

八ヶ岳中央農業実践大学校「農林技術アカデミー」第6回セミナー

アレロパシーの基礎

植物たちの静かな戦いー農業への利用

2019年10月4日 13:00～15:30

東京農工大学
国際生物資源学研究室

藤井 義晴

yfujii@cc.tuat.ac.jp

自己紹介

- ◆1955年兵庫県加古川市生まれ
- ◆京都大学、同・大学院を経て
- ◆農水省農業技術研究所→農業環境技術研究所
→四国農業試験場→農環研他感物質研究室長



ペルーアマゾンにて

アレロパシー(他感作用)の研究:35年

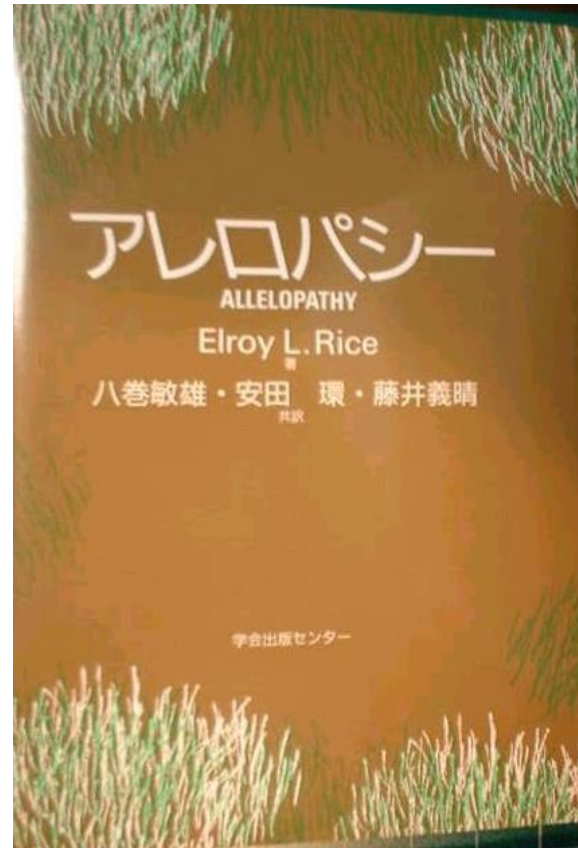
- ◆2011年10月から 東京農工大学教授
国際環境農学専攻・国際生物資源学研究室
♥世界の生物資源とアレロパシーの研究

♠2020年3月農工大定年退職・・・研究継続したい

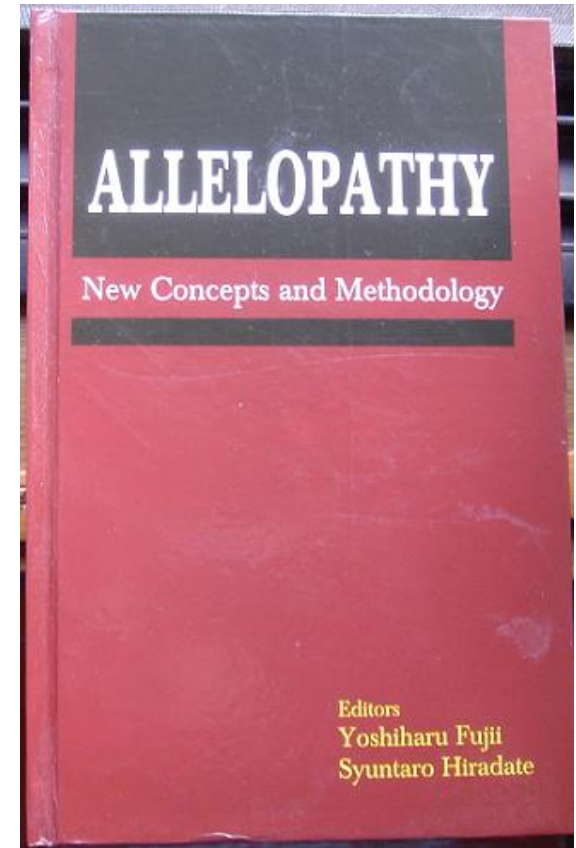
私の書いた本(全く売れていない)



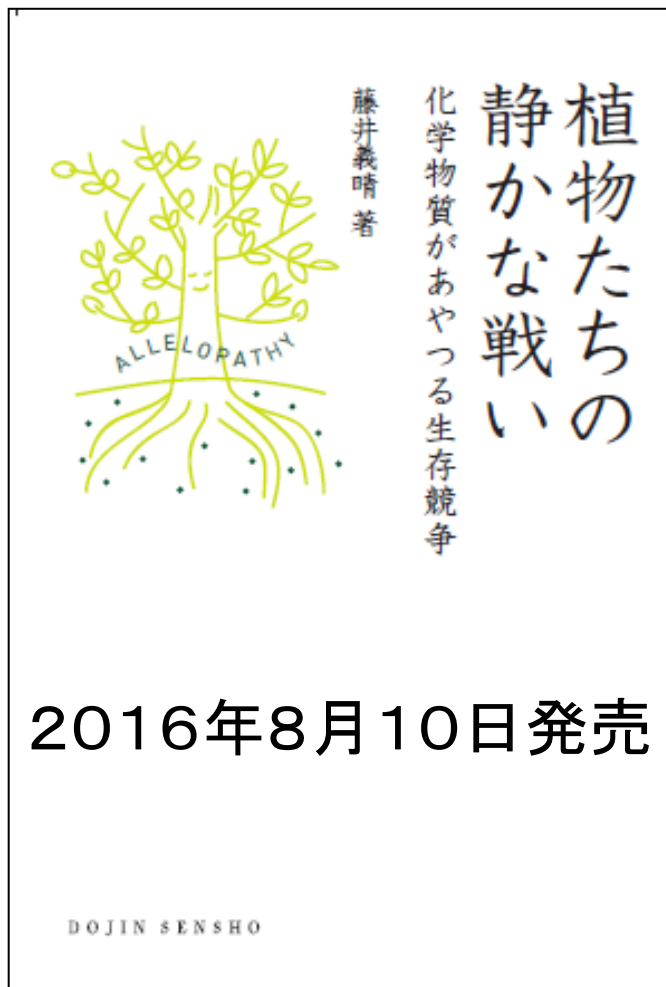
アレロパシー
他感物質の作用と利用
藤井義晴著
農文協 2000年(1800円)



アレロパシー
E.L.Rice著
学会出版センター
1995年 (9500円)



ALLELOPATHY
New Concepts and Methodology
Fujii & Hiradate 編著
Science Publisher, USA
2007年 (89ドル)



定価1600円

藤井義晴, 「植物たちの静かな戦い, 化学物質があやつる生存競争」, 化学同人, pp.1-200 (2016)

植物たちの静かな戦い,
化学物質があやつる生存競争,
化学同人, pp.1-200 (2016)

今日のお話しに
興味を持った方は
ぜひこの本を
買って下さい!

良い本なのに
売れていない

在庫多数

農工大を宣伝しようと「タモリ倶楽部」に出演したが



ビンボウグサだけじゃない！！ 哀愁ネーム雑草図鑑



2013年12月20日

モモクロのクローバはカタバミだ、クローバーはハート型をしていないと発言して嫌われる・・・





ヘンな名前の植物

ヘクソカズラは本当にくさいのか、
化学同人, pp.1-254 (2019)

ついでにこの本も
ぜひ買って下さい！

ヘンな生き物
という本がヒット
しているので
まねをしました

定価1800円
2019年4月30日発売

今日の目的のひとつはこの本の宣伝

アレロパシー

まだ確立されていない未熟な研究分野

しかし

このようなちいさな研究分野がおもしろい
自分のアイデア次第で新たな領域を
切り開くことができる(かもしれない)

小さくても自分のオリジナリティを！

◆アレロパシー とは

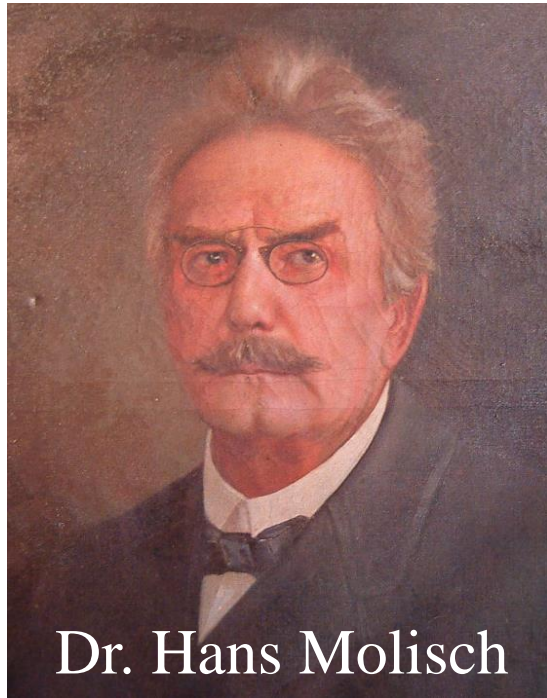
それほど強い作用ではない
相手を殺すことはない。

動けない植物が身を守るための
ささやかな防衛手段(結論)

アレロパシーは
植物の抗生物質

82年前

ハンス・モーリツシュ先生



Dr. Hans Molisch

アイデアの豊富な先生で、「道具をつかわない植物実験」で知られる。光合成のヒル反応の最初の発見者。

◎東北帝国大学に招聘（1922年～1925年）植物生理学教室の初代教授 お雇い外国人

◎帰国後、ウィーン大学学長。引退後、“Der Einfluss einer Pflanze auf die andere Allelopathie”, Jena, Fisher (1937) を出版、アレロパシーという概念を初めて提案。



イネス・フリッツ教授

ウィーン中央墓地にあるモーリッシュ先生のお墓



花塚

日本のモーリッシュ先生(1925年:大正14年)

Der Einfluß einer Pflanze auf die andere Allelopathie

Von

Hans Molisch

emer. Professor und Direktor des pflanzenphysiologischen Institutes
an der Universität in Wien

Mit 15 Abbildungen im Text

寄贈洋書

農林省農事試験場



1937

Verlag von Gustav Fischer in Jena

1937

アレロパシーの原典
(農環研・安藤文庫)

20

gegenseitigen Einfluß der Pflanzen wissen. Nun komme ich auf meine eigenen Beobachtungen und Untersuchungen zu sprechen, die sich hauptsächlich auf gewisse gasförmige Ausscheidungen der Pflanzen und deren Einwirkungen auf andere beziehen, ein Kapitel, das oft überraschende Ergebnisse enthält und die hochgradige Empfindlichkeit der Pflanze in neuem Lichte erscheinen läßt.

Die geschilderte merkwürdige Erscheinung des Einflusses einer Pflanze auf die andere, die in der Physiologie eine bedeutende Rolle spielt und spielen wird, verdient auch durch einen besonderen kurzen Ausdruck festgehalten zu werden. Ich schlage dafür das Wort „Allelopathie“ vor. Abzuleiten von den beiden griechischen Wörtern: ἀλλήλων wechselseitig, gegenseitig, untereinander und πάθος Leid, oder das, was einem widerfährt. Kürzer wäre das Wort Allopathie, aber dies ist in der Literatur als Gegensatz zu Homöopathie bereits vergeben.

アレロパシーを定義した部分

アレロパシーはギリシャ語の「お互いの」、を意味する ἀλλήλων と、害作用、あるいはあるものの身に降りかかるなんらかの作用を意味する πάθος とから作ったことばであると書いている。

-pathy は テレパシーやシンパシーと同じような「感じる」という意味

13



モンゴルの草原で ある草の周辺に草が生えない現象

このような現象はあちこちで見られるが、アレロパシーによるものかどうかは証明が必要

アカマツのアレロパシー



アカマツの下には草があまり生えない(九州大学構内で撮影)
面白い現象があるが林学分野のアレロパシー研究者は少ない

くまざわ ばんざん

350年前

熊沢蕃山(1619-1691)

◇江戸時代の儒学者。中江藤樹の弟子。

◎『大学或問(だいがくわくもん)』(1687)の中で、「マツにかかった露が毒で下草を枯らし、田畑に害」と報告。幕府が雑木を切ってアカマツを植える政策を批判。

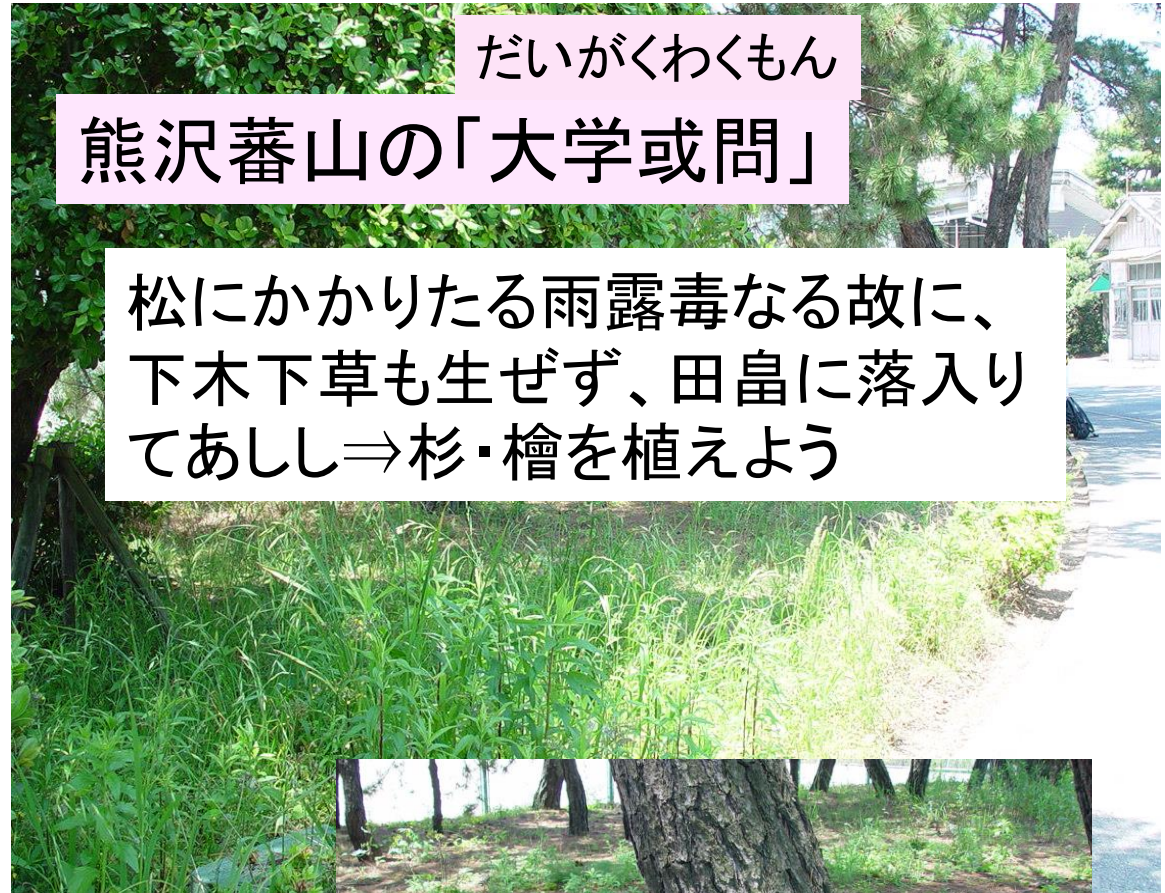
アカマツのアレロパシー

◎蕃山の思想は、朱子学、陽明学、神道の融合したもので、農業生態学の嚆矢。

だいがくわくもん

熊沢蕃山の「大学或問」

松にかかりたる雨露毒なる故に、
下木下草も生ぜず、田畠に落入り
てあしし⇒杉・檜を植えよう



熊沢蕃山、「大学或問」『増訂蕃山全集』、後藤陽一校注『日本思想大系』30巻、P.434、岩波書店、(1974)

を伐て作物のからに足して用事の足る所もあるべし。松山は山土・田地ともに悪し。白地の草木のそだぬ所にも、松は生付ものなり。当分のよきに目付て後年の害をしらず。右の政行れば、小松は根深くならぬ前に引すてよし。今の松山自然に雑木山と成べし。松にかゝりたる雨露毒なる故に、下木下草も生ぜず。田畠に落入てあしし。其上松山には夕立雨もおこらず。吉野・金剛山其外の太山どもの切あらしたる峰谷には、杉・檜の実をまかすべし。東国・北国其外にも杉・檜の実多き所ありといへり。其道に器用なるものに命じ給はゞ、かれにつき是に付、山はほどなく茂りなん。杉・檜并に雑木、山々に多き時は、夏は神気盛になりて、夕立たびくすべければ、池なくとも日損なかるべし。山茂りて山谷より土砂を出さずば、川は一水く土砂海に落て深く成べければ、洪水のうれへもなかるべし。富有の大業を生ずる事あげてかぞへがたし。

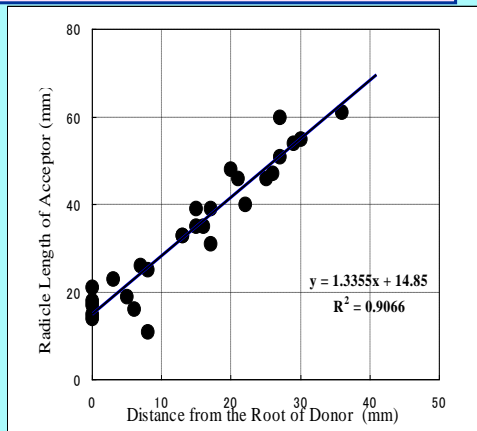
このように

アレロパシー現象は
古くから知られていたが
証明する手法が
なかった

Plant Box Method

プラントボックス法

根から出る物質によるアレロパシーの検定



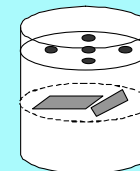
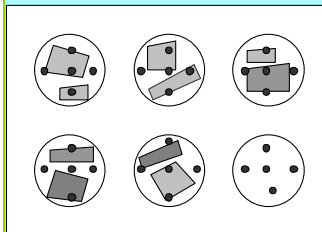
Fujii et al, 1991

