

# 1. 地球温暖化が世界の食料需給に及ぼす影響の計量モデル分析

[要約] 気温と降水量の変化に対応するように改良した世界食料モデルによるシミュレーション計算では、気温上昇が、アメリカのトウモロコシ、コメ、大豆、EUと旧ソ連地域の小麦の単収を大きく引き下げ、世界全体のコメ生産を減少させる。このような温暖化の国際市場への影響は、国際貿易によって緩和される。

所属	国際農林水産業研究センター・国際情報部			連絡先	029(838)6383		
推進会議名	国際農林水産業	専門	農業気象・経済政策	対象	現象解析技術	分類	研究

## [背景・ねらい]

二酸化炭素等温室効果ガスの人為的排出による地球温暖化の問題が、近年大きな国際的研究課題に取り上げられている。農林水産業は、その生産が気象条件等環境に左右されることから、地球温暖化による食料生産への影響が強く懸念される。作物モデルを用いた地球温暖化の農業分野への影響予測は、多数行われているが、その需要と供給および貿易を考慮した世界の農産物市場への影響の分析はきわめて少ない。本研究では、世界食料モデルと新たに計測した気温と降水量を変数とする両対数型単収関数の計測結果を用いて、気候変化と世界の食料市場の関係を分析した。

## [成果の概要・特徴]

1. 単収(単位面積当たり収量)関数の計測結果(表1)は、降水量の増加が、トウモロコシとヒエ、アワなどの粗粒穀物の各国の単収を増加させることを示す。また、小麦について、カナダとオーストラリアの単収を増加させるが、EUとニュージーランドの単収を減少させ、さらに、ブラジルのコメとアメリカの大豆の単収を増加させることを示す。
2. 単収関数の計測結果(表1)は、気温の上昇が、コメを除くほとんどの作物の単収を減少させることを示す。特に、気温上昇は、パキスタンの小麦、タイのトウモロコシ、インドの粗粒穀物とコメの大きな単収減少を引き起こし、南アジア地域の農業が、温暖化の影響を大きく受けることが予想される。
3. 世界食料モデルを用いたシミュレーションは、次の仮定を置き、2001年から2025年までの期間について行った。(1)栽培暦は変化しない。(2)栽培地域は移動しない。(3)気候変動は単収にのみ影響を与える。(4)すべての国・地域において、作物が気候変化の影響を受けやすい開花期の気温が、前年に対して0.05%上昇する。(5)すべてのパラメータは変化しない。
4. シミュレーションの結果、気温に変化がない場合に比べて、アメリカの粗粒穀物とコメ(図1)、インドの粗粒穀物とコメ(図2)、中国のトウモロコシ(図3)の生産量が温暖化の影響を大きく受けて減少することが明らかとなった。
5. 全世界で見ると穀物生産量は、貿易のために温暖化の影響を大きくは受けない(図4)。このような結果は、温暖化が単収のみに影響を与える従来のモデルの結果と異なるものである。他の穀物に比較すると貿易額の小さなコメは、アメリカと南アジア地域の生産量減少のため、全世界で見た場合において温暖化の影響を受ける。

## [成果の活用面・留意点]

1. 栽培地域、たとえばアメリカのコーンベルトが、移動しないと仮定している。実際には、気温上昇にしたがって、各作物の栽培地域が北上すると考えられる。
2. ここでは、各国・地域の気温が一律に年間0.05%上昇すると仮定しているが、IPCC(気候変動に関する政府間パネル)で用いられている予測値では、気温が高緯度地域では低緯度地域に比べて大きく上昇する。

[具体的データ]

表1 単収の降水量と気温に関する弾力性

小麦			トウモロコシ			コメ		
国・地域	降水量	気温	国・地域	降水量	気温	国・地域	降水量	気温
EU	-0.117	-1.076	アメリカ	0.186	-1.226	アメリカ	-0.003	-1.123
カナダ	0.344	-0.096	EU	0.138	-0.135	EU	0.009	1.282
オーストラリア	0.443	0.368	東欧	0.476	0.051	日本	-0.230	1.043
ニュージーランド	-0.214	-0.600	旧ソ連	0.076	-0.764	東欧	-0.013	0.790
東欧	-0.062	-0.660	アルゼンチン	0.252	-1.191	ブラジル	0.135	-0.454
エジプト	-0.021	-0.348	タイ	-0.038	-2.440	インド	0.037	-1.994
パキスタン	-0.041	-0.482	中国	0.168	-0.913	韓国	-0.048	1.302

粗粒穀物			粗粒穀物(つづき)			大豆		
国・地域	降水量	気温	国・地域	降水量	気温	国・地域	降水量	気温
アメリカ	0.029	-1.525	東欧	-0.018	-0.492	アメリカ	0.220	-0.791
EU	-0.017	-0.772	旧ソ連	0.506	-1.589	日本	-0.335	-0.192
日本	-0.095	-0.349	アルゼンチン	0.144	-1.439	東欧	0.011	-0.850
カナダ	0.189	-0.489	インド	0.103	-3.395			
オーストラリア	0.423	-0.110						

注)たとえば、アメリカのトウモロコシの気温弾力性は、-1.226 であるが、これは、気温が 1%上昇すると、アメリカのトウモロコシの単収が、1.226%減少することを示す。

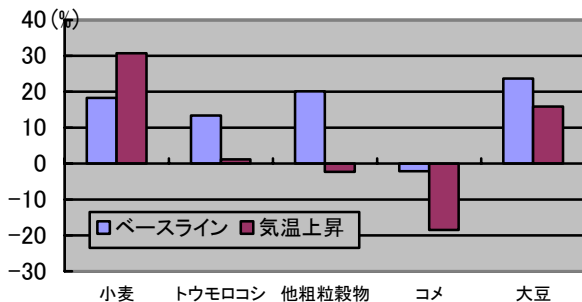


図1 アメリカにおける生産量の増加率

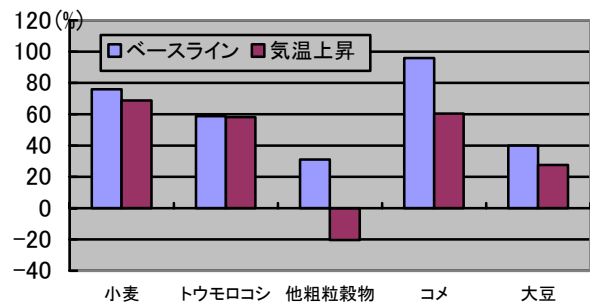


図2 インドにおける生産量の増加率

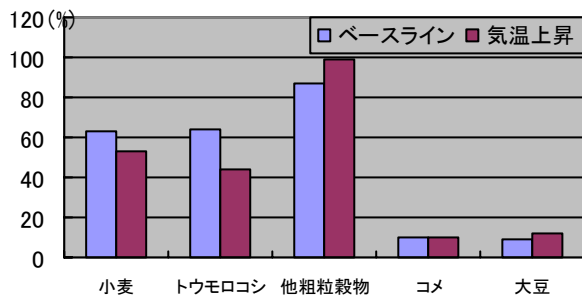


図3 中国における生産量の増加率

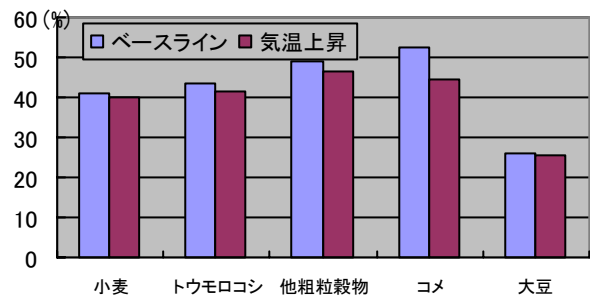


図4 世界の生産量の増加率

注)成長率:シミュレーション期間の生産量の増加率(90年代の単収の増加率の継続を前提)

[その他]

研究課題:世界食料需給モデルの改良による長期需給予測手法の開発

小課題番号:122

予算区分:技会プロ[食料変動]

研究期間:2005年度(2001~2005年度)

研究担当者:古家 淳・銭 小平・小山 修

発表論文等:

- 1) Furuya J., Koyama, O. (2005): Impacts of Climatic Change on World Agricultural Product Markets: Estimation of Macro Yield Functions. JARQ 39, 2.
- 2) 古家淳 (2005): 地球温暖化の世界食料需給に及ぼす影響-IFPSIMによる分析-. システム農学第21巻別号2, 96-97.

<b>2. 衛星データの時系列解析による耕作－休閑サイクルの同定と植生回復力の推定</b>							
〔要約〕 衛星データを用いた植生被覆の時系列解析による耕作－休閑サイクルの同定と植生指数の組み合わせによって、ラオス北部などの焼き畑地帯の植生の回復力が推定できる。							
所属	国際農林水産業研究センター・国際情報部			連絡先	029(838)6349		
推進会議名	国際農林水産業	専門	情報処理	対象	計測・探査技術 現象解析技術	分類	研究

### 〔背景・ねらい〕

ラオス北部山岳地域では焼き畑による陸稲栽培が行われてきたが、近年、森林保全政策や人口圧によって休閑期間が短縮されつつある。こうした耕作－休閑サイクルの変化は土地生産性や耕作体系の変化をもたらし、農民の生活に大きな影響を及ぼす。そこで、多年次にわたって観測された衛星データを時系列的に解析し、耕作－休閑サイクルを同定するとともに、休閑期間の短縮が植物生産に及ぼす影響を明らかにした。

### 〔成果の概要・特徴〕

1. 乾期(11－4月)の植生被覆を経年的に判別することで、耕地と休閑地および休閑地から耕地への転換を把握し、対象期間における耕作－休閑サイクルを同定する方法を提示した。
2. ルアンプラバン県に位置する北緯20°00'；東経101°45'－北緯19°30'；東経102°30'の領域を対象に、1995年から2003年にかけて取得された8シーンのLandsat/TM・ETM+データを用いて耕作－休閑サイクルを判定した結果、66,000ha(17.3%)は一度も耕作が行われずに森林として維持されていた一方、毎年耕作が行われた41,000ha(10.7%)は水田や園芸畑と考えられ、耕作率が1-30%、31-60%、61-99%であった焼き畑はそれぞれ88,000ha(22.9%)、74,000ha(19.3%)、114,000ha(29.8%)と集計された(図1)。
3. 直前の耕作年数が短期間であるほど休閑初年目の植生回復が早い傾向がみられた(表1)。
4. 年次別に平均した正規化植生指数(NDVI:  $(\text{Band4}-\text{Band3})/(\text{Band4}+\text{Band3})$ )は休閑年数にともなって増大するが、休閑地が森林と同程度のNDVIを回復するには約11年を要すると試算された(図2)。
5. 休閑年数別の平均NDVIを閾値として各休閑地のNDVIを二分することにより、植生回復力のポテンシャルを表した(図3)。これによると、メコン川西岸は低ポテンシャル域が多く、休閑による地力回復能力ひいては植物生産力の衰えが懸念される。

### 〔成果の活用面・留意点〕

1. Landsat/TM・ETM+は観測データのアーカイブが充実しており、他地域においても周期性を示す土地利用を的確に把握する手法として活用できる。
2. 植物生産に反映される地力の状態が広域的に捉えられ、農地利用・管理に有用な情報が得られる。



[具体的データ]

N20°00'; E101°45'

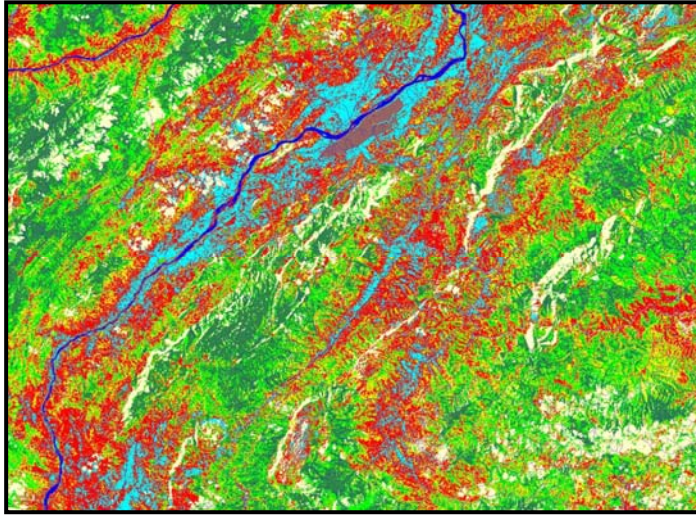


図1. 1995-2003年の耕作頻度.

	耕作率	面積(ha)
	100% (水田等)	40825.1
	61- 99%	114031.0
	31- 60%	73935.8
	1- 30%	87714.9
	0% (森林)	66306.2
	河川	
	市街地	
	その他	

N19°30'; E102°30'

表1. 直前の耕作年数による休閑  
初年目のNDVI\*の季節間差  
(2002年2月と11月の変化量)

耕作年数	NDVIの変化量
6+	0.195
5	0.211
4	0.213
3	0.215
2	0.244
1	0.267

\*NDVI: 正規化植生指数

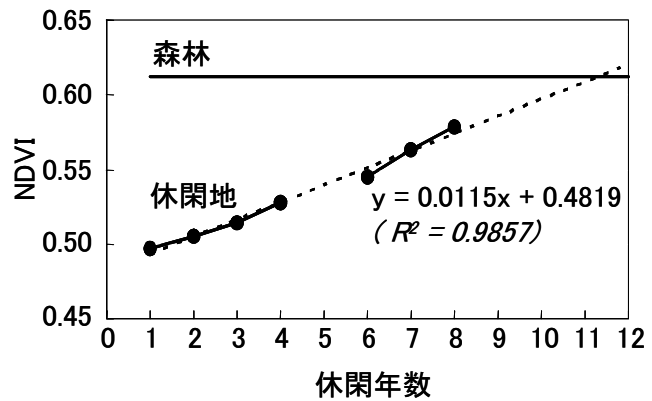


図2. 休閑期間に伴うNDVIの変化.

[その他]

研究課題: タイ・ラオスにおける水資源および農業的土地利用の変動解析

小課題番号: 611

予算区分: 国際プロ[天水農業]

研究期間: 2003-2005年度 (2002~2005年度)

研究担当者: 山本由紀代・鈴木研二

発表論文等:

1) Yamamoto Y., R. Lefroy, K. Phachomphon (2004):

Impact of the crop-fallow rotation cycle in northern

Laos. Proceedings of Asian Conference on Remote Sensing, 1:818-821.

2) Yamamoto Y., T. Oberthür, R. Lefroy (2006): Rainfed Agriculture in Northern Laos - Identification of Land Use Cycles in Slash-and-Burn Agriculture by Satellite Imagery - . JIRCAS Working Report No.47 : 1-6.

N20°00'; E101°45'



N19°30'; E102°30'

図3. 休閑地における植生回復力のポテンシャル.

### 3. 植物ホルモンのアブシジン酸による遺伝子発現を制御する転写因子 AREB を用いた環境ストレス耐性植物の作出

〔要約〕

アブシジン酸による遺伝子発現を制御するシロイヌナズナの転写因子 AREB1 を改変することにより活性型に変換することに成功した。活性型 AREB1 を植物中で高発現すると、LEA タンパク質など数種の耐性遺伝子が高発現して植物の乾燥ストレス耐性が向上することを明らかにした。

所属	国際農林水産業研究センター・生物資源部		連絡先	029 (838) 6305			
推進会議名	国際農林水産業	専門	バイテク	対象	アブラナ科植物	分類	研究

〔背景・ねらい〕

アブシジン酸 (ABA) は、種子の休眠、成熟過程で機能するとともに、乾燥や高塩濃度などの環境ストレス時に合成され重要な役割を果たしている植物ホルモンである。本研究では、ゲノム解析が進んでいるシロイヌナズナを用いて、乾燥ストレス耐性の獲得に重要な働きを示す ABA による遺伝子発現を制御する転写因子 AREB1 の解析を行った。AREB1 は ABA 応答性シス因子 ABRE に結合する bZIP 型転写因子であるが、植物中で高発現しても機能を示さず、ABA によるリン酸化などの活性化が必要であることが示されている。そこで、活性型の AREB1 を得るため、AREB1 に変異を加えてその活性をシロイヌナズナのプロトプラストを用いた一過的発現実験系で解析した。さらに、得られた活性型 AREB1 を植物中で高発現することで植物の乾燥ストレス耐性の向上を図った。

〔成果の概要・特徴〕

1. 遺伝子発現解析の結果から、主に 3 個の bZIP 型転写因子 (AREB1, AREB2, 及び ABF3) が乾燥・塩ストレス時のシロイヌナズナの植物体中で ABA による遺伝子発現を制御していると考えられた。
2. AREB1 プロモーターを GUS リポーター遺伝子と結合して導入した形質転換植物を用いた解析から、AREB1 遺伝子は根、維管束組織、排水組織で恒常的に発現しており、ストレス条件下ではすべての組織において発現していることが示された (図 1)。
3. 細胞化学的な解析により、AREB1 タンパク質が核に局在していることを明らかにした。
4. プロトプラストを用いた一過的発現実験系で、N 末端領域が転写活性化に必要な領域であり、この領域と DNA 結合領域とを結合すると活性型の AREB1 に変換することを明らかにした (図 2)。
5. マイクロアレイ解析の結果から、活性型 AREB1 を過剰発現する形質転換植物は、ABA 非存在下においても恒常的に標的遺伝子を発現していることが示された。これらの標的遺伝子は、シグナル伝達に関わる制御遺伝子群と細胞内水分ストレスに対する防御に関わる LEA タンパク質遺伝子群に大別された。
6. 活性型 AREB1 発現植物はコントロール植物に比べて ABA に対して高い感受性を示したが、AREB1 機能欠損変異体はコントロール植物に比べて ABA に対して低い感受性を示した。
7. 活性型 AREB1 発現植物は、コントロール植物に比べて顕著な乾燥耐性能の向上がみられた (図 3)。一方、AREB1 機能欠損変異体はコントロール植物に比べて乾燥耐性能の低下が確認された。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 活性型 AREB1 発現植物では顕著な乾燥耐性能の向上がみられたことから、乾燥ストレス耐性作物の開発のための有用遺伝子として利用を図ることができる。
2. AREB1 の相同遺伝子はイネ等の単子葉植物も含めた多岐にわたる作物種に存在していることから重要な遺伝子であると推測され、種々の作物で乾燥耐性作物の開発に利用できると考えられる。

[具体的データ]

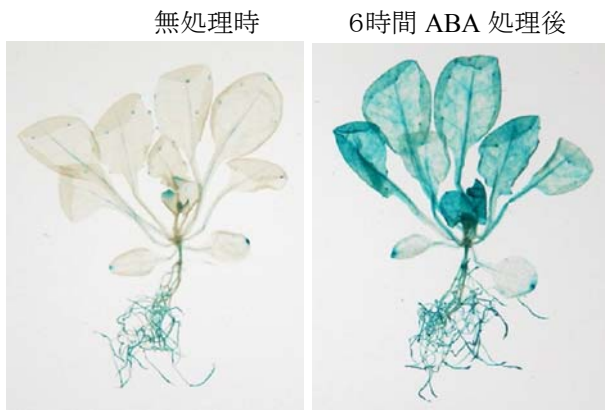


図1 ABA 処理時にすべての組織において *AREB1* 遺伝子の発現が誘導される。*AREB1* プロモーターと *GUS* との融合遺伝子を導入した形質転換植物では、青色染色が遺伝子発現部位を示す。

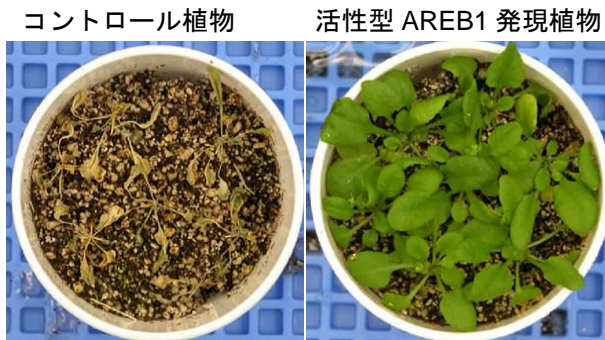


図3 活性型 *AREB1* 発現植物は乾燥耐性を示す。12日間灌水停止後10日間灌水した植物体の写真。

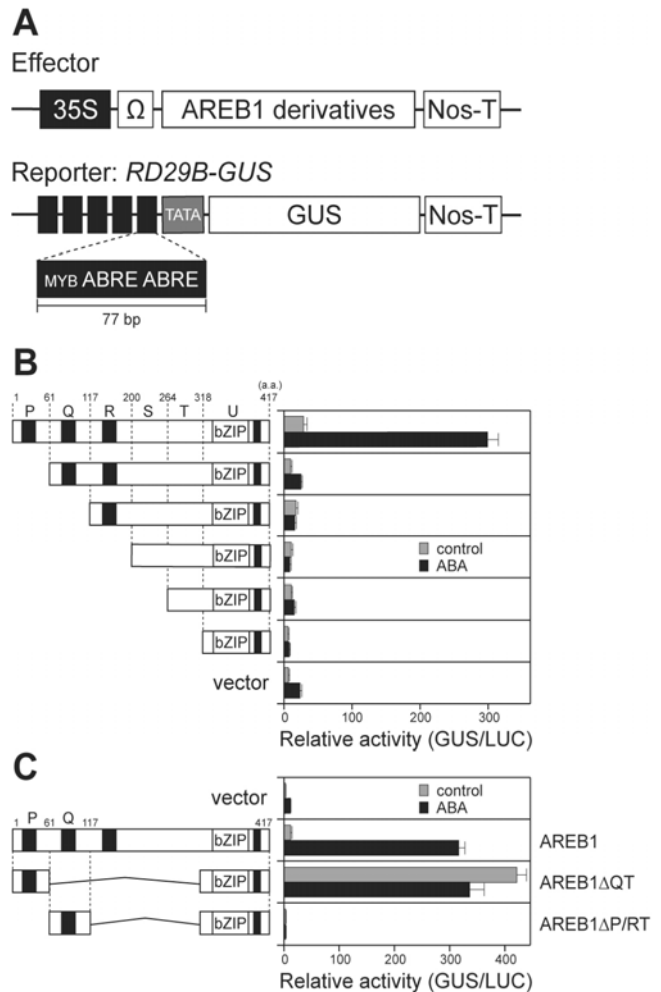


図2 シロイヌナズナのプロトプラストを用いた一過的発現実験 A. エフェクターおよびレポーター遺伝子の模式図 B. *AREB1* の N 末端の P 領域は転写活性化領域を含む C. *AREB1*ΔQT は ABA 非依存的に恒常的な転写活性を示す。

[その他]

研究課題：植物ホルモンアブシジン酸による遺伝子発現制御およびシグナル伝達機構の解明とバイオテクノロジーへの応用

小課題番号：511

予算区分：生研センター〔植物ホルモン〕

研究期間：2001～2005年度

研究担当者：篠崎和子・藤田泰成・降旗敬・佐藤里絵・中島一雄・圓山恭之進

発表論文等：

- 1) Fujita, Y., Fujita, M., Satoh, R., Maruyama, K., Parvez, M.M., Seki, M., Hiratsu, K., Ohme-Takagi, M., Shinozaki, K. and Yamaguchi-Shinozaki, K. (2005) *AREB1* is a transcription activator of novel ABRE-dependent ABA-signaling that enhances drought stress tolerance in Arabidopsis. *Plant Cell* 17, 3470-3488.
- 2) Furihata, T., Maruyama, K., Fujita, Y., Umezawa, T., Yoshida, R., Shinozaki, K. and Yamaguchi-Shinozaki, K. (2006) ABA-dependent multisite phosphorylation regulates the activity of a transcription activator *AREB1*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 103, 1988-1993.
- 3) 篠崎和子、藤田泰成、圓山恭之進「活性型 *AREB1* により植物の乾燥ストレス耐性を向上させる方法」平成17年11月1日、特願2005-318871.



