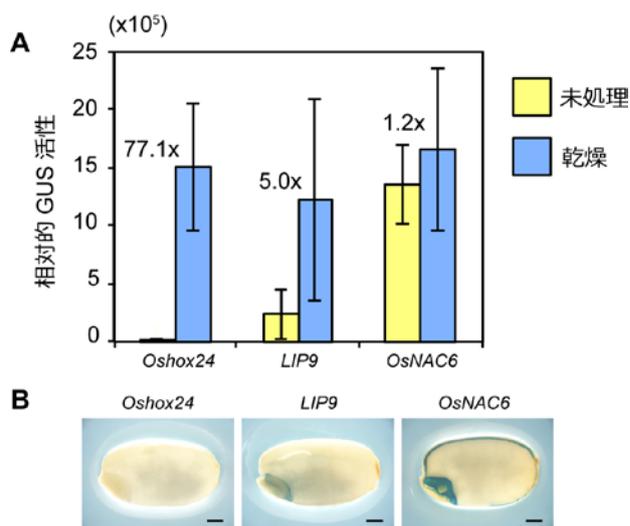


図1 新規に単離されたイネの *Oshox24* プロモーターと、従来使用されてきたイネ *LIP9*、*OsNAC6* プロモーターの発現解析

これらのプロモーターをβグルクロニダーゼ (GUS) レポーター遺伝子と融合してイネに導入した。(A) 地上部における GUS 活性。未処理と乾燥5時間の GUS 活性を示した。エラーバーは標準偏差。(B) 種子における GUS 活性。スケールバーは1mm。図は Nakashima et al. (2014)¹⁾より転載 (Copyright Springer; <http://link.springer.com/journal/425>)。

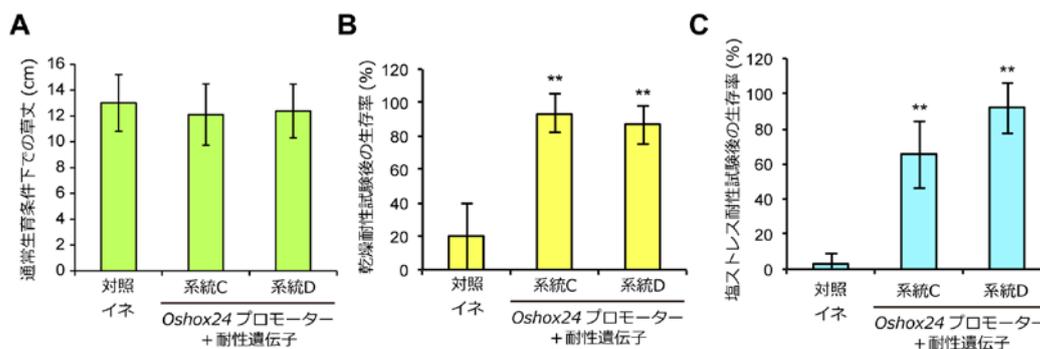


図2 *Oshox24* プロモーターを利用して乾燥耐性遺伝子の1種を発現させたイネ (*Oshox24* プロモーター+耐性遺伝子) の表現型

(A) 通常生育条件下における生育。(B) 乾燥耐性。(C) 塩ストレス耐性。実験には水耕により2週間育てたイネの苗を使用した。エラーバーは標準偏差、**は有意水準1%を示す。図は Nakashima et al. (2014)¹⁾より転載 (Copyright Springer; <http://link.springer.com/journal/425>)。

[その他]

研究課題：環境ストレス耐性作物の作出技術の開発

プログラム名：熱帯等の不安定環境下における農作物等の生産性向上・安定生産技術の開発

予算区分：交付金 [環境ストレス耐性]、受託 [農水省・新農業展開 DREB]

研究期間：2013年度 (2007~2013年度)

研究担当者：中島一雄・Asad Jan・戸高大輔・圓山恭之進・後藤新悟・篠崎一雄 (理化学研究所)・篠崎和子

発表論文等：1) Nakashima, K. et al. (2014) *Planta*, 239: 47-60.

2) Nakashima, K. and Yamaguchi-Shinozaki, K. (2013) *Plant Cell Rep.*, 32: 959-970

[成果情報名] ラオス産小型魚類 2 種の DNA マーカーによる遺伝的多様性・集団構造評価

[要約] ラオスの遠隔農村部で重要な食料資源となっている小型在来魚類 *Esomus metallicus* (コイ科) と *Parambassis siamensis* (タカサゴイシモチ科) の DNA マーカーが開発され、これにより、ビエンチャン市周辺及びナムグム川西岸における当該 2 種の遺伝的多様性を評価できる。さらに、集団構造解析による地域的特異性の評価を通じ、集団間の遺伝的交流実態を推量できる。

[キーワード] ラオス在来魚類、DNA マーカー、遺伝的多様性、遺伝的集団構造、魚類資源保全

[所属] 国際農林水産業研究センター 水産領域

[分類] 研究 B

[背景・ねらい]

ラオスを含むインドシナ各国の農業水路等の農業関連水塊に、コイ科の在来種 *Esomus metallicus* とタカサゴイシモチ科の在来種 *Parambassis siamensis* は広範囲に分布する。両種とも最大体長 60～70 mm と小型種ではあるが、遠隔農村部で重要な食料資源となっている。しかし、近年の外来種の侵入・定着、あるいは農村開発等による環境の変化は両種の生息をも脅かす可能性があり、資源量の減耗に伴う多様性レベルの減少や近親交配等が懸念されている。そこで、同 2 種の DNA マーカーを開発し、遺伝的多様性レベル・集団構造を評価する。

[成果の内容・特徴]

1. *E. metallicus* で 24 個、*P. siamensis* で 40 個の DNA マーカーを開発し、各マーカーの塩基配列を日本 DNA データバンクに登録した (図 1)。
2. これらの DNA マーカーを用いて、ビエンチャン市内 2 地点及びナムグム川西岸 4 地点から採取した両種の遺伝的多様性レベル (対立遺伝子数とヘテロ結合度から評価) を解析し、同 2 種は高い遺伝的多様性を持つと評価され (図 2)、開発マーカーの評価ツールとして有効である。
3. 個体ごとの対立遺伝子数とヘテロ接合度のクラスター分析の結果、同域内では、*E. metallicus* で 3 つ、*P. siamensis* で 2 つの遺伝集団が存在し、これらは地域ごとに異なる (図 3)。

[成果の活用面・留意点]

1. 両種の広域にわたる各地個体群の遺伝的多様性・集団構造解析を進めることにより、地域ごとの個体群の遺伝的健全性を評価でき、さらに、移動・繁殖に伴う集団間の交流実態について推量できる (図 4)。
2. 本手法により、個体群の遺伝的多様性が乏しいと判断された場合、当該種の資源生態調査 (成長・繁殖解析等) を実施し、その結果に基づき、永続的な食料資源確保に向けての漁業規制案の提言を行う必要がある (図 4)。
3. 上記 2 種にとどまらず、DNA マーカーの開発を通じ、希少種を含むその他の在来魚種、さらには養殖対象魚種についても、遺伝的多様性を解析することで、各種の遺伝的健全性を評価することができ、漁業・養殖両面でのマネジメントが可能となり、保全・持続的利用の両面に資する技術である。

[具体的データ]

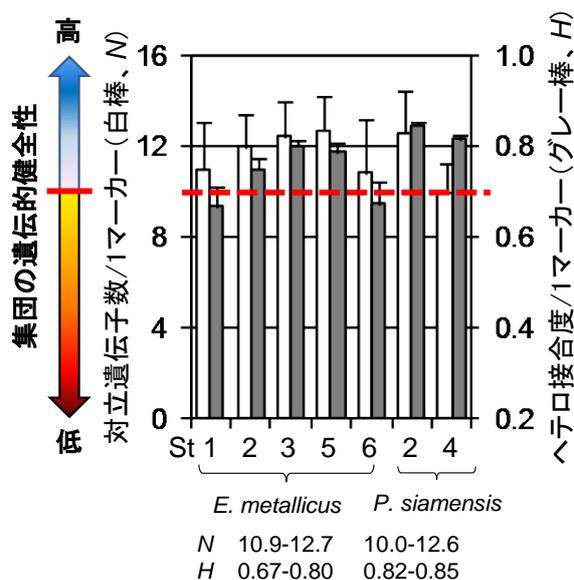
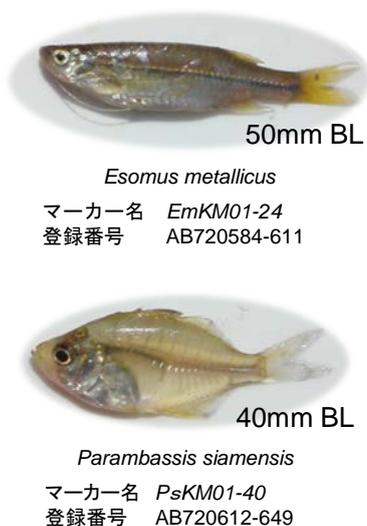


図1 対象2魚種と開発されたDNAマーカーの登録番号

図2 推定された両種の遺伝的多様性レベル

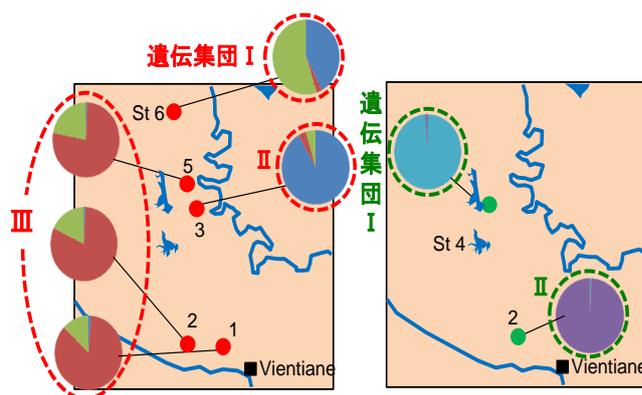


図3 *Esomus metallicus* (左) 及び *Parambassis siamensis* (右) の遺伝的集団構造 (各個体群の標本数は32個体)

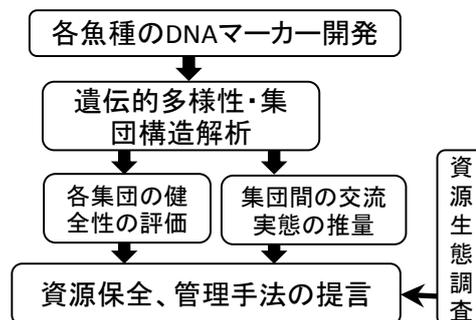


図4 資源保全・持続的活用のためのDNAマーカーの適用意義

[その他]

研究課題：インドシナ農山村における農家経済の持続的安定性の確立と自立度向上

プログラム名：開発途上地域の農林漁業者の所得・生計向上と農村活性化のための技術の開発

予算区分：交付金 [インドシナ農山村]

研究期間：2013年度 (2011~2015年度)

研究担当者：森岡伸介・小出水規行 (農村工学研究所)・Bounsong Vongvichith (ラオス水生生物研究センター)

発表論文等：1) Koizumi, N. et al. (2012) Conservation Genetics Resources, 4: 1027-1030.