- あらかじめ1~2ヶ月栽培
- **プラントボックスに移植**
- 寒天培地(栄養なし)
- 根圏仕切筒で根を仕切る

Sandwich Method

サンドイッチ法

葉から出る物質によるアレロパシーの検定



6穴マルチディッシュ
 葉(乾燥 50 mg/10 cm²)
 寒天にて**サンドイッチ状**に
 包埋し、物質を移行させる
 レタス、メヒシバ等で検定

落葉によるアレロパシーを検定するために開発
 落葉の量は植物種を問わず一定(3トン/ha)
 木の種類によって雑草発生量が異なる

Dish Pack Method

ディッシュパック法

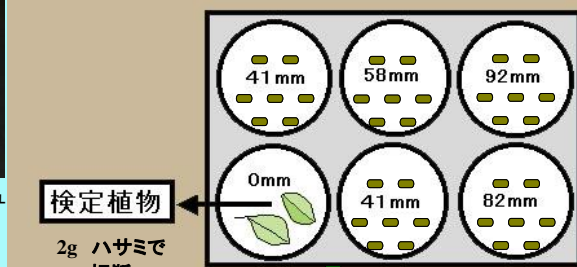
揮発性物質によるアレロパシーの検定



組織培養用6穴マルチディッシュ



セプタムからガスタイトシリンジで揮発性物質を採集しGC/MS QP5000で分析



検定植物
2g ハサミで切断

インキュベータ3日間
12時間日長 25/20℃ 昼/夜

調査(根長、胚軸長)

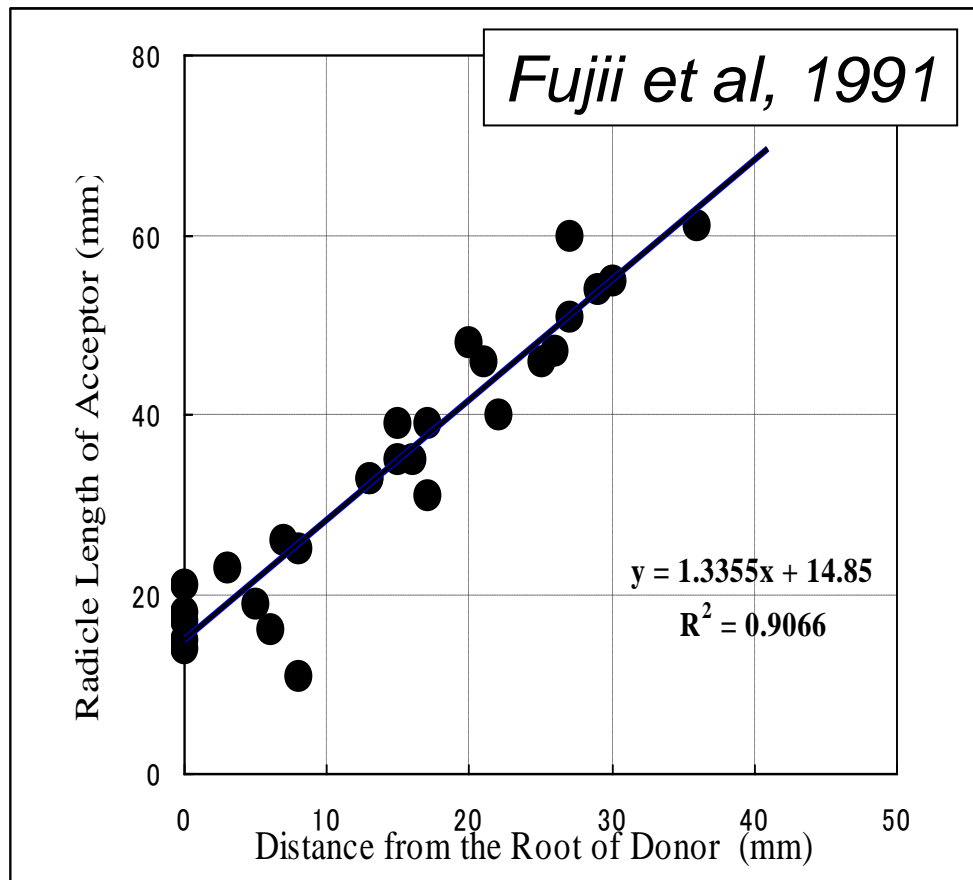
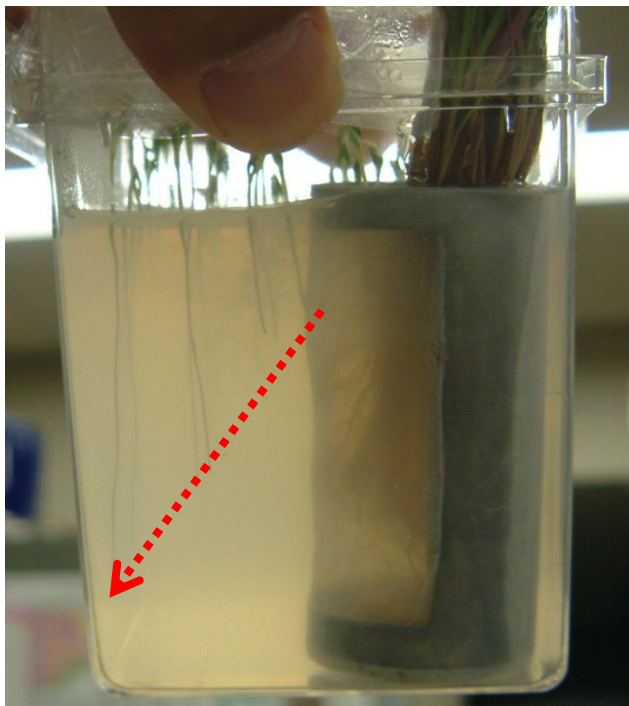
- 1) 藤井義晴・平館俊太郎・中嶋直子・中谷敬子・松山 稔・下澤秀樹, クレオムに含まれる他感作用の強い揮発性物質の同定, 農業環境研究成果情報, 16, 27~28, 2000.
- 2) Fujii, Y., M. Matsuyama, S. Hiradate, and H. Shimozawa, Dish pack method: a new bioassay for volatile allelopathy. Proceedings of the 4th World Congress on Allelopathy, 493-497, 2005.

アレロパシーの作用経路ごとに特異的な検定法を開発しました

オリジナルな方法(簡単な方法ですが、開発には時間かかる)

プラントボックス法

根から出る物質によるアレロパシーの検定



- 砂耕栽培しておいた検定植物
- プラントボックス(組織培養用)
- 寒天培地(栄養素を含まない)
- 根圏仕切筒(塩ビパイプ製)

Fujii, "Allelopathy -New Concepts and Methodology-" (2007)

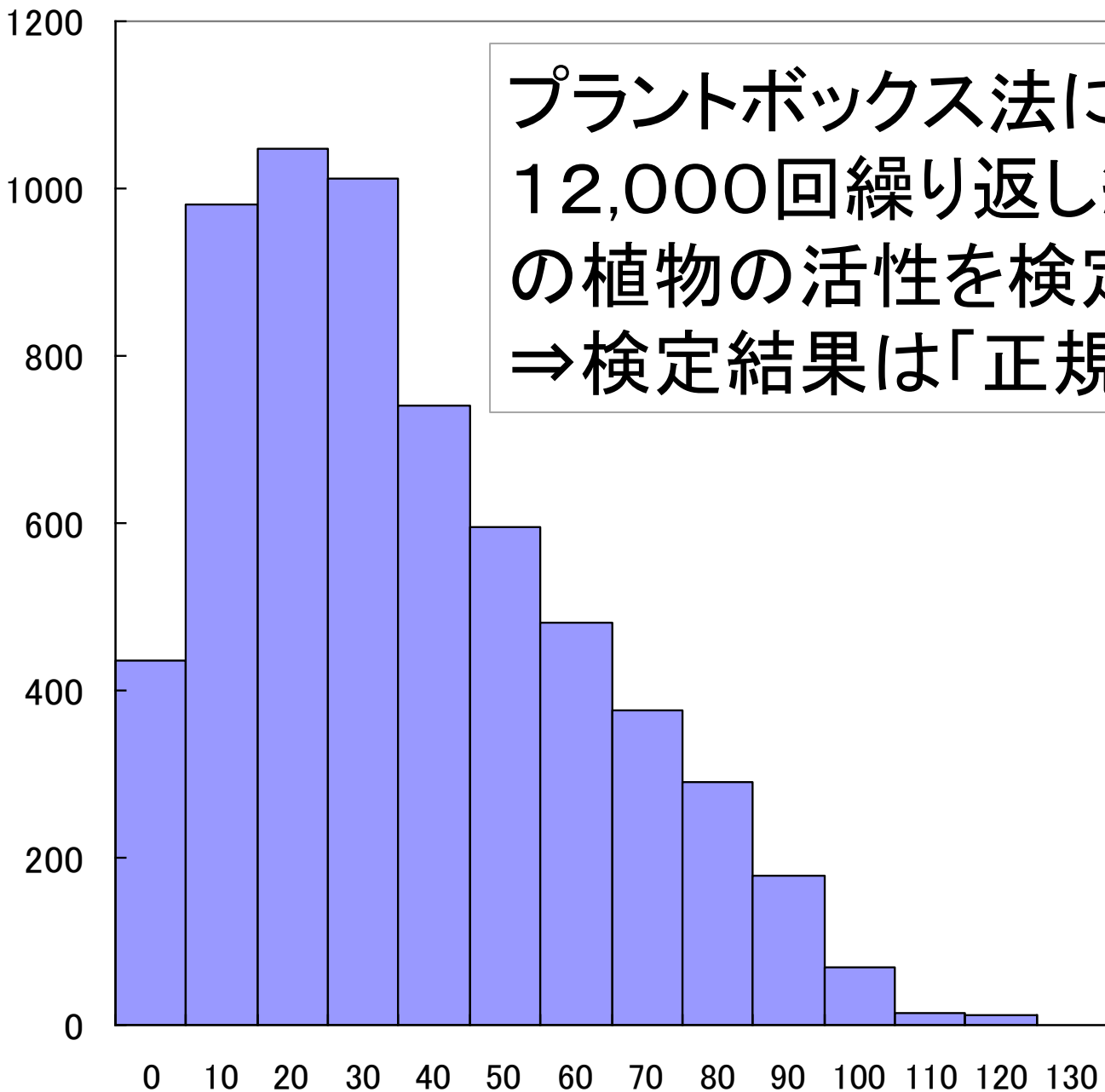
プラントボックス法



いろいろな植物の
アレロパシー活性を
目で見ることができる
(5日で検定できる)

Fujii, Y., et al. : Plant-Box Method: A Specific Bioassay to Evaluate Allelopathy through Root Exudates. Allelopathy, New Concepts and Methodology (Fujii and Hiradate, eds.) Science Publisher, pp.39-56, 2007.

頻度(植物の種数)



プラントボックス法による検定を
12,000回繰り返して約2,000種
の植物の活性を検定した
⇒検定結果は「正規分布」する

階級(活性の強さ)

表 プラントボックス法による草花類258種のアレロパシーの検定

学名	科名	植物名	阻害活性
<i>Sasa veitchii</i>	イネ	コクマザサ	97.7
<i>Gilia leptansa</i>	ハナシノブ	ギリア・レプタンサ	95.0
<i>Gilia capitata</i>	ハナシノブ	タマザキヒメハナシノブ	94.5
<i>Pachyrhizus erosus</i>	マメ	ヤムビーン	94.1
<i>Linum grandiflorum</i>	アマ	ベニバナアマ	92.3
<i>Lampranthus spectabilis</i>	ツルナ	マツバギク	91.7
<i>Dolicos lablab</i>	マメ	フジマメ	90.0
<i>Mucuna pruriens</i>	マメ	ムクナ	89.9
<i>Rhynchelytrum repens</i>	イネ	レッドトップ	89.1
<i>Medicago lupulina</i>	マメ	コメツブウマゴヤシ	88.9
<i>Phlox subulata</i>	ハナシノブ	シバザクラ	87.6
<i>Lavatera arborea</i>	アオイ	ラバテラ	86.8
<i>Withania limnifera</i>	ナス	ウイザニア	86.4
<i>Digitalis purpurea</i>	キツネノマゴ	ジギタリス	85.6
<i>Vicia villosa</i>	マメ	ヘアリーベッチ	85.5
<i>Sanguisorba minor ssp. minor</i>	バラ	オランダワレモコウ	85.5
<i>Linum usitatissimum</i>	アマ	アマ	85.3
			5.3
			5.1
			5.0
			4.7
			4.5
			4.1
<i>Eschscholzia caespitosa</i>	ケシ	ヒメハナビシソウ	82.5

ムクナ(ハツショウマメ)とヘアリーベッチの活性が強い ⇒ 農業に利用

薬用植物
熱帯植物
絶滅危惧種、化石植物、外来植物のアレロパシー活性が強い...アレロパシー仮説

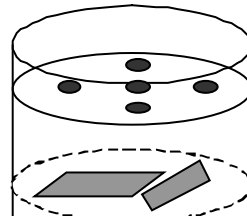
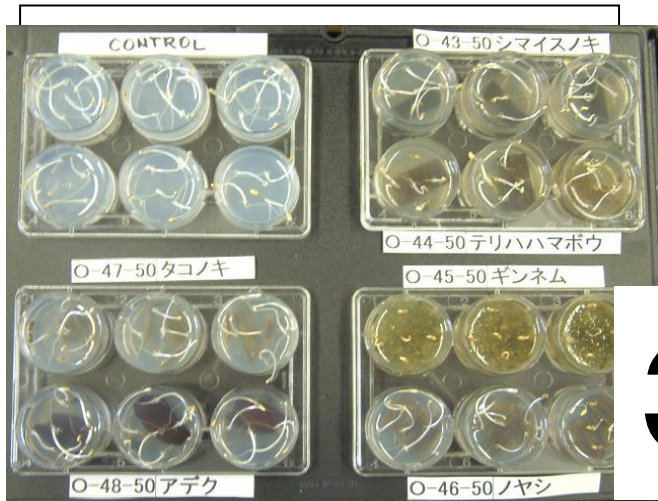
これまで約2,000種の植物の活性を検定した
→目標は10,000種(世界の植物を検定したい)

<i>Caratiospermum naticacabum</i>	ユズドリ	アラビシソウ	80.2
<i>Linum perenne</i>	アマ	シュッコンアマ	80.1
<i>Gazania splendens</i>	キク	ガザニア	80.1

サンドイッチ法

Sandwich Method

葉から出る物質によるアレロパシーの検定



6穴マルチディッシュ

葉(乾燥 10~50 mg/10 cm²)

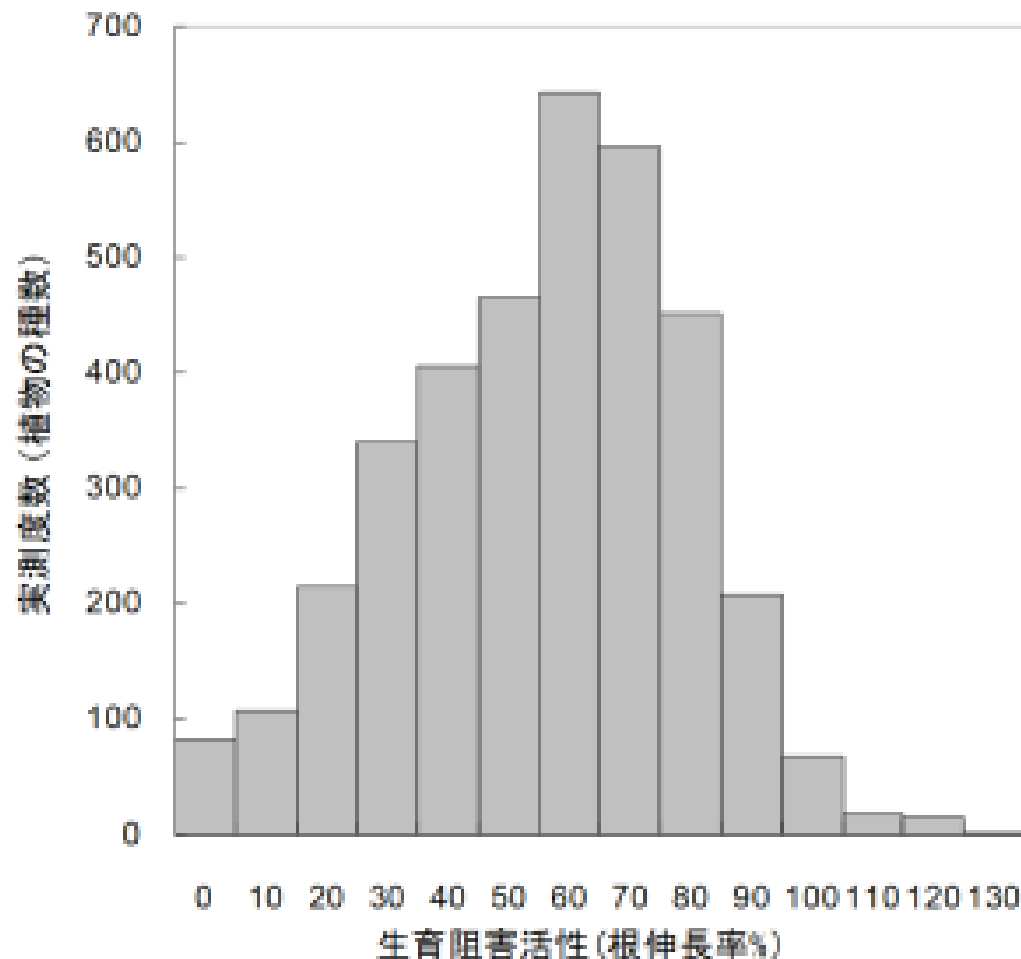
寒天にてサンドイッチ状に

3日で検定できる

落ち葉によるアレロパシーを検定するために開発

根拠: **落葉の量は樹種を問わずほぼ一定(3トン/ha/年)**

→30mg/10 cm² → 10mg~50mg/10 cm² で検定



3,600種の植物の葉を用いた
 サンドイッチ法による
 アレロパシー活性の
 検定結果の分布・・・正規分布します

これまでの検索の結果
 アレロパシー活性(阻害
 活性)の強い植物は

- ①薬用植物
- ②熱帯の植物
- ③絶滅危惧種
- ④化石植物(古い植物)
- ⑤古い品種(伝統品種)
- ⑥一属一種(古い植物)