## 4. 転写因子 *DREB1* 遺伝子の過剰発現によるイネの乾燥・高塩・低温ストレス耐性の向上

### 〔要約〕

転写因子 *DREB1* 遺伝子を過剰発現させた形質転換イネにおいては、乾燥・高塩・低温ストレス耐性が向上した。この形質転換イネでは少なくとも 12 個の耐性の獲得に関与すると考えられる標的遺伝子の発現レベルの上昇が確認され、耐性獲得に機能することが知られる適合溶質のプロリンや糖類の蓄積が明らかにされた。

所属	国際農林水産業研究センター・生物資源部		連絡先	029 (838) 6305			
推進会議名	国際農林水産業	専門	バイテク	対象	イネ類	分類	研究

### 〔背景・ねらい〕

植物は劣悪環境状態になると、多数の耐性遺伝子群を働かせることにより劣悪環境に適応している。これまでにモデル植物のシロイヌナズナを用いて、これらの環境耐性遺伝子群の働きを調節している転写因子の一つ *DREB1A* を突き止めた。この転写因子の遺伝子をシロイヌナズナで過剰発現させると、得られた形質転換体はこれまでにない高いレベルの乾燥・塩・凍結耐性を示した。一方、この *DREB1A* の相同性遺伝子をイネから単離してその機能を解析した。その結果、転写因子 *DREB1A* を介したストレス応答機構は、植物が共通に持っている環境ストレスに対する耐性獲得機構と考えられた。そこで、*DREB1* 遺伝子を過剰発現させたイネを作出し、そのストレス耐性の向上を解析した。

### 〔成果の概要・特徴〕

1. イネの *OsDREB1A*、*OsDREB1B*、シロイヌナズナの *DREB1A*、*DREB1B*、*DREB1C* 遺伝子を過剰発現する形質転換イネ(品種:キタアケ)を作出した。
2. 得られた形質転換イネ(品種:キタアケ)は、*DREB1* 遺伝子を過剰発現するシロイヌナズナと同様に、生長の遅れや矮化を示した。
3. この *DREB1* 遺伝子を過剰発現するイネ(品種:キタアケ)の環境ストレス耐性を調べたところ、形質転換イネは野生型のイネに比べ、乾燥、塩、低温ストレス下で高い生存率を示し、*DREB1* 遺伝子を過剰発現することでイネの環境ストレス耐性が向上することが明らかとなった(図1)。
4. *DREB1* 遺伝子を過剰発現するイネ(品種:キタアケ)において、ストレス耐性の獲得に機能することが知られている適合溶質の含量を調べたところ、プロリン(図2)や各種糖類の含量が、野生株に比べ上昇していた。
5. 分子生物学的解析を行うため、全ゲノム配列が決定されているイネの品種(日本晴)を用いて、イネの *OsDREB1A*、シロイヌナズナの *DREB1A* 遺伝子を過剰発現させた。
6. 得られた形質転換イネ(品種:日本晴)を用いて、アジレント社の 22k マイクロアレイ及びノーザン法により解析し、12 個の標的遺伝子が過剰発現していることを明らかにした(図3)。
7. 過剰発現している 12 個の遺伝子中 10 遺伝子がストレス応答性を示し、8 遺伝子のプロモーター領域に *DREB* タンパク質の結合配列である *DRE* 配列(A/GCCGAC)が存在することが確認された。

### 〔成果の活用面・留意点〕

1. イネにおいても *DREB1* 遺伝子がストレス耐性の獲得機構で機能することが確認されたので、コムギやトウモロコシなど、他の単子葉作物においてもストレス耐性の付与に利用できると期待される。
2. *DREB1* 遺伝子を過剰発現する形質転換体の矮化を防ぐためには、ストレス誘導性プロモーターの利用を図る必要がある。

[具体的データ]



図1 *DREB1* 遺伝子または *OsDREB1* 遺伝子を過剰発現するイネの高塩・乾燥・低温ストレス耐性試験  
 乾燥: 給水停止9日間、高塩: 250mM NaCl 3日間、低温: 2°C 93時間

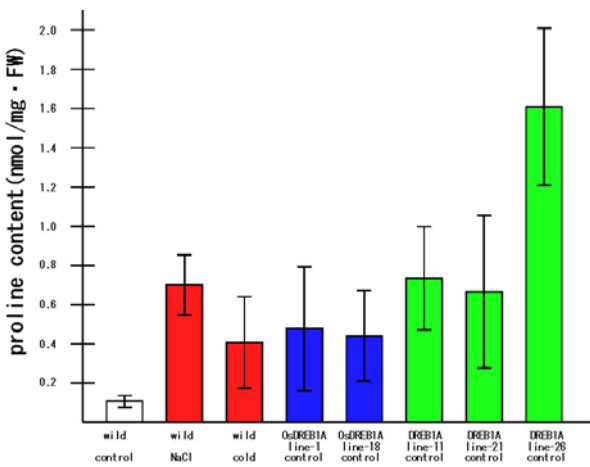


図2 *DREB1* 遺伝子または *OsDREB1* 遺伝子を過剰発現するイネのプロリン含量

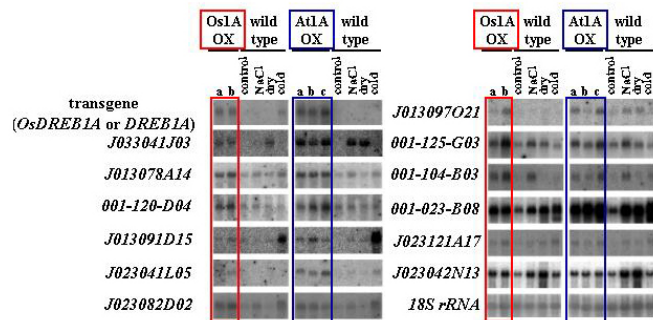


図3 *OsDREB1A* 及び *DREB1A* の標的遺伝子のノーザン法による発現解析

[その他]

研究課題: イネの環境ストレス耐性機構の解明

小課題番号: 512

予算区分: 基盤[ストレス耐性機構]

研究期間: 2003~2006年度

研究担当者: 伊藤裕介・桂幸次・圓山恭之進・篠崎和子

発表論文等:

- 1) Ito, Y., Katsura, K., Maruyama, K., Taji, T., Kobayashi, M., Seki, M., Shinozaki, K. and Yamaguchi-Shinozaki, K. (2006) Functional analysis of rice DREB1/CBF-type transcription factors involved in cold-responsive gene expression in transgenic rice. *Plant Cell Physiol.* 47, 141-153.
- 2) Yamaguchi-Shinozaki, K. and Shinozaki, K. Organization of cis-acting regulatory elements in osmotic- and cold-stress-responsive promoters. *Trends Plant Sci.* 10, 88-94.
- 3) Dubouzet, J.G., Sakuma, Y., Ito, Y., Kasuga, M., Dubouzet, E.G., Miura, S., Seki, M., Shinozaki, K. and Yamaguchi-Shinozaki, K. (2003) *OsDREB* genes in rice, *Oryza Sativa* L., encode transcription activators that function in drought-, high-salt- and cold-responsive gene expression. *Plant J.* 33, 751-763.



## 5. パラグアイにおけるダイズシストセンチュウの分布実態とダイズ被害の初確認

〔要約〕 パラグアイの主要ダイズ作地帯では、カニンデジュ県8圃場、アルトパラナ県3圃場、カグアス県2圃場でダイズシストセンチュウが確認され、カニンデジュ県での検出頻度が高い。アルトパラナ県のダイズ圃場では、本線虫がすでに高密度となり、草丈低下40%以上という著しい被害がスポット状に発生している。

所属	国際農林水産業研究センター・生産環境部			連絡先	029(838)6362		
推進会議名	国際農林水産業	専門	作物虫害	対象	だいず	分類	国際

### 〔背景・ねらい〕

パラグアイでは、2002年12月にダイズシストセンチュウ(*Heterodera glycines*)の発生が確認された。この線虫はダイズの最大の有害線虫である。両隣のアルゼンチンとブラジルでは、すでに被害が深刻化している。ダイズは輸出総額の50%を占めるパラグアイの最重要作物である。防除対策の開発は緊急を要するが、同国では分布や被害等、基本的な情報が不足している。主要ダイズ作地帯における本線虫の分布と被害の実態を明らかにし、本線虫の防除対策を開発するための基本となる情報を提供する。

### 〔成果の概要・特徴〕

1. パラグアイのダイズ作地帯では、少なくとも13圃場にダイズシストセンチュウが分布し、このうち7圃場は2004～2005年に実施した本調査による初の記録である。地域別では、カニンデジュ県が最多で8圃場、アルトパラナ県が3圃場、カグアス県が2圃場で、イタブア県からは未だ検出されていない(表1、図1)。
2. カニンデジュ県では、2005年収穫期調査による検出圃場率は24圃場中6圃場、すなわち25%であり、かなり広い地域に分布している可能性が予想される。一部の圃場では線虫がすでに高密度となっている(表1)。
3. アルトパラナ県サンアルベルトのダイズ圃場では、本線虫がすでに高密度となり、草丈低下40%以上という著しい被害がスポット状に発生している(図2、3)。

### 〔成果の活用面・留意点〕

1. 行政関係者、育種関係者、生産者等に防除対策開発の重要性を説明する資料として利用できる。
2. 発生圃場からの線虫研究試料の採取、輪作等耕種的試験を実施するための情報として利用することが出来る。

[具体的データ]

表1 パラグアイのダイズシストセンチュウ: 検出地 と検出数

検出地 圃場コード	GPS-X	GPS-Y	シスト数/ 乾土100g
CANINDEYU(27)			
1 Troncal 6	764551	7320453	14.8 <sup>a</sup>
2 La Paroma2	746902	7328852	0.18 <sup>b</sup>
3 Yhovoy 2	702086	7311623	132.6
4 Yhovoy 3	718236	7315232	4.0
5 Troncal 4-1	716673	7281263	32.0
6 Troncal 4-2	717627	7284507	6.6
7 Troncal 3-2	719229	7264694	36.6
8 Troncal 2-1	706563	7223667	27.8
ALTO PARANA(19)			
9 San Alberto1	708761	7206150	25.2 <sup>a</sup>
10 San Alberto3	711072	7207595	3.6 <sup>a</sup>
11 Yguazu	692564	7175144	0.72 <sup>b</sup>
CAAGUAZU(2)			
12 Campo 2	623180	7184135	2.6
13 Campo 9	638649	7169615	5.3

1)2004、2005年調査。2)調査地の括弧は調査圃場総数。  
3)シスト数はaが5反復、bが11反復、その他は3反復の平均値。



図1 パラグアイにおけるダイズシストセンチュウの分布  
星印、数字は表1の圃場コードに対応

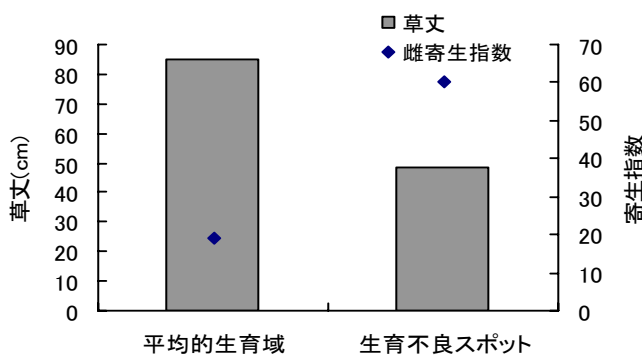


図2 生育不良スポットと平均的生育部分間のダイズシストセンチュウの草丈と雌寄生指数の比較、それぞれ36株および32株を掘り上げ調査(播種96日後) 寄生指数:無-0、少-25、中-50、多-75、甚-100

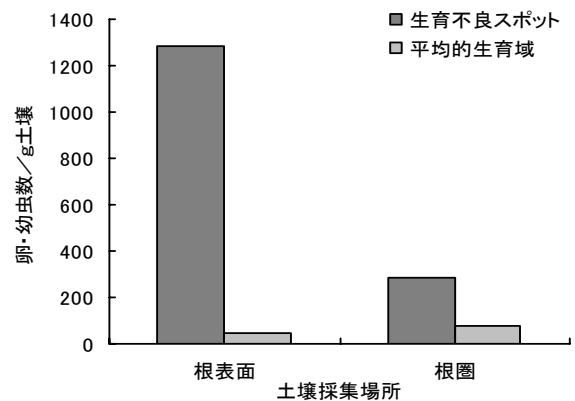


図3 生育不良スポットと平均的生育部分間のダイズシストセンチュウ密度の比較  
根表面: 根表面付着土壌、根圏: 根圏土壌

[その他]

研究課題:ダイズシストセンチュウの生態的特性の解明および抵抗性ダイズ品種の探索

小課題番号:332

予算区分:国際プロ[広域南米大豆生産]

研究期間:2005年度(2004~2005年度)

研究担当者:佐野善一・Lidia Pedrozo(パラグアイ国立農業研究所)

発表論文等:

- 1) Sano, Z. and Pedrozo, L. (2005) : Sever growth reduction of soybean by *Heterodera glycines* detected in Paraguay. Abstracts of 37<sup>th</sup> Annual Meeting of Organization of Nematologists of Tropical America, 69.
- 2) Sano, Z. and Pedrozo, L. (2005) : Nematodo der quiste de la soja, *Heterodera glycines* en Paraguay: Ecologia, distribucion y danos. パラグアイ国立農業研究所 2005年農業技術セミナー要旨集.

## 6. メコンデルタ水田における稲わら堆肥連用効果

### [要約]

メコンデルタ沖積土地帯での稲わら堆肥の連用試験において、化学肥料を慣行の 40 および 60%減肥して稲わら堆肥を施用した水田は、化成肥料のみを慣行量施用した水田に比較していもち病発生時には罹患率が低くなり、統計的有意差はないものの 6 作目以降の収量が高くなる。

所属	国際農林水産業研究センター・生産環境部			連絡先	029(838)6353		
推進会議名	国際農林水産業	専門	土壌	対象	水稲	分類	研究

### [背景・ねらい]

メコンデルタでは土壌有機物量が多く、毎年の洪水により上流から養分を含んだ沈殿物が供給されることもあり、ベトナム北部の紅河デルタと異なり、農地への有機物還元がほとんど行われていない。しかし、水稲3期作等農地利用の集約化と堤防等による洪水の防止により、今後土壌肥沃度が低下していく恐れがある。農家にとって化学肥料のコストは小さくなく、稲わら堆肥により化学肥料の投入量を削減できることが示されれば、稲わら堆肥利用を農家に普及させるために役立つ。長期連用試験を行い、稲わら堆肥と化学肥料削減の水稲収量および土壌に対する連用効果を明らかにする。

### [成果の概要・特徴]

1. メコンデルタ沖積土地帯にあるクーロンデルタ稲研究所内(ベトナム、カントー市、オモン郡)に連用圃場を設けて、稲わら堆肥を施用し化学肥料を減肥した水稲栽培を5年半のあいだに 10 作繰り返して、水稲収量等に与える影響を調査した(表1)。
2. 稲わら堆肥(6Mg ha<sup>-1</sup>)を施用し化学肥料(窒素、リン酸、カリ)を対照より 20,40,60%減肥した試験区と、化学肥料のみを施用し収穫後稲わらを持ち出した試験区とで1作(6作目)を除いて、水稲収量に有意差(Tukey法 危険率5%)は見られなかった。
3. 6作目以降は、化学肥料のみを施用し収穫後稲わらを圃場から持ち出した試験区の水稲収量は、稲わら堆肥(6Mg ha<sup>-1</sup>)を施用し化学肥料を対照より 20,40,60%減肥した試験区よりも常に低かったが、統計的には有意ではなかった(図1)。
4. いもち病が発生した6作目(02-03 乾季)と 10 作目(05 雨季)では、化学肥料のみを施用した試験区の罹患率が高く(表2に6作目データを示す。)、収量が低かった。
5. 全炭素、全窒素、可給態窒素など土壌の化学性に対する稲わら堆肥の連用効果は、5年半 10 作程度でははっきりとは示されなかった。もともとの土壌有機物量(表層 0-10cm の全炭素が乾土に対して 31.7gC kg<sup>-1</sup> 全窒素が同じく 3.0gN kg<sup>-1</sup>)が多く、有機物の分解速度が遅い水田では、有機物施用効果はこの程度の期間では顕在化しないことが示された。

### [成果の活用面・留意点]

1. メコンデルタでは有機物の連用試験がこれまでほとんど行われていなかったため、本試験の結果は、ベトナム南部の農業研究者に有機物の施用効果に関する基礎的情報を与える。
2. 6作目以降、化成肥料のみを施用した試験区の収量が稲わら堆肥と化成肥料を併用した試験区よりも低くなる傾向が見られたので、今後数年間、連用試験を継続する必要がある。



[具体的データ]

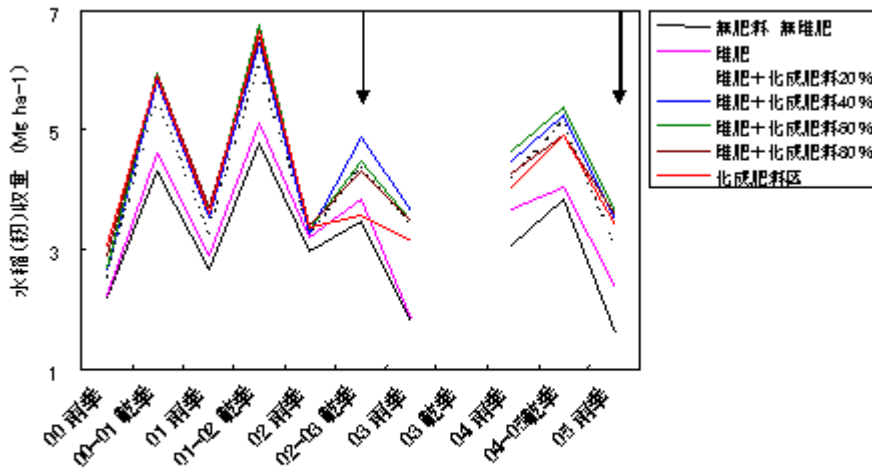


図1: 稲わら堆肥連用圃場における水稲収量の推移  
\*: 矢印で示した栽培時にいもち病が発生した。

表1: 試験圃場の施肥設計

処理区*	処理
無肥料無堆肥	稲わら堆肥、化成肥料ともに施与せず。
堆肥	稲わら堆肥 (6Mg ha <sup>-1</sup> )
堆肥+化成肥料20%	稲わら堆肥 (6Mg ha <sup>-1</sup> ) + 化成肥料処理区7の 20%
堆肥+化成肥料40%	稲わら堆肥 (6Mg ha <sup>-1</sup> ) + 化成肥料処理区7の 40%
堆肥+化成肥料60%	稲わら堆肥 (6Mg ha <sup>-1</sup> ) + 化成肥料処理区7の 60%
堆肥+化成肥料80%	稲わら堆肥 (6Mg ha <sup>-1</sup> ) + 化成肥料処理区7の 80%
化成肥料区	化成肥料 (N- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - K <sub>2</sub> O) (kg/ha) 100-30-30(乾季作) 80-30-30(雨季作)

\*: 各処理区3反復、1プロット30m<sup>2</sup> 栽培品種はIR64

\*\* : 稲わら堆肥に含まれる養分はN-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>Oとして、22.1-25.6, 6.1-6.7, 7.7-18.5 kg ha<sup>-1</sup>。

栽培開始時の表層土(0-5cm)の全炭素、全窒素、全リンはそれぞれ35.1, 3.3, 0.24 g kg<sup>-1</sup>

表2: いもち病罹患率

	葉いもち病*	穂いもち病**
無肥料 無堆肥	1.5	1.38
堆肥	2.9	0.90
堆肥+化成肥料20%	12.5	1.42
堆肥+化成肥料40%	14.9	1.54
堆肥+化成肥料60%	30.7	2.66
堆肥+化成肥料80%	38.3	3.60
化成肥料区	72.0	4.52
LSD (5%)	11.82	0.91

\*: 播種35日後病兆を示した葉 (%)

\*\* : 播種85日後病兆を示した穂 (%)

[その他]

研究課題: メコンデルタの地域における窒素等物質循環の評価(1999~2003)、硝化細菌による窒素変換過程に及ぼす土壌条件の影響(2004~2005)

小課題番号: 311

予算区分: 国際プロ[メコンデルタII](1999~2003)、基盤[窒素変換過程](2004~2005)

研究期間: 2005年度 (1999~2005年度)

研究担当者: 渡邊武・Luu Hong Man・Vu Tien Khang(クローンデルタ稲研究所)・Duong Minh Vien(カトー大学)

発表論文等:

- 1) 渡邊武, Luu Hong Man, Duong Minh Vien, Vu Tien Khang (2005): メコンデルタ沖積土壌地帯水田における稲わら堆肥施用効果. 日本土壌肥料学会 2005年度島根大会講演要旨集, 124
- 2) L. H. Man, V. T. Khang and Watanabe T. (2003): Improvement of soil fertility by rice straw manure. Omon Rice, 74-82.