2) Koizumi, N. et al. (2012) Conservation Genetics Resources, 4: 1031-1035.

3) Koizumi, N. et al. (2012) PAWEES 2012.

[成果情報名] ラオスの農家在来技術である強酸性土壌でのコウモリ糞の植え穴施用の作用

[要約] ラオスの強酸性水田土壌での水稲跡畑作物栽培ではアルミニウム害が問題となるが、農家在来技術であるコウモリ糞の植え穴施用は、土壌の交換性アルミニウムを低下させて畑作物に対するアルミニウム害を軽減し、初期生育を促進する。また、カルシウムやマグネシウム等の交換性陽イオンや有効態リンなどを富化し、養分溶脱の進んだ土壌の改善に寄与する。

[キーワード] 天水田、酸性土壌、コウモリ糞、アルミニウム害、養分富化

[所属] 国際農林水産業研究センター 生産環境・畜産領域

[分類] 研究 B

[背景・ねらい]

ラオスの天水田では養分の溶脱により土壌の酸性化が進みつつあり、中山間地には石灰岩地帯に属するにもかかわらず強い酸性を示し、リン酸肥沃度が極めて低い天水田が存在する。このような水田では、水稲収穫後に播種されたトウモロコシの生育が著しく抑制される現象が見られるが、農家では少量のコウモリ糞を土壌に混ぜ植え穴に客土することで、トウモロコシの生育を改善する例がある。そこで、コウモリ糞の作用を明らかにし、水田土壌の改善につなげる。

[成果の内容・特徴]

1. プロジェクトサイトのナムアン村は石灰岩地帯にあるにもかかわらず、調査圃場の9割弱が土壌 pH(KCl) 4.0 以下を示す。土壌の交換性アルミニウムは pH(KCl) が 4.0 を下回ると急激に増大するが、ナムアン村ではアルミニウム害の危険性の大きい水田が多く存在する (図 1)。
2. 農家トウモロコシ圃場において客土された植え穴土壌は、畦間に比べ、pH(KCl)、有効態リン及び交換性カルシウムが高く、pH(H₂O) と交換性アルミニウムは低い値を示す。同様な pH の変化と交換性アルミニウムの低下は、水田土壌にコウモリ糞を添加し畑条件で培養した場合にも認められ、その効果は牛糞を大きく上回る (図 2)。
3. コウモリ糞添加土壌のアルミニウム型リン画分 (観測値) は、コウモリ糞のリン酸構成から推定される値 (計算値) を大きく上回り、コウモリ糞中のリン酸イオンと土壌中のアルミニウムイオンとの結合が示唆される (図 3)。
4. 水田土壌に塩化アルミニウムを添加して交換性アルミニウム濃度を高めると、供試作物に共通して濃度に応じた発芽の遅延と初期生育の抑制が生じるが、コウモリ糞を加えることで交換性アルミニウムは低下し、作物の生育抑制は軽減される (図 4)。

[成果の活用面・留意点]

1. ナムアン村では隣接する石灰岩山中の洞窟でコウモリ糞の採取が行われており、年間の産出量は 20-30 t (リン含有率は約 10%) に達し、村内での消費量はその 20% 程度とされる。十数年後には資源の枯渇が予想されており、適正な基準に基づいた有効活用が求められている。
2. ナムアン村水田土壌の有効態リンは、調査圃場の 80% が 20 mg P kg⁻¹ 以下 (ブレイ II 法にて測定した結果) と低水準であり、畑作物へのコウモリ糞施用によって水田土壌のリン肥沃度の改善の可能性はある。

[具体的データ]

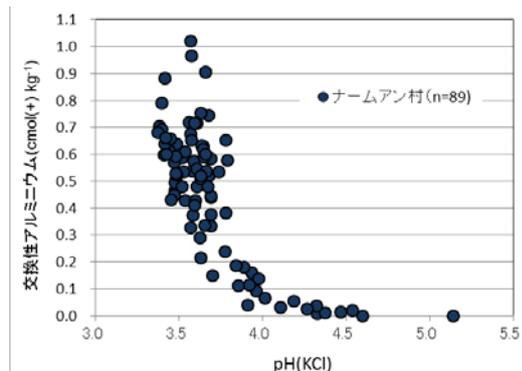


図1 土壌 pH(KCl)と交換性アルミニウムとの関係

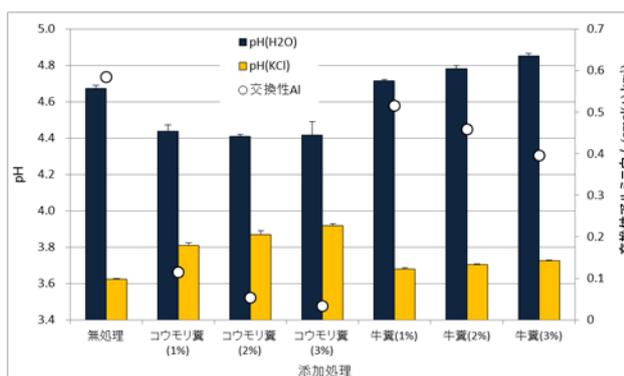


図2 コウモリ糞、牛糞添加が培養土の pH と交換性アルミニウムに及ぼす影響

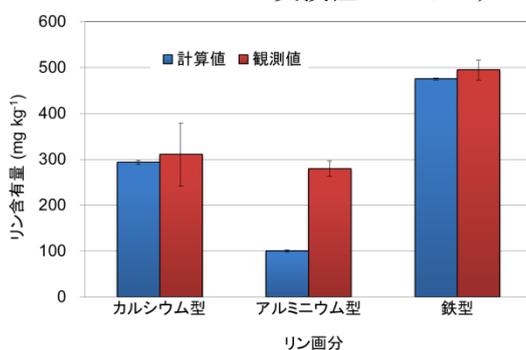


図3 コウモリ糞添加培養土における形態別リン構成

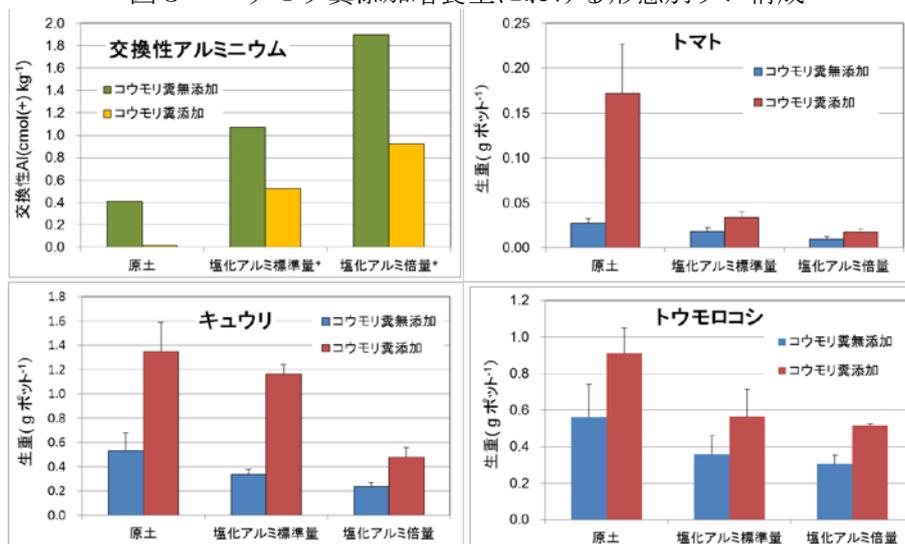


図4 塩化アルミニウムとコウモリ糞の添加が畑作物の初期生育に及ぼす影響

*塩化アルミ： $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ；標準量： $0.74 \text{ cmol kg}^{-1}$ 風乾土；倍量： 1.5 cmol kg^{-1} 風乾土

[その他]

研究課題：インドシナ農山村における農家経済の持続的安定性の確立と自立度向上
 プログラム：開発途上地域の農林漁業者の所得・生計向上と農村活性化のための技術の開発
 予算区分：交付金 [インドシナ農山村]
 研究期間：2013 年度 (2011~2015 年度)
 研究担当者：松尾和之・阿江教治 (酪農学園大)・Saykham Vorachit (NAFRI)
 発表論文等：Matso K. et al. Plant Production Science (accepted)

[成果情報名] 中国半乾燥地酪農小規模層に対する有機野菜栽培導入の経営的効果

[要約] 中国半乾燥地域の酪農小規模層は、飼料高騰により経営の持続性が困難になりつつあるが、牛ふんの発酵熱等を利用した有機野菜栽培システムを導入することによって、経営状況を改善させることができる。

[キーワード] 中国、半乾燥地域、酪農小規模層、野菜栽培、有機農産物

[所属] 国際農林水産業研究センター 社会科学領域

[分類] 技術 B

[背景・ねらい]

中国半乾燥地域では、近年の飼料価格高騰により、酪農小規模層における持続的経営が危機的状況にある。事態に対処するため、畜ふんを利用したトウモロコシ栽培により、自給飼料の確保に努める酪農家も一部出ているが、水資源の浪費ならびに土壌膨軟化による風食被害の増大等が危惧される。そこで、単位面積当たりの収益性が高い作目の導入と酪農作業に支障をきたすことのない省力的栽培法の検討を通じ、酪農小規模層の経営改善につながる有機野菜生産システムを解明する。

[成果の内容・特徴]