に多い傾向があります
 中でも

ハッシュウマメ(ムクナ)
 とヘアリーベッチが
 最も実用的です。

学名 (日本での呼び名)	幼根	下胚軸
<i>Eucalyptus citriodora</i> (レモンユーカリ)	0	0
<i>Cola nitida</i> (コーラノキ)	8	60
<i>Eucalyptus cinerea</i> (キンヨウマルハユーカリ)	9	9
<i>Aleurites cordata</i> (アブラキリ)	10	38
<i>Cercidiphyllum japonicum</i> (カツラ)	11	18
<i>Bixa orellana</i> (ヘニノキ)	11	20
<i>Enkianthus perulatus</i> (トウタンツツシ)	12	46
<i>Bougainvillea spectabilis</i> (イカダカスラ)	14	45
<i>Quercus variabilis</i> (アヘマキ)	15	59
<i>Leucaena leucocephala</i> (キンネム)	16	64
<i>Passiflora quadrangulais</i> (オオミノトケイソウ)	16	58
<i>Cedrus deodara</i> (ヒマラヤスギ)	16	39
<i>Sequoia sempervirens</i> (セコイア)	16	34
<i>Bougainvillea glabra</i> (テリハイカダカスラ)	17	55
<i>Phytolacca dioica</i> (オンブ)	17	67
<i>Erythria indica</i> (デイコ)	19	88
<i>Magnifra indica</i> (マンゴー)	19	49
<i>Hura crepitans</i> (スナハコノキ)	19	81
<i>Ficus religiosa</i> (インドホダイシユ)	20	130
<i>Camellia japonica</i> (ツバキ)	20	41
<i>Datula Jatula</i> (チヨウセンアサカオ)	20	87
<i>Acer japonicum</i> (ハウチワカエデ)	22	42
<i>Hibiscus syriacus</i> (ムクゲ)	22	101
<i>Ginkgo biloba</i> (イチヨウ)	23	62
<i>offea arabica</i> (コーヒーノキ)	24	121
<i>Artocarpus heterophylla</i> (ハラミツ)	26	69
<i>Pinus palustris</i> (タイオウシヨウ)	26	52
<i>Cupressus sempervirens</i> (イトスキ)	26	77

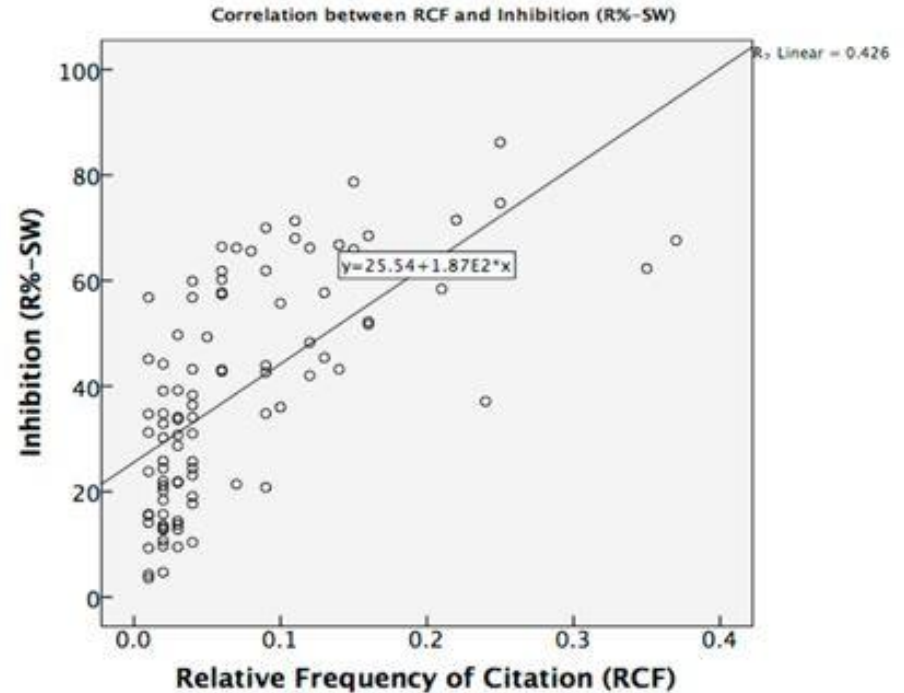
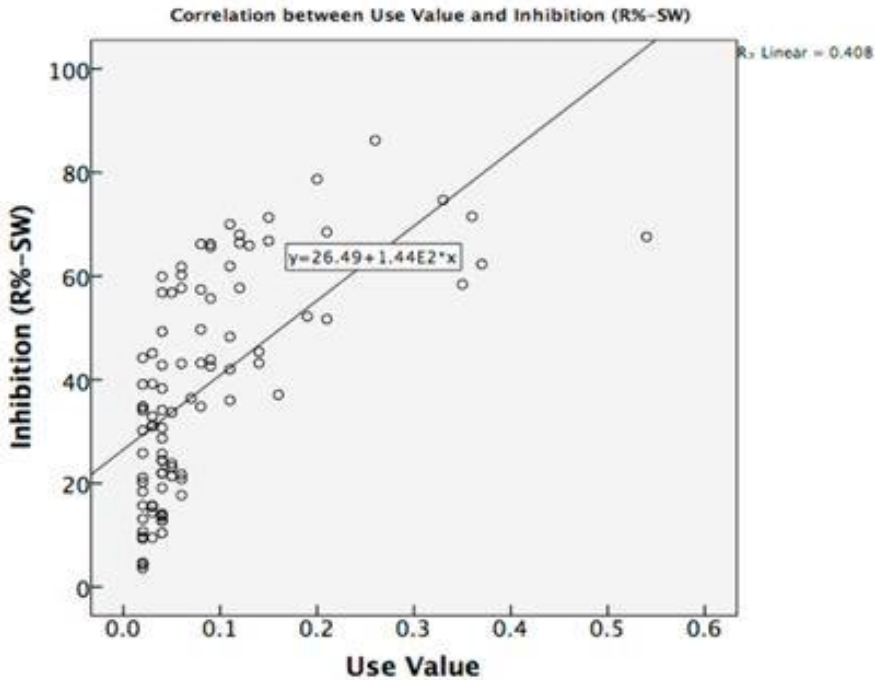
学名 (日本での呼び名)	幼根	下胚軸
<i>Picea jezoensis</i> (イゾマツ)	34	91
<i>Pinus banksiana</i> (バンクスマツ)	35	69
<i>Annona muricata</i> (トケハンレイシ)	37	109
<i>Macadamia ternifolia</i> (マカダミア)	37	80
<i>Platanus orientalis</i> (ススカケノキ)	38	84
<i>Strongylodon macrobotrys</i> (シエイト・ハイン)	38	138
<i>Chrysophyllum cainite</i> (スイショウカキ)	39	98
<i>Metasequoia glyptostroboides</i> (メタセコイア)	40	97
<i>Ilex latifolia</i> (タラヨウ)	41	82
<i>Psidium gujava</i> (ハンシロウ)	41	107
<i>Alnus japonica</i> (ハンノキ)	42	72
<i>hododendron mucronulatum var. cilliatum</i>	43	103
<i>Taxodium distichum</i> (ラクウショウ)	43	60
<i>Phyllostachys heterocycla f. pubescens</i> (モウソウチク)	43	102
<i>Castanea crenata</i> (クリ)	44	57
<i>Populus nigra var. italica</i> (ホヱ)	44	113
<i>Juniperus chinensis var. kaizuka</i> (カイスカイフキ)	44	116
<i>Garcinia xanthochymus</i> (タマコノキ)	45	86
<i>Pseudosasa japonica</i> (ヤダケ)	45	96
<i>Cunninghamia lanceolata</i> (コウヨウザン)	46	67
<i>Juniperus chinensis var. procumbens</i> (ハイビヤクシン)	46	106
<i>Liquidambar formosana</i> (アメリカフウ)	47	54
<i>Theobroma cacao</i> (カカオ)	47	98
<i>Achras sapota</i> (サホシラ)	47	97
<i>Liquidambar taiwaniana</i> (タイワンフウ)	48	75
<i>Cinnamomum japonicum</i> (ヤブニツケイ)	49	93
<i>Caesalpinia echinatum</i> (フラシノキ)	49	100
<i>Eugenia javanica</i> (オオフトモモ)	49	108

M H o P C 薬用植物、熱帯の植物の活性が強い

<i>Jatropha multifida</i> (モジシハヤトロファ)	32	110
<i>Strophanthus caudatus</i> (キンリュウカ)	32	91
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> (フツソウケ)	33	89
<i>Sophora japonica</i> (インシュ)	34	112

<i>Acer palmatum</i> (イロハカエデ)	54	80
<i>Forsythia suspensa</i> (レンキョウ)	54	78
<i>Aesculus hippocastanum</i> (マロニエ)	54	120
<i>Cytisus scoparius</i> (エニシダ)	54	

Appiah, K. et al, Exploring alternative use of medicinal plants for sustainable weed management, *Sustainability*, 9, 1468-1491 (2017)



サンドイッチ法で検定した活性は、
薬用植物としての有用性、利用価値と
高い相関関係がある！

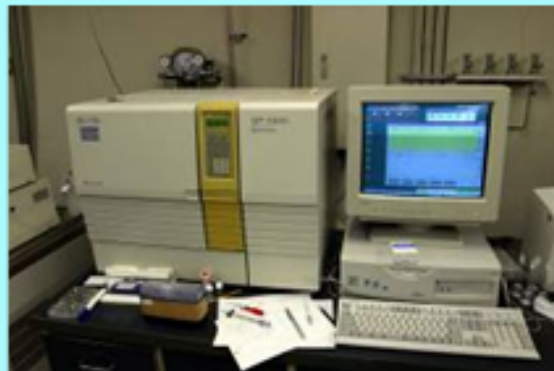
Dish Pack Method

ディッシュパック法

揮発性物質によるアレロパシーの検定



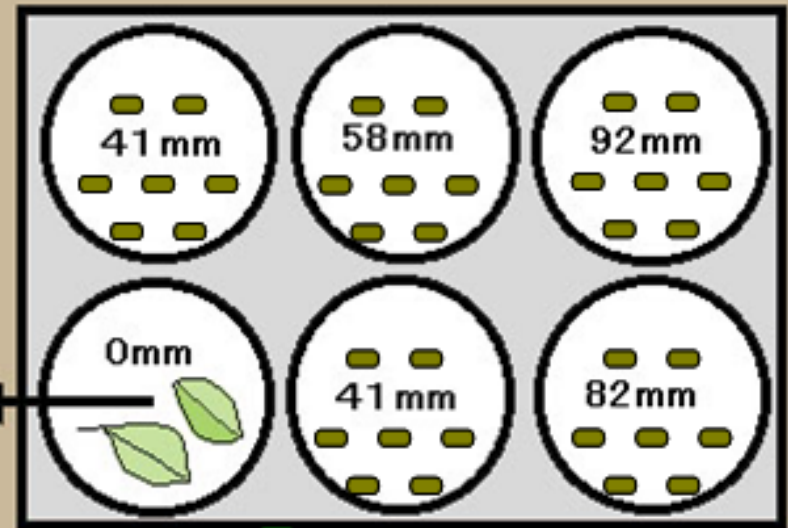
組織培養用6穴マルチディッシュ



セプタムからガスタイトシリンジで揮発性物質を採集しGC/MS QP5000で分析

検定植物

2g ハサミで切断



インキュベータ3日間
12時間日長 25/20℃ 昼/夜

調査 (根長、胚軸長)

3日で検定できる

クレオメ (セイヨウフウチョウソウ) *Cleome spinosa*

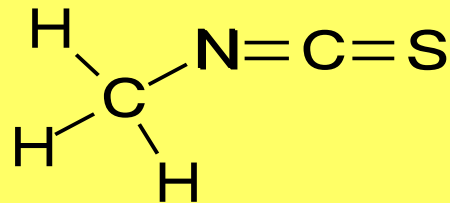
メチルイソチオシアネート(図1)を発見。葉や種子に大量に存在し(表2)、レタスの100%生育阻害濃度は18 ppmで、天然揮発性物質の中で最強。

・・・殺菌活性、殺線虫活性もある

> 種苗会社が売り出しを検討中

表2 クレオメ各部位における
メチルイソチオシアネート濃度

Methyl isothiocyanate濃度(ppm)	
茎葉	39
さや	16
根	5
種子(+水)	14
種子(磨砕+水)	133



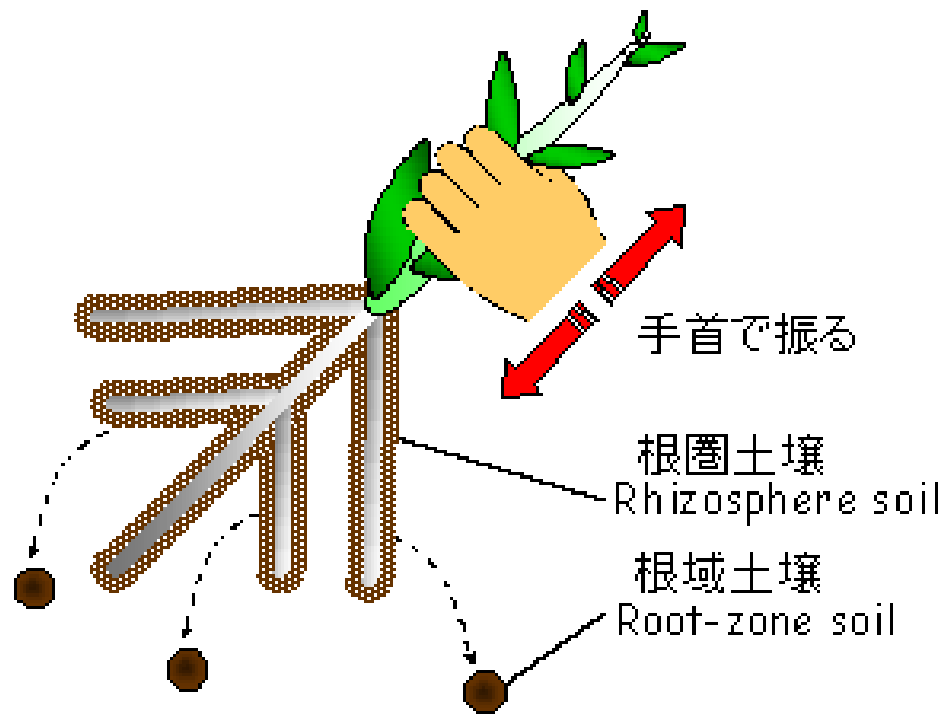
Methyl Isothiocyanate

図1 クレオメ茎葉から
放出されるメチル
イソチオシアネート

根圏土壌法

Rhizosphere Soil Method

根からの滲出物によるアレロパシーの検定



実際に圃場で作用しているアレロパシー物質の活性を検定できる！

図1 根圏土壌の採取法(空中振とう法)



図2 根圏土壌法におけるバイオアッセイの流れ

根圏土壌法
、生土を乾燥
5mLを添加

3日で検定できる

後天

(10mLの体積となる)、その上に検定植物(レタスなど)を置床し、サンドイッチ法(Fujii et al, 1991, 農業環境研究成果情報第14集)と同様に暗黒下25°Cで3日間培養後幼根と下胚軸長を測定する。

このような
アレロパシー現象と
作用の強い植物を
どのように農業に
利用するかについて
紹介します

アレロパシーの農業への利用

1) 有機農業—農薬(除草剤・殺虫剤・殺菌剤)の削減に

緑肥・被覆作物: **ヘアリーベッチ**、ムクナ、ソバ

病害虫抵抗植物: **エンバク**、クレオメ、ヒガンバナ

落葉のマルチ: **松葉**、アシ(ヨシ)

2) 新しい生理活性物質の発見

新しい生理活性物質⇒新しい農薬、医薬品の開発

3) 環境浄化

ため池でアオコを抑制する植物: **ヒシ**、サンショウモ

休耕田や荒地を管理する植物: **ヘアリーベッチ**

4) 連作障害の克服 厭地には同種間のアレロパシーが

要因の一つ **エンドウ**、アスパラガス、テンサイ

実用性の高いアレロパシー植物 について紹介します

おもにこの2つについて紹介

(1) ムクナ (はっしょうまめ)

(2) ヘアリーベッチ

以下についても簡単に紹介

(3) ソバ、(4) ヒガンバナ、(5) リュウノヒゲ

(6) イネ (古代米である赤米が強い)

(7) ユキヤナギ: シス桂皮酸と重力屈性

(8) 古代文明の未利用作物

(1) ムクナ ＝はっしようにまめ

忘れられたアレロパシー
の強い日本産の有用植物

私の学位論文・・・古い研究
・・・復活と普及が夢・・・

ムクナ（はっしょうまめ）



5～6月播種



9月下旬



10月上旬
(若鞆収穫)



11月上旬
(種子収穫)



8月下旬

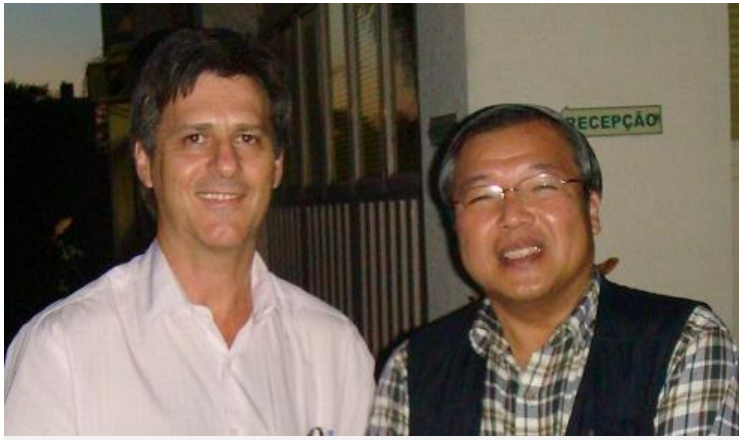
茨城県つくば市で栽培した場合



宮坂四郎先生

2008年10月14日
サンパウロ大学

ムクナの種子を販売するブラジル・ピライ種苗(緑肥専門の会社)のドニゼッティ社長 ⇒



15年後に再会、ムクナ種子の販売で会社は売上3倍増とか

最初に教えて下さった恩人の宮坂四郎先生(日系2世、5歳で渡伯)ブラジルのダイズの父といわれる育種の先生。

- ★1982年に種子を頂く(筑波大学客員教授として来日されていた)
- ★1993年に、1回目のブラジル訪問(TARC)
- ★2008年に、2回目のブラジル訪問、JICAの支援⇒EMBRAPAでムクナの普及活動を行う。

宮坂先生は学名から Mucuna と呼んでおられたので最初は ムクナ と呼んでいました 37

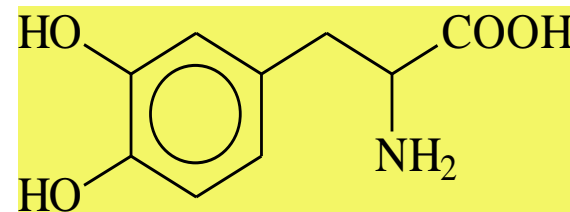
ムクナ(はっしょうまめ) (*Mucuna pruriens* var. *utilis* cv. *hassjo*)

- ネパール原産, 日本で改良
- ブラジルで雑草抑制報告¹⁾



- **作用成分 L-ドーパ(生の葉や根に1%)** ²⁾

- 生葉20~70 t, 種子2~5t/ha
- その後、中南米・アフリカに普及
- 緑肥・侵食防止・雑草防止・食糧



L-ドーパ:

1) Lipoxygenaseの
阻害剤

2) Dopamin の
前駆体



1) Miyasaka, 1984

2) Fujii et al, 1986,1991

私の最初の論文(短い)

L-3,4-Dihydroxyphenylalanine as an Allelochemical Candidate from *Mucuna pruriens* (L.) DC. var. *utilis*

Yoshiharu FUJII, Tomoko SHIBUYA
and Tamaki YASUDA*

National Institute of Agro-Environmental Sciences,
MAFF, Tsukuba 305, Japan

*National Research Institute of Vegetables,
Ornamental Plants and Tea,
MAFF, Kanaya 428, Japan

Received September 7, 1990

Velvetbean (*Mucuna pruriens* (L.) DC. var. *utilis* or *Stizolobium deeringianum* Piper et Tracy, synonym but now not recommended)^{1,2)} is a tropical legume, cultivated as green manure or as a cover crop. Velvetbean leaves are used as fodder, the seeds as food, and the seeds and stems as medicine in Africa and China.³⁾ The yield of seeds reaches 1.5-2 t/ha, and of fresh leaves and stems comes to

tography with an authentic sample (Sankyo Chemical Industries Ltd., Japan) using two HPLC column systems (① silica gel (Zorbax SIL), *n*-hexane-ethanol-methanol (100:4:2); ② ODS (Shim-pak CLC-ODS), 0.1 M potassium citrate buffer (pH 2.5) with 1-octanesulfonic acid (2.5 mM) and Na-EDTA (10 mg/l) equipped with an electro-conductivity detector. The concentration of L-DOPA in the leaves and roots was extraordinarily high, at about 0.5 to 1.5% of the fresh weight. L-DOPA was

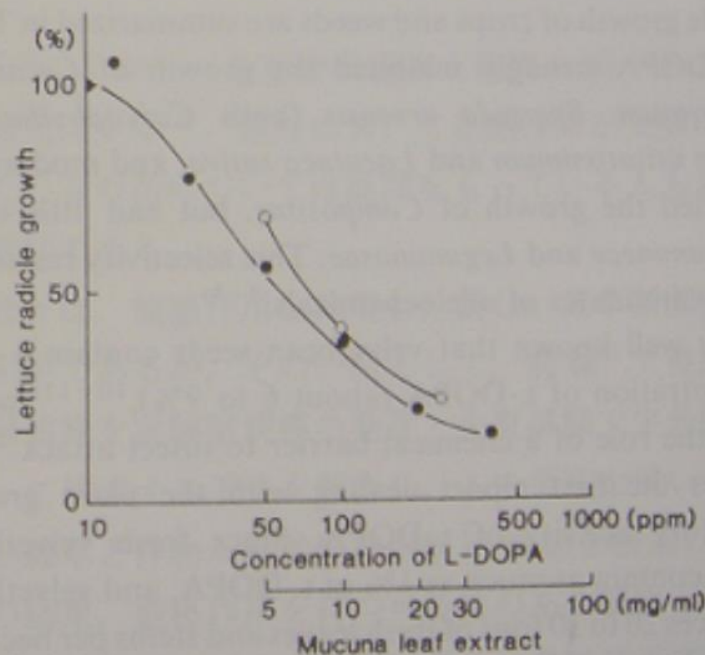
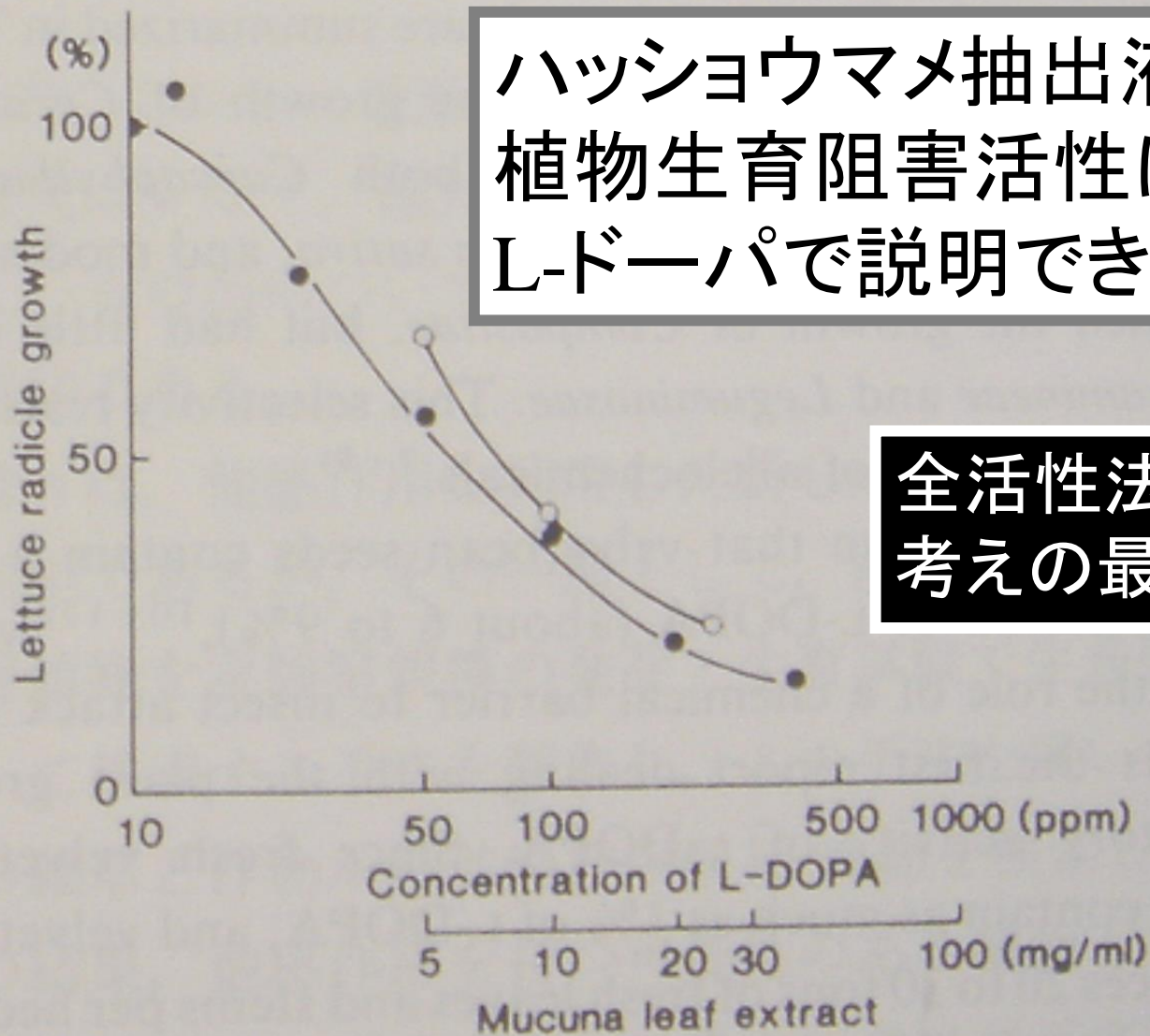


Fig. 1. Effect of an *Mucuna pruriens* Leaf Extract (○) and L-DOPA (●) Contained in It on the Radicle Growth of Lettuce.

ハッシュウマメ抽出液の
植物生育阻害活性は
L-ドーパで説明できる



全活性法の
考えの最初

Fig. 1. Effect of an *Mucuna pruriens* Leaf Extract (○) and L-DOPA (●) Contained in It on the Radicle Growth of Lettuce.

「はっしょうまめ」は江戸時代には九州～四国で栽培されていた



緑肥にするときは
そのまま播種する
(種子はとれない)

種子をたくさん
とるには
丈夫な支柱が
必要

マメ類で
最大の収量

9月下旬

はっしょうまめの食べ方

1) 完熟した鞘を収穫して、大豆やインゲンのように食べる… →

収量は大(100リットル/反)

味はインゲンに似ており、煮豆キントン、餡(あん)によいが、

1~2回煮こぼす必要がある!



2) 未熟な鞘を収穫して、未熟種子をえだまめやそらまめのよう
に「塩ゆで」にして食べる… →



はっしょうまめの食べ方

- 1) 煮豆
- 2) 枝豆
- 3) 「みそ」を作る
- 4) 「豆腐」にする
- 5) きなこ、炒り豆

お茶の水女子大学調理学研究室
香西みどり先生に研究を依頼した





川杉まいさん
2009年3月



2005年6月 農環研に来訪



香西みどり先生



2006年6月 お茶大・香西研究室



佐竹先生



2010年1月29日 飯島久美子さん(主婦→社会人大学院)
ムクナの調理法で博士号取得⇒現在、東洋大学准教授

★ 挑戦したプロジェクト不採択について

H25年度「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業プロジェクト【実用技術開発ステージ】」に左のような構想で、

「日本在来種「八升豆」栽培技術の確立と調理加工技術の開発」

の課題で応募しましたが、
 (年4千万円で3年継続)
 ……採択されませんでした
 大豆を代替する豆の研究なんかやめてしまえとの意見
 ……たいへん残念です…

< 研究の背景 >



日本在来の豆。農水省のプロジェクトでアレロパシーによる雑草抑制、緑肥・表土保全機能解明。
 ★しかし、苗立ち・栽培技術・脱鞘採種が難しい
 ★含まれるL-ドーパは機能性成分であり一部で異常な高値で販売→適正価格で流通してほしい

大豆の生産量トップ6(単位トン) 2011年度

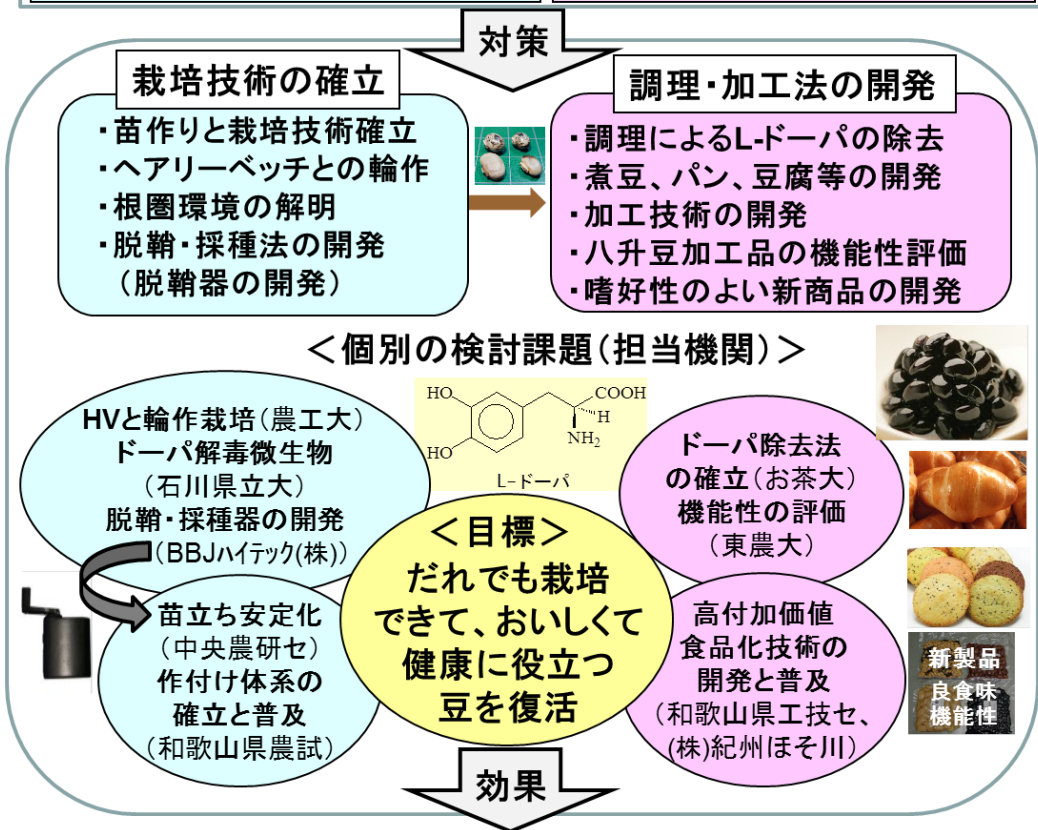
北海道	佐賀	福岡	宮城	秋田	新潟	全国
59,900	19,200	16,600	16,100	10,100	8,940	229,200

大豆の生産量 ワースト10(単位トン)

和歌山	神奈川	徳島	香川	高知	奈良	宮崎
46	56	59	113	137	257	269

この下に、沖縄(0トン)、東京(3トン)、大阪(30トン)がある

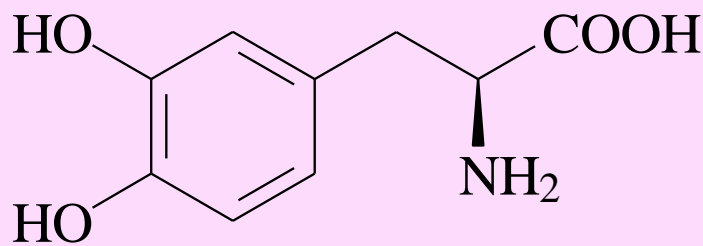
日本の大豆自給率は6%で、北日本～日本海側で生産。八升豆は西南暖地が栽培適地
 ★和歌山では大豆が殆ど栽培されていない
 ★八升豆は調理・加工技術が未発達だが、江戸時代には食用→和歌山から復活したい



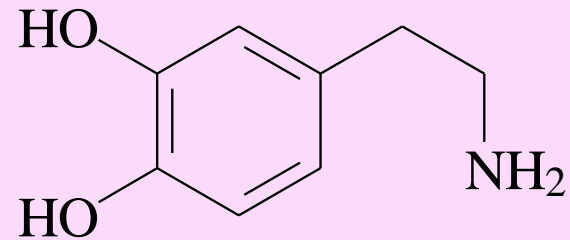
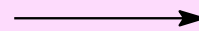
- ・作物・緑肥・有機農業・休耕地管理・自給飼料として多面的利用(1万ha普及)
- ・豆粉・豆腐等の0.1%を代替することで年間60億円の需要(将来さらに増加)
- ・毎日摂取することで国民(とくに高齢者)の健康維持に役立つ豆となる

L-ドーパは重要な医薬品

L-DOPA (L-3,4-dihydroxyphenylalanine)

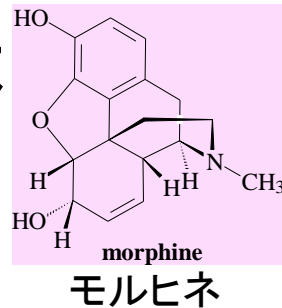


L-DOPA

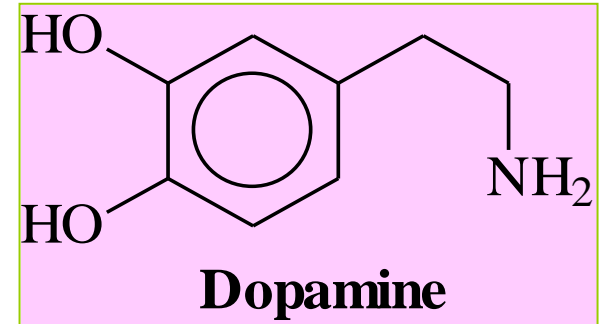
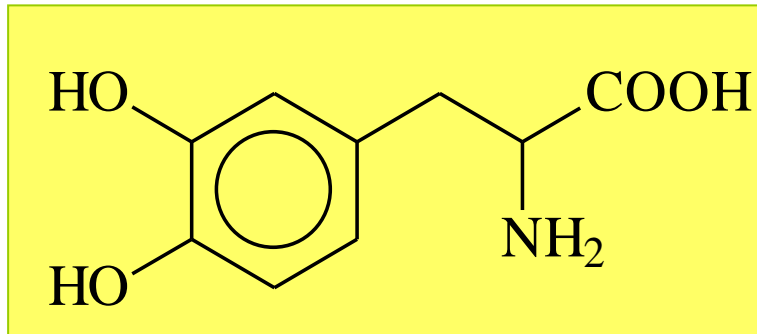


dopamine

- 1) 脳内神経伝達物質 ドーパミンの前駆体
- 2) アドレナリン、モルヒネ等の合成中間体
- 3) 重合してメラニン色素を生成(黒くなる)
- 4) **ムクナに大量に含まれ、アレロパシー現象の原因物質である** (Fujii et al, 1991,1994)



L-ドーパの薬としての利用



- 1) 脳内神経伝達物質である「ドーパミン」の前駆体⇒パーキンソン病の特効薬
(最近医学雑誌で効果の報告が増加)
- 2) 抗酸化能が高い⇒機能的食品
Evaluation of the in Vivo Antioxidant Activity of *Mucuna pruriens* DC. var. utilis by using *Caenorhabditis elegans*, Ibe, S., Y. Fujii, K. Otobe, *Food Sci. Technol. Res.*, 18 (2), 227–233, 2012
- 3) うつ病、ボケ、白髪の防止(仮説)



第4回ムクナ会
(2013年5月12日)



第7回ムクナ会(2014年12月6日)
(農工大で開催)



第9回ムクナ会(2015年12月13日)慶応大(医)チアスサナ

天然Lドーパの威力

ムクナ豆

Lドーパは、ムクナ豆に天然成分として多く含まれ、アレロパシー効果があり、しかも脳がドーパミンを生成するための原料となる重要な物質です。

お問い合わせ

ムクナ会事務局通信

HOME

ムクナ百科

おいしい
食べ方

ムクナ豆の
効能・効果

よくある
疑問

ムクナ会
活動報告

ムクナ会
について

ご利用案内



ムクナ会は、より良い自然環境と健康のためのムクナの有効利用を応援します。

植物としてのムクナは、土壌保全や農薬を使わずに済む自然循環型農業の担い手として注目を集めています。また、その種子であるムクナ豆やムクナの茎・葉は、パーキンソン病などドーパミン不足が原因の病気に著しい効果があります。ムクナ会は、植物としてのムクナの有効利用や食品としてのムクナ豆の普及のために、関係者が集い、その利用方法、効能効果の体験談、料理方法などを発表し合う場を提供しています。

ムクナ会 会長よりご挨拶 <東京農工大学 大学院教授> 藤井 義晴

ムクナ（はっしょうまめ）をブラジルの宮坂四郎先生から教わり、栽培してそのアレロパシーの研究を開始したのが1983年で、もう31年になりますが、研究は遅々として進んでいません。宮坂先生には本当に感謝しており、ムクナのアレロパシーの研究で農学博士号をいただくことができたのは先生のおかげと感謝しています。宮坂先生はブラジルの大豆の父といわれている豆の専門家、今日ブラジルが世界第二の大豆生産国になった基礎を築かれた大碩学です。