## 7. 2-アミノ-4-クロロ-6-メチルピリミジンの農耕地土壌からの亜酸化窒素放出抑制効果

### [要約]

2-アミノ-4-クロロ-6-メチルピリミジンは、硝化抑制と亜酸化窒素発生抑制効果が高く、土壌の微生物相に対する影響が小さく、取り扱いが容易であるので、硝化抑制剤として通常使用されているニトラピリンとジシアンジアミドに代替して亜酸化窒素放出を抑制する。

所属	国際農林水産業研究センター・生産環境部			連絡先	029(838)6353		
推進会議名	国際農林水産業	専門	土壌	対象	細菌	分類	研究

### [背景・ねらい]

農耕地土壌は、温室効果ガスでありオゾン層の破壊に関与する亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)の最大の人為的発生源である。硝化抑制剤は農地からの窒素溶脱を防止して肥効を高める目的で利用されている。ニトラピリンは強力な硝化抑制剤で主として北米の農業現場で使用されているが、水に難溶性であり、固体(粉体)の窒素肥料に添加することが困難である。取り扱いが容易で、土壌からの亜酸化窒素放出を抑制する効果の高い硝化抑制剤を選定することを目的に、2-アミノ-4-クロロ-6-メチルピリミジン(AM)、サルファチアゾール、1-アリル-2-チオ尿素を供試し比較検討した。

### [成果の概要・特徴]

1. 土壌インキュベーション実験の結果では、AM を窒素肥料と一緒に添加することで土壌からの亜酸化窒素放出を抑制した。抑制の効果はニトラピリンよりやや弱かったが、サルファチアゾールおよび 1-アリル-2-チオ尿素よりも強かった(表1)。
2. AM を添加することによる土壌呼吸活性への影響は見られなかった。
3. 農業上重要な細菌のうち7種類(*Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Alcaligenes faecalis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum* sp., *Herbaspirillum* sp.)について、単培養を行い AM が増殖速度に及ぼす影響を調査したが、顕著な増殖抑制効果は見られなかった(表2)。2と併せて、AM の硝化細菌以外への影響は大きくないことが示された。
4. 上記の結果から、AM は亜酸化窒素放出を抑制することが確認され、通常使用されているニトラピリンとジシアンジアミドに替わる取り扱いが容易な硝化抑制剤として利用できると判断された。

### [成果の活用面・留意点]

1. 温室効果ガス排出削減技術として地球温暖化抑制に貢献できる。
2. 硝化抑制剤は硝化の副産物として生成される亜酸化窒素の比率を低下させる働きがあるが、脱窒に対する影響はあまりないと思われるので、脱窒に伴う亜酸化窒素放出を抑制する効果は期待できない。

[具体的データ]

表1: 硝化抑制剤による施肥土壌から亜酸化窒素放出抑制効果(インキュベーション実験結果)

実験	窒素添加量	土壌水分条件	温度	期間	硝化抑制剤*	硝化抑制剤添加量	N <sub>2</sub> O-N放出量	投入窒素に対するN <sub>2</sub> O放出割合	供試土壌	抑制効果**
	mgN/kg 乾土	WFPS (%)	°C	日		mg/kg 乾土	ng/g 乾土	%		%
1	100	60	20	37	AM	2	13.4	0.012	黒ボク土	-74.3
1	100	60	20	37	ST	2	21.0	0.020	黒ボク土	-58.5
1	100	60	20	37	AT	20	36.0	0.035	黒ボク土	-27.3
1	100	60	20	37	None	-	49.2	0.048	黒ボク土	
1	0	60	29	37	None	-	0.9	-	黒ボク土	
2	100	60	20	37	AM	2	8.3	0.006	台地黄色土	-95.0
2	100	60	20	37	ST	2	21.8	0.020	台地黄色土	-83.5
2	100	60	20	37	AT	20	94.8	0.092	台地黄色土	-21.9
2	100	60	20	37	None	-	120.8	0.118	台地黄色土	
2	0	60	20	37	None	-	2.3	-	台地黄色土	
3	100	60	20	52	NP	1	8.3	0.007	黒ボク土	-83.8
3	100	60	20	52	AM	2	11.8	0.010	黒ボク土	-75.4
3	100	60	20	52	None	-	43.6	0.042	黒ボク土	
3	0	60	20	52	None	-	1.4	-	黒ボク土	
3	100	60	20	52	NP	1	2.8	0.002	台地黄色土	-96.6
3	100	60	20	52	AM	2	12.0	0.011	台地黄色土	-82.1
3	100	60	20	52	None	-	64.3	0.064	台地黄色土	
3	0	60	20	52	None	-	0.6	-	台地黄色土	

\*: NP: ニトラピリン、ST: サルファチアゾール、AT: 1-アリル-2-チオ尿素、None: 無添加

\*\*:(窒素を添加し硝化抑制剤を添加しない土壌からのN<sub>2</sub>O発生量-該当する処理区からのN<sub>2</sub>O発生量)/(窒素を添加して硝化抑制剤を添加しない土壌からのN<sub>2</sub>O発生量-窒素を添加しない土壌からのN<sub>2</sub>O発生量)

表2: 硝化抑制剤による農業上有用な7種類の細菌への阻害効果\*

	NP (0.5)**	NP (1.0)**	AM (1.0)**	AM (2.0)**	ST (1.0)**	ST (2.0)**	AT (10)**	AT (20)**
<i>B. Megaterium</i>	9.8	24.8	7.3	17.6	16.0	32.6	2.8	1.8
<i>B. Subtilis</i>	9.1	31.7	9.5	20.9	19.8	28.0	0.5	2.6
<i>A. Faecalis</i>	7.2	10.5	8.7	11.7	13.8	14.4	1.5	-2.4
<i>P. Fluorescens</i>	14.7	22.2	10.5	19.9	16.0	33.7	1.1	18.0
<i>Bradyrhizobium J.</i>	2.4	12.4	2.2	6.7	8.5	26.4	0.6	4.4
<i>Azospirilla</i> sp.	4.2	5.7	3.5	2.6	1.6	2.5	11.0	18.6
<i>Herbaspirillum</i> sp.	1.3	15.3	2.1	16.7	3.5	21.0	2.0	19.3

\*: 細菌毎に純培養を行い、硝化抑制剤を添加しなかった場合と生育具合を比較し阻害の程度をパーセントで示した。

\*\*\*: 括弧内の数値は培地への添加濃度(mg kg<sup>-1</sup>)

[その他]

研究課題: 硝化細菌による窒素変換過程に及ぼす土壌条件の影響

小課題番号: 311

予算区分: 基盤[窒素変換過程]

研究期間: 2005年度(2003~2005年度)

研究担当者: 渡邊 武・Nunna Trimurtulu(インド、アチャーヤ NG ランガ農業大学)

発表論文等:

- 1) Takeshi Watanabe (2006): Influence of 2-chloro-6 (trichloromethyl) pyridine and dicyandiamide on nitrous oxide emission under different soil conditions, *Soil Science and Plant Nutrition*, 52(2), 226-232
- 2) 渡辺武(2004): アンモニア酸化菌と亜硝酸酸化菌の比活性が亜酸化窒素生成比率に与える影響. 日本土壌肥料学会 2004年度大会講演要旨集, 192



## 8. タイ国コンケン県における農業生産に関わる窒素循環の 1990 年から 2000 年への変化

〔要約〕 東北タイのコンケン県における窒素循環の 1990 年と 2000 年の比較を行ったところ、農地における窒素収支は $-23 \text{ kgN/ha}$  の収奪から $+10 \text{ kgN/ha}$  の蓄積に変化した。これは、化学肥料施用量と作物残渣還元量の増加によるものである。一方、家畜糞尿投入量が減少しており、有機物よりも化学肥料により、農業生産が支えられる変化が起きている。

所属	国際農林水産業研究センター・生産環境部			連絡先	029(838)6353		
推進会議名	国際農林水産業	専門	資源利用	対象	現象解析技術	分類	国際

### 〔背景・ねらい〕

1990 年のコンケン県は、作物生産に対して、化学肥料施用量が少なく、家畜堆肥の施用量も少なく、農地における窒素収支がマイナスになると見積もられ、土壌肥沃度の低下が懸念された(平成12年度成果情報)。その後、タイ経済は大きく発展し、それに伴い、化学肥料施用量が増大し、その一方で、水牛の飼養頭数が大幅に減少し、家畜堆肥を確保することが難しくなってきた。

このような時代の変化により、窒素循環がどのように変化するのかを明らかにするため、2000-02 年のコンケン県における窒素循環を見積もり、1990-92 年の窒素循環との比較を行った。

### 〔成果の概要・特徴〕

1. コンケン県の窒素循環の算定は、農業統計、家畜飼養や食料消費などの調査報告、作物残渣や家畜糞尿などの有機副産物の利用や施肥量などの現地調査、作物副産物の生産量や窒素含有率の測定結果、脱窒、窒素固定などの研究報告を用いて行った。
2. 化学肥料施用量は、1990-92 年の  $16 \text{ kgN/ha/年}$  から 2000-02 年の  $34 \text{ kgN/ha/年}$  へと、2倍以上に増加した。これは、稲とキャッサバに対する施肥が、施肥基準の半分程度であるが、高まったためである。なお、サトウキビには 1990 年時点で既に施肥基準並みに施用されていた。
3. 家畜糞尿の投入量は、1990-92 年の  $28 \text{ kgN/ha/年}$  から 2000-02 年の  $16 \text{ kgN/ha/年}$  へと、約 60%に低下した。これは、牛、豚、家禽の飼養頭羽数は増加したが、水牛の飼養頭数が大幅に減少したため、家畜糞尿生産量が減少したためである。
4. 作物残渣の農地還元量は、1990-92 年の  $4 \text{ kgN/ha/年}$  から 2000-02 年の  $14 \text{ kgN/ha/年}$  へと、大幅に増加した。これは、サトウキビ生産量の2倍以上の増加に伴い、その残渣(葉と梢頭部)が大量に発生し、さらに、この農地還元率が 40%から 54%に増加したことが大きく影響している。
5. 農地における窒素収支は、1990-92 年の $-23 \text{ kgN/ha}$  の収奪から 2000-02 年の $+10 \text{ kgN/ha}$  の蓄積へと変化した。これは、化学肥料施用で $+18 \text{ kgN/ha/年}$ 、作物残渣還元で $+10 \text{ kgN/ha/年}$ と投入量が増加したことによるところが大きい。一方、家畜糞尿投入量は $-12 \text{ kgN/ha/年}$ と減少しており、有機物投入よりも化学肥料により、窒素供給が賄われ、生産が支えられるようになった。サトウキビ葉のマルチ利用、稲藁の堆肥利用など作物残渣の利用促進と、家畜糞尿を増やすための飼養体系・飼料供給体制の改善が必要と考えられる。
6. 水系に出る人からの窒素量(主にし尿)は地下水の水質を悪化させる恐れがある。農地における $+10 \text{ kgN/ha}$  の窒素量はたとえ溶脱したとしても水質悪化をもたらすことはないと思われる。

### 〔成果の活用面・留意点〕

窒素循環の算定には、各有機性副産物の処理・利用や農家の肥料施用量、農作物副産物の生産量などのデータが必要であり、他の地域で同様の算定を行う際には、これらのデータの収集が不可欠である。

[具体的データ]

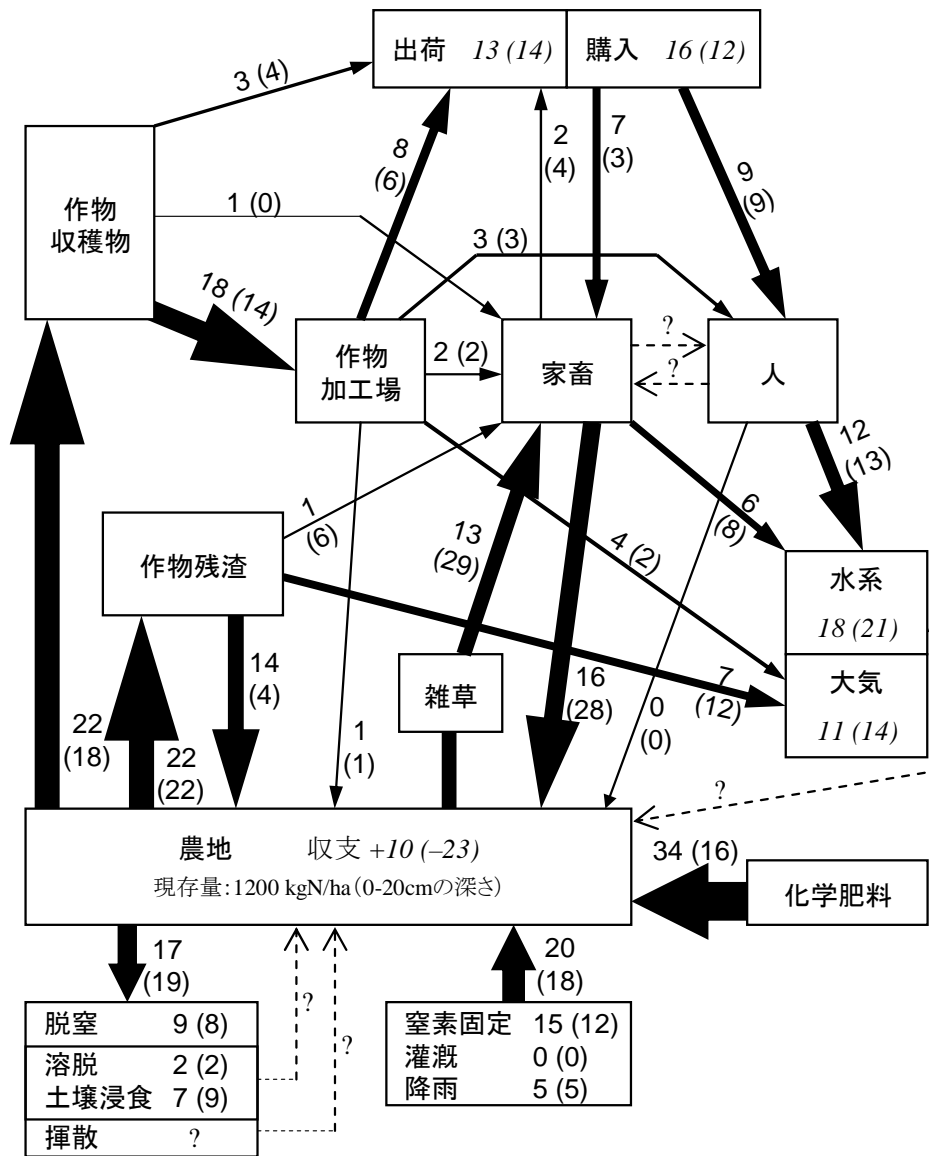


図1 タイ国コンケン県における農業生産に伴う窒素循環の1990-92年と2000-02年の比較  
 裸の数値が2000-2002年、括弧内の数値が1990-92年の窒素循環量(kgN/ha/year)  
 イタリックはインプットからアウトプットを引いた値

[その他]

研究課題:タイの地域レベルの農業生産に関わる養分循環の解明

小課題番号:311

予算区分:基盤[タイ養分循環]

研究期間:2005年度(2005年度中止)

研究担当者:松本成夫・Kobkiet Paisancharoen(タイ国農業局コンケン畑作物研究センター)

発表論文等:未発表

## 9. 西アフリカ・サヘル帯農地の土壌肥沃度管理の現状

[要約] 西アフリカ・サヘル帯での農民による土壌肥沃度管理は、村からの距離により大きく規定されており、村から離れた農地は休閑システムで管理されるため肥沃度維持が不十分で、近距離のシステムに比べ主要作物であるトウジンビエの収量が低い。

所属	国際農林水産業研究センター・生産環境部			連絡先	029(838)6355		
推進会議名	国際農林水産業	専門	資源利用	対象	維持・管理技術	分類	研究

### [背景・ねらい]

西アフリカ・サヘル帯では低肥沃度土壌における低位作物生産性が農業問題の中心であり、改善技術の開発は急務の課題である。通常、技術開発を行うためには、在来手法の定量的な評価による現状問題の把握が重要であるが、同時に農民が在来の手法を行うに至った背景を理解しなければ、実践できる技術を開発していくことは難しい。本研究は、サヘルの農民が持つ在来の土壌肥沃度管理手法に着目し、農地の肥沃度管理の現状を総合的に理解することを目的とする。

### [成果の概要・特徴]

1. 調査地における農地の肥沃度管理は、集約的方法と粗放的方法に分けられる。前者は現地で供給可能な有機物の種類により、さらにリサイクリングシステム(家庭ごみ及び厩肥)及びコラリングシステム(家畜の夜間の繋留により糞尿を畑に還元)に分けることができる。後者は休閑システムであり、3年の休閑と6年のトウジンビエ栽培の組み合わせが主体となっている。
2. 調査対象とした 259 農地、2,430ha の内、休閑システムで管理されている農地の占める割合が一番高く 66%で、次いでコラリングシステムが 18%、リサイクリングシステムが 16%であった。
3. 分布割合が最も高い休閑システムにより管理されている農地は、ECEC や全窒素濃度が他のシステムに比べ低く低肥沃度土壌であることがわかる。そのため収量が低く、肥培管理における改善の必要性が示された(表1)。
4. リサイクリングシステムにおける有機物の投入は乾季に行われる。家庭ごみ及び厩肥等の運搬はバケツや台車で行うため広範囲への施用は難しく村周辺に限られる。一方、コラリングシステムは収穫後の農耕民の畑で遊牧民により家畜を使って行われる。農村集落にあまり隣接せず、家畜への水の確保が容易な農地が対象となる。村から離れ周辺に水へのアクセスがない農地が休閑システムで管理される。
5. 調査地における肥沃度管理システムの分布には村からの距離との関連性が確認された(図1)。在来の土壌タイプと距離を説明変数とした多変量回帰分析からも距離が肥沃度管理を決定するより大きな要因であることが示された(図 2)。

### [成果の活用面・留意点]

1. サヘル帯において、現地の状況に適した技術開発を行うために必要な基礎的情報を提供する。
2. 現状で利用可能な牛糞等の在来有機物資源を適地利用し、また利用が進んでいないマメ科植物や風成物質等の有機物資源利用による休閑システム回復のための技術開発を促進する。



[具体的データ]

表1 在来肥沃度管理システムのみレット(トウジンビエ)生産特性と土壤肥沃度特性

	生産特性		土壤肥沃度特性 (0-35cm)				
	栽植株数	収量	pH	交換酸度	eCEC	可給態リン酸	全窒素
	株 ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	(H <sub>2</sub> O)	cmol(+) kg <sup>-1</sup>		kg ha <sup>-1</sup>	
休閒(6)	2800	242.4	5.0	0.29	1.06	21.91	700.43
リサイクリング(10)	3110	579.9	5.4	0.20	1.14	41.16	733.87
コラリング(4)	4438	750.2	5.4	0.17	1.25	27.97	957.09

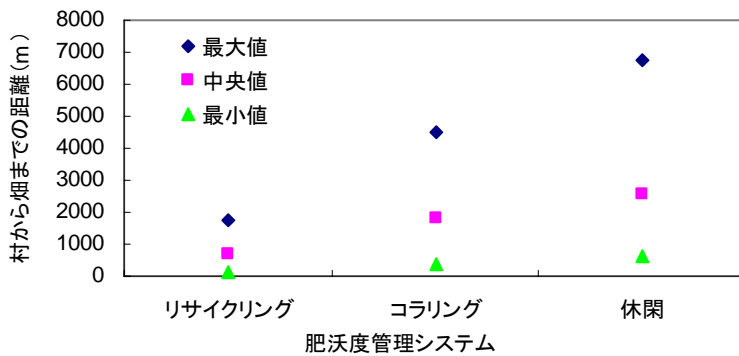


図1 各肥沃度管理システムの村からの距離

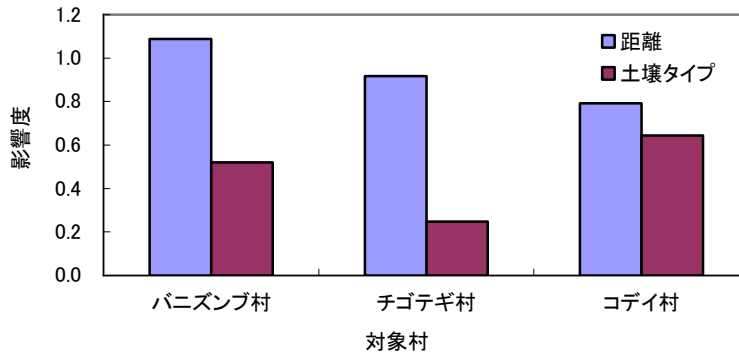


図2 調査地の土壤肥沃度に関する要因の影響度

[その他]

研究課題: 農牧混交帯に於ける環境・農業特性及び土地管理技術の現状及び問題

小課題番号: 311

予算区分: 国際プロ [アフリカ土壤]

研究期間: 2003-2005年

研究担当者: 林 慶一、真常仁志、田中 樹、Abdoulaye Tahirou、松永亮一

発表論文等:

- 1) 林 慶一 2005 西アフリカ・サヘル帯における農民レベルで実践可能な技術開発—在来情報の活用による劣化砂質土壤における土壤肥沃度管理手法の提案、JAICAF 農林業協力専門家通信 25(6):12-26
- 2) Hayashi K, Gerard B, Hiernaux P. 2004. Rational organic matter management for mitigating soil degradation in Semi-arid of West Africa. Proceedings for the 4th International conference on land degradation, September 2004, Murcia, Spain, ISBN84-95781-42-5: 5~11

## 10. サイレージ用乳酸菌 SP1-3 株の実用化とその発酵品質改善効果

### [要約]

タイ国内のサイレージから分離・選抜した乳酸菌 SP1-3 株を実用化するため、安価な大量培養法を考案して乾燥菌体顆粒を調製した。また、適正添加量を安価に確保するため、この顆粒からの簡易な生菌数増殖法を考案した。この増殖菌体を添加して調製したサイレージの発酵品質は顕著に改善された。

所属	国際農林水産業研究センター・畜産草地部			連絡先	029(838)6365		
推進会議名	国際農林水産業	専門	畜産・飼料	対象	乳牛	分類	国際

### [背景・ねらい]

タイ国では近年、新鮮牛乳および発酵乳の消費が急激に増大し、これは生活水準の向上に伴うものと考えられている。しかし、新鮮牛乳の生産は需要量に追いつかず、その早急な増産はタイ国畜産局の重要な課題と位置付けられ、良質サイレージの通年給与体系を中心とする飼養管理技術の改善が有効な対策の一つとして奨励されている。ところが、タイ国におけるサイレージ調製の歴史は浅く、容易に良質サイレージが調製されているとは言い難い。その原因の一つは良質発酵のための優良乳酸菌の欠落にある。そこで良質サイレージ調製のための優良乳酸菌を検索し、SP1-3 株分離・選抜することに成功した。

このような背景から、SP1-3 株を実用化するための安価な大量培養用培地を設定するとともに乾燥菌体顆粒を調製し、その安定性を確認する。また、農家現場で乾燥菌体顆粒から安価で安全に菌数増殖する簡便な手法を確立する。

### [成果の概要・特徴]

1. 乳酸菌 SP1-3 株の安価な増殖培地として廃糖蜜(2.0%)、米糠(0.5%)、酵母エキス(0.2%)、無機塩類、pH6.5を考案した。培地価格は、通常用いられる乳酸菌用市販培地(MRS培地では1500円/L)よりもはるかに安価で、約23円/Lと計算された。(35℃、24時間培養の菌体収量:  $10^9$  cfu/ml)。
2. スプレードライ法で調製した乾燥菌体顆粒(生菌数: $6.08 \times 10^8$  cfu/g)は、30℃下に非通気性袋中で28日間保存しても $1.68 \times 10^8$  cfu/gを維持し、4℃では $5.83 \times 10^8$  cfu/gと非常に安定した生菌数を維持した(表1)。
3. 市販の5L容プラスチック容器入り飲料水(約120円/本; 内容4.5L)に上記1の培地成分と乾燥菌体顆粒の45mgを懸濁させると、24時間後にはpH3.72まで低下し、生菌数は $3.85 \times 10^9$  cfu/mlに達した(表2)。この乳酸菌培養液は適正添加量(原物当たり $10^5$  cfu/g)を考慮すると4.5トンのサイレージ調製に適応できる。
4. 上記3の乳酸菌培養液を添加(原物当たり $10^6$  cfu/g)して調製したサイレージは、pHが4あるいはそれ以下まで低下し、乳酸含量が増大して揮発性塩基態窒素含量が低下する、などの発酵品質改善効果(n=8)が認められ、特にエリアンサス・サイレージで顕著であった(表3)。
5. 乳酸菌を添加しても酵母生菌数を抑制することはできず、バンクライフの延長は期待できなかった。特にパンゴラグラス・サイレージで顕著で、開封2日目にはpHが中性付近まで上昇し、好気的変敗が発生した。
6. 両サイレージともに乳酸菌の添加による採食嗜好性の向上は認められなかった(ブラーマン去勢牛およびタイ在来去勢牛)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 農家現場で乾燥菌体顆粒から増殖した乳酸菌を用いてサイレージを調製すると確実に良質発酵品が得られ、この手法による4.5トンの良質サイレージ調製のための投資は約225円(約50円/トン)であった。
2. 本手法で調製されたサイレージの発酵品質は良好であるものの酵母生菌数が多いので、サイロ開封後は速やかに給餌するべきである。

[具体的データ]

表 1. 乾燥菌体顆粒<sup>1)</sup>中の乳酸菌生菌数の変化

保存期間 (日)	乳酸菌数(cfu/g)	
	保存温度4℃	保存温度30℃
1	—	6.08 x 10 <sup>8</sup>
7	7.03 x 10 <sup>8</sup>	7.22 x 10 <sup>8</sup>
14	6.77 x 10 <sup>8</sup>	5.72 x 10 <sup>8</sup>
21	6.25 x 10 <sup>8</sup>	3.15 x 10 <sup>8</sup>
28	5.83 x 10 <sup>8</sup>	1.68 x 10 <sup>8</sup>

<sup>1)</sup>培養菌体液にスキムミルク・デキストラン混物(3:1,w/w)を懸濁し、スプレードライ法(170℃)で調製。

表 2. 5L 容飲料水ペットボトル簡易増殖法による乳酸菌数の増加

培養時間 (hr)	pH	乳酸菌数(cfu/ml)
0	5.75	4.45 x 10 <sup>6</sup>
6	5.74	9.59 x 10 <sup>7</sup>
12	4.83	7.72 x 10 <sup>8</sup>
18	3.98	3.27 x 10 <sup>9</sup>
24	3.72	3.85 x 10 <sup>9</sup>

表 3. パンゴラグラス(P)サイレージおよびエリアンサス(E)サイレージの発酵品質

材料	乳酸菌 <sup>3)</sup>	pH		有機酸(乾物%)			VBN <sup>4)</sup>	酵母菌数 (log cfu/g)
		開封時	2日後	乳酸	酢酸	n・酪酸		
P <sup>1)</sup>	—	3.49	6.78	9.7±0.4	0	1.8±0.5	0.031	8.6±0.1
	+	3.51	6.38	10.7±1.1	0	3.3±0.8	0.020	8.6±0.1
E <sup>2)</sup>	—	4.40	5.21	1.8±0.7	0.7±0.7	0.2±0.2	0.021	5.8±0.2
	+	4.06	4.96	3.3±0.4	1.2±0.2	0.6±0.3	0.012	5.7±0.3

<sup>1)</sup>パンゴラグラス(P)には廃糖蜜を2%(w/w)添加; <sup>2)</sup>エリアンサス(E)には稲藁を10%(w/w)添加;

<sup>3)</sup>乳酸菌添加の有無; <sup>4)</sup>揮発性塩基態窒素(乾物%)。

[その他]

研究課題:タイ国における良質サイレージ調製のために検索した乳酸菌の実用化試験

小課題番号:342

予算区分:基盤[サイレージ乳酸菌]

研究期間:2005年度(2004~2005年度)

研究担当者:大桃定洋・西田武弘・鈴木知之・田中 治

発表論文等:

1) Sadahiro Ohmomo, Sunee Nitisinprasert, Damrussiri Kraykaw and Supanit Hiranpradit (2004): Modification of the pouch method to evaluate the ability of lactic acid bacteria strains for making good quality silage in Thailand. *JARQ*, 38:119-124.