1. 北京等の消費者 1,200 戸に実施した調査では、有機農産物の価格が一般の農産物の価格の 2 倍を超えても購入する意思があるとする消費者は 11.9%にとどまり、輸送コストが大きくなる遠隔産地では、低コスト型の有機栽培技術が必要である。
2. 試験地、内蒙古自治区蘇尼特右旗で問題となる強風や地温変動等に対処するため、牛ふんを播種床後方に 80cm 堆積し、その発酵熱等を利用する野菜栽培システムを作った(図 1)。このシステムによって、防風林設置や育苗施設建設等の初期投資が不要となるとともに、日常的管理は灌漑ポンプの開閉程度で済むことから、酪農作業に影響を与える可能性も小さい。
3. ミニカボチャ(品種名：貝貝)の栽培では、基肥として前年に堆肥化した牛ふんを、追肥としては当年に堆積した牛ふんに散水することで得られる牛ふん液肥を用い(表 1)、幼苗期に甚大な被害をもたらすネキリムシには塩ビ管によって侵入を防ぐ(図 1)などし、5a の試験圃場に直播した 170 株から 993.0kg(9 個/株、649g/個)の収量が得られる。
4. 2012 年、2013 年に生産したミニカボチャを、北京の有機農産物生産・販売企業に委託し、消費者に無料で配布したが、消費者の 65.8%が 16.0 元/kg 以上の支払意思額を表明した。この支払い意思額と表 2 の生産・販売コストから、酪農小規模層が有機野菜栽培を導入することによって、1,021.4 元/a の収益が期待できる。

[成果の活用面・留意点]

1. 牛ふん中にはナトリウム等、作物の生育にとって望ましくない塩類も含まれているため、追肥を実施する際には、牛ふん上への長時間の散水は避けるべきである。
2. 政府の有機認証取得コストは、新興・小規模産地が負担できる金額ではないため(審査経費だけでも 15,000 元が必要)、生産物安全性の証明に関わるコストは、Web カメラ等を用いた自作のモニタリングシステム(1,503 元/セット)の利用を前提としている。
3. 試験地は海拔 1,100m に位置し、紫外線の影響が深刻なため、耐候性を有する資材の採用を前提とし、資材費の計算においては耐用年数を 3 年間とした。紫外線の影響が小さい地域では、本成果が示す資材費を下げられる可能性がある。

[具体的データ]

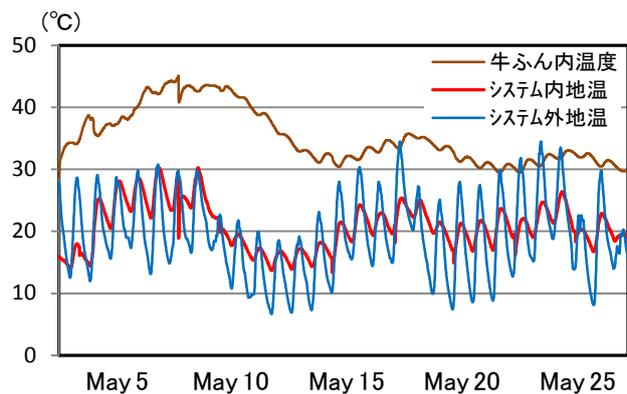
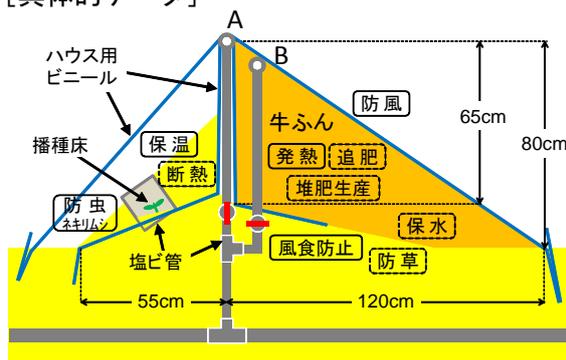


図1 牛ふんの発酵熱等を利用した野菜栽培システムと地温等の推移

- * 栽培システム上に記された文字で、実線で囲われたものは主に春期、点線で囲われたものは主に夏期以降に期待される効果である。グラフ内の地温とは、地下5cmで計測した温度である。
- * 春の強風(最大瞬間風速約30m/s)を防ぐため、システムは強風の方角(西北西)を背に設置する。
- * 日常的灌水はパイプAから行うが、この灌水は牛ふん中を通過しない。一方、牛ふんの発酵調整および作物への追肥が必要なおときには、パイプBから牛ふん中に散水する。

表1 牛ふん堆肥および液肥内の肥料成分 (%)

	窒素	リン酸	カリウム
牛ふん堆肥			
発酵済牛ふん上層	1.65	0.98	0.40
発酵済牛ふん下層	0.87	0.56	0.34
未発酵牛ふん(参考)	1.50	1.02	1.12
牛ふん液肥			
追肥 7月24日	0.01	0.05	0.11
追肥 7月29日	0.01	0.03	0.10
追肥 7月31日	0.01	0.03	0.12
追肥 8月4日	0.01	0.01	0.05
追肥 8月8日	0.01	0.02	0.07

* 栽培期間中は、灌水と同時に計18回の追肥を行ったが、表中には分析可能な液量が得られた5回分のデータを示した。

表2 ミニカボチャの生産・販売コスト

	元/a	割合
物 材 費	734.1	34.0
種 苗 費	166.2	7.7
肥 料 費	0.0	0.0
農 業 薬 剤 費	0.0	0.0
光 熱 動 力 費	47.3	2.2
資 材 費	482.9	22.4
機 械 借 料 金	37.6	1.7
支 払 地 代	61.9	2.9
雇 用 労 働 費	209.9	9.7
輸 送 コ ス ト	514.5	23.9
販 売 コ ス ト (試 算 値)	635.8	29.5
合 計	2,156.2	100.0

* 期待収益額(元/a)は、(期待販売額×収量－生産販売コスト)で計算できる。すなわち、16.0元/kg×198.6kg/a－2,156.2元/a＝1,021.4元/aとなる。

[その他]

研究課題：有機農産物等、高付加価値型生産物の市場分析と評価

プログラム名：開発途上地域の農林漁業者の所得・生計向上と農山村活性化のための技術の開発

予算区分：交付金[中国循環型生産プロ]

研究期間：2013年度(2013～2015年度)

研究担当者：中本和夫・李寧輝(農業経済研)・塔娜(草原研)・李麗原(農業経済研)

発表論文等：楊ら(2013)農業経済研究2012増刊号:159-166

[成果情報名] 中国に存在する肥料資源量は食飼料生産にカリウムが不足する

[要約] 中国における化学肥料の利用と中国のし尿、家畜頭あたりの1日に排泄する量、養分含有率を用いて、肥料資源量と農作物生産量からみかけの養分収支を算出した結果、穀類への化学肥料施肥と穀粒の生産で見た収支は窒素・リン・カリウムとも過剰を示しているが、作物生産全体の収支では窒素とリンの過剰、カリウムが不足する。

[キーワード] 窒素、リン、カリウム、収支、資源量、中国

[所属] 国際農林水産業研究センター 社会科学領域3

[分類] 研究B

[背景・ねらい]

中国の農業生産において、特に窒素の過剰利用が環境への負の影響を与えているといわれている。そこで近年の窒素・リン・カリウムの資源と生産を定量することを通して、肥料資源の賦存量を把握し、作物生産のために必要な肥料資源の過不足を定量し、肥料の需給並びに食料需給の施策に知見を与える。また、みかけの窒素・リン・カリウムの収支を見ることで、効率的な施肥と肥料資源管理が期待できる。

[成果の内容・特徴]

1. 「中国農業統計年鑑」に記載されている2000・2005・2010年の化学肥料施用量、作物生産量、家畜飼養頭数、人口数を元に、「中国有機肥料養分誌」に記載されているし尿排泄および家畜ふん尿排泄量、肥料から作物に含まれる窒素・リン・カリウム量から、養分量を求める。ここで人口は総人口の半分を占める農村人口を用いている。米・麦・トウモロコシといった穀類への化学肥料施用は「中国主要作物施肥指南」から求める。
2. 化学肥料とし尿・家畜ふん尿の窒素・リン・カリウムの賦存量は、窒素・リンに関しては化学肥料が、カリウムの賦存量はし尿・家畜ふん尿が主である。作物による持ち出しをみると、特にカリウムの持ち出しにおいて穀類の茎葉持ち出しが大きな位置を占める(図1.)。
3. みかけの収支は、窒素では大きな過剰が見られる。リンは賦存量と持ち出し量がほぼ拮抗している。カリウムに関しては持ち出しが資源の賦存量より多くなっており、農地土壌からの収奪によるカリウム肥沃度の減少が危惧される(図2.)。
4. 茎葉を含めた穀類によるカリウムの持ち出しを見ると、持ち出しが穀類へのカリウム肥料の施用を大きく超えている(図1.)。茎葉を持ち出さず農地に還元し、穀粒のみの持ち出しと化学肥料の施用の収支を見ると、窒素・リン・カリウムは十分に施用されている(図3.)。穀類茎葉を持ち出さず農地に鋤き込むかマルチとして利用することで、穀類へのカリウム施用の不足を補うことができる。

[成果の活用面・留意点]

1. 収集し算出に用いる人のし尿・家畜のふん尿の排出原単位、作物の窒素・リン・カリウムの含有率、および統計データは電子化・データベース化しており、省別でみかけの養分収支を算出できる形になっており、地域別の養分収支に活用できる。
2. 効率的な養分資源の管理と今後必要な施策に利用できる。
3. みかけの収支では人のし尿・家畜ふん尿の貯留と堆肥化過程での窒素・リン・カリウムの損失、アルカリ性の土壌では化学肥料の揮発が取り入れられていない。そのため、より実態に即した収支と環境影響の定量にはこれらの要素を導入する必要がある。

[具体的データ]