今後のムクナの研究と普及の夢

- 1) 日本で復活 在来種はっしょうまめ
- 2) 夏の緑肥として有機農業に普及
- 3) 日本で働き盛り～高齢者向けの健康食品として普及(ドーパを残す)
- 4) 世界(中南米、アジア、イスラム圏、アフリカ)で食糧資源として普及(調理でドーパを除去する)
- 5) ドーパの植物生理作用の解明

種子をご希望の方にはさしあげます

(2) ヘアリーベッチ



ヘアリーベッチ (*Vicia villosa*)

ムクナの近縁種、ソラマメ属、雑草抑制能力大、耐寒性あり(マイナス20℃)・・・有機農業で利用されていた⇒農環研、四国農試で研究



9月～10月に播種する

翌年5月～6月に開花

Table 6 Effect of Selected **Fall Sown Cover Crops** on the Weed control

Cover Crop (English Name)	W ^{*1} (%)	Dry Weight [g m ⁻²]
Control (No-weeding)	0 a ^{*2}	----
<i>Secale cereale</i> (Rye)	99 d	693
<i>Triticum aestivum</i> (Wheat)	99 d	1751
<i>Avena sativa</i> (Oat)	99 cd	994
<i>Hordeum vulgare</i> (Barley)	99 cd	1173
<i>Vicia villosa</i> (Hairy Vetch) ヘアリーベッチ	98 cd	816
<i>Brassica campestris</i> (Field Mustard)	97 cd	834
<i>Trifolium repens</i> (White Clover)	78 cd	356
<i>Medicago sativa</i> (Alfalfa)	77 cd	384
<i>Lupinus albus</i> (Lupin)	49 b	341
<i>Astragalus sinicus</i> (Chinese Milk Vetch) レンゲ	36 b	167
<i>Melilotus albus</i> (White Sweet Clover)	-16 a	30
Rice straw mulch (10000 kg ha ⁻¹)	87 cd	(1000)
[Herbicide (Benthiocarb + Prometrin, 40 kg ha ⁻¹)]	91 cd	----

秋播種の場合

ライムギ、エンバク、大麦、小麦の雑草抑制能も、ヘアリーベッチに匹敵するほど強かったが、無農薬で栽培したためアブラムシが大発生したので、ヘアリーベッチを選抜した。



- 1) Percentage of weed control. 100 % means complete control. Dry weight of weeds in the control plot is 381 g m⁻².
- 2) The same letter means not significantly different by Duncan's Multiple Range Test (P>0.01).
- 3) Dry weight of each cover crop.
- 4) Dominant weeds species in this field are, *Capsella bursa-pastoris* and *Lamium amplexicaule*
- 5) Seeding date: November 5, 1992, Sampling date: April 20, 1993.
- 6) Four replications by complete randomized block design, and each plot consists of 2 x 2 m (4 m²) block.

ヘアリーベッチ

牧草に雑草・木抑制の力



農水省四国農業試験場(香川県高松市)は、植物のアレロパシという雑草を抑制する力を利用して、耕作放棄地や農地を保全する技術を開発した。牧草のヘアリーベッチが、根から抑草物質を分泌し、雑草や雑木の生育を抑制することを突き止めた。場内で実証し三か所の現地ででも試験している。耕作放棄地が荒れるのを防ぎ、復旧を容易にすることができるところから、休耕地や耕作放棄地の保全管理と、ミカンなど果樹園の下草に普及したいとしている。

休耕地保全、果樹の下草にぴったり

四国の山間地では、高齢化で畑田などの耕作放棄が進み、山が里に降りてくる一農家。耕作放棄地に雑草が繁殖するだけだけでなく、雑木も生え、五年も放棄すれば、太さ数センチの木になってしまい、水田なら根が耕盤を突き抜け、田は壊れ、復旧できなくなる。

同試験は、これまで、三百五十種類、一千品種の植物のアレロパシ活性を調べた。実験室内で、レタスの根の伸びを抑える程度活性を調べたもので、ヘアリーベッチは、根や葉から放出する化学物質が、他の植物、昆虫、微生物などの生育や行動に何らかの影響を及ぼす作用。マリゴ、ノビルやクロタリアが線虫の密度を抑える例があり、地奈川県内で、農

アレロパシ

植物が根や葉から放出する化学物質が、他の植物、昆虫、微生物などの生育や行動に何らかの影響を及ぼす作用。マリゴ、ノビルやクロタリアが線虫の密度を抑える例があり、地奈川県内で、農

薬に利用している。

「コムベッチ、ノ麦の活性が高

場内の試験では、何も種をまかない試験区は雑草が繁殖しているが、同牧草をまいた試験区には、雑草がほとんどない。現地試験は、同県仲多度郡内の三か所、十九町で行っている。

雑草が最も多く育つ夏になると、暑さに弱いヘアリーベッチは、自然に枯れてしまいが、越冬草になり、夏雑草の発生も抑制。栽培後の土壌に植物生育阻害作用がなく、後作に害作用がないことも分かった。

試験の結果、ヘアリーの種まき適期十一月上旬で、種十町当たり三四

1994年
私の研究成果
日本農業新聞
で報道→反響
各地の果樹園
(カキ・ミカン・ナシ・ウメなど)
休耕地に普及
開始

さして、ほ場を使って

抑制効果を試験。糞まき緑肥は、強くて約六〇〜八〇%の生育阻害だったが、秋まきのヘアリーベッチ、エノ麦、ライ麦、大豆は、九〇%以上の強い抑草作用があった。

ヘアリーベッチは雑草だけでなく、雑木の苗が生えるを防ぐ。同試験は、ヘアリーベッチの利用で、数年後に畑や水田に戻すことができたという。

果樹園管理に実用化



果樹園で下草管理に利用されている
ヘアリーベッチ(ナシ、カキ、ブドウ、
キウイ等、落葉果樹に最適)

効果 ①無除草剤、省殺虫剤(テントウムシの効果)
②コスト削減(1/3~1/4に)

休耕地管理に実用化



ヘアリーベッチ
実施圃場

ヘアリーベッチには
こんな効果があるんだよ!

- * 雑草の抑制
- * 良好な景観形成
- * 地力の増進
- * 蜜源の提供
- * 有益昆虫の飛来増加

<問合せ>
南足柄市農政課

キウイ農家で実用化



小田原市の石綿さん



ミカン園で実用化



愛媛県
越智章太郎さん

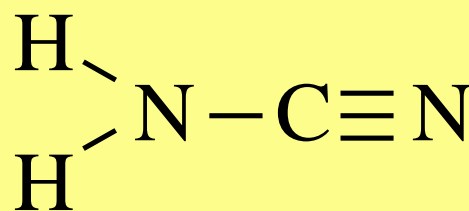
ヘアリーベッチを使った無農薬のミカンを生産 56
三皿園 (<http://www.dokidoki.ne.jp/home2/sazen/mikan/>)

ヘアリーベッチ の雑草抑制のしくみ

現場で雑草を抑制する要因の80～90%は光の遮蔽によると推定。しかし、アレロパシーによる抑制も10%程度寄与と推定

ヘアリーベッチに含まれる 他感物質は、意外な成分

簡単な物質だが、大発見！
通常の方法では検出困難



★ Cyanamide

シアナミド 生物界で初めての発見

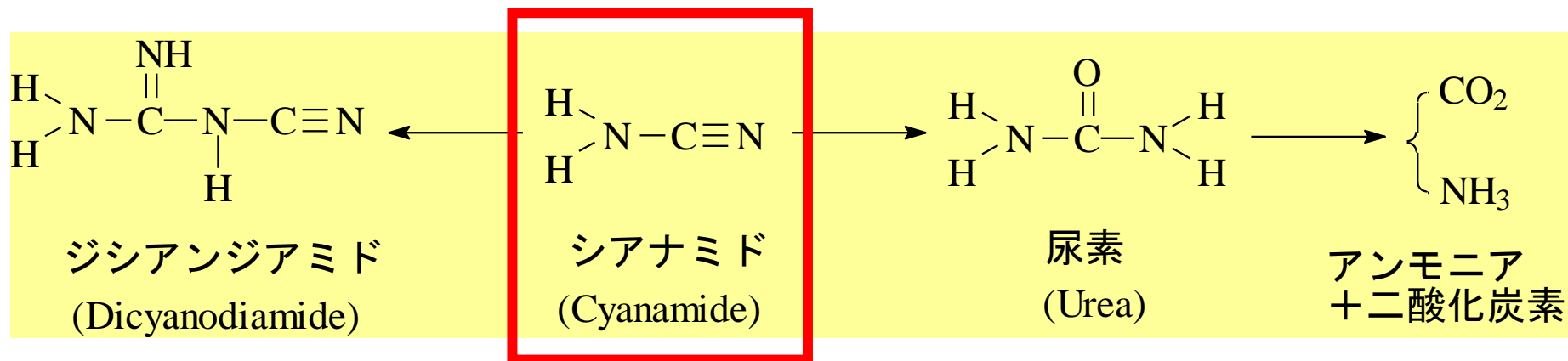
★ 窒素肥料「石灰窒素」の有効成分

100年前にドイツで化学合成

殺虫・殺菌・除草・ヒエの休眠覚醒活性

Kamo, T., Hiradate, S. and Fujii, Y.: First isolation of natural cyanamide as a possible allelochemical from hairy vetch *Vicia villosa*. *J. Chemical Ecol.* 29(2), 275-283 (2003)

ヘアリーベチから シアナミドを発見

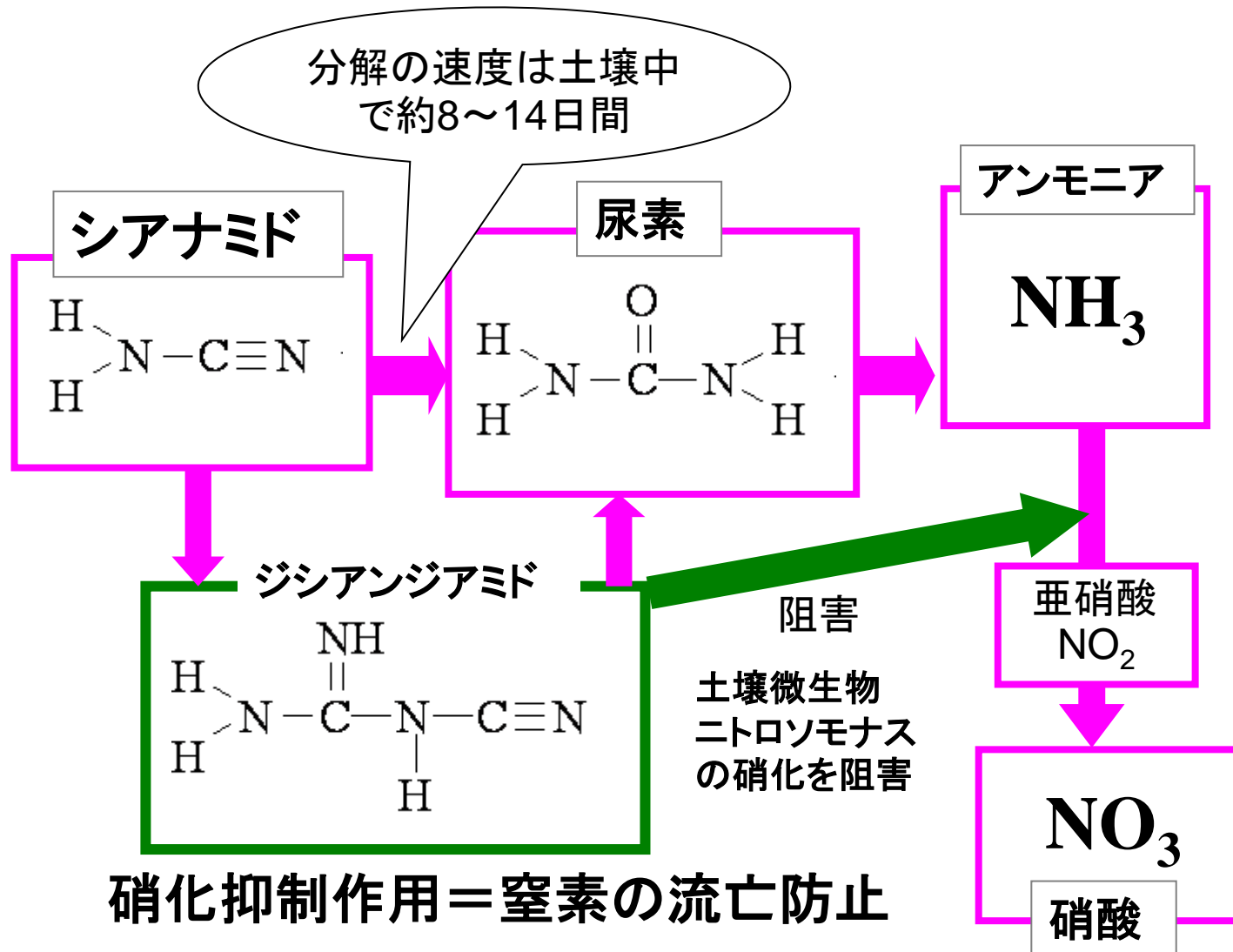


世界で初めて、「シアナミド」が天然物として
生物界に存在することを報告しました

Kamo, T., Hiradate, S. and Fujii, Y.: First isolation of natural cyanamide as a possible allelochemical from hairy vetch *Vicia villosa*. *J. Chemical Ecol.* 29(2), 275-283 (2003)

ヘアリーベッチの土づくり効果

- ①窒素肥料になる ②窒素の流亡を抑制



土づくり効果③ 根が土を耕す

慣行区



ヘアリーベッチ区



多数の枝根を有する直根が地中深く貫入する。粘土でも地下1mに達したという報告がある(コーネル大)

土づくり効果④ 有効態のリンも増加する

ヘアリーベッチは、アーバスキュラー菌根菌をたくさんつけて、土壌中の吸収されにくいリンや他の養分の吸収を助けていると思われる。

アーバスキュラー菌根菌：植物の根に寄生する糸状菌。植物と共生して養分吸収を助けるといわれている。

農工大で研究を継続中・・・

ヘアリーベッチは
天敵を増やし
害虫を減らす

「生態的防除法」に利用できる！



レンゲ



大津市で養蜂業者が蜜をとるために隣接する畑に同時に植えたとき撮影した写真



ヘアリーベッチ



ヘアリーベッチによる 害虫防除のしくみ

- ベッチには「花外蜜腺」があり蜜を出す
- ⇒アブラムシが増える
- ⇒これを餌にするテントウムシが増える
(ナミテントウ、**ナナホシテントウ**など)
- テントウムシが他の害虫を食べてくれる
- ⇒害虫の密度が下がる「生態的防除」

ヘアリーベッチは 病害も減らす

ヘアリーベッチを10年間栽培した後
キウイフルーツ専業農家、
茨城県の研究者が報告に来てくださる
・・・たいへんうれしかったです・・・

キウイフルーツの除草管理



石綿敏久さん:小田原市
キウイ専業農家(2001年)

平成3年(1991年)有機農業団体
で講演→ヘアリーベッチを薦める
その後10年経過して、連絡あり、
ヘアリーベッチだけで無農薬
無化学肥料(堆肥も使わない)
かいよう病, カメムシ・かいがら
虫の被害なし, キウイヒメヨコバ
エは居るが被害に至らない

Pseudomonas syringae pv. *actinidiae*

除草:年6~7回→ベッチ播種前の1回 67

■ 300年つづく農家

石綿さんは、神奈川県小田原の地で300年以上続く農家の15代目。日本で始めて自然栽培のキウイづくりに成功した先駆者のひとりです。「虫や病気の原因は肥料なのではないか」ということを他の病気でも実感していた石綿氏。その確信を深めるために「かいよう病」に感染してしまったキウイの枝をもらってきて、元気な自然栽培キウイの樹に接ぐという大胆な実験をしてみたのです。



神奈川県小田原市の石綿氏 自然栽培キウイフルーツほ場

ヘアリーベッチで土作りした
キウイフルールは
かいよう病の枝を接木しても
発病しない

Pseudomonas syringae
pv. actinidiae



自然栽培の実践で得てきたことをあますところなく聞くことができます。かいよう病の接ぎ木の実験の現場を見ることができます。道法氏も、自然栽培レモンがかいよう病にかからないという衝撃的な体験をされており、そこから自然栽培への歩みを加速させられたのです！環状剥皮や剪定、収量を落とさない側枝の更新、ジベレリンを活性化しすぎない剪定方法、苗木の仕立て方、切り上げ剪定を学べます。梅・キウイ・レモン・みかんを題材にさまざまなお話をお伝えします。

ヘアリーベッチを 20年連続で栽培している キウイフルール下の土壌 を採取させてもらい オカラミン類を測定する



2010年11月5日に茨城県の病害の専門家(渡邊室長ら)が報告に来られたことがあります。このときは原因はわからなかったのですが…

ヘアリーベッチは 病害も減らす

じゃがいもそうか病、

Streptomyces acidiscabies、*Streptomyces scabies*、*Streptomyces turgidiscabies*

かぼちゃ立ち枯れ病、

Fusarium oxysporum、*F. solani*

ベニバナインゲン茎根腐れ病

Pythium myriotylum



茨城県農業総合センターの 渡邊健さん(左)と青木一美さん(右)

病害虫研究室長。ヘアリーベッチを10年間栽培・・・2010年11月来訪 71

ジャガイモそうか病の 総合的な防除対策

茨城県農業総合センター
農業研究所 病虫研究室

ヘアリーベッチを連作すると
「そうか病」が顕著に減少

Streptomyces

輪作およびヘアリーベッチのライブマルチを利用した カボチャ立枯病の耕種的防除

渡邊 健・松本みゆき・貝塚隆史*

(茨城県農業総合センター農業研究所・*茨城県農業総合センター園芸研究所)

摘 要

カボチャ立枯病に対する耕種的防除法を検討した。本病発生圃場においてトウモロコシ（スイートコーン）またはダイズ（エダマメ）を輪作作物として1～2年栽培した跡地では、高い発病軽減効果が認められた。また、慣行で行われているカボチャ畦間の敷きわらの代替資材としてマメ科牧草の一種、ヘアリーベッチを利用（ライブマルチ）すると、栽培2年目には立枯病の発病が軽減された。輪作およびヘアリーベッチのライブマルチを併用することでカボチャ立枯病を耕種的に防除することが可能である。

ベニバナインゲン茎根腐病の耕種的防除¹

渡邊 健・青木一美

(茨城県農業総合センター農業研究所)