2) Sadahiro Ohmomo, Masaharu Odai, Pimpaporn Pholsen, Sunee Nitisinprasert, Damrussiri Kraykaw and Supanit Hiranpradit (2004): Effect of a commercial inoculant on fermentation quality of ABP silage in Thailand. *JARQ*, 38:125-128.

3) Sadahiro Ohmomo, Sunee Nitisinprasert, Damrussiri Kraykaw, Panthipa Laemkorn, Somjit Tanomwongwattana and Supanit Hiranpradit (2004): Evaluation of lactic acid bacteria isolates for silage fermentation inoculant in Thailand by using a modified pouch method. *JARQ*, 38:199-208.

<b>11. アルゼンチンチャコ・フォーモサ地域における冬季の農業副産物給与による育成雌肉牛の増体重改善のための推奨給与法</b>							
〔要約〕 各種農業副産物の経済的推奨給与量と1kgの増体重に要する費用は次のようであった。 綿実: 1kg/頭/日、US\$0.26~0.33。小麦糠: 体重の 0.4%、US\$0.36。米糠: 0.4%、US\$0.52。綿実粕: 体重の 0.8%、US\$0.39。生大豆: 体重の 0.5%、US\$0.27~0.54。							
所属	国際農林水産業研究センター・畜産草地部			連絡先	029(838)6365		
推進会議名	国際農林水産業	専門	動物栄養	対象	肉用牛	分類	国際

### [背景・ねらい]

亜熱帯のアルゼンチン北東部のチャコ州は主要な肉牛産地であるが、夏期は40℃以上、冬期は-7℃にもなる厳しい気象条件に加え、土壌の肥沃度も良くない。この地域の最大の問題は冬期の増体重停滞にある。従来の飼養法では、年間を通し、広大な放牧地に放牧するだけで、冬期間の増体重停滞が極めて大きく、このため出荷齢が遅く、肉質や繁殖の問題や高い斃死率が問題となってきた。そこで、この地域で使用可能な農業副産物を肉牛に給与し、これらの問題を軽減することを目的とする。

### [成果の概要・特徴]

これまで得られた結果から推奨する各種農業副産物の育成肉牛用飼料への応用は以下の通りである。対象は 150~200kgの育成雌肉牛とした。我々の試算では、1kgの増体重に要する農業副産物が US\$0.62 以下の場合、採算が取れる。

1. 綿実; 1kg/頭/日までが経済的な量である。これにより、日量 200~400gの増体重となる。1kgの体重増加に要する費用は US\$0.26~ 0.33 である。
2. 小麦糠; 通常はペレットで販売されており、体重の 0.4%を給与した場合、日量 100gの増体重が見込まれる。この場合、1kgの体重増加に要する費用は US\$0.36 である。
3. 米糠; 経済的な給与量は体重の 0.4%で、1kgの増体重に要する費用は US\$0.52 である。
4. 綿実粕; 体重の 0.4%でタンパク質の補充として給与出来る。この場合、1kgの体重増加に要する費用は US\$0.39 である。
5. 生大豆; 0.5%以下を給与した場合、1kgの体重増加に要する費用は搾油出来る大豆で US\$0.54 であるが、低グレードの大豆では US\$0.27 となる。
6. 従来の飼養法では、補助飼料給与が皆無か殆ど無しで、冬季期間の高い斃死率、肉質や繁殖の問題が存在したが、上記のような農業副産物を給与することによって、これらの問題は大きく改善されることが明らかになった。

### [成果の活用面・留意点]

1. 綿実は肉の味が悪くなるので、肥育最終段階では、体重の 1%以上給与すべきではない
2. 小麦糠は嗜好性が大変高く、給餌スペースを十分にとらないと、過食する個体が出、増体重にバラツキが出る。
3. 米糠は麦糠と同様な効果をもたらすが、より高価である。嗜好性は良いが、微粉末のため、体重の1%以上給与した場合、残餌が出る可能性がある。選択の場合、価格による。市場過剰の時があるので、その時は良いオプションとなる。
4. 綿実粕は増体重率が悪くなるので、0.8%以上は給与すべきではない。
5. 生大豆は近年アルゼンチンでの大豆生産が増加し、チャコ州東部でも入手可能である。大豆粕の 97%は輸出され、大豆粕よりも生大豆が 10 倍も入手しやすい。体重の 0.5%以上給与すると、飼料効率が悪くなるので、



これ以上給与しない方が良い。高濃度での給与は飼料効率の悪化と牧草採取の減少をもたらす。大豆は市場価格の変動が大きく、選択次第では価格的にも良い補助飼料となりうる。

6. 雌牛を5月に放牧し、牧草の量が乾物量で一頭当たり1,500kg以下にならないようにする。5月の牧草量から、放牧する雌牛の数を調節する。
7. 上記の推奨は5月に最低乾物量で雌牛一頭当たり1,000kgの牧草を給与出来る場合に有効である。

[具体的データ]

表 1. 冬期間における一歳齢育成雌牛の増体重

補助飼料種類	補助飼料量 初期生体重%	補助飼料 kg/日	補助飼料 価格 US \$ /kg	増体重 kg/日	飼料効率、 kg 補助飼料 /kg 増体重	補助飼料給与に よる増体重分 kg/日	増体重費用、 US\$/kg
綿実	0.70	1.22	0.05	0.42	5.08	0.22	0.26
コントロール	0	0	—	0.20	—	—	—
小麦糠	0.37	0.56	0.07	0.30	5.47	0.10	0.36
小麦糠	0.76	1.12	0.07	0.37	6.68	0.17	0.44
小麦糠	1.12	1.68	0.07	0.42	7.53	0.22	0.50
コントロール	0	0	—	0.20	—	—	—
米糠	0.43	0.69	0.08	0.27	6.27	0.12	0.52
米糠	0.84	1.37	0.08	0.32	7.82	0.17	0.65
米糠	1.27	2.06	0.08	0.42	7.43	0.27	0.62
コントロール	0	0	—	0.15	—	—	—
綿実粕	0.39	0.66	0.09	0.38	4.18	0.16	0.39
綿実粕	0.79	1.31	0.09	0.46	5.85	0.24	0.54
綿実粕	1.14	1.93	0.09	0.46	8.79	0.24	0.82
コントロール	0	0	—	0.22	—	—	—
生大豆	0.24	0.39	0.12	0.31	4.54	0.08	0.56
生大豆	0.47	0.77	0.12	0.40	4.39	0.18	0.54
生大豆	0.69	1.16	0.12	0.39	6.92	0.17	0.85
コントロール	0	0	—	0.22	—	—	—

JIRCASと共同研究開始前のデータを含む。

[その他]

研究課題:南米(アルゼンチン)における農業副産物の家畜への応用。

小課題番号:342

予算区分:国際プロ [広域南米大豆生産]

研究期間:2002~2007年度

研究担当者:工藤博・Osvaldo Balbuena (アルゼンチン農牧公社コロニアベニテツ試験所)・Monica Gagiotti (アルゼンチン農牧公社ラファエラ試験所)・Cristina Arakaki (アルゼンチン農牧公社カステラー研究所)

発表論文等:1)Kuceva, C. D. y Balbuena, O. (1998): Consumo voluntario de semilla de algodón y pellet integral de algodón fortificado en condiciones de pastoreo. Presentado en XIX Sesión de Comunicaciones Científicas, Facultad de Ciencias Veterinarias, UNNE, Corrientes, Brasil.

2) Balbuena, O, Kuceva, C.D., Rochinotti, D., Slanac, A.L., Somma de Feré, G.R., Schriener, J.J., Navamuel, J.M. y Koza, G.A. (2002): Niveles de suplementación proteica invernal para cría de bovinos para carne en pasturas tropicales. Rev. Arg. Prod. Animal 22(Supl. 1):16-17.

3) Balbuena, O., Rochinotti, D., Flores, J., Somma de Feré, G., Kuceva, C.D., Slanac, A.L., Cardozo, S. Kudo, H. y Arakaki, C.L. (2004): Suplementación con soja en cría de bovinos para carne en pasturas tropicales. Rev.Arg. Prod. Animal 24(Supl. 1): 4-5.

## 12. タイ東北部におけるサトウキビサイレージの肉牛用飼料としての利用

〔要約〕 タイ東北部においてサトウキビ(株出し6ヵ月)サイレージの可消化養分総量は49.6%(乾物あたり)であり、本サイレージと本地域の飼料資源を用いることにより、肉牛生産ができる。一般的な暖地型牧草に比べ生産性が高くサイレージ適性に優れることから、肉牛飼養規模の拡大ができる。

所属	国際農林水産業研究センター・畜産草地部			連絡先	029(838)6308		
推進会議名	国際農林水産業	専門	家畜栄養	対象	肉用牛	分類	研究

### 〔背景・ねらい〕

タイ東北部においては肉牛の大部分が小規模複合農家で飼養されている。近年、肉用牛飼養頭数は増加傾向にあり、肉牛生産農家では飼養規模拡大および生産性向上に関心がもたれている。そのようななか、天水農業プロジェクトサイトが設置されたノンセン村では、サトウキビ畑を牧草地に転換する肉牛生産農家が増えてきている。本地域で広く利用されているルジーグラスの乾物収量は15t/ha/年であるが、乾期の生育は望めないことに加え、雨期における乾草調製が困難であること、暖地産牧草は一般に可溶性炭水化物含量が低いためサイレージ品質が低いことから貯蔵も容易ではない。一方、本地域のサトウキビの乾物収量は20t/ha/年であり、貯蔵ならびに飼料化が可能であれば、牧草利用よりもサトウキビの利用の方が飼養頭数を増やせるだけでなく、一年を通じた安定した肉牛生産が可能である。そこで、本地域で高い生産性をもつサトウキビをサイレージ調製し、これを用いた肉牛の育成結果を示す。

### 〔成果の概要・特徴〕

1. 製糖用サトウキビ品種 Utong1 (株出し6ヵ月) およびパンゴラグラス(再生3ヵ月)を細断後2重のポリ袋に封入し、6ヵ月後に開封した。パンゴラグラスはタイの牧草の中では栄養価・収量とも高いが早魃に弱いという特性を持つが、これに比べサトウキビサイレージの化学組成は同程度であり、発酵品質は優れていた(表1)。
2. ブラーマン種去勢牛4頭にサトウキビ(製糖用品種 KK1, 株出し6ヵ月)サイレージを単味給与し、エネルギー代謝試験を行った。その結果、サトウキビサイレージの可消化養分総量、可消化エネルギーおよび代謝エネルギー含量はそれぞれ、49.6%、9.7MJ/kgDM、および7.8MJ/kgDMであった(表2)。
3. ノンセン村の協力農家において、サトウキビサイレージあるいはルジーグラス乾草(コンケン家畜栄養研究開発センターで調製)を粗飼料源とする混合飼料を用いた、ブラーマン種雄牛3頭(約18ヶ月齢)の育成試験を3ヵ月間実施した。その結果、肉牛農家でサトウキビサイレージ給与により日増体量0.9kgを達成できることが示された(表3)。

### 〔成果の活用面・留意点〕

1. サトウキビサイレージは開封後の変敗が早いいため、小規模なサイロの利用等により、開封後はなるべく早く使い切るように留意する必要がある。
2. サトウキビサイレージを給与した場合の日増体量はルジーグラス乾草よりもやや劣るが、サトウキビの単収はルジーグラスの約1.3倍であり、サイレージの品質も良好であることから、サトウキビサイレージの利用によって規模拡大ならびに乾期に影響されない安定した肉牛生産ができる。

[具体的データ]

表 1.パンゴラグラスおよびサトウキビとそれぞれのサイレージの化学組成および発酵品質

		サイレージ	
		パンゴラ	サトウキビ
化学組成			
乾物	%現物	23.2	23.9
有機物	%乾物	85.9	93.0
粗タンパク質	%乾物	8.5	5.7
粗脂肪	%乾物	4.3	3.3
中性デタージェント繊維	%乾物	65.1	72.8
非繊維性炭水化物	%乾物	7.9	11.2
有機酸組成			
乳酸	%現物	0.57	1.08
酢酸	%現物	0.25	0.36
プロピオン酸	%現物	0.01	1.43
酪酸	%現物	0.03	0.04
pH		5.1	4.1
VCN/T-N%		15.6	12.5
廃棄率	%	18.7	3.0

表 2.サトウキビサイレージ給与試験結果

化学組成		
乾物	%現物	25.9
粗タンパク質	%乾物	3.7
粗脂肪	%乾物	2.1
中性デタージェント繊維	%乾物	80.7
非繊維性炭水化物	%乾物	13.0
乾物摂取量	g/kg 体重	5.2
乾物消化率	%	49.2
可消化養分総量	%乾物	49.6
可消化エネルギー含量	MJ/kg 乾物	9.7
代謝エネルギー含量	MJ/kg 乾物	7.8

表 3.サトウキビサイレージあるいはルジーグラス乾草を基礎飼料とした混合飼料<sup>†</sup>の化学組成、乾物摂取量および日増体量

		ルジー区	サトウキビ区
混合飼料の化学組成			
有機物	%乾物	92.5	93.2
粗タンパク質	%乾物	12.0	11.6
粗脂肪	%乾物	1.4	1.7
中性デタージェント繊維	%乾物	38.2	39.6
乾物摂取量	%体重/日	1.9	1.7
開始時体重	kg	285	348
終了時体重	kg	366	418
日増体量	kg/日	1.0	0.9
試験期間中購入飼料代	パーツ	1,789	1,893
牛売却価格	パーツ	16,800	19,000

<sup>†</sup>混合飼料中の濃厚飼料はキャッサバ根茎、米ぬか、大豆粕、糖蜜、尿素、第二リン酸カルシウム、ミネラルプレミクスおよび硫黄から成り、粗飼料と濃厚飼料の比率は両区とも 38:62 とした。

[その他]

研究課題：耐乾性飼料作物等を用いた反すう家畜の飼養技術の改善

小課題番号：351

予算区分：国際プロ〔天水農業〕

研究期間：2002～2005年度

研究担当者：鈴木知之(九州沖縄農業研究センター)・西田武弘・Ittiphon Phaowphaisal (コンケン家畜栄養研究開発センター)・Werapon Ponragdee(コンケン畑作物研究センター)

発表論文等：

- 1) Suzuki, T., H. Kawamoto, I. Phaowphaisal, W. Ponragdee, P. Pholsen, R. Narmsilee, S. Indramanee, S. Oshio (2006): Fermentation Quality and Nutritive Value of Whole Crop Sugarcane Silage. JIRCAS working report No. 47, 93-95.
- 2) Phaowphaisal, I., T. Suzuki, S. Indramanee, S. Oshio (2006): Cattle Feeding is Now Popular in Village. JIRCAS working report No. 47, 125-128.

### 13. ヒハツモドキの成分ピペリンによる貯蔵穀物害虫の発育阻害

#### [要約]

ヒハツモドキ(*Piper retrofractum*)など多くのコショウ属植物に含まれるピペリンはコクゾウムシ、ココゾウムシ及びコクヌストモドキの発育を阻害する。

所属	国際農林水産業研究センター・食料利用部、カセサート大学食品研究所、コンケン大学農学部			連絡先	029(838)6358		
推進会議名	国際農林水産業	専門	食品品質	対象	稲類	分類	研究

#### [背景・ねらい]

一般に安全であると認知されている植物成分を利用した貯蔵穀物害虫の防除は、従来の合成薬剤を用いる方法の代替技術として有望である。熱帯の途上地域で入手が容易な材料を用いることにより、低コストかつ自然環境に調和した収穫後損耗低減技術を開発し食料利用率を高める。

#### [成果の概要・特徴]

1. タイの農村地域で伝統的に利用されているコショウ科のヒハツモドキ(*Piper retrofractum*) (図2)は、コクゾウムシ、ココゾウムシおよびコクヌストモドキなど現地における主要な貯蔵穀物害虫の生育を強く阻害する。(図1)
2. ヒハツモドキの活性成分はヘキサンやクロロホルムなど非極性溶媒により抽出され、抽出液を濃縮することにより大量の結晶として析出する。NMRや質量分析により決定された構造から、活性物質はピペリン(図3中)と同定される。ヒハツモドキ乾物中の含量は 8~12%にも達する。ピペリンは、コショウ(*Piper nigrum*)の辛み成分であり、殺蚊活性などが知られている。精製されたピペリンは 50 ppm (0.05 mg/1g)の濃度でコクゾウムシ類の羽化率を概ね半減させる(図3)。
3. ピペリンは室温で化学的に安定である。

#### [成果の活用面・留意点]

1. ヒハツモドキは東南アジアから中国南部にかけて分布し、我が国では沖縄県等で島コショウ(ヒハチまたはピバーチ)として栽培・利用されている。
2. 米倉庫・精米所あるいは家庭用米びつなど規模や温度条件にあわせて、適用方法(形態、濃度、時間等)の最適化を行う必要がある。



[具体的データ]

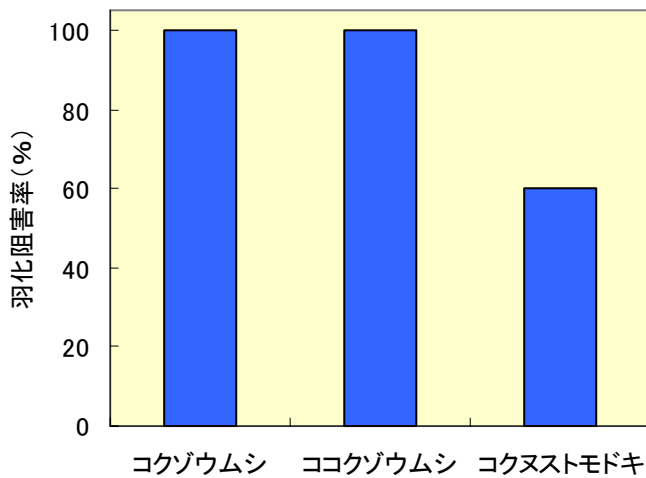


図1 ヒハツモドキの3種の貯蔵穀物害虫に対する発育阻害効果

コクゾウムシ、ココクゾウムシについては、米粉とヒハツモドキ果穂乾燥粉末(1%,w/w)からコメ粒に擬した人工飼料を作成し、これに産卵させ、8週間後までに発生した成虫を計数し、植物試料を含まない対照区と比較した。コクヌストモドキについては、米粉と試料粉末を混合した試料に1日齢の幼虫を放し、4週間後までに発生した成虫を計数し、対照区と比較した。全ての試験は5連で行った。



図2 ヒハツモドキ(右上は果穂を乾燥させたもの)

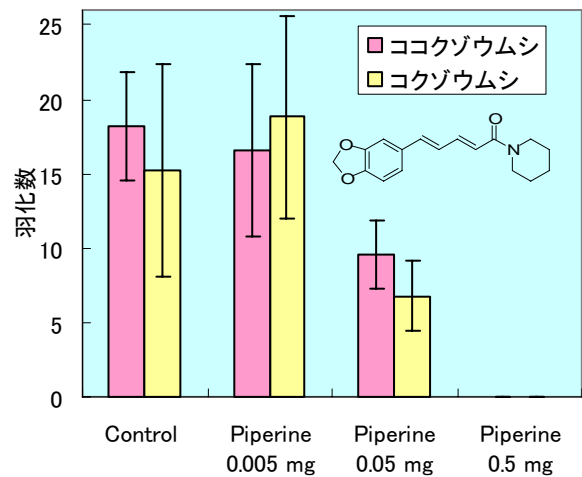


図3 ヒハツモドキ中の活性物質ピペリンの効果  
米粉1gに対し図中に示した量のピペリン精製標品を加え、図1と同様の試験により効果を確認した。図中にピペリンの構造式を示す。

[その他]

研究課題:天然物による貯蔵害虫及び微生物の制御

小課題番号:422

予算区分:国際プロ[収穫後損耗防止]

研究期間:2004年度(2000~2004年度)

研究担当者:中原和彦・Gassinee Trakoontivakorn(カセサート大学)・Yupa Hanboonsong(コンケン大学)

発表論文等:

Trakoontivakorn, G., Juntarawimoon, R., Hanboonsong, Y., and Nakahara, K. (2005): Use of botanicals for inhibiting stored rice pests. *JIRCAS Working Report.No. 45*, 107 - 116.