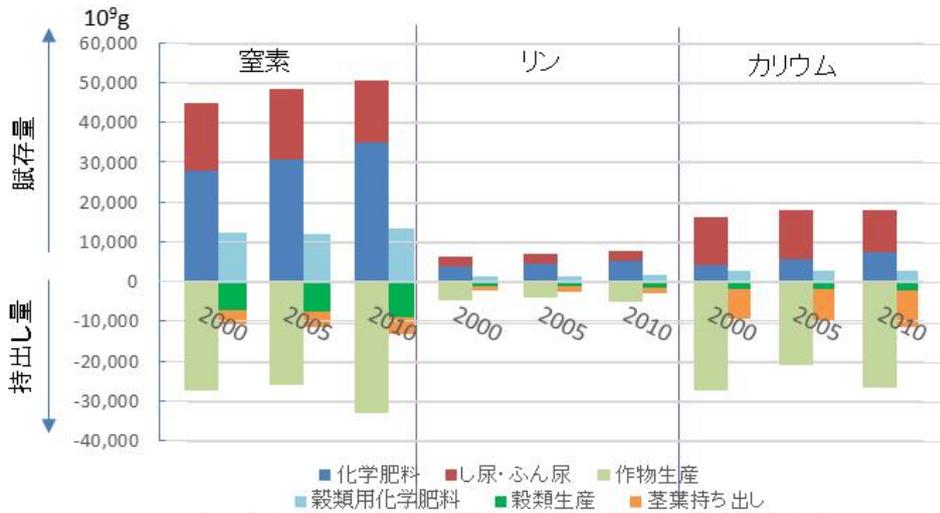


図1. 窒素・リン・カリウム資源の賦存量と作物による持出し量

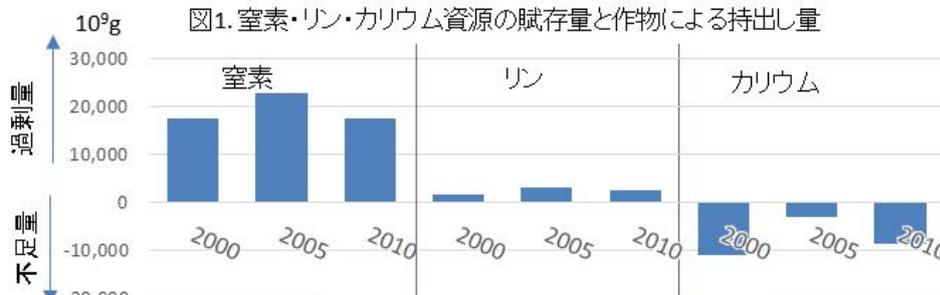


図2. 見かけの窒素・リン・カリウムの収支

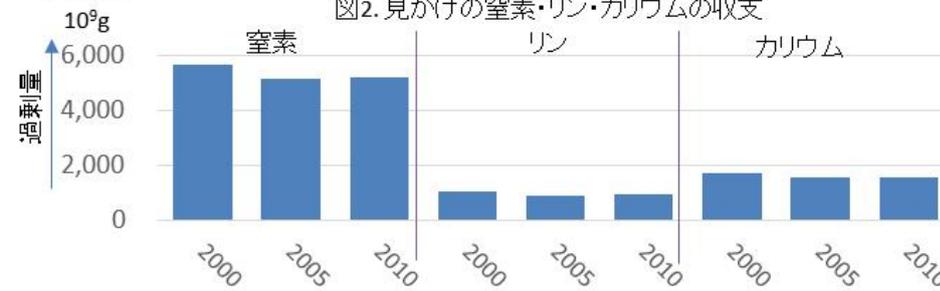


図3. 穀物生産と化学肥料施用に絞った収支

[その他]

研究課題：肥料の施用および畜産物生産の実態と環境負荷の推計

プログラム名： 開発途上地域農林漁業者の所得・生計向上と、農山漁村活性化のための技術の開発

予算区分： 交付金[中国循環型生産]

研究期間： 2013 年度(2011～2013 年度)

研究担当者： 三島慎一郎(農環研)・銭小平

発表論文等：

1) Mishima,S. et al.(2013) Recent advances in Chinese agricultural production and its sustainability. BIT's annual world congress of agriculture:141

2) Li H, et al. (2013) Chinese journal of soil Science, Vol 44, No6:1428-1433

〔成果情報名〕 食用地衣類を用いた血圧降下作用を有する機能性食品素材の開発

〔要約〕 日本や中国の一部地域で食用とされている地衣類バンダイキノリ (*Sulcaria sulcata*) 及びカブトゴケモドキ (*Lobaria kurokawae*) を用いることにより、血圧調節酵素レニン及びキマーゼの阻害活性を有し、血圧降下作用を有する機能性食品の開発が可能である。

〔キーワード〕 食用地衣類、レニン阻害、キマーゼ阻害、血圧降下作用

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 生物資源・利用領域

〔分類〕 技術 B

〔背景・ねらい〕

途上国等においても、健康への関心の高まりとともに、食品や農作物の健康機能性に対する要望が強まっている。そこで本研究では、東アジアの食料資源を対象に、血圧調節酵素であるレニン及びキマーゼの阻害成分のスクリーニングを行う。レニン及びキマーゼは、ヒトを含む哺乳類全般において最も重要な血圧調節系であるレニン・アンジオテンシン系に含まれる。レニンは、血圧調節ホルモン前駆体であるアンジオテンシノーゲンに作用してアンジオテンシン I を遊離する。アンジオテンシン I は、アンジオテンシン変換酵素 (ACE)、あるいはキマーゼによりアンジオテンシン II に変換される。生じたアンジオテンシン II は、血管収縮や血液中の体液量増加等を誘発させ血圧を上昇させる。したがって、これらの血圧調節酵素の働きを阻害する成分によって、血圧降下作用をもたらすことができる。これらの阻害成分を含む食材を用いることにより、新規機能性食品素材の開発を目指す。

〔成果の内容・特徴〕

1. 地衣類であるバンダイキノリ (*Sulcaria sulcata*) 及びカブトゴケモドキ (*Lobaria kurokawae*) (図 1) は、日本や中国の一部地域で食材として用いられている。
2. バンダイキノリ及びカブトゴケモドキの水、メタノール、エタノール抽出液には、それぞれ強いレニン及びキマーゼ阻害が存在する (表 1)。また、水抽出液に含まれる阻害成分は、煮沸、オートクレーブ処理でも活性を失わず、極めて熱に安定である (表 1)。
3. 水を用いたオートクレーブによる抽出液を、高血圧自然発症ラット (SHR) に与えると、投与後の血圧を有意に低下させることが出来る (表 2)。また、抽出液を投与しても、SHR の一般状態 (外観、行動、呼吸等) は投与していないものと変わらない。

〔成果の活用面・留意点〕

1. これらの食用地衣類の抽出物は、食物由来のレニン及びキマーゼ阻害剤として活用できる。
2. ラットを用いた投与実験において、血圧降下作用が認められたことから、さらにヒトに対する血圧降下作用を検証する必要があるものの、これらの抽出物をヒトに対する機能性食品素材として利用することが期待される。

[具体的データ]

バンダイキノリ (*Sulcaria sulcata*)カブトゴケモドキ (*Lobaria kurokawae*)

図1 食用地衣類の写真

表1 バンダイキノリ及びカブトゴケモドキ抽出液のレニン、キマーゼ、ACE阻害活性

材料	抽出法	レニン阻害	キマーゼ阻害	ACE阻害
バンダイキノリ (日本産)	メタノール	+++	+++	±
バンダイキノリ (日本産)	エタノール	++	+++	±
バンダイキノリ (日本産)	水 (煮沸)	++	+++	±
バンダイキノリ (日本産)	水 (オートクレーブ)	+++	+++	±
バンダイキノリ (中国産)	メタノール	++	+++	±
バンダイキノリ (中国産)	水 (オートクレーブ)	+++	+++	±
カブトゴケモドキ (中国産)	メタノール	++	+	±
カブトゴケモドキ (中国産)	水 (オートクレーブ)	+++	+++	-

阻害活性の強さは、+++から±の順で強く、-は活性が無い。

表2 各種抽出液を高血圧自然発症ラット (SHR) に投与したときの血圧の変化

材料	投与群	コントロール群
バンダイキノリ (日本産)	94% ± 2	101% ± 2
バンダイキノリ (中国産)	94% ± 2	102% ± 2
カブトゴケモドキ (中国産)	94% ± 1	102% ± 2

数値は平均値±標準誤差。投与前の血圧値を100%とした。SHRに各抽出液を1回投与後、血圧を測定した。

[その他]

研究課題：機能性成分・微生物の性質解明と利用技術の開発

プログラム名：開発途上地域の農林漁業者の所得・生計向上と農山漁村活性化のための技術の開発
 予算区分：交付金 [食料資源利用]

研究期間：2013年度 (2011~2015年度)

研究担当者：葦澤悟・程永強 (中国農業大学)・高橋砂織 (秋田県総合食品研究センター)

発表論文等：葦澤ら、特許出願 2014-19845

[成果情報名] オイルパーム廃棄木の搾汁残渣はバイオエタノールの有望な資源となる

[要約] オイルパーム廃棄木の搾汁後の繊維残渣を柔組織および維管束に分別し、それぞれ前処理することで、高い糖化効率を有するバイオエタノール発酵生産が可能となる。廃棄木の搾汁残渣から得られる発酵可能糖に対し約 82%の高変換効率でエタノールを生産することができる。

[キーワード] バイオエタノール、オイルパーム廃棄木、糖化発酵技術

[所属] 国際農林水産業研究センター 生物資源・利用領域

[分類] 技術 B

[背景・ねらい]

オイルパームは生産性を維持するために約 25 年間隔で伐採、再植されるが、伐採されたパーム廃棄木が大量に発生している。パーム廃棄木から搾汁により得られる樹液には、グルコースやスクロースなど発酵可能な遊離糖が豊富に含まれている。JIRCAS ではこの樹液からのバイオエタノールおよび乳酸生産技術を開発している¹⁾。本研究では、オイルパーム廃棄木の樹液だけでなく、搾汁の際に排出される繊維残渣もまたバイオエタノールに変換可能な有望な資源となることを示す。