Cultural Control of Stem and Root Rot of Scarlet Runner Bean

Ken WATANABE² and Kazumi AOKI

摘 要

ベニバナインゲン茎根腐病に対して紙ポット移植，高畦栽培，地温抑制マルチ（白黒ダブルマルチ）利用，黄カラシナやヘアリーベッチの栽培・すき込み等を組み合わせた耕種的防除法について検討した。直播き・平畦・黒マルチ区（現地慣行栽培法）に対し，紙ポット移植・高畦・白黒ダブルマルチ区では，防除価69.5となり，高い防除効果が認められた。また，黄カラシナおよびヘアリーベッチの栽培・すき込みに紙ポット移植・高畦・白黒ダブルマルチを組み合わせるといずれの処理区も防除価は76.9と向上した。以上のことから，各種耕種的手段の組み合わせは茎根腐病の防除に有効と考えられた。

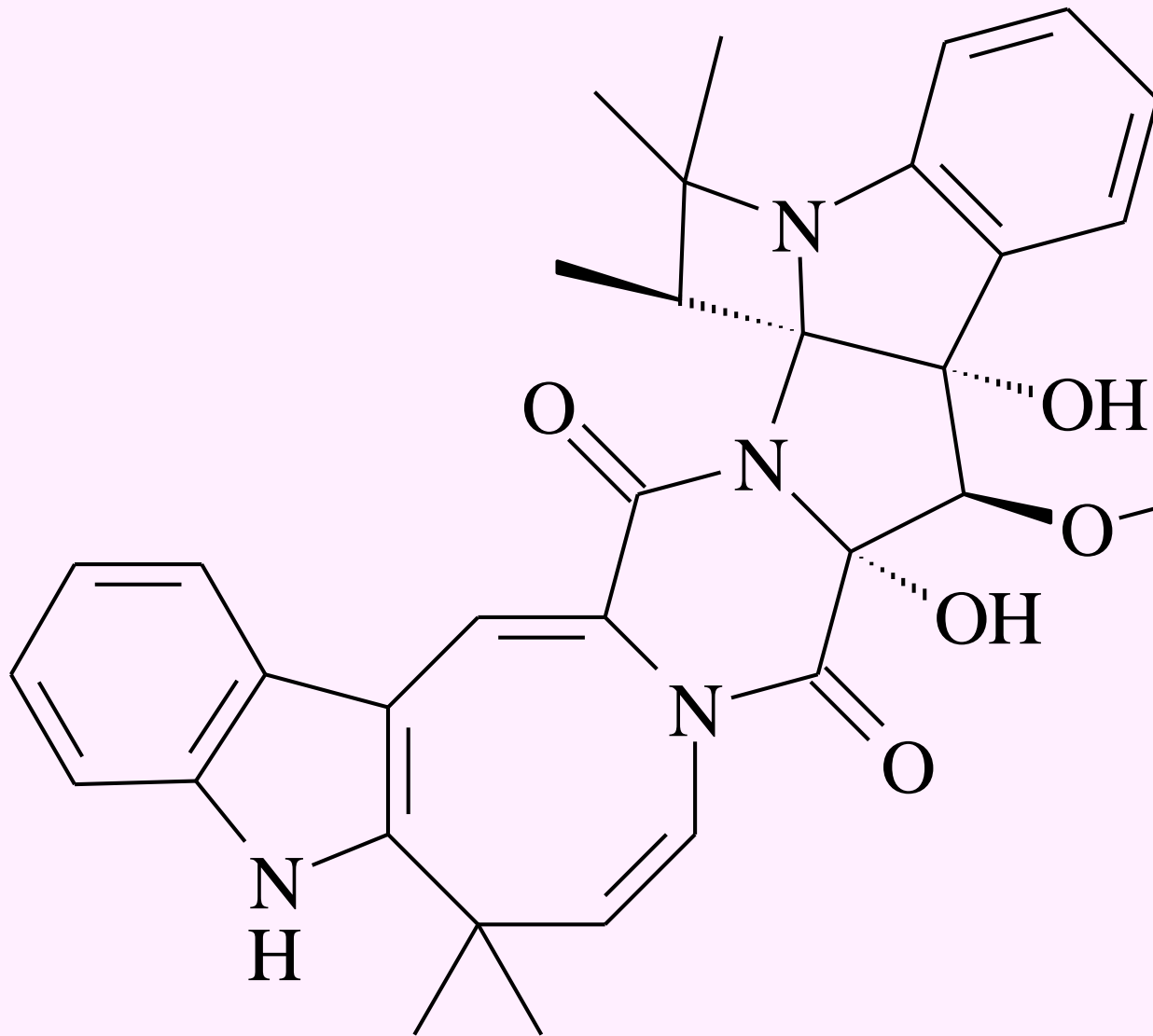
2017年～2022年 ヘアリーベッチの 課題で、CREST に採択された

(2)「藤井」グループ

- ① 主たる共同研究者：藤井 義晴（東京農工大学大学院教授）
- ② 研究項目・ヘアリーベッチ栽培及び根圏解析
・アレロケミカルの同定及び機能評価

未発表データも紹介します

昨
年
の
成
果

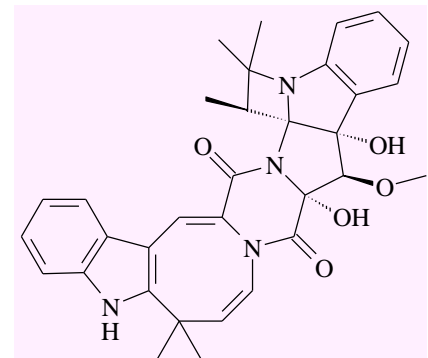


等では、
傾向にある。

ウイ等果樹
ヨやインゲ
いた。

からの報告)

のダイズ根
出した。



オカラミン Okaramine B



2018年5月22日

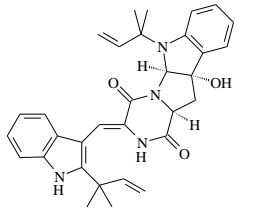
東京農工大学のヘアリーベッチ初年度圃場



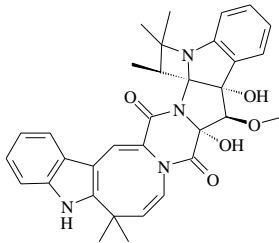
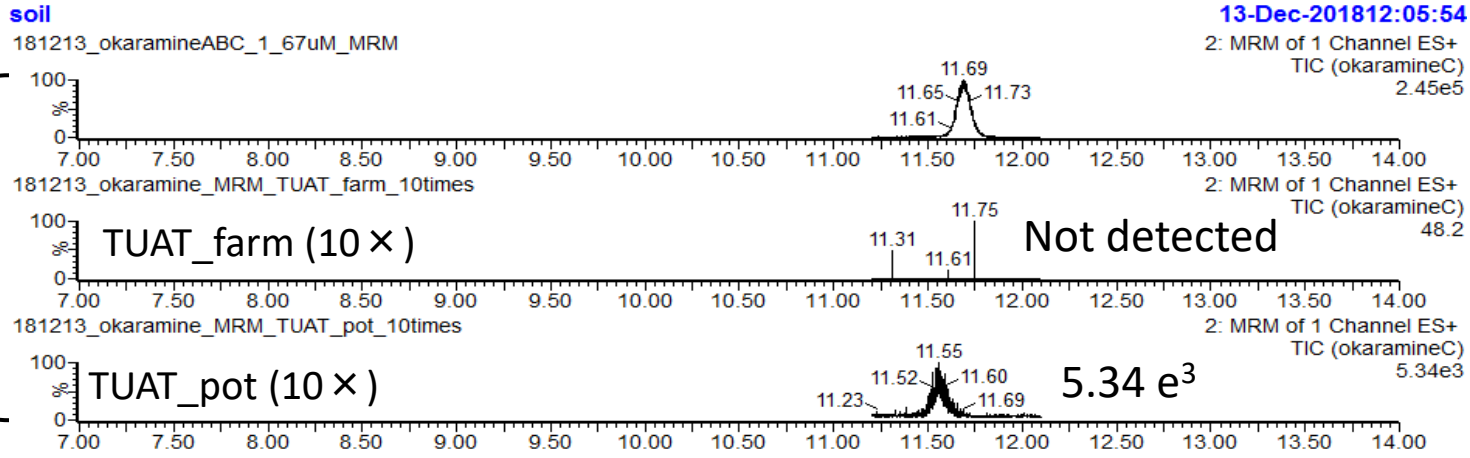
2018年7月18日(2回目サンプリング)

農工大土壌からオカラミン類を検出した

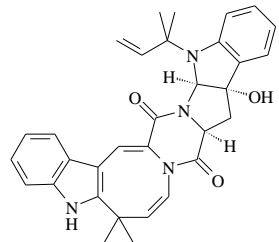
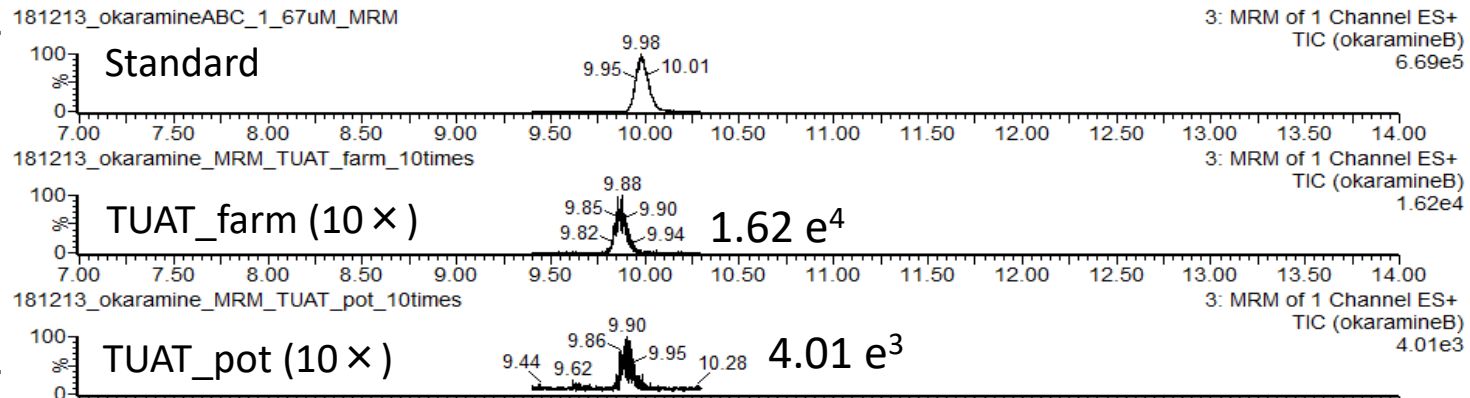
Standard



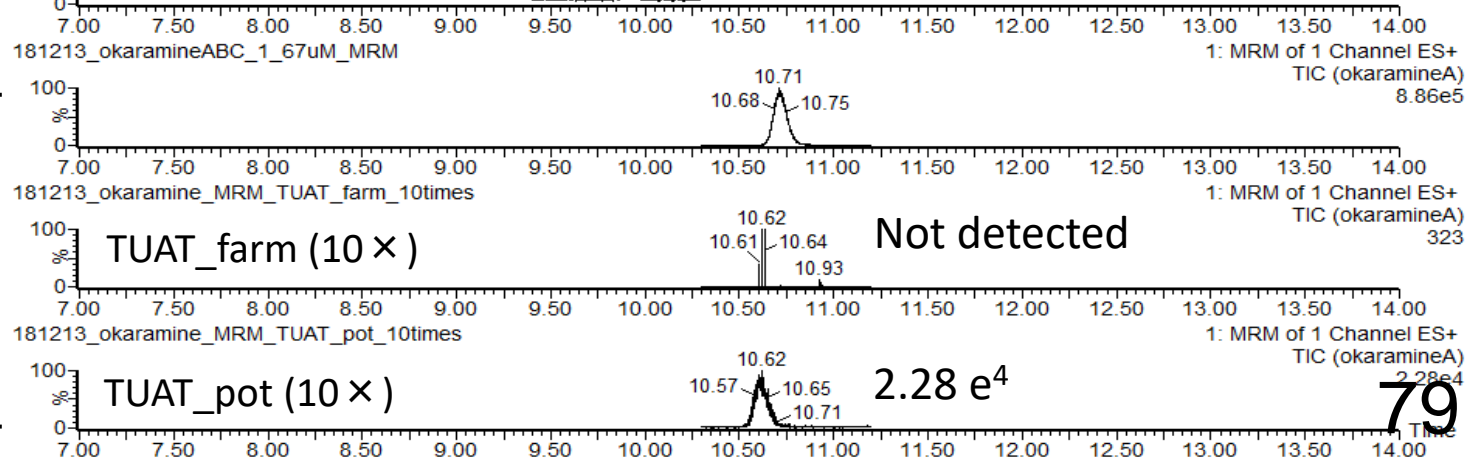
Okaramine C

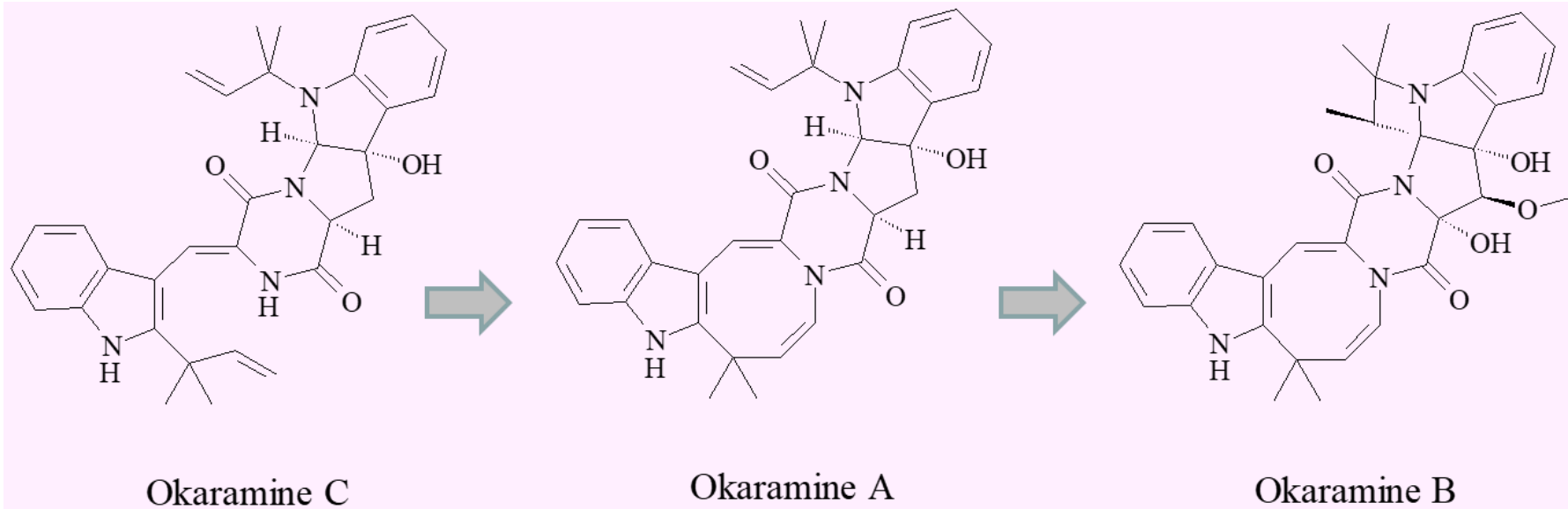


Okaramine B



Okaramine A





	オカラミンC	オカラミンA	オカラミンB
	Okaramine C	Okaramine A	Okaramine B
ポット栽培の根圏土壌	○	○	○
Pot Rhizosphere soil	○	○	○
農工大圃場の根圏土壌	×	×	○
TUAT Field rhizosphere soil	×	×	○

ポット栽培土壌からは全てのオカラミンが検出されたが、圃場の土壌からはオカラミンBのみが検出された。

茨城大学のヘアリーベッチ連作圃場

小坂橋先生らが12年間連作しダイズを栽培している圃場



2018年11月5日茨城大学HV→ダイズ圃場

根圏土壌をサンプリング⇒GC-MSによるメタボローム解析により分析

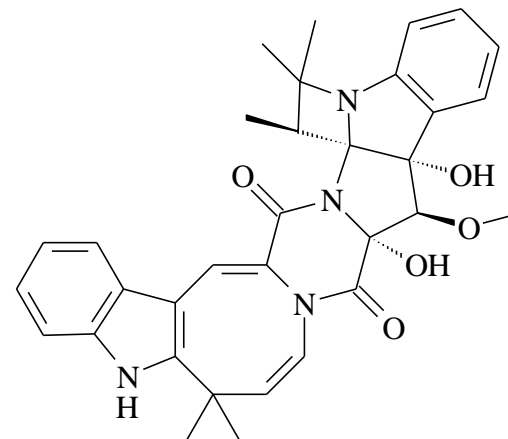
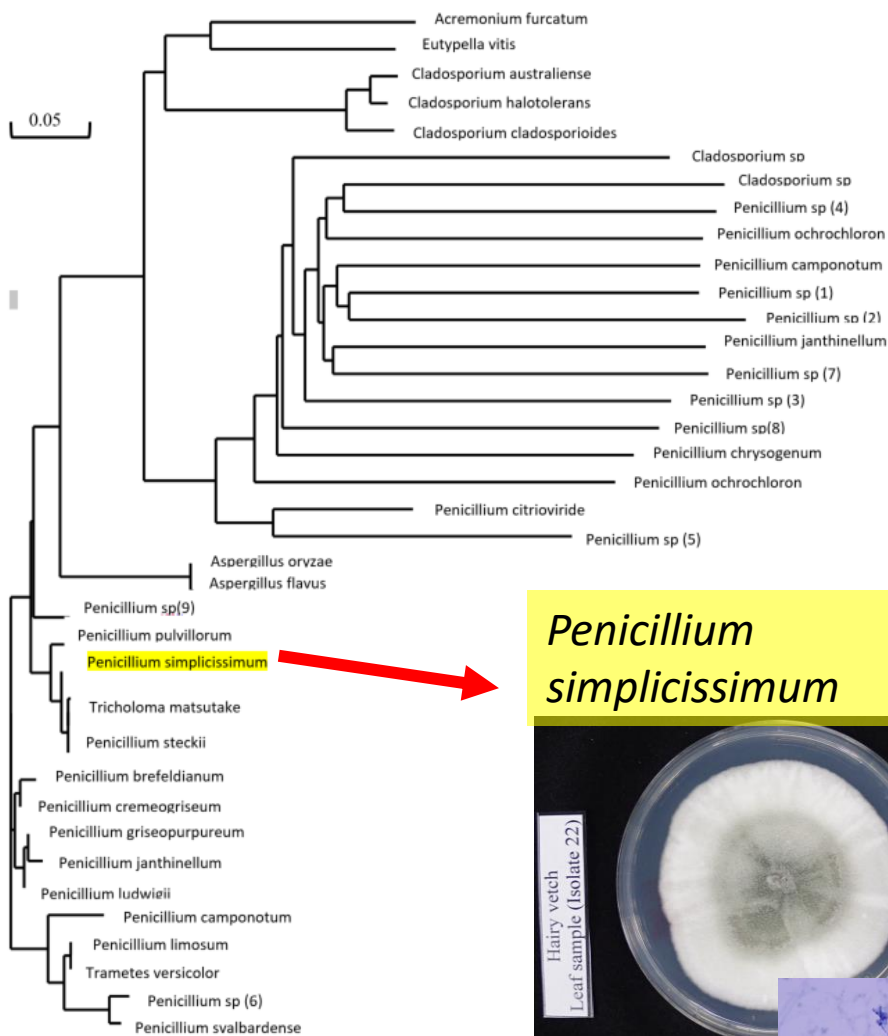
Ibaraki University soybean farm after HV (hairy vetch) cultivation plot design and identification of okaramine B