## 14. マレーシア・サバ州におけるアカシアマンギウムの材質

〔要約〕 マレーシア・サバ州で育林されたアカシアマンギウムの木材の密度と繊維長を調べた結果、成育の良し悪しにかかわらず密度と繊維長は髄から外側に向けて高くまたは長くなり、髄から9cm以上離れた部分で安定することを明らかにした。これらの結果は、直径18cm以上のアカシアマンギウムをより速く、より多く育てることができれば、安定した質の良い木材をより多く得ることができることを示している。

所属	国際農林水産業研究センター・林業部			連絡先	029(838)6309		
推進会議名	国際農林水産業	専門	木材材質	対象	アカシアマンギウム	分類	研究

### [背景・ねらい]

アカシアマンギウム(*Acacia mangium*)等の早成樹は、これまでチップ化し主に紙パルプ用の原料として利用されてきているが、近年、このアカシアマンギウムを用材として利用する動きがある。しかしながら、建築等の用材として利用することを考えた材質研究はほとんどなされていない。経済的価値の高い用材利用により東南アジア地域の人工林の評価を高めるためにも、木材の材質特性の解明に早急に取り組む必要がある。

### [成果の概要・特徴]

1. マレーシア・サバ州において蓄積が多いアカシアマンギウムについて、用材の物理的性質の指標として密度と繊維長に着目し、成長と材質との関係を明らかにすることを主眼に置き、それらの樹幹内変動を解析した。
2. アカシアマンギウム(13年生人工林)の密度と繊維長を地上高1.3m部位で調べた結果、材中心部の髄から放射方向に離れるに従い密度は高く、繊維長は長くなり、髄からの距離が9cm以上離れた部位では一定になり、それらの値は安定することが分かった(図1、2)。
3. 異なる地上高で密度と繊維長の変動を同様に調べた結果、いずれの地上高においても髄から9cm以上離れた部位ではそれらの値が安定しており、均質な木材となっていることが分かった(図3、4)。
4. これは、アカシアマンギウムの細胞径や繊維長などの繊維形態と密度が、共に成長速度に関わりなく一定の樹幹の太さに達した時に安定することを示している。換言すれば、肥大成長が速いほど(アカシアマンギウムの成長に適した土地に植えるほど)、物理的性質が安定した均質な木材が一定期間内に、より多く得られることを示している(図5)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 熱帯雨林地域であるマレーシア・サバ州において認められたアカシアマンギウムの材質(密度・繊維長)の樹幹内変動が、熱帯モンスーン地域など異なる気候下に植栽された同樹種についても同様に認められるのか確認する必要がある。

[具体的データ]

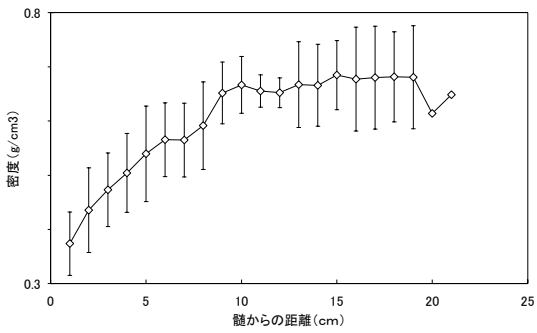


図1 髄から放射方向への密度の変化

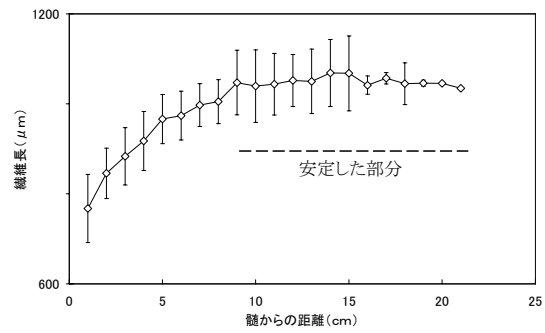


図2 髄から放射方向への繊維長の変化

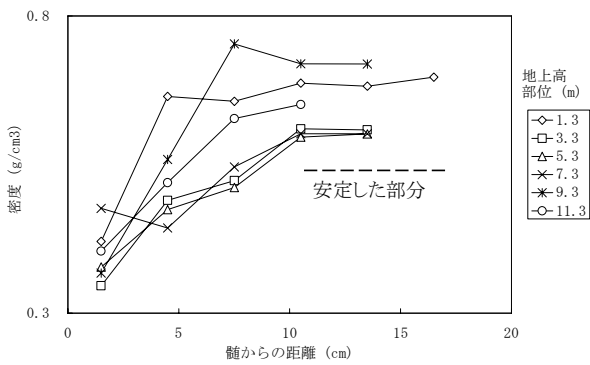


図3 各地上高における放射方向への密度の変動

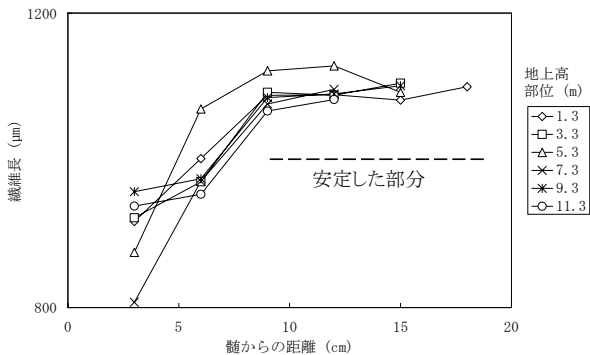


図4 各地上高における放射方向への繊維長の変動

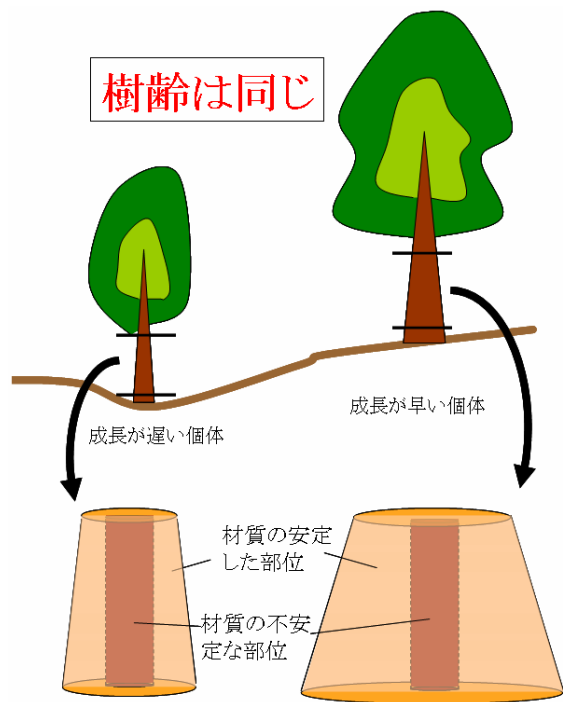


図5 安定した材質部位と成長速度の関係

[その他]

研究課題: 東南アジア産木材を有効利用するための利用特性解明

小課題番号: 431

予算区分: 基盤〔木材利用特性〕

研究期間: 2005年度(2003~2005年度)

研究担当者: 安部久・James Josue(サバ森林研究センター)・Zamrie Imiyabir(サバ森林研究センター)

発表論文等:

- 1) Abe, H., Itoh, S., Shibata, M., Ogata, K., Kitin, P. B. P., and Fujii, T. (2005): Tree species of timber imported to Japan from Southeast Asia. JIRCAS Working Report Lignocellulose: Materials for the Future from the Tropics 39, 251-253.
- 2) 安部久・早川雅納・加茂皓一・James Josue・Zamrie Imiyabir ほか(2005): マレーシア・サバ州に植林された13年生 Acacia mangium の材質指標の樹幹垂直方向の変動. 第55回日本木材学会大会要旨集, 46

## 15. アラキドン酸による熱帯性魚類の種苗生産技術の改善

〔要約〕 アラキドン酸は熱帯性魚類において主要必須脂肪酸であり、飼餌料へ添加することで産卵成績や稚仔魚の生残率を改善し、安定した種苗生産に大きく貢献する。また、熱帯性魚類の親魚飼料の至適 DHA:アラキドン酸比は少なくとも2、アラキドン酸:EPA 比は 3.5 であることを新たに提案する。

所属	国際農林水産業研究センター・水産部			連絡先	029(838)6357		
推進会議名	国際農林水産業	専門	魚類栄養	対象	卵稚仔	分類	国際

### 〔背景・ねらい〕

発展途上国において養殖産業を普及するためには、良質で健康な種苗を安定して生産し地域住民に供給するシステムを確立することがまずもって大切である。しかし、種苗の生産・供給が未だに不安定なことが養殖産業の発展や普及の大きな障害となっており、安定した種苗生産を支える飼餌料開発が強く望まれている。ここでは、冷水性・温水性魚類とは異なる熱帯性魚類の栄養学的な特性を明らかにし、その特性に基づいた親魚及び稚仔魚飼餌料の開発を行う。

### 〔成果の概要・特徴〕

1. 冷水性・温水性魚類と異なり、マングローブ域及びサンゴ礁域の魚類はエイコサペンタエンサン(EPA)含量が少なくアラキドン酸(ArA)含量が多い(図1)。種苗生産技術の確立における必須脂肪酸の重要性を鑑み、熱帯性魚類の種苗生産におけるアラキドン酸の有効性について調べる。
2. 飼料にアラキドン酸を 0.5% 添加すると、ゴマフェダイの産卵回数、産卵数、正常仔魚率及び累積生存率が改善される(表1)。
3. 飼料にアラキドン酸を 0.75% 添加すると、ゴマアイゴの産卵回数及び正常ふ化仔魚数が改善される。
4. ゴマアイゴでは飼料にアラキドン酸を 1.5% 添加すると、ふ化仔魚が得られない。これはアラキドン酸の過剰投与による悪影響と考えられる。
5. 稚仔魚の生物餌料であるシオミズツボワムシをアラキドン酸強化するにあたり、培養液中のアラキドン酸レベルが増加するとシオミズツボワムシの EPA、特にドコサヘキサエン酸(DHA)が減少する。
6. アラキドン酸、EPA 及び DHA 相互のバランスを考慮すると、DHA 強化飼料+5%アラキドン酸にて培養したシオミズツボワムシの必須脂肪酸バランスが最も優れている。
7. ゴマアイゴ稚仔魚に、5%量のアラキドン酸を添加した DHA 強化飼料で培養したシオミズツボワムシを給餌すると、成長に差はみられないが生残率を改善することができる(図2)。しかし、他の養殖魚と比較してゴマアイゴでは自然産卵の誘発が難しく、また稚魚の生残率が低いので改善を図る研究が必要である。
8. フィリピン及び石垣島で採集したサンゴ礁域の魚類(ハタ類8種、フェダイ類4種、フェフキダイ類5種、アイゴ類3種及びベラ類1種)卵巣の分析結果から、サンゴ礁域に生息する魚類の親魚飼料の至適必須脂肪酸バランスとして、DHA:アラキドン酸比が約2、アラキドン酸:EPA 比が 3.5 であることを提案する(表2)。

### 〔成果の活用面・留意点〕

1. アラキドン酸が熱帯性魚類、特にサンゴ礁域魚類の種苗生産技術を改善する上で有効であることは明白であるが、使用するにあたっては DHA とのバランスに留意する必要がある。
2. 提案された至適必須脂肪酸バランスはサンゴ礁域、いわゆる根付き魚を対象としたもので、新規養殖対象種として養殖技術の開発が望まれているものが多く、提案されたバランスの応用範囲は広い。ただし、熱帯性の回遊魚あるいは表層魚については別途解析する必要がある。



[具体的データ]

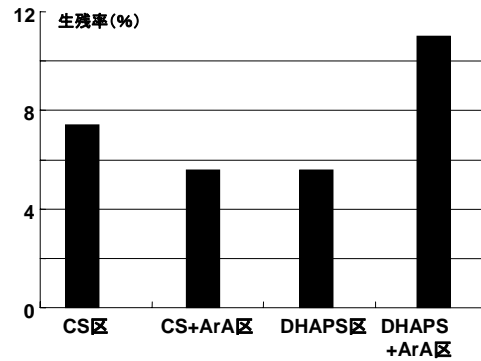
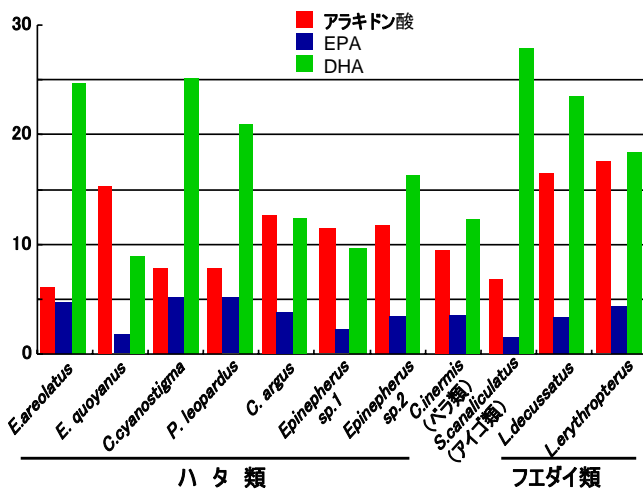


図1 サンゴ礁域に生息する重要魚種の卵巣中アラキドン酸、EPA及びDHAレベル(%, 極性脂質)

図2 Culture Selco (CS 区), Culture Selco+5%アラキドン酸(CS+ArA 区)、DHA Protein Selco (DHAPS 区)または DHA Protein Selco+5%アラキドン酸(DHAPS+ArA 区)にて培養したワムシを給餌して飼育したゴマアイゴ稚仔魚の生残率(17日齢)

表1 三種類の試験飼料を給餌して飼育したゴマフエダイの産卵成績(平均値±S.E.)

	大豆油区	イカ肝油区	アラキドン酸区
総産卵数 (10 <sup>6</sup> )	2.40	3.62	9.31
産卵回数	6	8	11
産卵1回あたりの産卵数(10 <sup>6</sup> )	0.40±0.13a	0.45±0.09a	0.85±0.23b
卵径(mm)	0.75±0.03	0.73±0.01	0.73±0.01
正常発生率 (%)	78.2±8.9	73.0±10.21	70.5±7.2
ふ化率 (%)	48.3±17.3	51.0±11.8	66.0±8.1
正常仔魚率 (%)	38.5±13.7a	56.3±14.8a	74.4±5.4b
累積生存率 (%)	18.0±7.9a	23.9±8.3a	35.7±7.2b
活力指数	0.37±0.11	0.30±0.04	0.44±0.04

表2 熱帯性魚類親魚飼料の至適必須脂肪酸比

	ArA/EPA	DHA/ArA	DHA/EPA
尾形ら (2005)	3.5	2.1	7.4
Sargent (1999)*	0.1	15.3	1.8

\*冷水性・温水性魚類の推奨値

[その他]

研究課題:熱帯・亜熱帯水域における親魚育成・種苗生産技術の改善

小課題番号:371

予算区分:国際プロ[汽水域生産]

研究期間:2005年度(2001~2005年度)

研究担当者:尾形博・Ashrah Suloma(エジプトカイロ大学)・Kashfia Ahmed(バングラデッシュ)・Denny R. Chavez(フィリピン東南アジア漁業開発センター養殖部局)・Esteban S. Garibay(フィリピン東南アジア漁業開発センター養殖部局)・古板博文(養殖研)・Ving-Ching Chong(マレーシアマラヤ大学)

発表論文等:

- Ogata, H.Y., Emata, A.C., et al. (2004): Fatty acid composition of five candidate aquaculture species in Central Philippines. *Aquaculture*, 236, 361-375.

## 16. 生態系機能を利用した持続可能な循環型養殖システムモデル

### [要約]

持続可能なエビ養殖に果たす底生生物の役割を明らかにするとともに、生態系の生産機能と浄化機能を利用した環境にやさしい循環型養殖システムのモデルを開発した。

所属	国際農林水産業研究センター・水産部			連絡先	029-838-6609		
推進会議名	国際農林水産業	専門	増養殖技術	対象	他のエビ類	分類	研究

### [背景・ねらい]

東南アジアではエビ類の沿岸養殖が急速な発展を遂げてきたが、マングローブ林の伐採による環境破壊とともに、単一種の集約的な給餌養殖による生態系の攪乱と有機汚濁が顕在化してきた。このため、天然餌料や自然循環機能を利用した低投入型の養殖技術を確立し、マングローブ生態系への負荷を軽減した持続的な生産システムを推進することが求められている。本研究では、底生生物が生態系の維持や持続可能な養殖システムに果たす役割について明らかにするとともに、生態系の生産機能と浄化機能を利用した環境にやさしい循環型養殖システムのモデルを開発した。

### [成果の概要・特徴]

1. タイ国、カセサート大学附属サム・ソクラン水産研究所のエビ養殖池およびマングローブ植林池で見られた主な大型底生動物は、環形動物、軟体動物、節足動物の3分類群からなり、総種数は42種にのぼった(表1)。優占種はゴカイ類および巻貝類であり、多様性はマングローブ植林池の方がエビ養殖池よりも大きかった(表1)。エビ養殖期間中に底生動物が減少することから、ゴカイ類や貝類などがエビの天然餌料として利用されていることが明らかになった(図1)。
2. サム・ソクラン水産研究所内に造成した循環型養殖システムのモデルプラントを使用することにより、エビ養殖池の汚水を出水路→浄化池→入水路の順に循環させ、マングローブ、海藻、底生動物、プランクトン等の生態系機能を利用して浄化した後、エビ養殖に再利用することが可能となった(図2)。また、浄化池や水路においては魚介藻類の低密度無給餌養殖が可能となり、副次的な生産物として魚類(シーバス、ティラピア)、二枚貝(ホトギスガイ)、甲殻類(テンジククルマエビ、ウシエビ)、海藻(ウミブドウ)、海草(カワヒルモ)等を養殖あるいは畜養出来ることが明らかになった。
3. 循環型養殖システムを用いてウシエビ(ブラックタイガー)養殖の実証実験を行った結果、マングローブを利用した低密度での循環型システムで最適な養殖が可能であり、完全閉鎖系での集約的養殖システムに比べて、収穫時のエビのサイズが大きくなるとともに、天然餌料が利用出来たことにより約19%の人工餌料が削減された(表2)。収入と支出の収支面でも循環型システムの方が閉鎖型システムよりも有利であった(表2)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 循環型養殖システムは周辺水系に対する依存度や環境負荷が比較的小さいことから、有機汚濁が進行した地域から自然環境保全地域に至るまで、さまざまな地域・環境下において活用出来る可能性がある。
2. 適用にあたっては、天然の立地条件を活用することや、潮汐や風力などを利用した水交換システムを導入することにより、初期投資費用(原価償却費)やランニングコストを削減することに留意する必要がある。
3. 周辺環境が劣悪な養殖池に本システムを適用する場合には、プランクトンや底生生物(貝類、海藻類等)の質や量を適切にコントロールして、効率よく栄養塩類や懸濁物を除去、分解する方策を検討することが重要である。

[具体的データ]

表1 エビ養殖池で出現した底生動物 (○印)

	Pond 1	Pond 2	Pond 3	Pond 4	Pond 5	Pond 6
	Shrimp	Shrimp	Shrimp	Mangrove	Mangrove	Shrimp
Nematoda				○	○	
Cnidaria						
Actinaria	○	○	○			○
annelida						
Perinereis sp.	○	○	○	○	○	○
Sigambra phuketensis		○	○	○	○	
Polydora sp.	○	○	○	○	○	○
Mediomastus sp.			○	○	○	
Capitellidae			○	○	○	
Leonome albicingillum			○	○	○	
Mollusca						
Cerithium coralium	○	○	○	○	○	○
Thiara riqueti	○	○	○	○	○	○
Melanoidea tuberculata		○	○	○	○	○
Cerithidea cingulata	○	○	○	○	○	○
Rissoina sp.						○
Assiminea brevicula				○	○	
Assiminea nitida				○	○	
Assiminea sp.	○			○	○	○
Stenothyra ovalis	○		○	○	○	○
Stenothyra glabrata	○			○	○	
Stenothyra sp.				○	○	
Zeuxis stolatus						○
Estellarca olivacea						○
Archatula arcuatula	○	○		○	○	○
Perna viridis				○	○	○
Crassostrea belcheri				○	○	○
Mactra cuneata		○				
Tellina sp.					○	
Mytilopsis adamsi						○
Pitar chordatum			○	○		○
Arthropoda						
Ostracoda	○	○	○	○	○	○
Copepoda		○	○	○	○	○
Harpacticoida	○	○	○	○	○	○
Balanus sp.	○	○	○	○	○	○
Stomatopoda	○	○	○	○	○	○
Mesopodopsis orientalis	○	○	○	○	○	○
Gammaridea		○				
Isopoda					○	
Tanaidacea	○	○	○			○
Acetes vulgaris	○	○		○	○	
Philyra sp.	○	○				
Melaplax sp.	○	○	○	○	○	○
Chironomus sp.	○	○	○	○	○	○
Insecta				○	○	○
Number of species	19	21	21	27	31	23

◎ : dominant species

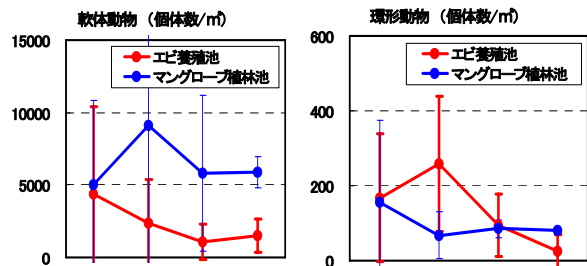


図1 エビ養殖期間中の底生生物の個体数変化

表2 エビ養殖モデル実験の結果

循環型(1): 循環型養殖(マングローブ利用)

循環型(2): 循環型養殖

閉鎖型 : 完全閉鎖系での集約的養殖

	循環型(1)	循環型(2)	閉鎖型
エビ養殖尾数 (A)	6000	13000	13000
養殖密度 (N/m <sup>2</sup> )	20	20	20
収穫尾数 (B)	1424	4023	2987
生存率 (%)(B/A)	23.7	30.9	23.0
収穫重量 (Kg)(C)	24.8	58.6	41.5
生産量 (Kg/m <sup>2</sup> )	0.04	0.10	0.07
平均サイズ (C/B)(g)	17.4	14.6	13.9
餌料重量 (Kg) (D)	42.4	141.3	110.1
餌変換効率 (FCR)(D/C)	0.73	0.47	0.60
収支 (収入/支出)	1.53	1.28	1.06

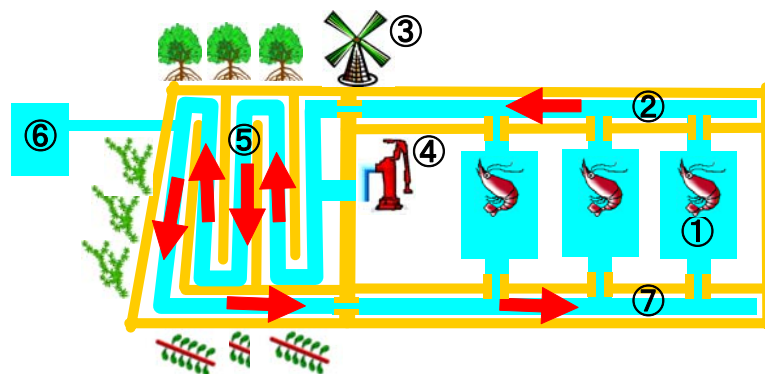


図2 循環型養殖システムモデル 養殖池の汚水を矢印のように循環させ、生態系機能を利用して浄化した後、

再利用する。①エビ養殖池(800 m<sup>2</sup>) ②出水路 ③風車(水循環用) ④揚水ポンプ(地下水くみ上げ)

⑤浄化池(マングローブ、海藻、貝類等で水を浄化) ⑥貯水池(塩分調整用) ⑦入水路

[その他]

研究課題: マングローブ汽水域の餌料底生生物に関する研究

小課題番号: 371

予算区分: 国際プロ [汽水域生産]

研究期間: 2005年度 (2003~2005年度)

研究担当者: 藤岡義三(JIRCAS)・下田徹(水産総合研究センター)・Chumpol Srithong(タイ・カセサート大)

発表論文等: Fujioka Y. (2005) Sustainable production systems of aquatic animals in brackish mangrove areas. Report of the regional technical consultation for the development of code of practice for responsible aquaculture in mangrove ecosystems (ASEAN-SEAFDEC).