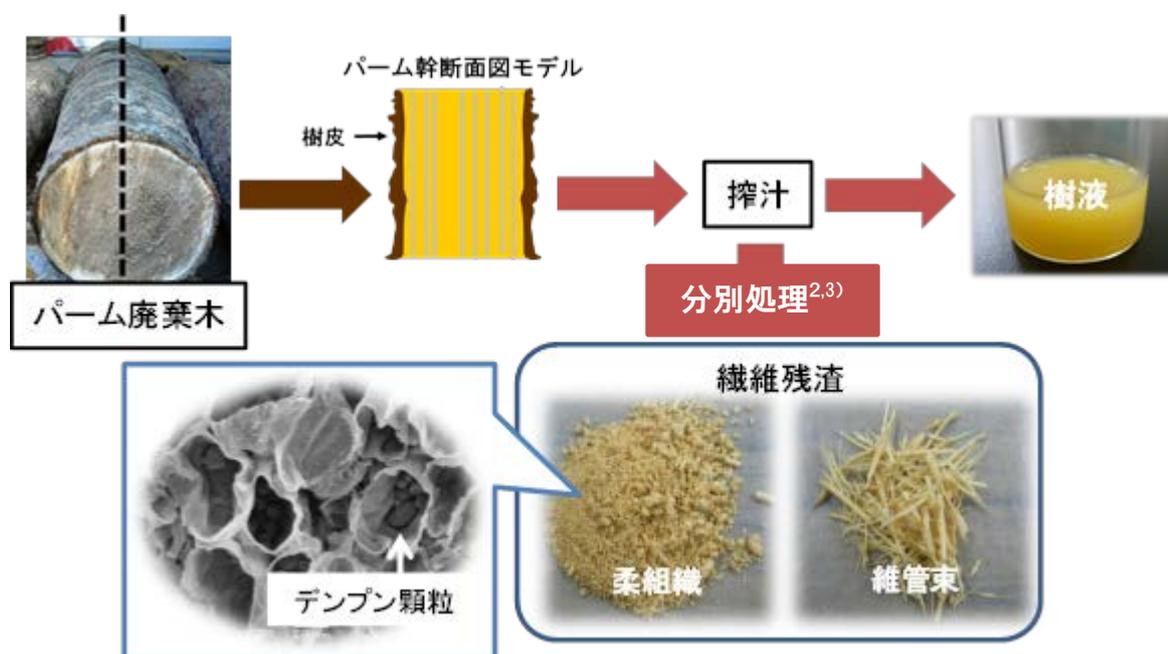
[成果の内容・特徴]

1. 樹液搾汁後の繊維残渣は柔組織と維管束で構成される (図 1)。この柔組織と維管束は、その形状や重量の差を用い容易に分別できる (国際農林水産業研究成果情報 第 18 号)。柔組織と維管束を分別することで、柔組織中に特異的に含まれるデンプンを利用することができる³⁾。
2. 柔組織および維管束の成分量 (% , w/w) は、それぞれリグニン 26.8%、23.6%、デンプン 46.7%、0.2%、セルロース 40.3%、49.1%、キシラン 18.7%、19.0%、アラビナン 4.4%、1.1%であった。デンプン以外の成分は類似した含有量で構成されている³⁾。
3. 搾汁後の繊維残渣はアルカリ前処理 (5%水酸化ナトリウム、150℃、3 時間処理) および市販セルラーゼ酵素 (18.5 ユニット/g 乾燥繊維残渣) により 91%の高い糖化効率を得ることができる³⁾。
4. パーム廃棄木の搾汁後の繊維残渣 100 g から 25 g のエタノールを生産することが可能である (表 1)。これは樹液以外の繊維残渣が有する利用可能な発酵糖の約 82%がエタノールへ変換できることを示しており、樹液と共に搾汁後の繊維残渣も極めて有望な資源となる³⁾。

[成果の活用面・留意点]

1. 柔組織はデンプンを含むため、セルラーゼ以外にデンプン分解酵素の併用が効果的である。
2. 五炭糖発酵性酵母を用いることで、キシラン分解由来のキシロースなどの五炭糖も利用できるためバイオエタノール生産量を向上させることができる。
3. 繊維残渣の前処理はアルカリ前処理以外、水熱前処理でも高い糖化効率を示す。
4. 樹液の有用性が示されていることに加えて、最近では、その搾汁残渣の利用も注目されてきている。本提案のようにエタノール生産の原料、又は吸水性素材⁴⁾、燃料用ペレット (特許出願中) にも利用可能であるが、コスト等を検討し総合的な利用方法を考慮する必要がある。

[具体的データ]

図1 オイルパーム廃棄木からの搾汁液と搾汁後の繊維残渣¹⁻³⁾表1 オイルパーム廃棄木の搾汁残渣100gから得られるバイオエタノール生産量³⁾

オイルパーム廃棄木	使用量 (g)	残量 (g)	前処理方法	発酵可能糖 (g)		エタノール 生産量(g)
				デンプン	セルロース	
繊維	100.0	-	-	25.8	34.0	-
柔組織 (デンプン含む)	55.0	29.3	加熱	25.7	-	11.2
アルカリ前処理柔組織	-	16.9	5% NaOH	-	13.1	5.1
維管束	45.0	44.9	-	0.08	-	0.03
アルカリ前処理維管束	-	27.1	5% NaOH	-	22.0	8.6
エタノール生産量の合計 (g)						25.0

アルカリ前処理柔組織および維管束の糖化効率は91%とした。

[その他]

研究課題：オイルパーム廃棄木からのバイオエタノール生産実用化のための課題解決

プログラム名：開発途上地域の農林漁業者の所得・生計向上と農山漁村活性化のための技術の開発

予算区分：交付金 [アジアバイオマス]、受託 [NEDO・提案公募型開発支援研究協力事業 (2011)]

研究期間：2013年度 (2011年～2013年)

研究担当者：小杉昭彦・Panida Prawitwong・鄧嵐・荒井隆益・村田善則

発表論文等：1) Kosugi, A. et al. (2010) J. Biosci. Bioeng, 110: 322-325

2) 固体混合物の分離装置本体及び分離方法 特願 2011-190175(P2011-190175)

3) Prawitwong, P. et al. (2012) Bioresource Technology, 125: 37-42

4) 吸水性素材 特願 2010-097436(P2010-97436)

[成果情報名] オイルパーム廃棄木搾汁液からのエタノール生産におけるエネルギーの効率

[要約] オイルパーム廃棄木より樹液を効率よく搾るために開発したシステムにおいて、樹液からのバイオエタノール生産のための投入エネルギーおよび産生エネルギーを計算すると、投入エネルギーよりも産生エネルギーが大きい。

[キーワード] バイオエタノール、オイルパーム廃棄木、エネルギー効率

[所属] 国際農林水産業研究センター生物資源・利用領域

[分類] 技術 B

[背景・ねらい]

オイルパーム廃棄木のトランク(幹)より発酵糖を含んだ樹液を搾汁するシステムを開発し(村田ら、国際農林水産業研究成果情報 第17号)、ベンチスケールの搾汁装置を製作している¹⁾。本装置を用いた際のエネルギー効率を評価するため、搾汁に関わる全エネルギーを見積もり、投入エネルギーとして計算する。またエタノール生産に関わるエネルギーを求め、エタノール生産に関わるエネルギー効率を計算する。

[成果の内容・特徴]

1. 樹齢 23 - 25 年のオイルパームトランク(直径 30-45 cm、長さ 12m) を長さ 1.2m に切り出し、樹皮と外層を除去した直径 20 cm のコアを実験に用いる。トランクコアの粉碎および搾汁に関わるエネルギーの合計を投入エネルギーとして計算する²⁾ (表 1)。
2. 産生エネルギーは、樹液から生産されたエタノールの熱量および搾汁残渣(水分含量 50%) の熱量の合計として計算する²⁾ (図 1)。
3. 投入エネルギーと産生エネルギーの比率は 4.8 である (図 2A)。

[成果の活用面・留意点]

1. サトウキビからエタノールを生産する場合、バガス燃焼からの自己供給エネルギーを加味するとエネルギーの比率は 8.3 である²⁾。オイルパームの場合の本成果の値 (4.8) より高い値であるが、オイルパームでも実用的には十分高い値と考えられる。
2. 本研究は、実験装置(回転樹皮むき機)のサイズに合わせてトランクコア(20cm 直径、長さ 1.2m)の処理に要する消費電力を測定したデータであるが、33.74 倍することで全トランク(40 cm x 10m)に要するエネルギーを見積もることができる。
3. 全トランク(40 cm x 10m、重さ 1.14 トン)について輸送エネルギーは、プランテーションと搾汁工場の距離を 8km と仮定した場合 47.2MJ である²⁾ (図 2B)。肥料に関わるエネルギーは 73.7MJ であるが、本研究では、プランテーションでの肥料は、既にパームオイル生産で回収されていると考え、肥料の投入エネルギーはゼロとした²⁾。また、ベニヤ板工場からの廃棄物、トランクのコア(直径 20 cm)を対象としているので、輸送エネルギーもゼロとした。

[具体的データ]

表1 トランクコア(20cm x 1.2m)からの搾汁における投入エネルギー

トランクコア		トランクコア	
回転樹皮むき機、kWh	0.24	エネルギー合計、kWh	0.64
シュレッダー、kWh	0.17	エネルギー合計、MJ*1	2.3
ミル、kWh	0.23	全投入エネルギー、MJ *2	5.8

*1 Wh から MJ への変換式： $Wh \times 3,600s \text{ h}^{-1}$ 、*2 計算式： $MJ = (\text{エネルギー合計} : 2.3MJ) \times (100/40)$

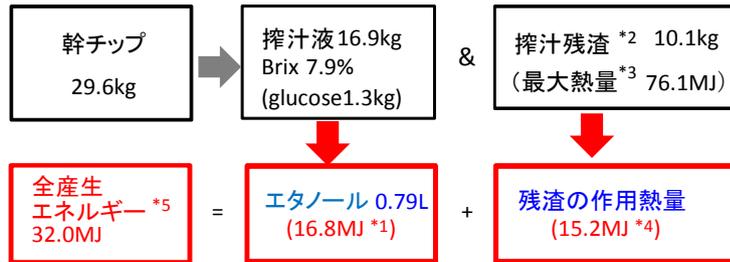


図1 エタノールと搾汁残渣からの産生エネルギーのフロー図

青：生産物 赤：生産物からのエネルギー *1 エタノールの熱量；21.2 MJ L-1, *2 搾汁残渣のシステムからの回収量は 80%, *3 搾汁残渣(50%水分含量)の Low heat value (LHV)は 7.5 MJ kg-1, *4 作用熱量は最大熱量の 20%として計算。*5 全産生エネルギー=(EtOH の熱量, MJ)+(残渣の作用熱量, MJ)

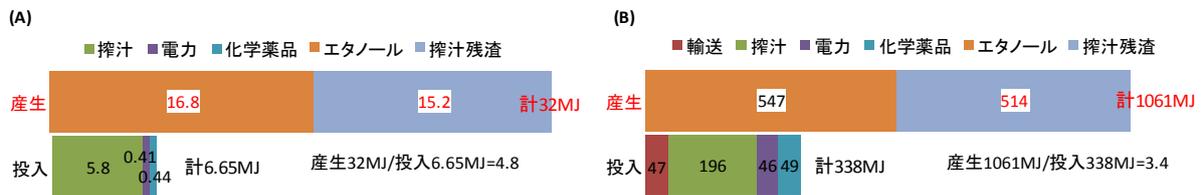


図2 搾汁に関わるエネルギー (A)トランクコア (20cm x 1.2m) (B)全トランク (40cm x 10m) 全トランクの場合はプランテーションからの輸送エネルギーが加算される