ヘアリーベッチを栽培した跡地(連作圃場)で栽培したダイズの根圏からのみオカラミンBが検出された

Sample name	処理区と土壌種別	Okaramine B
		[$\mu\text{g/g}$ soil]
2_HV Rhizosphere	HV区 根圏土壌	8.9
19_HV Rhizosphere	HV区 根圏土壌	3.9
2_HV Bulk	HV区 根域土壌	1.4
19_HV Bulk	HV区 根域土壌	0.0
72_HV Bulk	HV区 根域土壌	0.3
6_FA Rhizosphere	無処理区 根圏土壌	0.0
67_FA Rhizosphere	無処理区 根圏土壌	0.0
46_FA Rhizosphere	無処理区 根圏土壌	0.0
21_FA bulk	無処理区 根域土壌	0.0
67_FA Bulk	無処理区 根域土壌	0.0

ヘアリーベッチからオカラミンを合成するエンドファイトを単離

Phylogenetic tree (DNA seq) of *V. villosa* endophytic fungi (71 species)

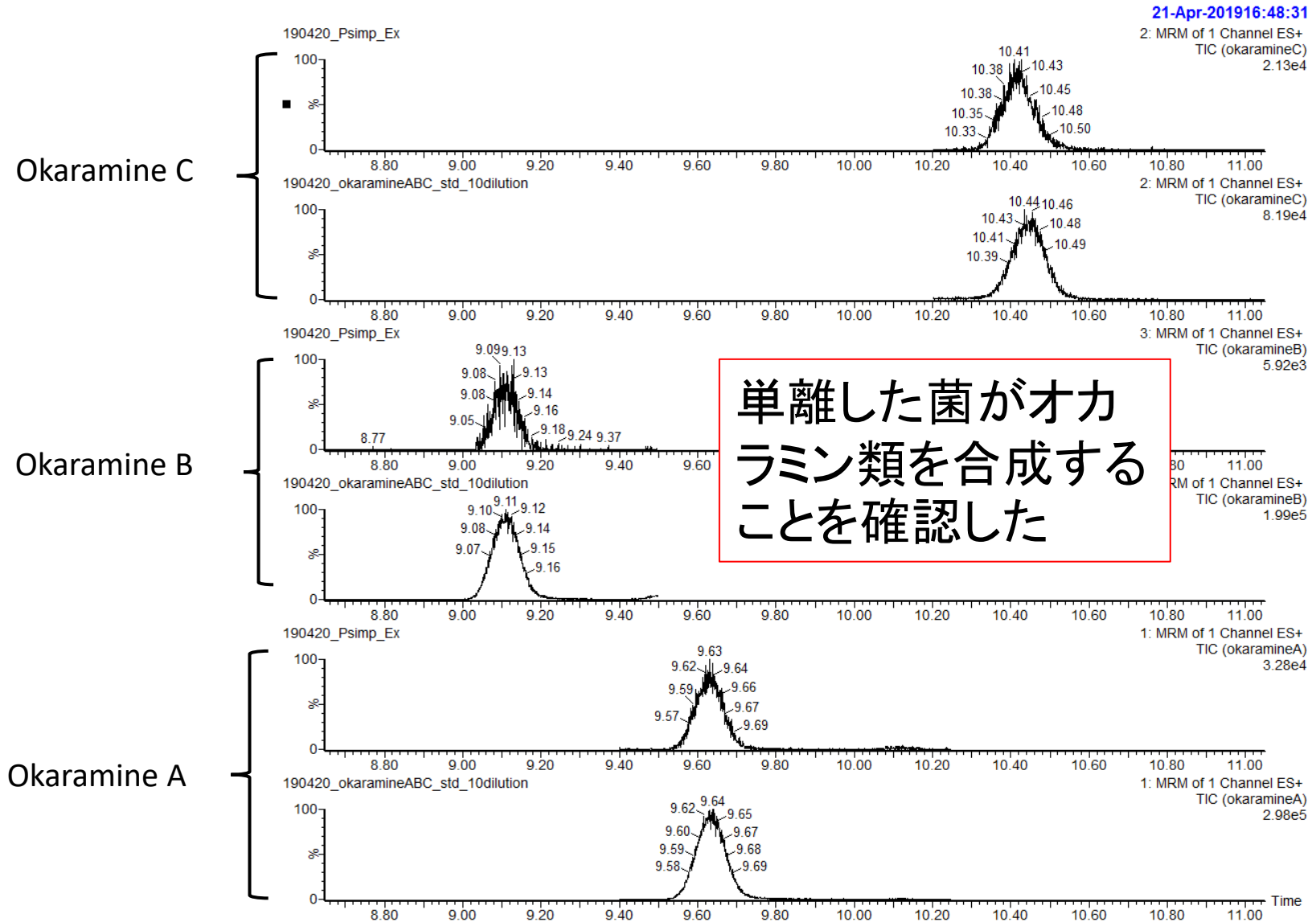


Okaramine B

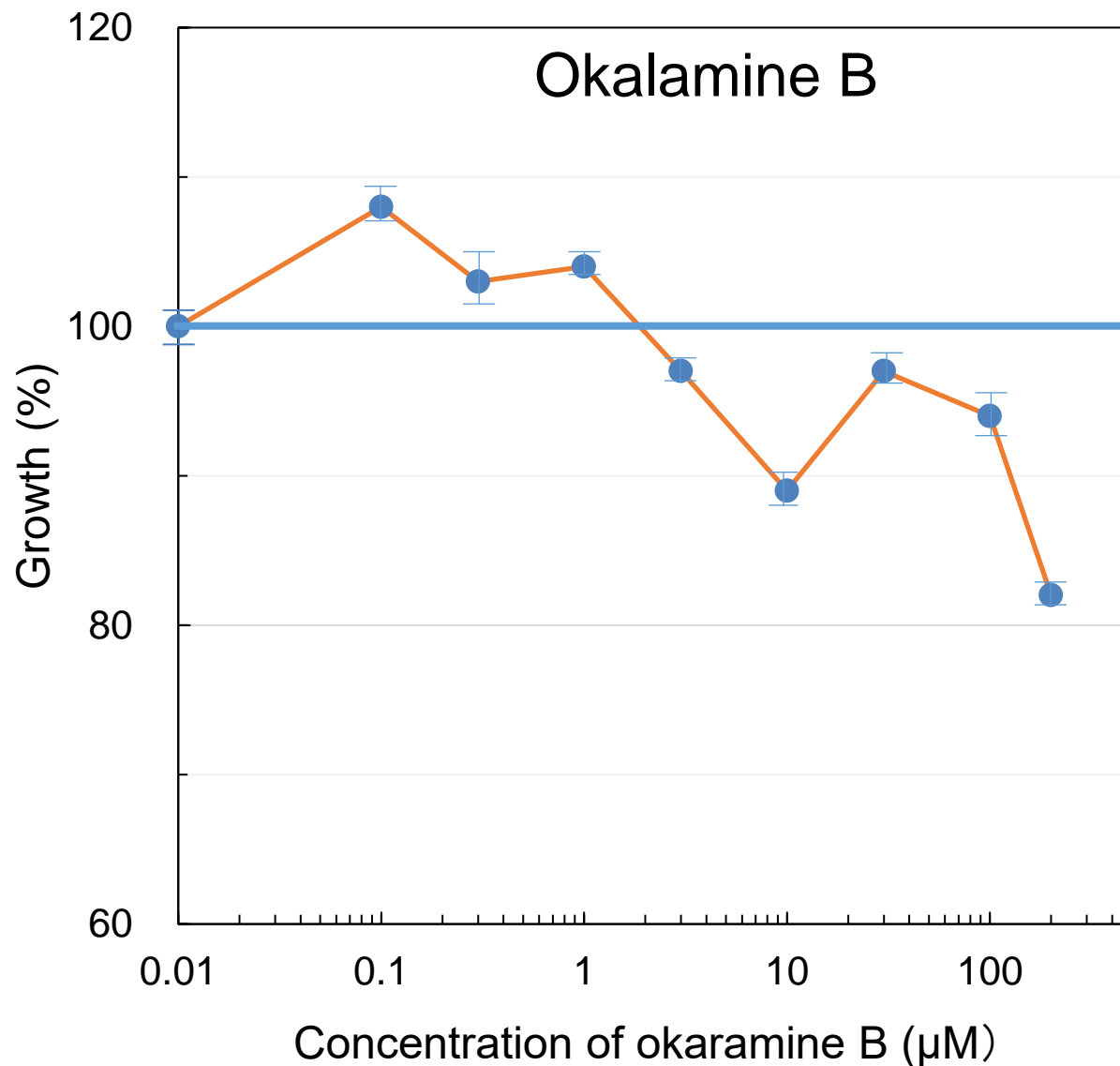
HAYASHI, H, et al.,
Okaramine B, an
Insecticidal Indole Alkaloid,
Produced by *Penicillium
simplicissimum* AK-40,
Agric. Biol., Chem., 52,
2131-2133, 1988

LC316945.1 *Penicillium simplicissimum* DNA, okaramine biosynthetic gene cluster, complete sequence, isolate: AK-40

Okaramines were biosynthesized by *Penicillium simplissimum* isolated from HV



Effect of okaramine B on the growth of lettuce



オカラミンB
は低濃度で
植物の生育
を促進する

Inhibitory activity
in high
concentrations

Stimulatory
activity in low
concentrations

近畿大松田先生
の協力で純物質
を用いて検定した

ヘアリーベッチ 不耕起稲作

除草剤を完全に削減し、化学肥料も使わない有機稲作に利用可能！

研究開始から28年・・・やっと普及しはじめた・・・まだ改良の余地あり

1992年春:四国農業試験場において考案



嶺田拓也さん 1997 岡山大学大学院博士課程
(レンゲ不耕起栽培で学位)⇒(独)農業工学研究所
⇒農研機構 農村工学研究部門, 上級研究員

1995年～農環研で研究を継続



荒木肇教授
(新潟大学
→北海道大学)

堀元栄枝さん 福野農業高校→新潟大学→農環研
(ヘアリーベッチ不耕起稲作で博士号取得(2003))
→佐賀大学農場助手→京都工芸繊維大学准教授

堀元栄枝・荒木 肇・伊藤一幸・藤井義晴 (2002) ヘアリーベッチ (*Vicia villosa* Roth) を利用した水田における雑草制御と水稻収量への影響. 雑草研究 47 (3) : 168-174.

6月12日 ヘアリーベッチ不耕起移植を実施後





雑草放任区

ヘアリーベッチ区

Horimoto, Araki, Itoh, Fujii, : Weed suppression and rice yield in the hairy vetch introduced paddy field. *Weed Sci. Tech.* 47, 168-174 (2002)

ヘアリーベッチ不耕起稲作に 私たちの研究は不十分だったが



農家の努力で実用化されました

秋田県大潟村

秋田県立大
佐藤孝先生：
根粒菌の研究と普及



2006年5月31日

2006年7月8日

有機JAS認証（無農薬・無化学肥料）

「はなふじ」米・・・ブランド化 ヘアリーベッチの和名ナヨクサフジから命名





**秋田県大潟村でヘアリーベッチ利用研究会
北海道と福井の農家も参加 (2009年11月20日)**



ヘアリーベッチ利用研究会 in 北海道

ヘアリーベッチをキャベツの前作に
利用する試み。土壌は泥炭。
若い後継者や新規就農者がいる。

2014年6月28日
北海道上川郡和寒町



ヘアリーベッチ利用研究会 in 京都・滋賀

ヘアリーベッチを大豆(黒豆:高級品の丹波黒)の前作に利用する試み。
大豆の生育促進 + 品質向上

2015年12月3日
京都府京丹後市

ヘアリーベッチは
現在年に1万ヘクタール
以上栽培されている
(種子販売量300 tonから推定)

レンゲは2万ヘクタール
現在はレンゲに次ぐ
被覆作物となっている

⇒私の研究は少し農家の役に立っている

実用性の高いアレロパシー植物

について紹介します

おもにこの2つについて紹介

(1) ムクナ(はっしょうまめ)

(2) ヘアリーベッチ

以下についても簡単に紹介

(3) イネ(古代米である赤米が強い)

(4) ヒガンバナ

(5) 古代文明の未利用作物

(3) イネのアレロパシー

赤米は他感作用が強い

- 1) **阿波赤米** (日本産)
- 2) **紅血糯** (中国産)

表 稲の他感作用のプラントボックス法による検定結果

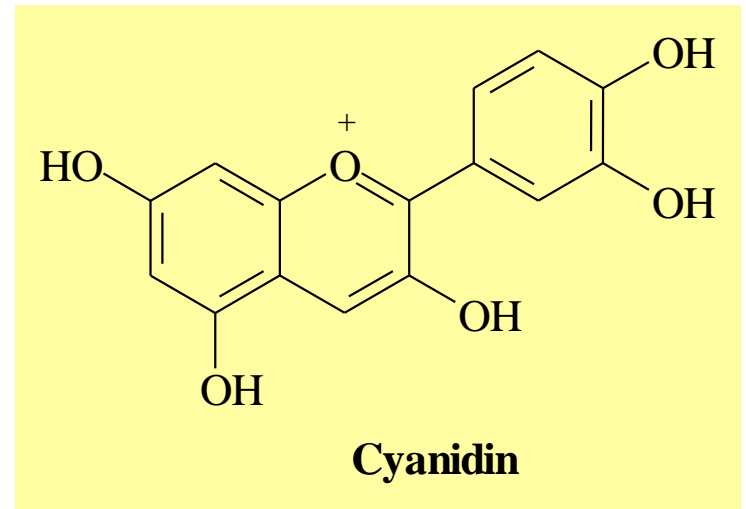
強いもの			中程度			弱いもの		
R*	日本語名	(%)	R*	日本語名	(%)	R*	日本語名	(%)
R	阿波赤米	4		嘉平	22		南京11号	61
R	紅血糯	5		北陸127号	23		Leulikelash	61
	Melor	6	R	Li Zi Hong	23		コガネマサリ	62
	Sisumuchimai	8	R	Mack Kheua	24		穀良都	62
R	対馬赤米	7	R	Dam Ngo	25		亀の尾	63
R	総社赤米	9	R	名護赤穂	27		日本晴	64
	Deng Mack Tek	11		Taducan	28		IR 30	68
	Daw Dam	20		台中65号	51		サリークイーン	82
R	宝満神社米	20		密陽23号	59		関東146号	87
	ムサシコガネ	20		水原258号	59		農林8号	90

神社米など、日本で古くから栽培されてきた古代米の活性が強い

Rの印は、その品種・系統が赤米であることを示す



阿波赤米
徳島県祖谷溪の在来種



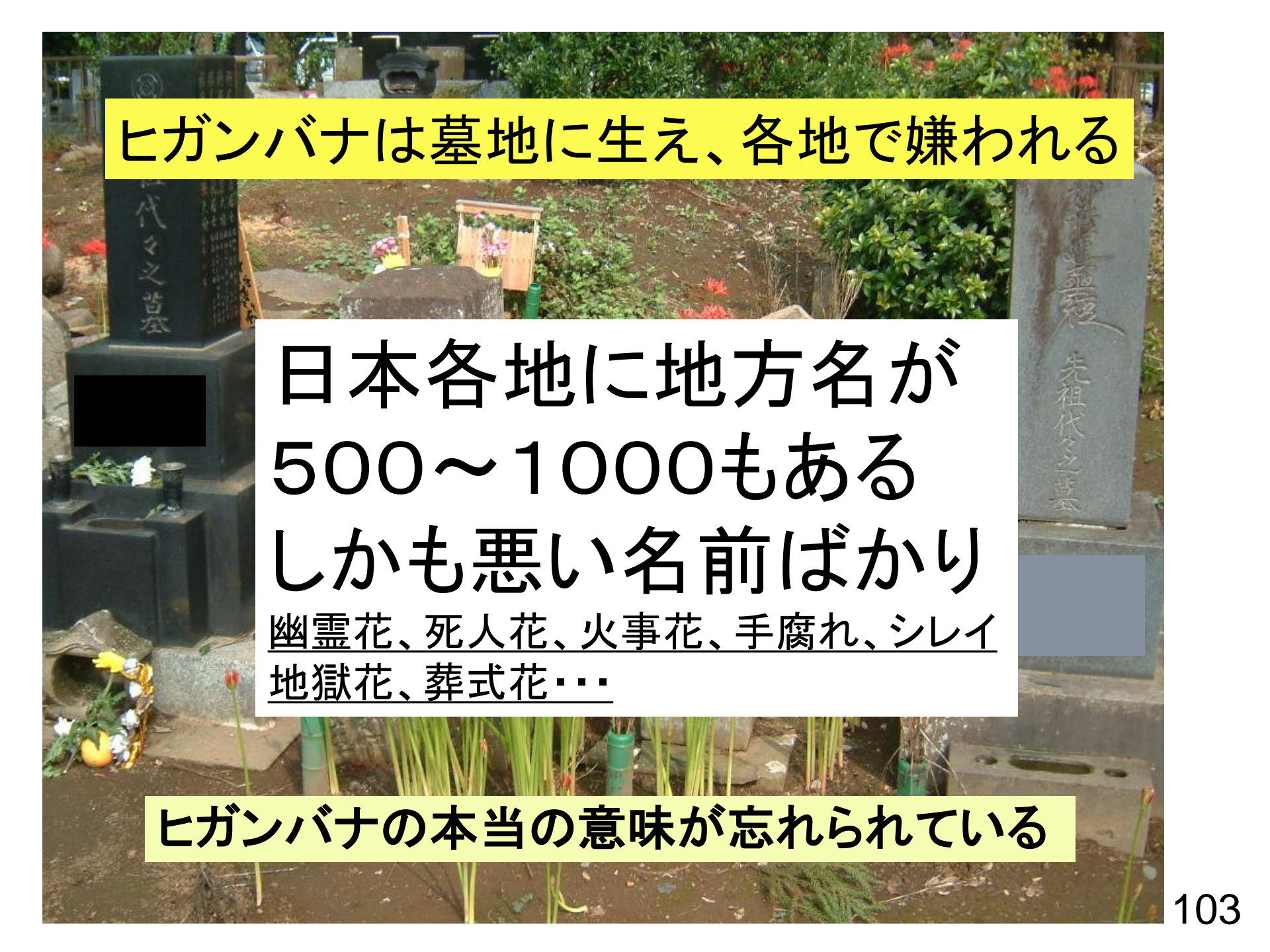
紫黒米に含まれる色素シアニジン

**赤米のもつ他感作用を利用して、
除草剤をへらした稲作の研究を試みたが
雑草抑制率は最大50%・・・実用性？
→ヘアリーベッチの利用が実用的と考えた**

Fujii, Y., H. Araya, S. Hiradate and K. Ebana, Screening of allelopathic activity from rice cultivars by bioassay and field test, *Proceedings of the World Rice Research Conference*, 484-487 (2005)