## 17. ウシエビと海ぶどうの複合養殖

〔要約〕汽水産エビ類の低投資で持続的な複合養殖技術の開発を目指し、ウシエビ(*Penaeus monodon*)と食用緑藻類のひとつである海ぶどう(クビレズタ:*Caulerpa lentillifera*)の混合飼育を行った。海ぶどうは高い水質浄化能力(溶存栄養塩吸収能力および物理ろ過能力)を持つばかりでなく、エビ鰓への付着生菌数を減少させ、飼育水中の生菌数を安定させ、エビ類に隠れ家を提供した。加えて、海ぶどうは高い成長率を示し、施肥を必要としなかった。

所属	国際農林水産業研究センター・水産部			連絡先	029(838)6370		
推進会議名	国際農林水産業	専門	増養殖技術	対象	海藻類・エビ類	分類	研究

### 〔背景・ねらい〕

タイでのウシエビ(ブラックタイガー)養殖は、経済上非常に重要な位置を占めており、現在の年間生産量は800億パーツ(2006年1月現在、約2300億円)を上回っている。しかし近年、エビ養殖産業は微生物やウイルスによる病気の発生や成長率の悪化に直面しており、大きな問題となっている。本課題は、自然環境を維持しつつ低投資かつ持続的で環境に配慮した、汽水産エビ養殖技術ならびに管理技術を開発することを目的としている。

零細エビ養殖業者の立場に立脚し、エビ養殖池内の水質を安価にかつ安定的に浄化するため、海藻類を利用する複合養殖を試みた。この方法では、植物プランクトンよりも安定的に生育させることができる海藻類でエビ池内の栄養塩類を吸収除去し、一方で、生産された海藻類を販売するなどして副収入を得ることができるので、もしエビ類が大量斃死などを起こした場合の「保険」にもなり、池の放棄・放置を食い止めることが可能となる。

### 〔成果の概要・特徴〕

- 2Lガラス水槽および2tFRPタンクによるウシエビと海ぶどうとの混合養殖において、養殖水中のアンモニア態窒素は顕著に減少し(図1)、溶存リンも微量であるが減少している。
- 本方法においてエビ鰓に付着している生菌数が減少し、飼育水中の微生物量が安定化している(図2)。
- 海ぶどうはエビ同士の接触を防止すると共に、残餌や糞が捕捉され物理ろ過の役割も果している(図3)。
- エビの成長は混合養殖によって阻害されず、エビ池でのウイルス感染によるエビの全滅を防いでいる。
- 本方法ではエビ類の残餌等から溶け出す栄養塩を利用するため、海ぶどうに施肥する必要はない。海ぶどうの成長は、施肥を必要とする海ぶどう単一養殖とほぼ同等の成長を示す(表1)。
- 海ぶどうは塩分25~35、水温23~33℃の範囲の環境適応力を持ち、細菌数および塩分等が変化しやすいエビ池においても飼育に適した種と考えられる。
- 海ぶどうの試食調査を行ったところ、特に食感が好評で、本種特有の味および香りについても問題なく、バンコクをはじめタイ国内の多くの場所で普及する可能性が高いことが期待される。

### 〔成果の活用面・留意点〕

- エビ養殖池の水質改善、持続的生産に有効である。
- 零細養殖業者に副収入を提供するための手段として有効である。タイ国内で蔓延しているウイルス病にエビが罹患した場合の代替の収入源となる。
- 海藻類は植物プランクトンよりも安定的に生育するため、良好な水質を長期的に簡単に維持できる。
- エビ養殖池における実証試験を今後重点的に行う必要がある。
- 収穫された海藻の加工・流通に関しての研究と、本複合養殖法の養殖業者への普及が必要である。



[具体的データ]

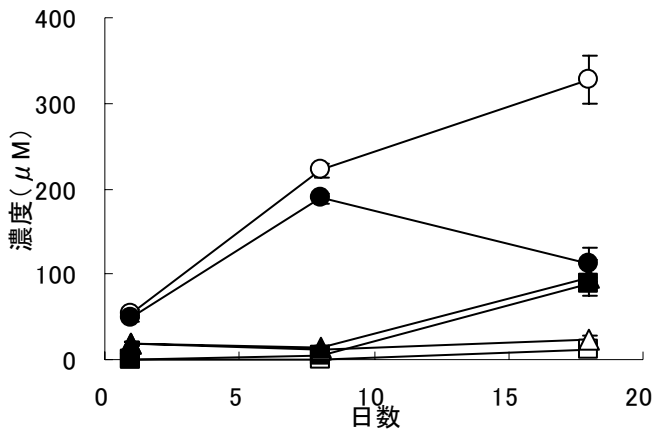


図1 エビ・海ぶどう混合飼育による飼育水中の栄養塩類の変化 ○:エビ区アンモニア,●:混合区アンモニア,□:エビ区亜硝酸イオン,■:混合区亜硝酸イオン,△:エビ区硝酸イオン,▲:混合区硝酸イオン

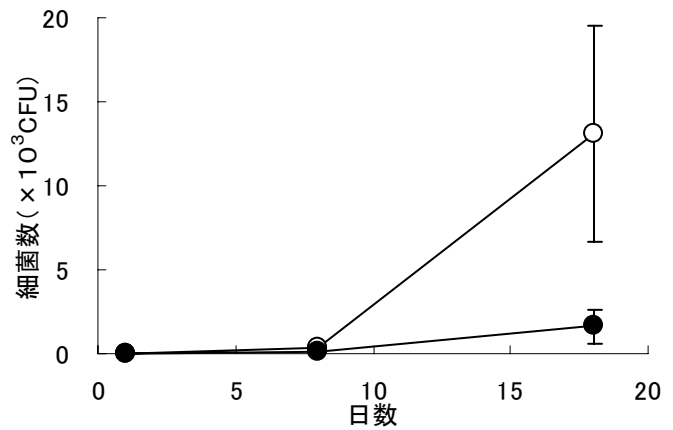


図2 エビ・海ぶどう混合飼育による飼育水(1ml中)の生菌数の変化 ○:エビ区,●:混合区

表1 海ぶどうの飼育方法と成長の比較

場所	方法	日間成長率 (% d <sup>-1</sup> )	参考文献
タイ	陸上水槽	2.66 (1.1*) - 3.54 (1.7*)	本実験
沖縄	陸上水槽(+)	2.76-2.84	当真 (1991)
沖縄	陸上水槽(+)	1.57-3.45	村越 (1993)
沖縄	陸上水槽(+)	2.56	与那嶺 ら (1997)
沖縄	陸上水槽(+)	1.13 (0.5*)	南 (2000)
沖縄	海底設置	1.61-1.95	当真 (1991)
沖縄	海上筏	1.54-1.77	当真 (1991)

\*: 標準偏差, (+): 施肥



図3 海ぶどう(クビレツタ)は水質浄化や生菌数減少効果に加えてエビの隠れ家を提供する。

[その他]

研究課題:海藻を用いた持続的に利用可能な汽水産エビ養殖システムの構築

小課題番号:371

予算区分:国際プロ[汽水域生産]

研究期間:2005年度(2004~2005年度)

研究担当者:浜野かおる、筒井功、Prapansak Srisapoom (タイ・カセサート大)

発表論文等:

- 1) Hamano, K., Tsutsui, I. and Srisapoom, P. (2006): The use of seaweed for improving water quality in brackish water shrimp farming ponds and effects on shrimp health JIRCAS Working Report No.44
- 2) Tsutsui, I., Hamano, K. and Srisapoom, P. (2006): Co-culture of shrimp and algae: improvement of water quality Abstract of The 12<sup>th</sup> Pacific Congress on Marine Science and Technology

## 18. 沖縄の秋播栽培と北海道の春播栽培を組合せた小麦世代促進の早生化効果

〔要約〕 沖縄の秋播栽培、北海道の春播栽培および暖地・温暖地の秋播栽培における出穂早晩性は、それぞれ *Ppd*・*Vrn* 遺伝子型、*Vrn* 遺伝子型および *Ppd* 遺伝子型と密接に関係する。沖縄の秋播栽培と北海道の春播栽培を組合せた小麦世代促進は、暖地・温暖地で晩生を示す日長感受性個体を雑種集団から淘汰する効果を持つ。

所属	国際農林水産業研究センター・沖縄支所			連絡先	0980(88)6301		
推進会議名	国際農林水産業	専門	育種	対象	小麦	分類	研究

### 〔背景・ねらい〕

国内の暖地・温暖地における小麦育種において、早熟化は梅雨による穂発芽被害を回避する上で重要である。一方、近年、品質や収量の向上のために、交配親として外国品種など遠縁の品種の利用が増加している。特に遺伝的組成が大きく異なる交配組合せの場合、出穂の変異が大きく、固定するのに長年を要する。したがって、早生化効果を持つ効率的な世代促進法の確立が望まれている。国内の小麦育種機関では 1970 年代より沖縄の秋播栽培と北海道の春播栽培を組合せた世代促進を実施している。しかし、この世代促進が雑種集団の出穂特性に及ぼす影響は十分に明らかにされていない。そこで、沖縄の石垣(24°N)、北海道の芽室(42°N)、暖地・温暖地の代表としての福山(34°N)における出穂早晩性と *Ppd*(日長反応性遺伝子)および *Vrn*(春化反応性遺伝子)遺伝子型との関係を調査するとともに、石垣の秋播栽培と芽室の春播栽培を組合せた世代促進における雑種集団の *Ppd* および *Vrn* 遺伝子型の頻度の変化ならびに早生および晩生個体の頻度の変化を解析する。

### 〔成果の概要・特徴〕

1. 石垣の秋播栽培における出穂早晩性は、*Ppd* および *Vrn* 遺伝子型と密接に関係し(*Ppd*-S *Ppd*-F<*Ppd*-S<*Ppd* 欠、*Vrn*-AI<*Vrn*-DI<*Vrn* 欠)、日長感受性品種と秋播型品種は晩生となる(表 1)。
2. 芽室の春播栽培における出穂早晩性は、*Ppd* 遺伝子型とは関係なく、*Vrn* 遺伝子型と密接に関係し(*Vrn*-AI ≒ *Vrn*-DI<*Vrn* 欠)、秋播型品種は晩生となる(表 1)。
3. 福山の秋播栽培における出穂早晩性は、*Vrn* 遺伝子型とは関係なく、*Ppd* 遺伝子型と密接に関係し(*Ppd*-S *Ppd*-F<*Ppd*-S<*Ppd* 欠)、日長感受性品種は晩生となる(表 1)。
4. 石垣における雑種集団の秋播栽培では、日長感受性個体と秋播型個体が淘汰される(表 2AB)。一方、芽室における雑種集団の春播栽培では、秋播型個体のみ淘汰される(表 2AB)。
5. 世代促進集団と標準集団の福山における出穂日の違いは *Ppd* 遺伝子型に変異のある集団でのみ見られ、世代促進集団は標準集団より晩生個体が有意に少ない(図 1AB)。これは、石垣の秋播栽培と芽室の春播栽培による世代促進栽培で日長感受性の晩生個体が淘汰されたためである。

### 〔成果の活用面・留意点〕

1. この世代促進法は暖地・温暖地の春播型早生小麦の育種に有効である。
2. 遺伝的組成が大きく異なる交配組合せの場合、固定度および晩生淘汰効果を考慮すると、F<sub>2</sub> 石垣、F<sub>3</sub> 芽室、F<sub>4</sub> 石垣、F<sub>5</sub> 芽室の 2 年 4 世代の世代促進がより効果的であると考えられる。
3. 石垣の秋播栽培は北海道の春播栽培に適さない秋播型個体を淘汰する効果を持つため、北海道の春播小麦育種の世代促進としても有効である。ただし、北海道の春播栽培に適する日長感受性個体を淘汰しないためには、長日処理が必要である(表 1 の石垣 L)。

4. [具体的データ]

表1 8品種の出穂特性と石垣、芽室および福山における出穂期

品種	育成国	日長反応性		春化反応性		出穂期(2年平均)			
		感受性/ 非感受性	<i>Ppd</i> 遺伝子型 <sup>1)</sup>	播性	<i>Vrn</i> 遺伝子型 <sup>1)</sup>	石垣	石垣L <sup>2)</sup>	芽室	福山
						2001/11/26 <sup>3)</sup> 2002/11/27	2001/11/26 2002/11/27	2002/4/20 2003/4/25	2001/11/16 2002/11/18
埼玉27号	日本	非感受性	<i>Ppd-S</i>	春播型	<i>Vrn-A1</i>	1/31 ( 0) <sup>4)</sup>	1/18 ( 0)	6/21 ( 0)	4/22 ( 0)
Schomburgk	オーストラリア	非感受性	<i>Ppd-S</i>	春播型	<i>Vrn-A1</i>	2/4 (+4)	1/16 (-2)	6/23 (+2)	4/22 ( 0)
フクワセコムキ	日本	非感受性	<i>Ppd-S Ppd-F</i>	春播型	<i>Vrn-D1</i>	2/4 (+4)	1/23 (+5)	6/18 (-3)	4/12 (-10)
農林61号	日本	非感受性	<i>Ppd-S</i>	春播型	<i>Vrn-D1</i>	2/15 (+15)	1/30 (+12)	6/23 (+2)	4/20 (-2)
ゼンコウジコムキ	日本	非感受性	<i>Ppd-S</i>	春播型	<i>Vrn-D1</i>	2/15 (+15)	1/30 (+12)	6/25 (+4)	4/21 (-1)
ハルヒカリ	日本	感受性	-	春播型	<i>Vrn-A1 Vrn-B1</i>	3/16 (+44)	1/19 (+1)	6/23 (+2)	5/1 (+9)
農林59号	日本	非感受性	<i>Ppd-S</i>	秋播型	-	3/29 (+57)	3/17 (+58)	7/13 (+22)	4/22 ( 0)
農林67号	日本	非感受性	<i>Ppd-S</i>	秋播型	-	3/30 (+58)	3/22 (+63)	7/23 (+32)	4/26 (+4)

<sup>1)</sup>-: *Ppd* または *Vrn* 主働遺伝子なし。<sup>2)</sup>石垣L: 16時間日長処理。<sup>3)</sup>播種期。<sup>4)</sup>( )内は埼玉27号を基準とする出穂期差。

表2 埼玉27号×ハルヒカリと埼玉27号×農林59号の世代促進集団(RGA)と標準集団(SSD)の日長反応性と春化反応性

(A) 埼玉27号(*Ppd-S*)×ハルヒカリ(*ppd-S*)の日長反応性

集団 <sup>1)</sup>	個体数			期待分離比に対する		
	非感受性	感受性	合計	$\chi^2$ 検定 <sup>2)</sup>		
F <sub>2</sub>	95	35	130	3:1 ns	15:1 **	63:1 **
RGA F <sub>3</sub>	105	25	130	5:3 **	5:1 ns	
RGA F <sub>4</sub>	102	28	130	9:7 **	3:1 ns	9:1 **
SSD F <sub>3</sub>	72	58	130	5:3 ns	5:1 **	
SSD F <sub>4</sub>	69	61	130	9:7 ns	3:1 **	9:1 **

(B) 埼玉27号(*Vrn-A1*)×農林59号(*vrn-A1*)の春化反応性

集団 <sup>1)</sup>	個体数			期待分離比に対する		
	春播型	秋播型	合計	$\chi^2$ 検定 <sup>2)</sup>		
F <sub>2</sub>	92	38	130	3:1 ns	15:1 **	63:1 **
RGA F <sub>3</sub>	109	21	130	5:3 **	5:1 ns	
RGA F <sub>4</sub>	123	7	130	9:7 **	3:1 **	9:1 ns
SSD F <sub>3</sub>	83	47	130	5:3 ns	5:1 **	
SSD F <sub>4</sub>	63	67	130	9:7 ns	3:1 **	9:1 **

<sup>1)</sup>RGA F<sub>3</sub>: F<sub>2</sub>を石垣で栽培して得たF<sub>3</sub>集団。  
石垣の播種期は2003/11/28、収穫期は2004/3/5~24である。  
RGA F<sub>4</sub>: 上記のF<sub>3</sub>を芽室で栽培して得たF<sub>4</sub>集団。  
芽室の播種期は2004/4/22、収穫期は2004/7/30である。  
SSD F<sub>3</sub>・F<sub>4</sub>: 単粒系統法によって得たF<sub>3</sub>とF<sub>4</sub>集団。  
<sup>2)</sup>ns: 有意差なし。\*\*: 1%水準で有意。

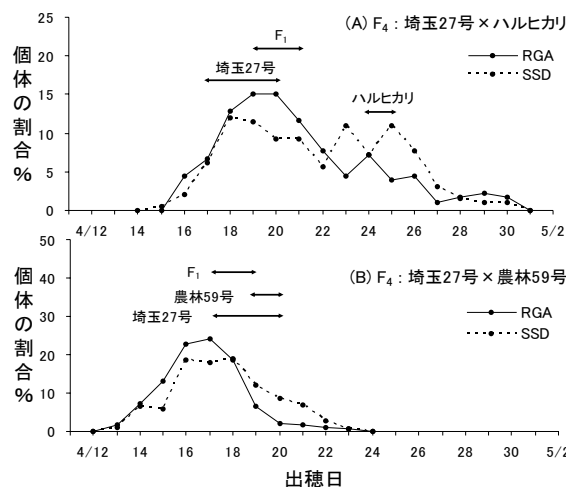


図1 埼玉27号×ハルヒカリと埼玉27号×農林59号のF<sub>4</sub>集団の福山における出穂日の頻度分布  
注)播種期: 2004/11/10。矢印: 親とF<sub>1</sub>の出穂日の範囲。  
図1AのRGAとSSD集団における早生個体数(～4/22)と晩生個体数(4/23～)はそれぞれ132:48、109:84である。

[その他]

研究課題: 世代促進の利用による早生化選抜技術の開発、小麦の世代促進における出穂特性の変異固定技術の開発

小課題番号: 761

予算区分: 受託研究[21世紀プロ・ブランドニッポン]、基盤[小麦世促]

研究期間: 2005年度(2002～2005年度)

研究担当者: 谷尾昌彦・田村泰章・佐藤光徳・高木洋子・松岡誠・田引正(北農研)・西尾善太(北農研)・乙部千雅子(作物研)・石川直幸(近農研)・平将人(九農研)・波多野哲也(九農研)・荒木和哉(北見農試)・中道浩司(北見農試)・加藤謙司(岡大)

発表論文等:

- 1) 谷尾昌彦・田村泰章・松岡誠(2003): 亜熱帯気候における小麦の出穂早晩性の遺伝的要因. 育種学研究第5巻別号1, 116.
- 2) 谷尾昌彦・田村泰章・佐藤光徳・荒木和哉・西尾善太・乙部千雅子・石川直幸・平将人・波多野哲也・松岡誠(2004): 小麦の出穂早晩性に影響する遺伝的要因の地域間差異. 育種学研究第6巻別号1, 135.
- 3) Tanio, M., Kato, K., Ishikawa, N., Tamura, Y., Sato, M., Takagi, H. and Matsuoka, M. (2005): Genetic analysis of photoperiod response in wheat and its relation with the earliness of heading in the southwestern part of Japan. *Breeding Science* 55: 327-334.

## 19. 養液・電照栽培したパッションフルーツの秋実には、機能性成分が多く含まれる

### [要約]

パッションフルーツの果実に含まれる主カロテノイドは、 $\zeta$ -カロテンである。機能性成分とされる $\zeta$ -カロテンとアスコルビン酸の含量は収穫時期の影響を受け、養液・電照栽培した秋実に多く含まれる。

所属	国際農林水産業研究センター・沖縄支所			連絡先	0980 (83) 6110		
推進会議名	国際農林水産業	専門	生理、栽培	対象	他の果樹類	分類	研究

### [背景・ねらい]

パッションフルーツ「サマークイーン」(*Passiflora edulis* Sims × *P. edulis* Sims f. *flavicarpa*)は、南九州や沖縄で栽培されており、果実には独特の香りと酸味があり、カロテノイド(1100  $\mu\text{g}/100\text{g}$ ; 五訂食品成分表)を多く含むなど、他の果実には見られない特徴を持つ。慣行の土耕栽培では夏実(鹿児島において6~7月)と冬実(同12~1月)が収穫されるが、最適な施肥や地温管理が可能な養液栽培法と花芽誘導のための発光ダイオードを用いた低コストな電照栽培法を組み合わせた養液・電照栽培(図1)を行うことにより、慣行の土耕栽培では得られなかった秋実(10~11月)の収穫が可能となった。健康意識の高まった消費者にとって抗酸化作用を有する機能性成分であるカロテノイドやアスコルビン酸含量の高い果実は魅力的であり、消費拡大が期待されることから、これら機能性成分含量の季節変動を明らかにすることは重要である。そこで、養液・電照栽培されたパッションフルーツ果実中に含まれる機能性成分の含量を収穫期別に測定し評価する。

### [成果の概要・特徴]

1. パッションフルーツ「サマークイーン」の果汁中に含まれる主カロテノイドは、吸収スペクトル等から、 $\zeta$ (ゼータ)-カロテンである(図2)。
2. 果汁を Sep-Pak C18 簡易カラムで処理した後、アスコルビン酸の還元作用による試験紙の発色程度をもとに、濃度を測定するリフレクトクアントアスコルビン酸テストを試みることにより、簡易で迅速にアスコルビン酸含量を定量することができる。
3.  $\zeta$ -カロテンおよびアスコルビン酸の含量は収穫期の影響を受け、秋実(10月収穫)で一番多く、冬実(12、1月収穫)、夏実(8月収穫)の順に減少する(図3)。
4. 果汁中に含まれるアスコルビン酸と $\zeta$ -カロテンの含量の間には、正の相関が見られる(図4)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 周年生産が可能な養液・電照栽培を行うことにより、機能性成分を多く含む秋実を収穫することができる。
2. 簡易測定が可能なアスコルビン酸を指標に、 $\zeta$ -カロテン高含有果実を選抜できる。
3. 本研究に供試した果実は、鹿児島県果樹試験場(鹿児島県垂水市)で栽培されたものである。
4. 養液・電照栽培では、波長 660 nm の赤色発光ダイオードを用いた電照装置を 10 アール当たり666台(120個/台)設置し、液肥にはタンクミックス A:タンクミックス B(2:1)を EC 値 0.5 mS/cm で施用している。

[具体的データ]



図1. パッションフルーツの養液・電照栽培風景  
(鹿児島県果樹試験場)  
A: 発光ダイオードの設置状況と電照風景  
B: 単独型ベットを用いた養液栽培

ξ-カロテンの分子構造

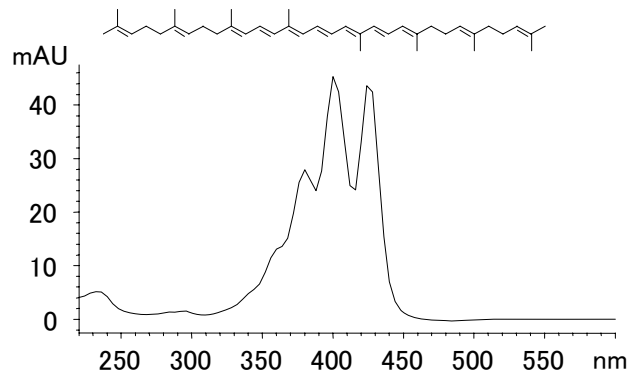


図2. 主カロテノイド画分 (Ret. Time : 59.29 min) の吸収スペクトル

カラム: YMC Carotenoid S5 $\mu$ m (4.6 × 250 mm)  
温度: 40 °C、流速: 1.0 ml/min  
溶媒: A; MeOH/H<sub>2</sub>O (8:2), B; MTBE/MeOH (9:1)  
移動相: B; 26%-[15 min]-26%-[25]-34%-[10]-44%-[15]-56%-[10]-56%-[5]-26%

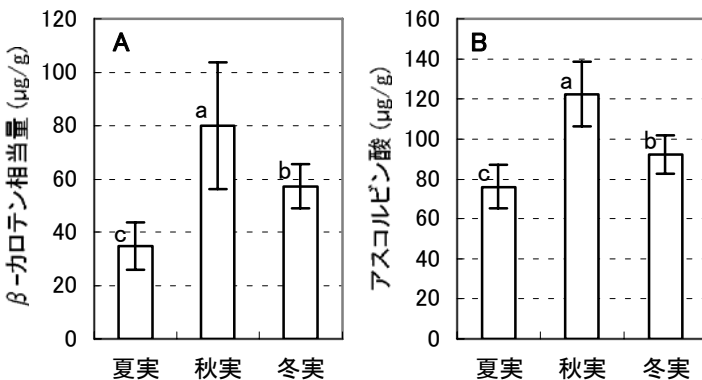


図3. 「サマークイーン」の果汁中に含まれるξ-カロテン(A)とアスコルビン酸(B)の量的変動(平均値±標準偏差)  
Tukey-Kramer のHSD検定において、異なるアルファベット(a, b, c)間で、5%水準で有意差がある。

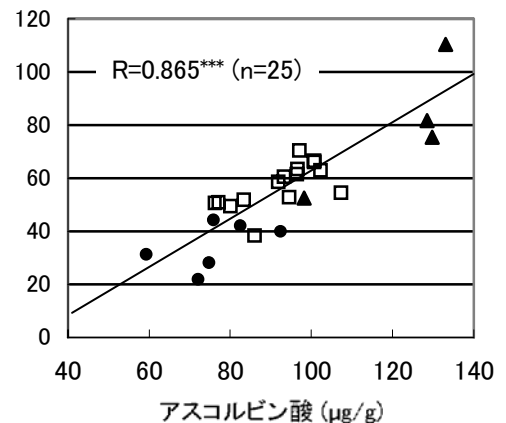


図4. 養液・電照栽培における果汁中のアスコルビン酸含量とξ-カロテン含量の関係  
●は夏実、▲は秋実、□は冬実を示す。  
\*\*\*: 0.1%水準で有意

[その他]

研究課題: 養液・電照栽培によるパッションフルーツの機能性成分変動評価

小課題番号: 731

予算区分: その他受託[高度化事業]

研究期間: 2005年度 (2003~2005年度)

研究担当者: 加藤秀憲・小川一紀(農研機構果樹研究所)

発表論文等:

- 1) 加藤秀憲・小川一紀・後藤 忍・深町 浩・米本仁巳 (2005): パッションフルーツの機能性成分変動評価. 熱帯農業 49 巻別号 2, 43-44.