[その他]

研究課題：オイルパーム廃棄木からのバイオエタノール及びバイオマテリアル生産技術開発
 プログラム名：開発途上地域の農林漁業者の所得・生計向上と農山漁村活性化のための技術の開発
 予算区分：交付金 [アジアバイオマス]、受託[NEDO・提案公募型開発支援研究協力事業]
 研究期間：2013 年度 (2011~2013 年度)
 研究担当者：村田善則・荒井隆益・小杉昭彦
 発表論文等：1) 森ら、ヤシ幹(トランク)用シュレッダー及び搾汁システム 特願 2009-238779
 2) Y. Murata, et al. Biomass and Bioenergy 51(2013) :8-16

[成果情報名] オイルパーム幹からのバインダーレスパーティクルボードや圧縮板の製造

[要約] 未利用であるオイルパーム幹を用い、原料粉末のみの熱圧縮によるバインダーレスパーティクルボードや圧力と熱をかけて密度を高めた圧縮板が製造できる。実用化されれば、新規原料が天然林資源の代替となり、既存産業を衰退させず天然林を保護することへ貢献する。

[キーワード] オイルパーム、幹、バインダーレス、パーティクルボード、圧縮板

[所属] 国際農林水産業研究センター 林業領域

[分類] 技術 A

[背景・ねらい]

マレーシアやインドネシアの農林水産業において、パーム油は重要な生産物の一つである。プランテーションでは、若木に更新するために 25～30 年経ったオイルパームが伐採され、幹などの未利用バイオマスが大量に発生する。そこで、オイルパーム幹が持つ特徴を生かした、材料の開発を試みた。これまでになかった原料とその利用法を提案することにより、枯渇が危惧される天然林資源の保護にも役立つことを期待している。

[成果の内容・特徴]

1. 「つなぎ」となるものを加えず、オイルパーム幹の粉末を直接熱圧縮することで「バインダーレスパーティクルボード」を製造できる（図 1）。得られるボードの強度は、圧縮時のプレス温度が 200℃ で最大となる。
2. オイルパーム幹のブロック状の材を板目面から熱圧縮することで密度を高め、「圧縮板」を製造できる（図 2）。熱圧縮の前に 130℃ 水蒸気処理を行うことで、圧縮板の物理的性質や寸法安定性が向上する。
3. 単糖・二糖類を抽出したオイルパーム幹の粉末を原料としてバインダーレスパーティクルボードを製造すると、得られるボードの性質が低下する。一方で、グルコースやスクロース（ショ糖）を加えたボードは物理的性質や寸法安定性が向上する。デンプン添加のボードにはこのような効果が見られないことから、オイルパーム幹の樹液のグルコースやスクロースなどが、バインダーレスボードの製造過程で重要な役割を果たしている（図 3）。

[成果の活用面・留意点]

1. 木質材料を製造している工場であれば、ここで示したバインダーレスパーティクルボードや圧縮板の製造に比較的容易に対応可能であり、枯渇が危惧される天然林資源への依存度を下げる効果も期待される。
2. 得られたバインダーレスパーティクルボードの寸法安定性が低いため、耐水性を要求されない利用法（内装や室内用家具など屋内用途）を想定している。
3. バインダーレスパーティクルボードは、製造時の温度条件だけではなく原料の粒子形状なども、得られるボードの性能に寄与する。

[具体的データ]



図1 幹粉末を原料としたバインダーレスパーティクルボード (円内は表面の拡大)

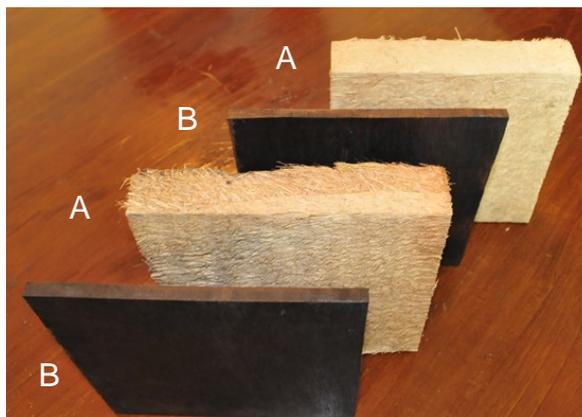


図2 熱圧縮前のオイルパーム幹(A)と熱圧縮処理でできた圧縮板(B)

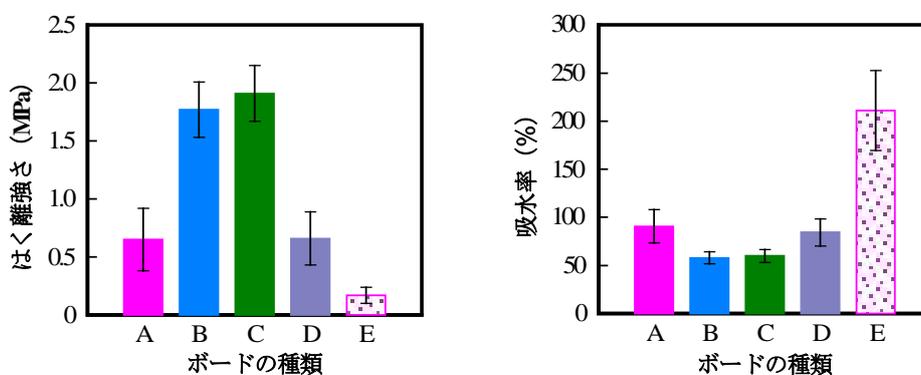


図3 糖類添加がはく離強さに与える影響 (左図)、吸水率に与える影響 (右図)

- A : 未抽出オイルパームトランク粉末 (OPT) のみ (対照)、
 B : 未抽出 OPT+グルコース 20%添加、C : 未抽出 OPT+スクロース 20%添加、
 D : 未抽出 OPT+デンプン 20%添加、E : 温水抽出済 OPT

[その他]

研究課題：プランテーション・人工林からの生産物の多用途利用技術の開発

プログラム名：開発途上地域の農林漁業者の所得・生計向上と農村活性化のための技術の開発

予算区分：交付金 [東南アジア・バイオマス] [持続的林業]

研究期間：2012年度 (2006~2010、2011~2012年度)

研究担当者：杉元倫子・Rokiah Hashim (マレーシア理科大学)・Othman Sulaiman (マレーシア理科大学)・佐藤雅俊 (東京大学)

発表論文等：1) Hashim, R. et al. (2011) Materials and Design, 32: 2520-2525

2) Said, N. et al. (2013) In: L. Rajamani and N. Esa eds. The relevance of science to local knowledge. Penang: Penerbit USM, 42-47

3) Boon, J. G. et al. (2013) Eur. J. Wood Prod., 71: 583-589

4) Salim, N. et al. (2013) BioResources, 8 (2): 2310-2324

5) Sugimoto, T. et al. (2013) JIRCAS Working Report No. 80: 51-57

[成果情報名] 飛翔力の強い甲虫媒のフタバガキ科樹種が健全に種子生産できる択伐基準

[要約] JIRCAS が開発した繁殖モデルを適用し、現地でバラウと呼ばれ低地フタバガキ林に生息する飛翔力の強い甲虫媒の有用樹について、熱帯樹木の択伐基準を考慮する際に重要な自然交配が可能になる花粉散布パターンを決定した。飛翔力の弱いアザミウマ媒の有用樹レッドメランティよりも送粉効率が高く、択伐基準はレッドメランティよりも緩和できる。

[キーワード] フタバガキ、択伐施業、花粉散布、天然更新

[所属] 国際農林水産業研究センター 林業領域

[分類] 研究 B

[背景・ねらい]

生物多様性の宝庫である熱帯雨林では、択伐と呼ばれる一定以上の大きさの木を収穫する手法で天然林から木材が生産されている。しかし、この手法が持続可能であり、豊富な生物資源を維持しているかを検証された例は少ない。JIRCAS では健全な種子生産を維持するための花粉散布パターンの研究を丘陵林に分布するフタバガキ科の有用樹レッドメランティ (*Shorea curtisii* や *S. leprosura* などに対する産地別取引名)で行ってきた。研究例の多いレッドメランティの中でも、ムティカ節に属する樹種は微小な花を持ち、花粉は飛翔力の弱いアザミウマによって散布される。しかし、フタバガキ科樹種は花の形態が異なる分類群毎に様々な昆虫と共生関係にあり、その共生関係毎に健全な種子生産に必要とされる異なる管理基準を設定することが望ましい。そこで大型の花を持ち、主に甲虫類によって花粉が散布される有用樹バラウ (*Shorea maxwelliana*) の花粉散布パターンを繁殖モデル (国際農林水産業研究成果情報 第 19 号) で推定し、択伐の影響を評価した。バラウは蓄積量がレッドメランティの約 2 割と乏しいが、高価値材を産出し資源の枯渇が危惧される樹種の一つである。

[成果の内容・特徴]

1. 飛翔力の強い甲虫に花粉散布を依存しているため、一斉開花規模で生じる開花密度の違いが花粉散布に及ぼす影響は小さい (図 1)。
2. 大規模開花年では種子生産に寄与する花粉親の数が多く、大規模開花年にはより遺伝的に多様な種子が生産されている (表 1)。
3. アザミウマ媒のレッドメランティよりも甲虫媒のバラウは択伐による花粉散布パターンへの影響が小さい。択伐基準としては、他殖花粉の半減率を用いた場合、レッドメランティでは胸高直径が 80cm 以上の立木のみを伐採できるが、バラウではこの値は 60cm 以上と推定される (図 2)。

[成果の活用面・留意点]

1. *S. maxwelliana* はマレー半島の他、ボルネオ島にも広く分布している。特にボルネオ島では蓄積量も多く、我が国をはじめ海外への輸出も多い。その点で本成果はマレーシアの他、インドネシアへの波及効果も期待できる。
2. 花粉散布パターンは送粉昆虫と開花個体密度に依存する。ボルネオ島とマレー半島では同じ樹種で異なる送粉者が観察された事例がある。樹種の個体密度が大きく異なる事例もある。このような場合、択伐シミュレーションで推定した値と、実際の結果が異なる場合が生じる。

[具体的データ]