20. ミカンキジラミ <i>Diaphorina citri</i> 成虫の放飼1日内の移動距離							
〔要約〕 <u>カンキツグリーニング病</u> のベクターであるミカンキジラミ ( <i>Diaphorina citri</i> )の成虫は、風向に一致して風下に移動し、1日で350m移動する個体が存在し、平均移動距離は73.4mである。							
所属	国際農林水産業研究センター・沖縄支所			連絡先	0980(83)9111		
推進会議名	国際農林水産業	専門	作物虫害	対象	カンキツ類	分類	研究

**〔背景・ねらい〕**

カンキツグリーニング病は、東南アジアにおけるカンキツ栽培最大の生産阻害要因である。本病害はミカンキジラミ (*Diaphorina citri*)によって媒介されるため、本種の移動分散に関する研究は防除戦略を考える上で重要である。現在、本種の分布は屋久島まで確認されており、九州本土への侵入も懸念されている。本研究では、昨年度当センターで開発した標識法を用いて放飼試験を行い、放飼1日後の本種の移動距離および移動に関する要因について明らかにする。

**〔成果の概要・特徴〕**

1. 石垣島の試験圃場内で蛍光顔料粉末を用いて標識した(平成16年度国際農林水産業研究成果情報)ミカンキジラミ成虫2万頭を、放飼前日に標識して定着させたゲッキツ鉢を静置することで放飼し(図1)、放飼場所から半径50m間隔の同心円上(最大350m)の65箇所に配置した鉢植えのトラップ用ゲッキツ(図2)上に定着した標識虫の数を1日後に調査する。2005年5月と10月に各1回実施する。
2. 5月の試験時には放飼日(2005年5月21日)の日平均風速は2.2m/s、日平均風向はSSWで、放飼1日後にはトラップ用ゲッキツ上で確認された標識虫数は516個体(放飼数の2.58%)である。そのうち79.5%の個体が放飼地点から風下にあたる北側の地点で確認され、最も移動した個体は北側の350m地点で確認された。516個体の平均移動距離は79.8mである(図3)。
3. 10月の試験時には放飼日(2005年10月15日)の日平均風速は5.8m/s、日平均風向はNNEで、放飼1日後にトラップ用ゲッキツ上で確認された標識虫数は118個体(放飼数の0.59%)である。そのうち96.6%の個体が放飼地点から風下にあたる南側の地点で確認され、最も移動した個体は南側の200m地点で確認された。118個体の平均移動距離は66.9mである(図4)。
4. 以上の結果から、ミカンキジラミ成虫は風向の風下に移動分散し、放飼1日後の平均移動距離は73.4mであり、最大で350m移動する個体が存在する。

**〔成果の活用面・留意点〕**

1. カンキツグリーニング病の総合防除法を構築する際の重要な基礎情報となる。
2. 放飼1日後以降の移動分散についても調査する必要がある。

[具体的データ]



図1 放飼したミカンキジラミ標識虫



図2 標識虫モニタリング用鉢植えゲッキツ  
樹高 120cm のゲッキツ4鉢を1セットとして設置。

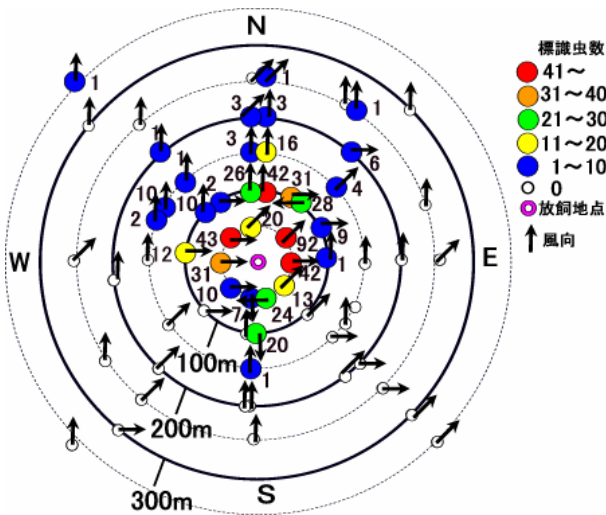


図3 5月の放飼試験1日後の標識虫の移動  
数字は確認個体数。同心円の間隔は50m。

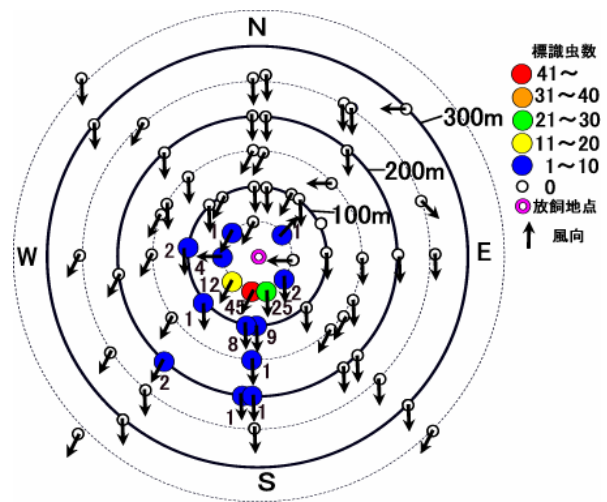


図4 10月の放飼試験1日後の標識虫の移動  
数字は確認個体数。同心円の間隔は50m。

[その他]

研究課題:ミカンキジラミの移動分散特性の解明

小課題番号:741

予算区分:国際プロ[カンキツHLB防除]

研究期間:2005年度(2002~2008年度)

研究担当者:中田唯文

発表論文等:

1) Nakata T. :Effective Marking Method using Micronized Fluorescent Powder for Population and Dispersal Studies of the Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* Applied Entomology and Zoology, 投稿中

2) 中田唯文 (2006):標識虫放飼によるミカンキジラミ成虫の移動実態について. 日本応用動物学会第50回大会発表予定

## 21. 隣接カンキツ園への距離 20m 以内にあるカンキツ新植園での定植直後のミカンキジラミ防除の必要性

### [要約]

カンキツグリーンング病媒介虫ミカンキジラミ (*Diaphorina citri*) は、既存カンキツ園との距離が 20m 以内にある新植園には、定植後半月内で多数侵入し、1 ヶ月内に第一世代を出現させ、その後個体群を維持する。既存カンキツ園までの距離が 20m 以内にある新植園は、定植直後より侵入個体の防除が必要である。

所属	国際農林水産業研究センター・沖縄支所			連絡先	0980(82)2306		
推進会議名	国際農林水産業	専門	作物虫害	対象	カンキツ類	分類	国際

### [背景・ねらい]

カンキツグリーンング病に対する有効な管理方法が確立されていない。現在、無病苗定植とその後の浸透性薬剤による媒介虫制御が最も現実的対応とされる。しかし、本媒介虫の移動分散行動がよく研究されていないため、定植後の新植園へのミカンキジラミ (*Diaphorina citri*) (以下キジラミ) の侵入時期及び個体群変動が予測できず、薬剤施用の理論的根拠が確立されていない。新植園へのキジラミの侵入数は既存園までの距離と負の相関があると予想されるので、新植園における定植後の薬剤施用は、既存園までの距離に応じて最適化が図られるべきである。従って、新植園へのキジラミ侵入とその後の個体群密度変動が、新植園と既存カンキツ園との距離によりどのように変化するか調査する必要がある。

### [成果の概要・特徴]

1. キジラミの新植園への侵入は新植園と既存園との距離に依存し、20m 以内の圃場では、成虫の樹当たり密度が 0.1 以上 (最大成虫密度は 0.9) にほぼ維持される (図 1)。
2. 定植後半月内で成虫が多数侵入した圃場では、侵入世代より第一世代の幼虫が定植後 1 ヶ月で出現し、そのときの樹あたりコロニー数は最大 0.4 に達する (図 2)。
3. 既存園から 50m 離れた新植園では、他の新植園に比べキジラミの侵入までの期間が長く、侵入頻度も低い。さらに、定植後半年内では次世代キジラミが出現しない (図 1、2)。
4. キジラミ侵入が殆ど起こらなかった 50m 圃場には、キジラミの餌資源及び産卵場所資源となる新梢数は多数の侵入があった他の圃場と同程度に存在する (図 3)。従って、キジラミの新植園への侵入量の違いは、新梢数ではなく既存園までの距離に依存している。

### [成果の活用面・留意点]

1. 既存カンキツ園までの最短距離が 20m 以内にあるカンキツ新植園では、初期侵入キジラミ数が多く、次世代幼虫も多数出現する。侵入世代により罹病した果樹がある場合、このような幼虫は羽化後、さらに他の健全樹へ感染を拡大させる可能性が高い。このため、既存園までの距離が 20m 以内である新植園では、キジラミに対する防除を苗定植直後から行い、その後も継続する必要がある。
2. 新植園のキジラミ侵入期間及びその頻度に関しては、距離以外の要因として定植時期、季節、地形、栽培体系、植生が考えられ、これらに関する試験も必要である。

[具体的データ]

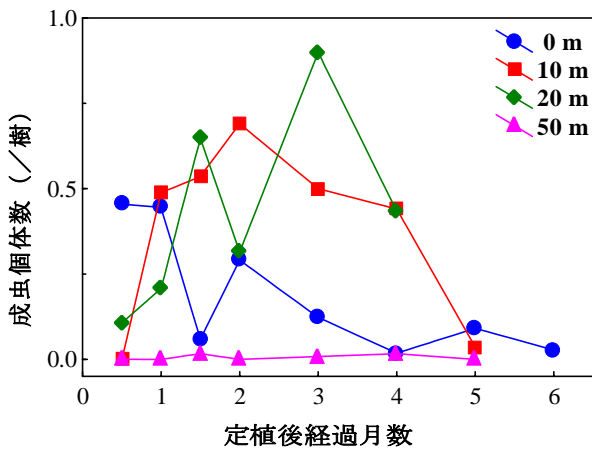


図 1 既存カンキツ園からの距離が異なる 4 筆の新植圃場での、無病苗定植後の果樹あたりミカンキジラム成虫個体数。

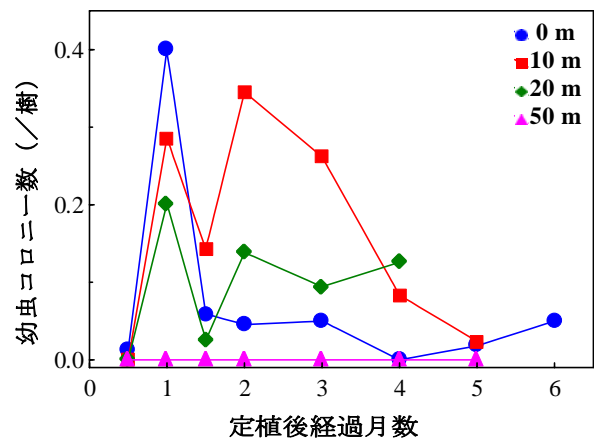


図 2 既存カンキツ園からの距離が異なる 4 筆の新植圃場での、無病苗定植後の果樹あたりミカンキジラム幼虫コロニー数。

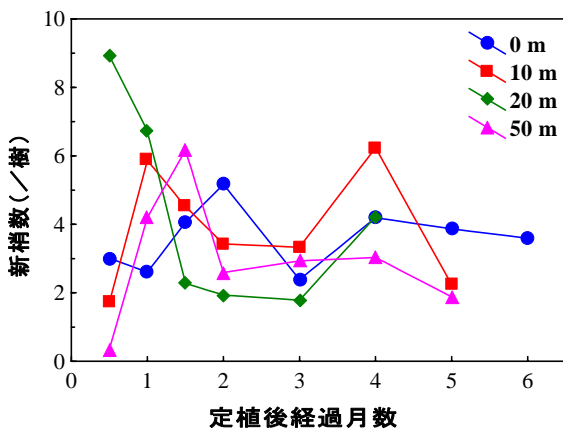


図 3 既存カンキツ園からの距離が異なる 4 筆の新植圃場での、無病苗定植後の果樹あたり新梢数。

[その他]

研究課題:ミカンキジラムの生態特性の解明と防除技術の開発

小課題番号:741

予算区分:国際プロ[HLB 防除]

研究期間:2005 年度 (2004~2008 年度)

研究担当者:市瀬克也・Le Quoc Dien・Do Hong Tuan(ベトナム南部果樹研究所)

発表論文等:

1)市瀬克也・加納健 (2006) ベトナムメコンデルタ地域におけるカンキツグリーンング病とその管理法、植物防疫 60(7):302-307



## 22. グリーニング病激発地での無病苗の植付と薬剤施用によるカンキツ栽培延長・増収効果

### [要約]

カンキツグリーニング病激発地のベトナムのメコンデルタ地帯でのカンキツ品種キングマンダリンの栽培において、本病の媒介虫であるミカンキジラミ、(*Diaphorina citri*)に対する浸透性薬剤と無病苗を利用した果樹園では、これらを利用しなかった果樹園に比べて栽培期間が1~2年間長く、所得も高い。

所属	国際農林水産業研究センター・沖縄支所			連絡先	0980(82)2306		
推進会議名	国際農林水産業	専門	作物虫害	対象	カンキツ類	分類	研究

### [背景・ねらい]

ベトナム南部メコンデルタでは、高収益のキングマンダリンがカンキツグリーニング病(以下CG)によって大きな経済的打撃を受けている。政府は、その対策として、公的農業機関による無病が証明された苗(無病苗)の定植を行い、その後、本病害の媒介虫ミカンキジラミに対する浸透性薬剤の施用を推奨している。しかし、このような栽培法による増収及び所得増加効果は実証されていない。本研究は、この栽培法の防除効果実証試験実施の妥当性を確認するために、農家聞き取り調査によって収量、栽培期間、費用に関するデータを収集・分析することをねらいとする。

### [成果の概要・特徴]

1. 調査は、2005年10、11月にメコンデルタ地帯における農家を任意に116戸選び、定植苗の購入実態、浸透性薬剤施用、各種費用、粗収入等の項目について聞き取りした。
2. 定植時の無病苗の採否と浸透性薬剤使用の有無の組合せにより、キングマンダリン栽培管理は、1)定植した苗に公的農業機関による無病証明が付与されていない苗(以下非証明苗)・浸透性薬剤を用いない(以下薬剤非施用)、2)非証明苗・イミダクロプリド原液を果樹あたり1.5ml施用(以下薬剤施用)、3)無病苗・薬剤非施用、4)無病苗・薬剤施用の4通りの栽培管理法に区別される。
3. ベトナムメコンデルタでは、300万ドン/10aが必要な最低所得と考える農家が多いことから、苗定植時からこの所得が維持される最終年までの年を経済栽培期間とすると、薬剤施用圃場では、薬剤非施用圃場に比べ、経済栽培期間中の年当たり平均費用が高くなる傾向がある(表1)。
4. いずれの管理法でも、3年目にキングマンダリン栽培による所得は黒字となり、経済栽培期間は薬剤非施用圃場で5-6年、薬剤施用圃場で7-8年となる(図1)。また無病苗定植は経済栽培期間を延長する効果はないが、非証明苗圃場に比べ果実収量は多い。経済栽培期間中の10aあたりの年間平均収量は、非証明苗・薬剤非施用で $0.588 \pm 0.128$ 、非証明苗・薬剤施用 $1.150 \pm 0.255$ 、証明苗・薬剤非施用で $0.730 \pm 0.142$ 、証明苗・薬剤施用で $1.758 \pm 0.342$ トンである。管理費用が高くなることを勘案しても現行防除対策の中では、所得を最大とする管理は無病苗・薬剤施用であり、経済栽培期間中の年平均所得は約700万ドン/10aに達する。

### [成果の活用面・留意点]

1. ベトナム南部メコンデルタ地帯でのキングマンダリン栽培には、無病苗・薬剤施用による管理を農家に推奨できる可能性がある。これ以外の品種、また栽培地域に関しては、別途研究を行う必要がある。
2. 薬剤施用農家では薬剤非施用農家に比べて、肥料支出が大きいことから、経済栽培期間延長や収量増加には、施肥効果が寄与している可能性がある。
3. 経済栽培期間延長や収量増加につながる薬剤のスクリーニング、また最適薬剤施用法決定のための試験を行う必要がある。



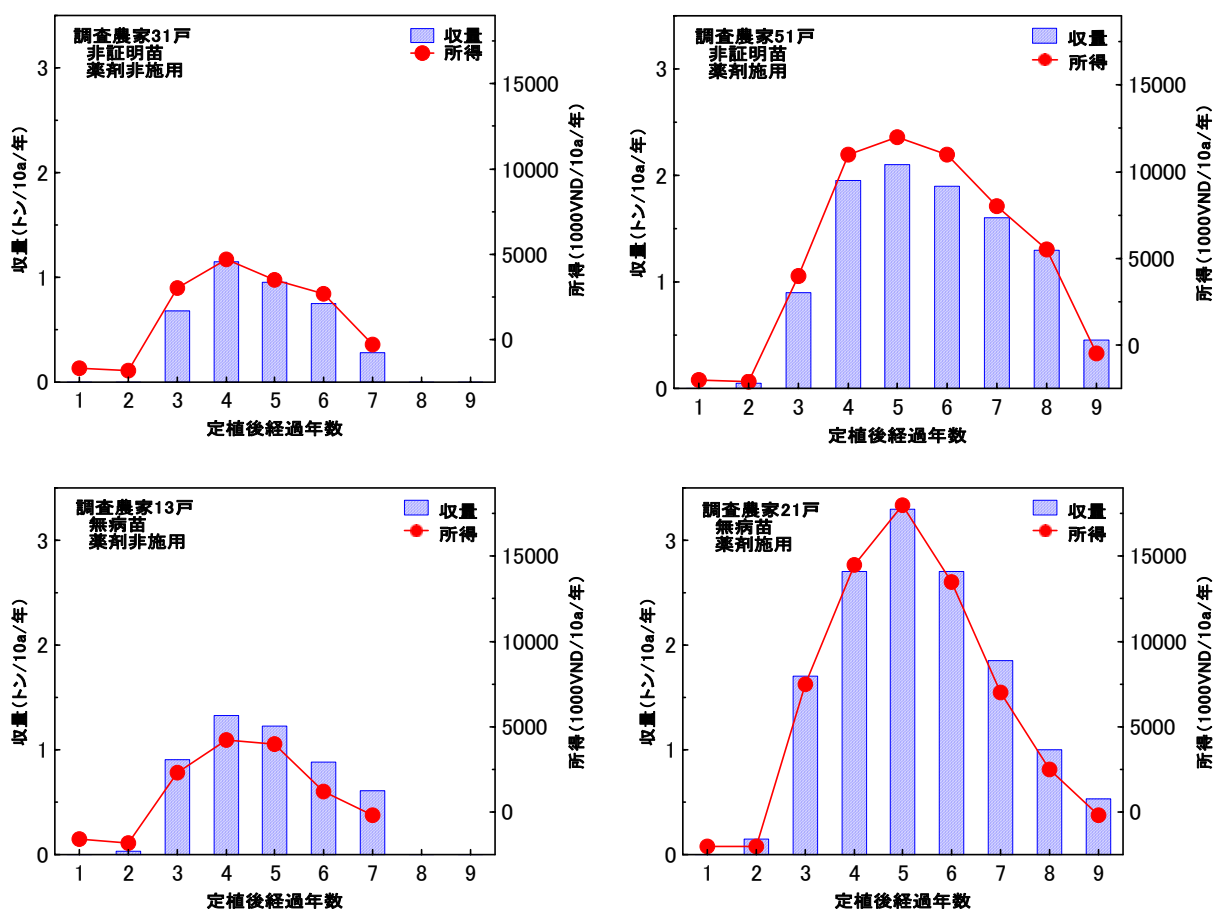
4. [具体的データ]

表 1 キングマンダリン栽培による 10 アールあたりの平均(±標準誤差)年間費用<sup>1)</sup>。

単位:ベトナム千ドン(1円=130ベトナムドン)

定植苗	浸透性薬剤	苗	肥料	農薬	雇用労働	費用合計
非証明苗	非施用	711±119	663±357	108±77	1275±382	2757±329
	施用	725±105	1522±1001	279±313	1562±570	4088±434
無病苗	非施用	1203±275	823±359	156±240	1175±328	3357±1542
	施用	1362±407	1325±772	351±264	1706±674	4744±1146

1) 各費用計算は、次の方法による。各農家における費用を、経済栽培期間最終年まで合計する。その合計を最終年までの年数で割り、年平均費用を算出する。その年平均費用について各管理ごとに平均を算出し、その値を使用。



注) 所得=販売粗収入-費用合計(表 1)

図 1 各管理法下でのキングマンダリンの生産量(バー)と所得<sup>1)</sup>(折線)。

[その他]

研究課題:ミカンキジラミの生態特性の解明と防除技術の開発

小課題番号:742

予算区分:国際プロ [カンキツ HLB 防除]

研究期間:2005年度(2004~2008年度)