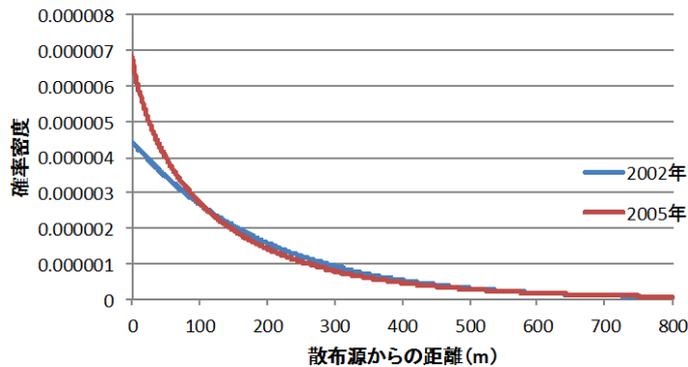


図1 開花密度の異なる2カ年で示されたバラウの花粉散布パターン

近距離の個体との活発な交配で近距離の花粉散布パターンは若干異なるが、開花個体密度が低い2002年と、開花密度の高い2005年の花粉散布パターンはあまり変わらない。

表1 サラノキ節樹種及びムティカ節樹種における有効な花粉親数の比較

樹種	節	産地別取引名	開花年	開花規模	有効な花粉親数 (N_{ep})	一単位あたりの有効な花粉親数 (N_{ep}/N)
<i>Shorea maxwelliana</i>	サラノキ	バラウ	2002	部分開花	28.808	0.200
	サラノキ	バラウ	2005	大規模開花	44.154	0.307
<i>Shorea leprosula</i>	ムティカ	レッドメランティ	2002	部分開花	8.817	0.134
<i>Shorea parvifolia</i>	ムティカ	レッドメランティ	2002	部分開花	11.042	0.133
<i>Shorea curtisii</i>	ムティカ	レッドメランティ	1998	大規模開花	27.210	0.189
	ムティカ	レッドメランティ	2002	部分開花	24.349	0.169
	ムティカ	レッドメランティ	2005	大規模開花	34.411	0.239

大規模開花年の種子生産に寄与した花粉親数 (N_{ep}) は44個体であり、部分開花年の28個体より多く、大規模開花年には遺伝的に多様な種子が生産されている。バラウの一個体あたりの有効な花粉親数 (N_{ep}/N) はレッドメランティよりも大きく、甲虫の活発な花粉散布能力を示している。

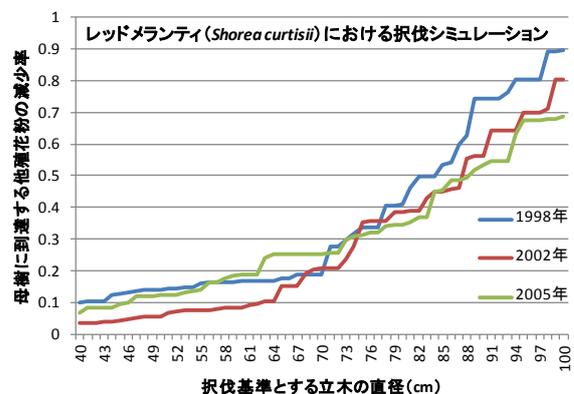
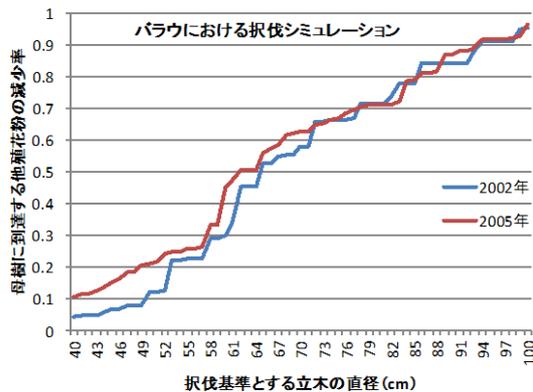


図2 一定直径以上を収穫対象に選定する択伐基準を変化させた場合の母樹に到達できる他殖花粉量の減少率

他殖花粉半減率(図中0.5)に相当する択伐基準は、飛翔力の弱いアザミウマ媒のレッドメランティでは直径約80cm、飛翔力の強い甲虫媒のバラウではそれよりも緩い約60cmといえる。

[その他]

研究課題：マレーシア・フタバガキ択伐林業の持続性評価及び向上技術の開発

プログラム名：開発途上地域の農林漁業者の所得・生計向上と農村活性化のための技術の開発

予算区分：文部科学省科研費 [森林総研分担/谷]、交付金 [持続的林業]

研究期間：2013年度(2006~2015年度)

研究担当者：谷 尚樹・津村義彦(森林総合研究所)・Norwati Muhammad(マレーシア森林研究所)・Lee Soon Leong(マレーシア森林研究所)

発表論文等：1)Masuda, S. et al. (2013) PLoS ONE 8(12): e82039

2)Tani, N. et al. (2012) JIRCAS Working Report No.76: 61-66

[成果情報名] ハネジナマコの動物性および植物性餌料の特性

[要約] ハネジナマコ稚ナマコの動物性餌料の有機物、タンパク質および炭水化物の見かけの消化率および一日あたりの同化量は植物性餌料と比較して高い。

[キーワード] ハネジナマコ、消化率、有機物、タンパク質、炭水化物

[所属] 国際農林水産業研究センター 水産領域

[分類] 研究 B

[背景・ねらい]

東南アジア各地でナマコ類の資源量が乱獲により激減しており、資源増殖や養殖が行われている。また、ナマコを用いた複合養殖技術開発にも関心が集まっている。しかし、高い死亡率や遅い成長が技術的な問題となっている。飼育方法が確立されていないこと、とくに基礎情報である餌に関して不明な点が多いことが大きな原因である。ナマコの種苗生産施設では、海藻粉末や珪藻といった藻類を餌料として用いるのが一般的であり、沿岸域の畜養でも天然の微細藻類が重要な餌と考えられているが、様々な有機物を底質ごと取り込む堆積物食性のナマコにとって何が重要な餌かは確認されていない。本研究は、途上地域で食用として高価な重要種であるハネジナマコの餌料として動物性と植物性原料の消化率および同化量を明らかにして、複合養殖技術開発の基礎情報とするとともに、配合餌料開発に有用な知見を提供することを目指したものである。

[成果の内容・特徴]

1. 動物性餌料（エビ粉とイガイ粉）は、植物性餌料（底生珪藻と海藻粉末）と比較して、有機物含量とタンパク質含量が高い。植物性餌料は、動物性餌料と比較して炭水化物含量が高い傾向にある。
2. ハネジナマコ稚ナマコに動物性と植物性餌料を与えると、有機物の見かけの消化率（ADC、餌と糞の栄養素の量の比較）は、動物性餌料（77.1 – 86.2%）のほうが植物性餌料（32.3 – 55.1%）より有意に高い。タンパク質に関しては、エビ粉、イガイ粉、底生珪藻（75.2 – 88.7%）が海藻粉末（34.4%）よりも高いADCを示す。炭水化物のADCは、タンパク質よりも低く、底生珪藻とイガイ粉（58.3 – 58.5%）がエビ粉と海藻粉末（28.0 – 31.6%）よりも有意に高い（図1）。
3. 各餌料の1日あたりの摂取量と栄養素含量と見かけの消化率の積として求めた栄養素の同化量（TAN、1日に取り込む栄養素の量）の推定では、有機物およびタンパク質に関してエビ粉が最もTANが多く、炭水化物では珪藻が最も多かった（図2）。現在主たる餌料として使われている珪藻に動物性タンパク質を加えることで、高効率な餌料の開発につながる可能性がある。

[成果の活用面・留意点]

1. 珪藻など懸濁物を濾過食する二枚貝の糞や偽糞がハネジナマコの餌として有効であることに加えて、魚粉など動物性タンパク質を多く含む配合餌料を用いる魚類養殖から発生する残餌や糞の餌料価値が高い可能性がある。これらを組み合わせた複合養殖技術開発が期待される。
2. 珪藻類に動物性タンパク質をサプリメントした餌料の開発で種苗生産や育成の生産性向上が期待できるが、残餌の腐敗による水質悪化には注意が必要である。

[具体的データ]

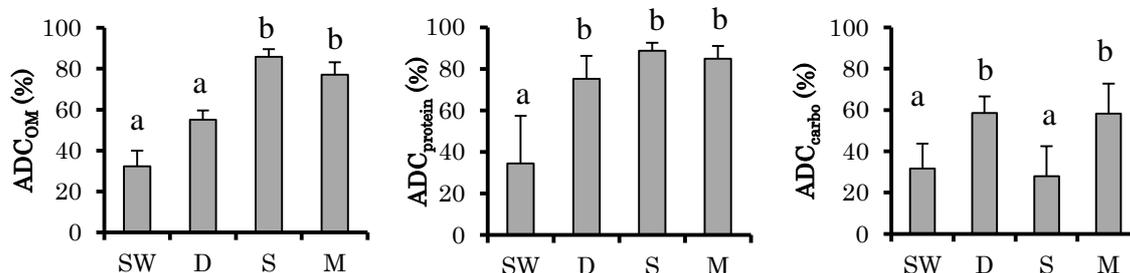


図1 ハネジナマコの餌料の見かけの消化率 (Apparent digestibility coefficient, ADC)

ADC_{OM} (有機物)、ADC_{protein} (タンパク質)、ADC_{carbo} (炭水化物)

SW (海藻粉末)、D(珪藻)、S(エビ粉)、M(イガイ粉) 英文字は有意差を表す。

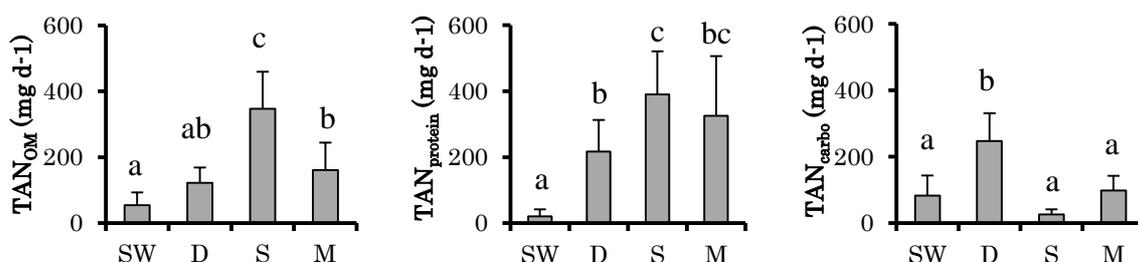


図2 ハネジナマコの1日あたりの餌料の同化量 (Total assimilated nutrients, TAN)

TAN_{OM} (有機物)、TAN_{protein} (タンパク質)、TAN_{carbo} (炭水化物)

SW (海藻粉末)、D(珪藻)、S(エビ粉)、M(イガイ粉)

TANの算出に必要なナマコの1日当たりの餌摂取量は、給餌量と残餌量の差から計算。
ナマコの平均体重は10g。 英文字は有意差を表す。

[その他]

研究課題：生計向上に資する海面複合的養殖技術の開発および開発技術の実証

プログラム名：開発途上地域の農林漁業者の所得・生計向上と農山漁村活性化のための技術の開発

予算区分：交付金 [熱帯沿岸域養殖]

研究期間：2013年度 (2011～2015年度)

研究担当者：渡部諭史・Z. G. A. Orozco・J. G. Sumbing・Ma. J. H. Lebata-Ramos (東南アジア漁業開発センター)

発表論文等：Orozco, Z. G. A. et al. (2012) Aquaculture Research (doi:10.1111/are.12058)

[成果情報名] アフリカ稲作におけるケイ素欠乏の実態とその要因

[要約] アフリカの農家圃場ではケイ素欠乏値を示すイネが広範にみられ、土壌のケイ酸供給力不足、不安定な水条件をもつ稲作生態系、および窒素施用量の増加を要因として、ケイ素欠乏のリスクが高まる。

[キーワード] アフリカ、イネ、ケイ素欠乏、窒素施肥、稲作生態系

[所属] 国際農林水産業研究センター 生産環境・畜産領域

[分類] 研究 A

[背景・ねらい]

イネは茎葉部にシリカを蓄積させることで病虫害などに対する抵抗性を高めている。イネは他の作物に比べてケイ酸吸収量が特異的に大きいことから、アフリカのコメ生産を拡大するためには、生産量に応じたケイ酸の安定供給が求められる。しかし、風化土壌の卓越するアフリカ地域においては、土壌からのケイ酸供給力が乏しいことが予測され、また、これまでケイ酸の肥培管理は行われていない。そこで、アフリカの主要なコメ生産国を対象として、農家圃場の稲体、土壌、および栽培条件を分析し、ケイ素欠乏の実態とその要因を明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. ナイジェリア、マダガスカル、ギニア、ガーナ、ベナン、モザンビーク、およびケニアの 7 か国にわたる農家圃場 99 地点のうち 67 地点 (67.7%) の圃場で、成熟期の稲わらケイ素濃度がイネ生育に影響を与えるとされる欠乏値の 5%*を下回る (図 1、2)。
2. 稲わらのケイ素濃度は、特に、降水量が多く風化土壌 (Oxisols、Ultisols など) の卓越した熱帯高地および熱帯湿潤気候帯で低い (表 1)。
3. 湛水培養 (40°C 1 週間) による土壌の水溶性ケイ酸量は、稲わらケイ素濃度の変異をよく説明しており、アフリカ地域における土壌のケイ酸供給力の指標として有効である (図 2)。
4. 稲わらのケイ素濃度は、灌漑水田>天水田>天水畑 (陸稲) の順に、不安定な水条件をもつ稲作生態系ほど低くなる (図 3)。
5. 窒素施用量と稲わらのケイ素濃度には負の相関がみとめられる (図 3)。

*ケイ素欠乏値は、国際稲研究所 Handbook series (Dobermann and Fairhurst, 2000) など参照。

[成果の活用面・留意点]

1. 湛水培養で溶出される土壌の水溶性ケイ酸量は、アフリカのイネ生産圃場における土壌のケイ酸供給力評価法として活用できる。
2. ケイ素欠乏リスクの高い地域・栽培条件と病虫害多発圃場とを照合させることで、圃場への稲わら鋤き込みなどケイ酸管理技術に関する研究促進が期待される。
3. ケイ酸管理技術の導入には、稲わらケイ素濃度の改善が病虫害の軽減などアフリカのコメ増収に繋がることを示す必要がある。

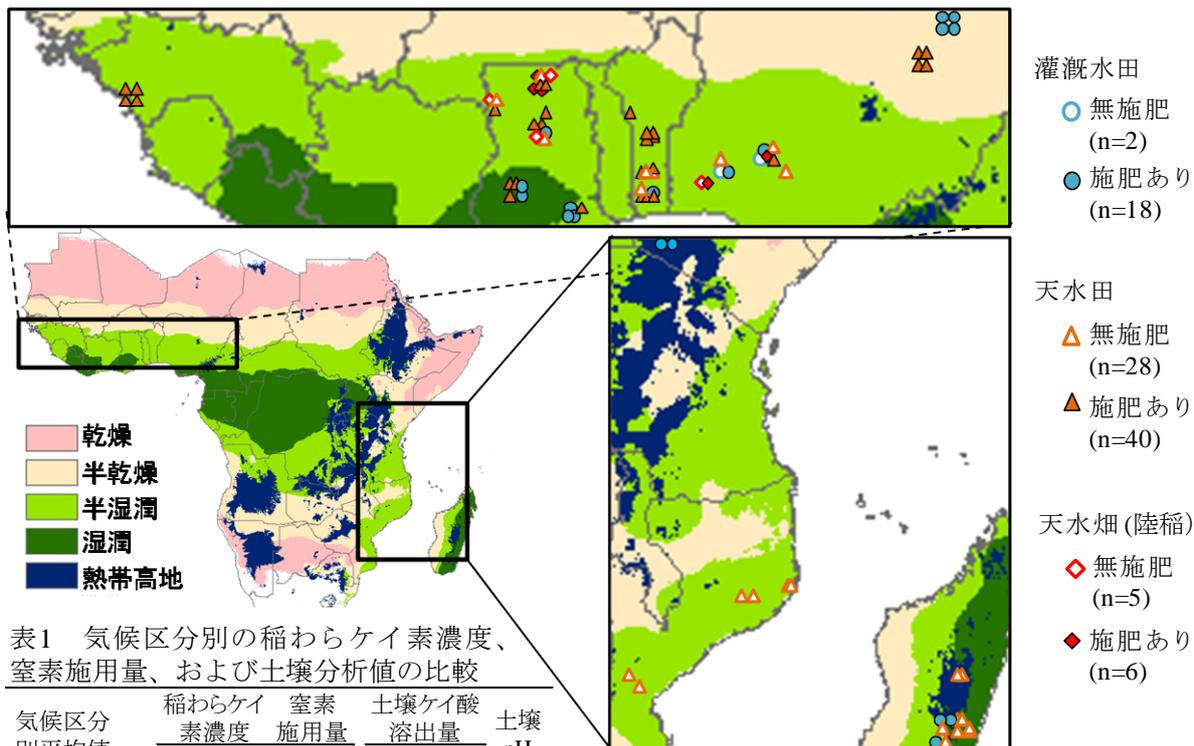


表1 気候区別の稲わらケイ素濃度、窒素施用量、および土壌分析値の比較

気候区分別平均値	n	稲わらケイ素濃度 (%)	窒素施用量 (kg ha ⁻¹)	土壌ケイ酸溶出量 (mg kg ⁻¹)	土壌 pH
半乾燥	8	4.9 ^{ab}	26 ^a	51.0 ^a	7.0 ^a
半湿潤	68	4.6 ^a	37 ^a	43.8 ^a	6.0 ^b
湿潤	11	3.9 ^b	42 ^a	28.7 ^{ab}	5.7 ^{bc}
熱帯高地	12	3.4 ^b	36 ^a	23.9 ^b	5.4 ^c
全平均	99	4.4	36	40.3	6.0

同一アルファベットは5%水準で有意差なし(Tukey HSD)

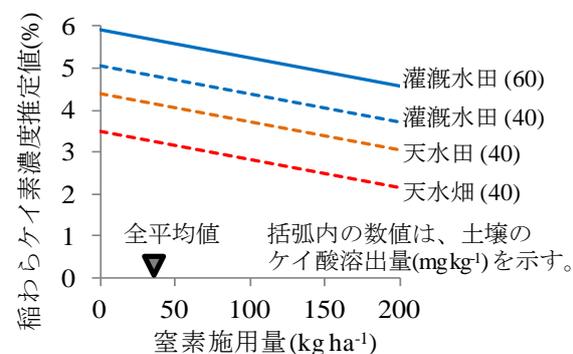


図3 稲作生態系別にみた窒素施用量と稲わらケイ素濃度推定値との関係

観測変数から稲わらケイ素濃度の変動を説明する重回帰モデル(R²=0.59)を作成して、感度分析を行った。

[その他]

研究課題：アフリカ稲作における稲体の窒素とケイ酸吸収バランスの広域評価

プログラム名：国際的な農林水産業に関する動向把握のための情報の収集、分析及び提供
 予算区分：交付金 [理事長インセンティブ シーズ研究]

研究期間：2011 年度、2012 年度

研究担当者：辻本泰弘・村中聡・浅井英利・齋藤和樹 (アフリカ稲センター)

発表論文等：Tsujiimoto, Y. et al. (2014) Field Crops Research, 155: 1-9

図1 稲わらと土壌を採取した農家圃場の位置
 「施肥あり」のうち有機物資材が3地点、化学肥料が61地点。気候区分図はHarvestChoice から引用。

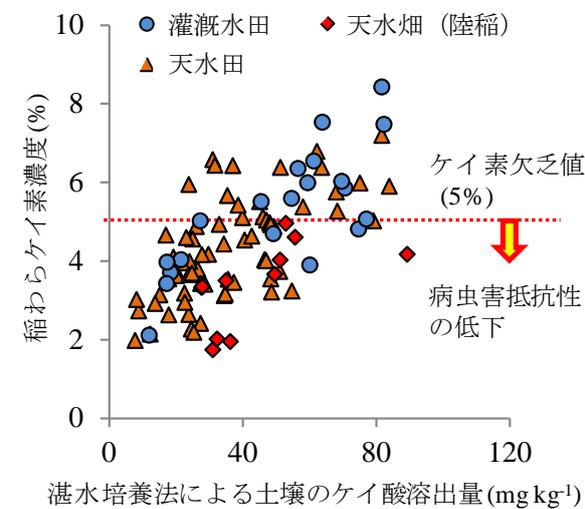


図2 土壌のケイ酸溶出量と稲わらケイ素濃度との関係