研究担当者:Doan Huu Tien(ベトナム南部果樹研究所)・加納健・市瀬克也・山田隆一

発表論文等:

1)市瀬克也・加納健(2006) ベトナムメコンデルタ地域におけるカンキツグリーンング病とその管理法、植物防疫 60(7):302-307

## 23. 地中点滴灌漑では地表点滴灌漑に比べ初期生育が遅れるが、生育後期に根の活性を高めることでそれを補う

### [要約]

地中点滴灌漑では、地表点滴灌漑に比べ生育初期に養水分供給位置付近の根の分布が少ないため、生育が遅れる。一方、地中点滴灌漑では多くの根が養水分供給位置付近に達する生育後期に、根の活性が高まり生育が促進されることで初期生育の遅れが補われる。このことが、双方の灌漑方法における収量等の差が現れにくい要因である。

所属	国際農林水産業研究センター・沖縄支所			連絡先	0980(82)2314		
推進会議名	国際農林水産業	専門	栽培	対象	キャベツ	分類	研究

### [背景・ねらい]

点滴灌漑は節水と増収の効果があることから 1960 年代に急速に広まり、この点滴チューブを地中に埋設する地中点滴灌漑は、チューブが耕起作業を妨げない、長期的な設置が可能、毎作の回収・設置の労力を軽減する等の利点から 1960 年代に利用され始めた。地中点滴灌漑は、根の活性の高い部位に直接養水分を供給できる利点がいわれているが、地中点滴灌漑と地表点滴灌漑で根の活性を比較した例は少ない。また、地中点滴灌漑は、地表点滴灌漑に比べ増収効果が述べられる一方で、海外の研究事例では年、場所により双方の収量の関係が異なるなど、その効果に疑問もあり、混乱をきたしている。そこで、地中、地表点滴灌漑で収量差が現れにくい理由を明らかにするため、点滴チューブ(Netafim Supertyphoon100)で水あるいは大塚ハウス A 処方標準液の 1/4 濃度培養液を用い、栄養成長が持続し解析のしやすいキャベツを雨よけ栽培し、生育段階ごとに蒸発散速度、葉面積指数、根の活性、地上部乾物重等を比較する。

### [成果の概要・特徴]

1. 地中、地表から点滴灌漑したキャベツのそれぞれの灌水量、収量に顕著な差はない(表1)。
2. 地中、地表から点滴灌漑したキャベツの生育段階ごとの蒸発散速度は、生育初期に地表点滴灌漑で、生育後期に地中点滴灌漑で高い(図 1)。この関係は、葉面積指数においても同様である(図 2)。
3. 生育初期に地表点滴灌漑では地中点滴灌漑に比べ、養水分供給位置である地表付近で土壤水分の減少が速い。しかし、地中点滴灌漑での養水分供給位置付近の 20cm 深(供給位置下 5cm)での土壤水分減少速度は、地表点滴灌漑での 20cm 深(供給位置下 15cm)と比べ大きな差はない(表 2)。このことは生育初期の地中点滴灌漑では、地表点滴灌漑に比べ養水分供給位置付近からの吸水が少ないことを示唆する。
4. それに対し、生育後期の地中点滴灌漑の土壤水分減少速度は、養水分供給位置付近の 20cm 深とそれ以深の 40cm 深で地表点滴灌漑に比べ速い(表 2)。また、この時期の根の分布は地中点滴灌漑で地表点滴灌漑より深く、単位根あたりの TTC 還元活性で示される根の活性は高い(図 3)。
5. 地中点滴灌漑では地表点滴灌漑に比べ初期生育が遅れるが、生育後期に根の活性を高めることでそれを補うとみられる。これらのことが、両灌漑法による収量差が一般に現れにくい要因と考えられる。

### [成果の活用面・留意点]

1. 地中点滴灌漑は、生育後期に根の活性を高める利点がある。
2. 従って、地中点滴灌漑は生育後期の根の高活性を利用するために、生育初期に灌水が不要な雨期から乾期に向かう作型に有効と考えられる。

[具体的データ]

表1 地中点滴灌水(SDI)と地表点滴灌水(DI)におけるキャベツ収穫時の地上部乾物重

作物	灌水量		有意差	地上部乾物重		有意差
	SDI	DI		SDI	DI	
	(mm)			(g)		
キャベツ	80±2	84±3	ns	75±6	73±5	ns

Means±S.E. ns = nonsignificant (P > 0.05)

灌水時期の目安として土壌水分張力(kPa)を生育初期に深さ10cm、生育後期に深さ20cmで測定し、2.5kPaを灌水開始点とした。

灌水量は1回あたり1.85-5.00mmを生長にともない増やした。

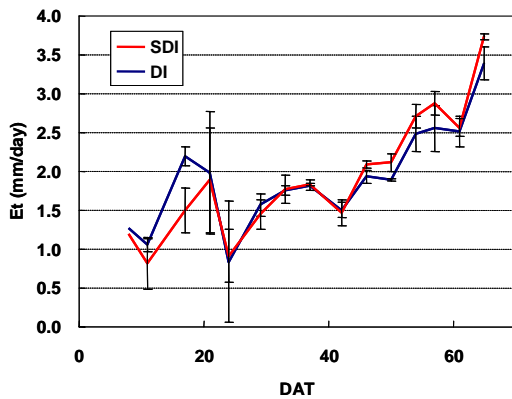


図1 地中(SDI)と地表(DI)の点滴灌漑におけるキャベツの蒸発散速度(Et)の推移  
DAT: 定植後日数, Vertical bar: S.E.

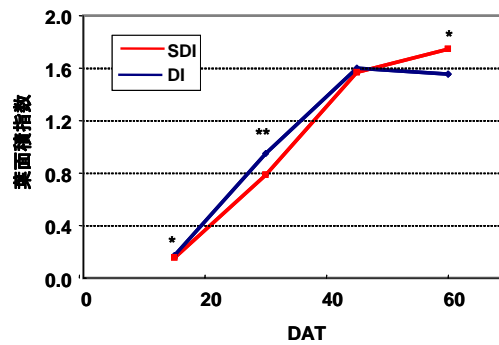


図2 地中(SDI)と地表(DI)の点滴灌漑におけるキャベツの葉面積指数の推移  
\* P<0.05, \*\*P<0.01

表2 生育の初期と後期の地中(SDI)と地表(DI)の点滴灌漑におけるキャベツ株もとの深さごとの土壌水分減少速度

	土壌水分減少速度			
	生育初期		生育後期	
	SDI	DI	SDI	DI
5 cm 深	1.7	3.3	2.1	3.7
20 cm 深	1.2	1.1	2.0	1.3
40 cm 深	0.1	0.0	1.0	0.0

土壌水分減少速度は、灌水2日後の24時間あたりの土壌の体積含水率減少量  
生育初期: 19-20DAT、生育後期: 54-55DAT

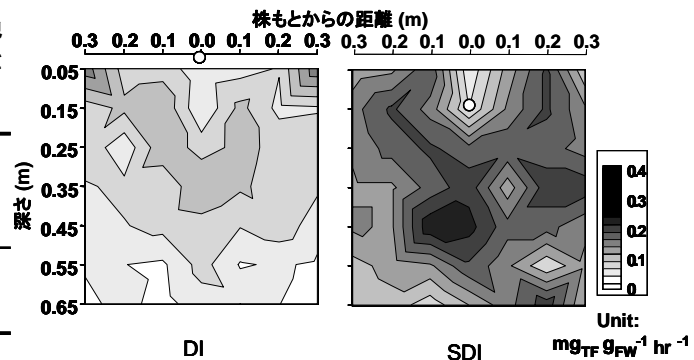


図3 地表(DI)と地中(SDI)の点滴灌漑におけるキャベツの定植56日後の根のTTC還元能の分布

[その他]

研究課題: 灌水位置の違いが植物の生育に及ぼす影響の解析

小課題番号: 752

予算区分: 基盤/[灌水位置]、招へい

研究期間: 2005年度(2001~2005年度)

研究担当者: 中村 乾・Khalilur Rahman(バングラデシュ・ダッカ大学)・Nur Ahamed Khondaker(バングラデシュ農業研究会議)・小沢 聖

発表論文等:

NAKAMURA, K., KHONDAKER, N. A., RAHMAN, M. K., and OZAWA, K. (2005) : Is subsurface drip irrigation valuable for crop water use efficiency increase in dry season in humid area? 農業気象 60 (5), 403-407

## 24. 雨の少ないマリ共和国南部の浸透速度の低い圃場では、雨が肥料成分を地表面流出させ、収量低下をまねく

### [要約]

マリ共和国南部の水の浸透速度の低い圃場での作物の低収量の原因は、少雨でなく、雨による肥料成分の地表面流出である。この低収量は、緩効的施肥で改善される。

所属	国際農林水産業研究センター・沖縄支所			連絡先	0980(82)2314		
推進会議名	国際農林水産業	専門	土壌肥料	対象	作物一般	分類	研究

### [背景・ねらい]

マリ共和国南部の年間降水量は600から1000mmである。この降水量では作物生産に不足していると考えられがちである。一方、マリ共和国は地質学的に古い盾状地に位置するため、数億年間の浸食と再堆積で水の浸透速度の極端に高い土壌と極端に低い土壌が分布する。これらの土壌では降水強度の強いイベントにともない、肥料成分の多くがそれぞれ下方流出、地表面流出することが、収量が低下する要因であるとみられる。そこで、作物収量に及ぼす水の浸透速度の影響を解析し、浸透速度の低い圃場での対策を講じる。

### [成果の概要・特徴]

1. マリ共和国南部での雨期は概ね7月中旬から9月上旬で、雨期の始めに降水強度が強い。しかし、浸透速度の比較的低い圃場では、土壌水分の増加は降水量の増加に大きく遅れる(図1)。
2. その場合、有効な降水は10%以下で、残りは地表面流出と蒸発で失われる。とくに、浅い土層の圃場容水量を満たすには、多くの降水量と時間が必要であるため、有効降水率が低い(表1)。
3. 現地での浸透速度は、断面積20cm<sup>2</sup>高さ5cmの採土管2本を連結し、2.5cm土壌に差し込み、50mmの水を注ぎ、浸透時間から求めている。実際の浸透速度に比べて過大評価するが、簡便なので、現場での測定に便利である。
4. 浸透速度0.05mm/sec以下、1.00mm/sec以上で作物収量が極めて少ない。また、0.05mm/secから1.00mm/secの範囲では、浸透速度が高い圃場で収量が多い(図2)。
5. 浸透速度が中庸な圃場と低い圃場での棉花の収量に及ぼす尿素的付加施肥効果はないが、被覆尿素的付加施肥効果は浸透速度の低い圃場で高い(表2)。この結果は、浸透速度の低い、すなわち、降水の地表面流出の多い圃場で収量が低下する原因は、土壌水分の不足でなく、地表面流出による肥料成分の不足にあることを示す。また、緩効的な施肥管理が対策として有効なことを示唆する。
6. マリ共和国南部の集落 Niessoumana、Diou では、それぞれ12%の圃場で浸透速度が0.05mm/sec以下である(図2)。ここで、肥料成分の地表面流出が収量を低下させているとみられる。

### [成果の活用面・留意点]

1. マリ共和国において緩効性肥料の利用は経済的に困難である。分施、有機質肥料の利用、慣行の表層施肥から土中施肥への切り替え等、緩効的な施肥管理による効果が期待できる。
2. 圃場への地表面流出水の流れ込みを防ぎ、圃場からの水の表面流出を防ぐための畦畔、圃場周辺の排水路の整備により、増収効果が期待できる。
3. 今後の研究として、浸透速度が高い圃場で収量が低下する一因として、肥料成分の下方流出の影響を解明する必要がある。

#### 4. [具体的データ]

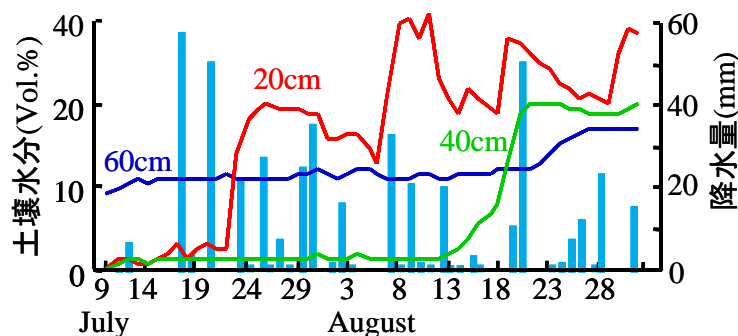


図1 Niessoumanaにおける2001年雨期の土壌水分(折れ線)と降水量(棒)の変化  
浸透速度<sup>1)</sup>0.26mm/sec、傾斜1°の圃場

表1 圃場容水量(FWC)を満たすのに要した降水量、土壌水分、有効降水率、浸透速度

土層の深さ	FWCを満たすのに要した降水量	FWCを満たすのに要した時間	FWCを満たすのに要した土壌水分	有効降水率
(cm)	(mm)	(日)	(mm)	(%)
0-20	325	56	20.8	6.4
0-40	541	83	42.6	7.9
0-60	614	90	54.0	8.8

図1からの計算結果

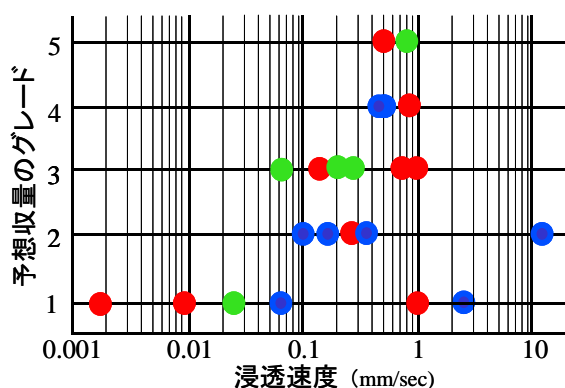


図2 浸透速度と予想収量のグレードとの関係

● トウモロコシ ● ソルゴー、ミレット ● 棉花  
1(非常に悪い)~5(非常に良い)

表2 浸透速度の異なる圃場で栽培した棉花の収量に及ぼす尿素と被覆尿素的付加的施肥効果の影響

圃場の浸透速度	慣行施肥	尿素付加	被覆尿素付加
(mm/sec)	(t/ha)	(t/ha)	(t/ha)
0.56	1.30±0.17	1.43±0.11	1.35±0.14
	a	N.S.	N.S.
0.04	0.58±0.07	0.53±0.06	0.98±0.05
	b	N.S.	***

全処理で、9月中旬までに元肥とその後4回の追肥で合計45kg/haの窒素成分を施用。

尿素付加と被覆尿素付加で、それぞれ25kg/haの窒素成分を尿素と被覆尿素100日タイプで7月6日に付加施用。

異なるアルファベットは優位差があることを示す。  
N.S.: 慣行施肥との優位差なし。\*\*\*: 慣行施肥との優位差0.1%レベル。

#### [その他]

研究課題: 有効降水量に及ぼす土壌の浸透特性の影響解析

小課題番号: 212

予算区分: 文科省[気象変動]、基盤[FSR、理事長奨励]

研究期間: 2000~2002年度、2003年度

研究担当者: 小沢聖・J.S.Caldwell(JIRCAS)・佐々木香織・菅野浩光(東北農研)・M.D.Doumbia・A.Yorote・A.Berthé(マリ農村経済研究所)

発表論文等:

- 1) Caldwell J. S., Kannno H., Berthe A., Yorote A., Sasaki K., Doumbia M., Ozawa K. and Sakurai S. (2002): Climate Variability in Cereal-based Cropping Systems in Mari, West Africa, Farming Japan 36, 35-41
- 2) Ozawa K. and Doumbia M., Low infiltration decreases the availability of precipitation in Mali. In Eds. Caldwell J. S. et.al Supporting Farmer Dcisions in Response to Climatic Risk. JIRCAS Working Report 49, 38-44



## 25. 昼間の葉の相対含水率によるインゲンの高温・乾燥抵抗性系統の評価

〔要約〕 高温や乾燥によりつるの伸長が大きく抑制される品種・系統ほど、インゲンの葉の相対含水率の低下が小さく、良好な光合成環境が保たれる。その結果として、種子収量の低下が抑えられる。

所属	国際農林水産業研究センター・沖縄支所・環境ストレス耐性研究室			連絡先	0980(88)6108		
推進会議名	国際農林水産業	専門	育種・生理	対象	いんげんまめ	分類	研究

### 〔背景・ねらい〕

熱帯・亜熱帯地域では、高温や乾燥が、インゲン栽培の制限要因となる。また、高温は植物の蒸散や土壌からの水分の蒸発を促すため、乾燥を引き起こす要因ともなる。従って高温や乾燥条件がインゲンの莢ないし種子収量に及ぼす影響やその生理的背景を明らかにすることは、インゲン栽培上重要である。またストレス抵抗性の生理的指標を見いだすことは、抵抗性系統の育種を効率的に行う上で有効である。そこで耐暑性の異なる無限伸長型のインゲンの品種・系統を用いて、高温や乾燥条件で栽培した時につるの伸長、葉の水分状態、気孔開度や種子収量がどのように変化し、それらの変化が品種や系統間差異に関連しているかどうかについて検討する。

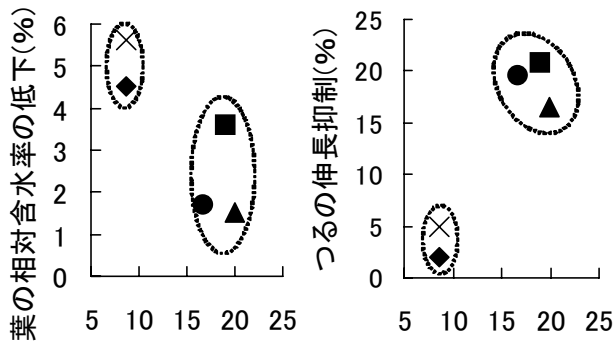
### 〔成果の概要・特徴〕

1. 土壌の乾燥に伴うつるの伸長抑制、木部圧ポテンシャルの低下と葉の相対含水率の低下との間の関係から、供試インゲン品種・系統は、2つのグループ(乾燥抵抗性グループと感受性グループ)に分けられる(図1)。
2. 乾燥抵抗性グループ(ハイブシ、石垣2号、黒種衣笠)は、土壌の乾燥に伴ってつるの伸長が大きく抑制され、木部圧ポテンシャルも大きく低下するが、葉の相対含水率の低下は小さい。一方、感受性グループ(ケンタッキーワンダー、92783)は、土壌の乾燥に伴うつるの伸長抑制が小さく、木部圧ポテンシャルの低下も小さいが、葉の相対含水率の低下が大きい(図1)。
3. 昼間の葉の相対含水率が大きい品種・系統ほど気孔コンダクタンスが大きく、良好な光合成環境が保たれている(図2)。
4. 葉の相対含水率の朝(午前8時半)の値に対する昼間(午後1時半)の値の割合が小さい品種・系統ほど、着莢数の減少が抑えられるため、株当たりの種子収量の減少は小さくてすむ(図3)。
5. これらのことから、高温や乾燥によりつるの伸長が大きく抑制される品種・系統ほど葉の水分状態が高く維持され、良好な光合成環境が保たれるため、結果として、種子収量の低下が抑えられる。

### 〔成果の活用面・留意点〕

1. 高温、乾燥とは、着莢時の昼間の気温が30℃を超え、土壌水分(地面下0-30cm)が8%(w/w)未満を指す。
2. 高温や乾燥ストレスが発生するような熱帯・亜熱帯地域に適した系統を選抜する上で、昼間の葉の相対含水率の低下は、有効な生理的指標として活用できる。
3. 昼間の葉の相対含水率の低下を測定する時間帯は、それぞれの地域の気象条件に応じて設定する必要がある。

[具体的データ]

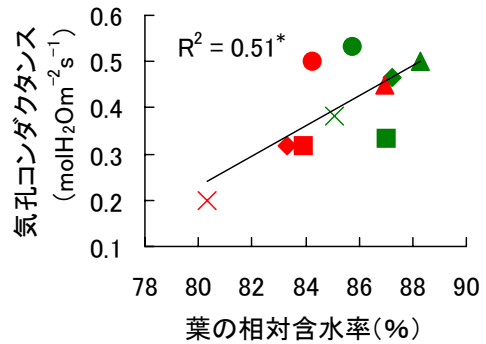


木部圧ポテンシャルの低下(%)

■: 黒種衣笠、▲: 石垣2号、●: ハイブシ、×: 92783、  
◆: ケンタッキーワンダー

図1 つるの伸長抑制、木部圧ポテンシャルの低下と葉の相対含水率の低下との関係

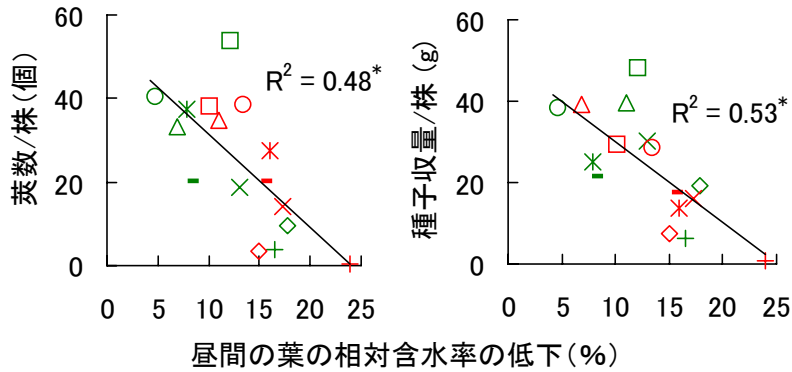
x、y軸の低下や抑制は、対照区の値に対する乾燥区の値の比とした。  
丸で囲まれたデータは同一グループ(判別分析)。



■: 黒種衣笠、▲: 石垣2号、●: ハイブシ、  
×: 92783、◆: ケンタッキーワンダー  
緑: 対照区、赤: 乾燥区

図2 昼間の葉の相対含水率と気孔コンダクタンスとの関係

対照区と乾燥区両方のデータを用いた。\*は5%水準で有意。



□: 黒種衣笠、△: 石垣2号、○: ハイブシ、×: 92783、◇: ケンタッキーワンダー、  
\* : 45817、+ : 86884、- : 3028520 緑: 高温区、赤: 高温+乾燥区

図3 昼間の葉の相対含水率の低下と莢数/株、種子収量/株との関係  
全ての品種・系統の高温のみと高温+乾燥区のデータを用いた。\*は5%水準で有意。

[その他]

研究課題: サヤインゲンの高温下における莢の発達に関する研究

小課題番号: 711

予算区分: 基盤[サヤインゲン]、招へい

研究期間: 2005年度(2001~2005年度)

研究担当者: 大前英・庄野真理子・柏葉晃一・Ashok Kumar (CCS ハリヤナ農業大学、インド)

発表論文等:

- 1) Hide Omae, Ashok Kumar, Yoshinobu Egawa, Kouichi Kashiwaba and Mariko Shono (2005): Genotypic differences in plant water status and relationship with reproductive responses in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) during water stress. 熱帯農業第 49 巻第 1 号, 1-7.
- 2) Hide Omae, Ashok Kumar, Yoshinobu Egawa, Koichi Kashiwaba and Mariko Shono (2005): Midday drop of leaf water content related to drought tolerance in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Plant production science, 8(4), 465-467.
- 3) Ashok Kumar, Hide Omae, Yoshinobu Egawa, Kouichi Kashiwaba and Mariko Shono (2005): Influence of water and high temperature stresses on leaf water status of high temperature tolerant and sensitive cultivars of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). 熱帯農業第 49 巻第 2 号, 109-118.