(4) ヒガンバナ

日本人が発見し、
畦道の管理に利用
していた理想的な
アレロパシー植物



ヒガンバナは墓地に生え、各地で嫌われる

日本各地に地方名が
500～1000もある
しかも悪い名前ばかり

幽霊花、死人花、火事花、手腐れ、シレイ
地獄花、葬式花…

ヒガンバナの本当の意味が忘れられている

Allelopathy of *Lycoris radiata*

ヒガンバナのアレロパシー

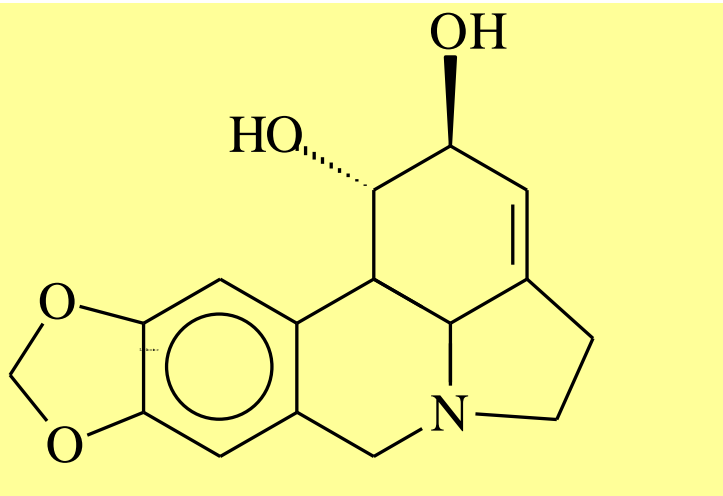


図 1-1 リコリン (Lycorine)

ヒガンバナの他感作用の本体は、リコリン (有毒アルカロイド)

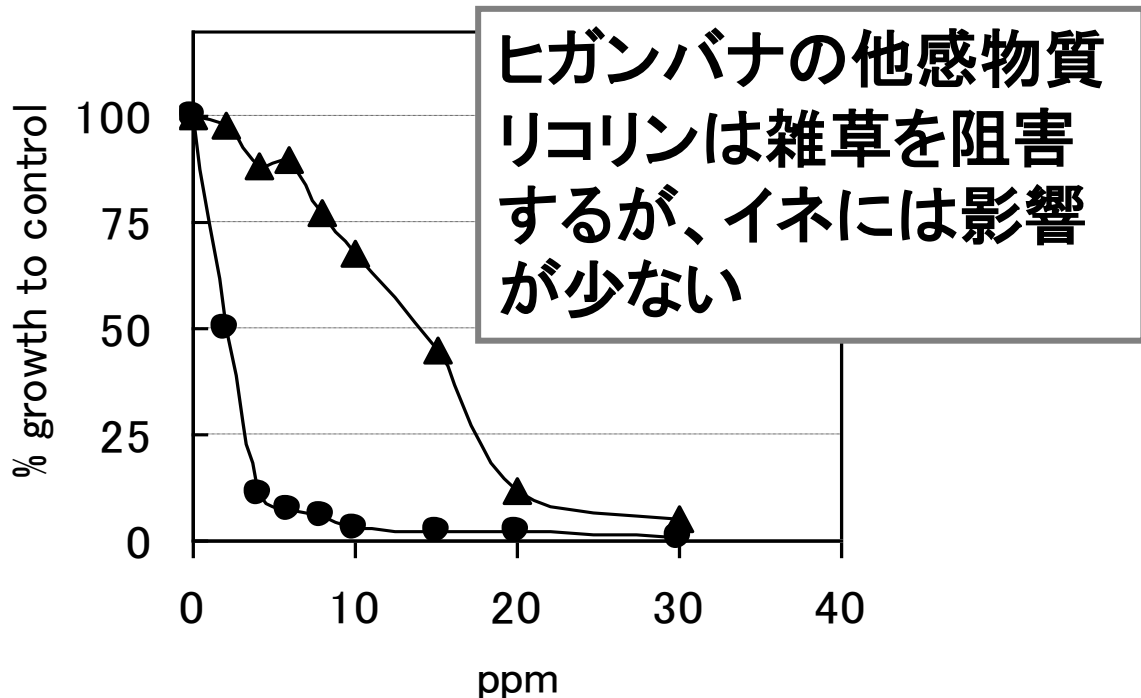


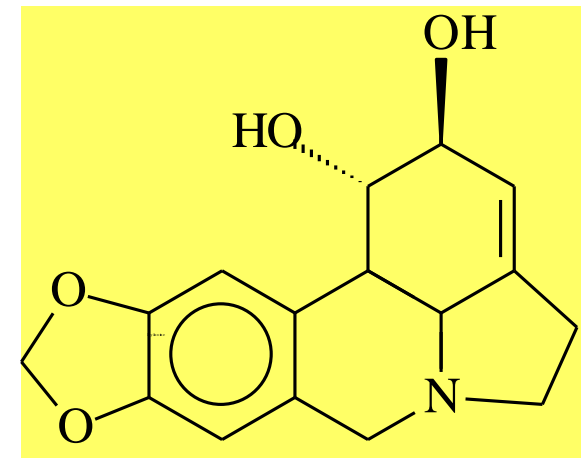
図2 リコリンがレタス(●)およびイネ(▲)の根の伸長に及ぼす影響

Z. Iqbal, Z., H. Nasir, S. Hiradate and Y. Fujii. *Weed Biology and Management* 6 (4), 221-227, 2006 Plant growth inhibitory activity of *Lycoris radiata* Herb. and possible involvement of lycorine as an allelochemical.



ヒガンバナ

(*Lycoris radiata*)
(彼岸花、曼珠沙華)



- 中国より古く渡来(3倍体)
- 作用成分: **Lycorine**(リコリン)
- ネズミ等に有毒(神経毒)、雑草抑制効果
抗がん性、飢饉の際の非常食糧(江戸時代)
- 水田畦畔, 墓場に栽培(ネズミ・モグラ除け)
- 農民は有用性を知っていた

ヒガンバナの咲いた棚田（佐賀県）

ヒガンバナを畦畔に植えた真の意味は
飢饉のときに非常食料として利用する
ためであった！ 澱粉を30%含む。
ただし、十分な毒抜きが必要
(2005年9月：所さんの目がテンに出演)



「所さんの目がテン」
に出演したことがあります

2005年第60回(通算799回)
「今しか見られないヒガンバナ
の科学」 2005年9月25日

YouTubeで視聴可能

7:17

目テッ! CHŪ実験!



7:18

目テッ! CHŪ実験!



ヒガンバナはネズミを忌避することがわかった。

7:17

畦道に植える意味が証明された!



1時間経過



4匹中3匹がゴール!



企画に全面協力したが、出演時間は15秒。「有毒成分」という悪いイメージが残って残念・・・

7:25

7:25

葛飾柴又の一流の職人さんが
お団子をつくり、これを食べた
所ジョージも佐藤アナウンサーも
命に別状はなかった。この回は
好評で、年末に再放送された！

7:25

高木屋老舗 職長
駒井 量二さん

※番組では専門家の指導のもと作りました 110

畦畔にヒガンバナの復活を！

みちのべの
いちしの花の
いちしろく
人みな知りぬ
わが恋妻は

万葉集 卷11・2480

いちし = ヒガンバナ
(牧野富太郎の説)



ヒガンバナは畦畔を守る
アレロパシー植物だった

白花のヒガンバナもある



シロバナヒガンバナ
(*Lycoris albiflora*)
九州地方に多い

1球 ~300円

いろいろな色のヒガンバナ



キーネンシス

黄花のヒガンバナ
(*Lycoris chinensis*)



スプレングリ

青花のヒガンバナ
(*Lycoris sprengeri*)



日本原産

キツネノカミソリ
(*Lycoris sanguinea*)



アウレア

黄花のヒガンバナ
(*Lycoris aurea*)



ネリネ

ネリネ 南アフリカ原産
(*Nerine sarniensis*)

1球 300~500円
で売られている
普通のヒガンバナも
1球 100円位で
売っている

スイセンもヒガンバナの仲間

ヒガンバナと同様に、
神経毒の **リコリン** を含む



Narcissus
pseudo-narcissus

- ①スイセンの切り花を生けたコップの水は腐らない(リコリンが抗菌性・防腐作用)
→コップの水を飲んで、
中学生が中毒した事件がある。
- ②球根(鱗茎)は小さいタマネギに似る
→小学校の先生がタマネギと間違えて
カレーに入れて、子供たちが中毒した
事件がある。

畦畔にスイセンを推薦します・・・
・・・冬の間(11月～3月)に咲く

(5) 南米古代文明 の未利用作物

ジャガイモ、サツマイモ、トウモロコシ、ナス、トマトなどインカの植物は重要
まだまだ未利用の作物がある！

ペルーで5000年以上前の古代文明が発見される
→世界4大文明が5大文明になる…

南米の古代文明で利用されていたイモ植物

- ジャガイモ *Solanum tuberosum* (ナス科)
- ヒカマ, アヒパ *Pachyrhizus erosus* (マメ科)
- ヤーコン *Polymnia sonchifolia* (キク科)
- オカ *Oxalis tuberosa* (カタバミ科)
- マカ *Lepidium meyenii* (アブラナ科)
- アラカッチャ *Arracacia xanthorrhiza* (セリ科)
- マシュア *Tropaeolum tuberosum* (ノウゼンハレン科)
- オユコ *Ullucus tuberosus* (ツルムラサキ科)
- マウーカ *Mirabilis expansa* (オシロイバナ科)
- アキラ *Canna edulis* (カンナ科) (食用カンナ)

地上部にアレロケミカル、地下部のイモは無毒

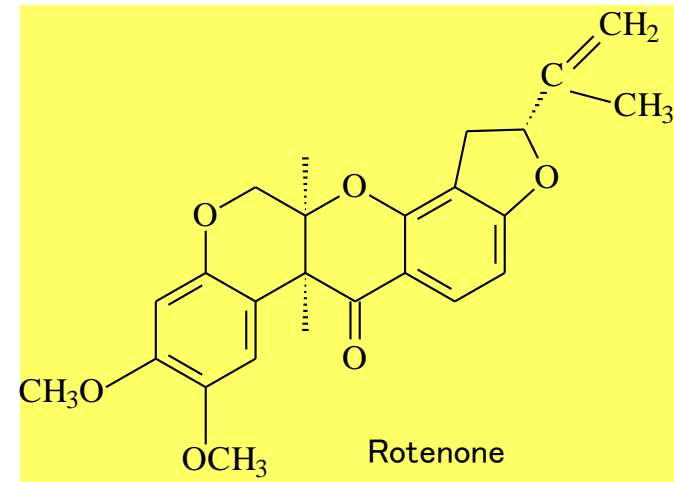
ジャガイモ
Papas
Solanum spp.

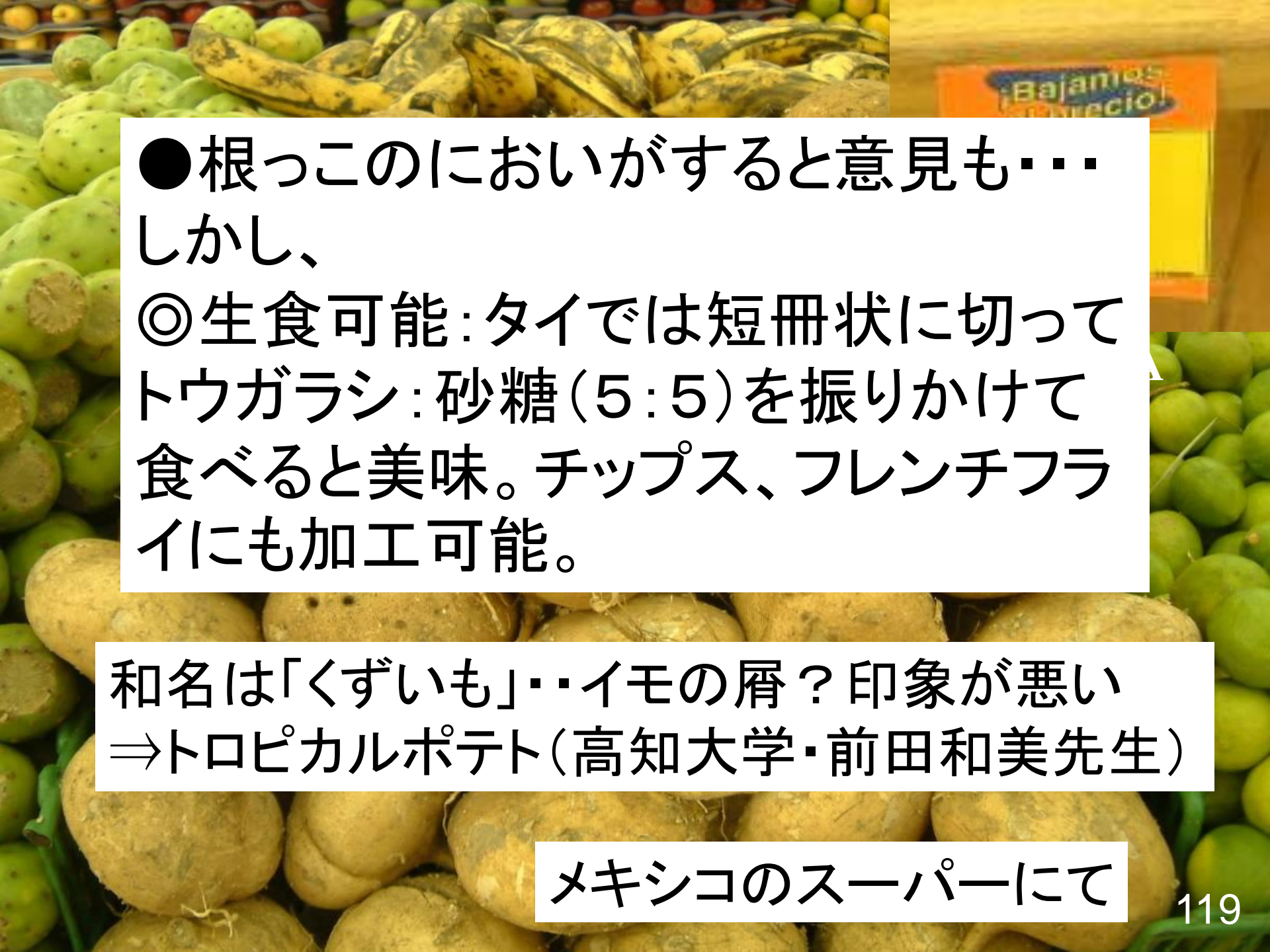
- Origen andino
- Cultivada desde hace más de 8 000 años
- En el Perú existen 85 especies silvestres, 9 domesticadas y al menos 2 000 variedades
- Alimento, medicinal

ヒカマ Yam bean (*Pachyrhizus erosus*)

アメリカでは1キロ3ドル、自然食品店で販売

- インカの人々が食べていたイモ
- マメ科、耐虫性、雑草抑制
- **作用成分 ロテノン**等(殺虫剤)
- 無農薬栽培可能
- (緑肥・食糧・雑草抑制)
- メキシコ、カリフォルニアで市販
- 東南アジア(フィリピン、マレーシア、タイ)にも普及
- → **日本でも、新たな食糧に!**
- 高知大学・前田和美先生「トロピカルポテト」命名





●根っこのにおいがすると意見も…
しかし、

◎生食可能：タイでは短冊状に切って
トウガラシ：砂糖（5：5）を振りかけて
食べると美味。チップス、フレンチフライ
にも加工可能。

和名は「くずいも」・・・イモの屑？印象が悪い
⇒トロピカルポテト（高知大学・前田和美先生）

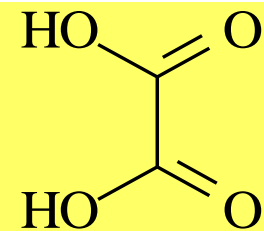
メキシコのスーパーにて



オカ Oca

(*Oxalis tuberosa*)

- 南米アンデス原産
- カタバミ科
- シユウ酸を含む



Oxalic acid

- 病害虫がつきにくい
- 塊茎が食糧になる
- チューニヨ(凍結乾燥)



オカ (Oca)

今は小さなイモだが……

ジャガイモも元はこのくらいの大きさ！

→未来の食糧になる

★ペルーで

ふかしイモのように調理して食べた
ことがある……やや酸味がある

◎シチューにも向く。

ペルー：アリトミ大使よりもらう

ペルーの民謡：♪ オカを上手につくれぬ男の
ところへはお嫁に行くな ♪

マカ

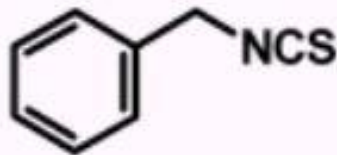
Maca

Lepidium meyenii

★日本でも精力剤として有名
◎ベンジルイソチオシアネート
を含む



アリルイソチオシアネート




ベンジルイソチオシアネート

ベンジルイソチオシアネート、
アリルイソチオシアネートには
抗菌活性。一酸化窒素(NO)
発生抑制作用

- Origen andino
- Alimento, medicinal, forraje, veterinaria

アブラナ科
マメグンバイナズナの類

原産地: アンデス
強壯剤として著名



アラカッチャ Arracacha

Arracacia xanthorrhiza

セリ科ニンジンの仲間

◎ 白いニンジン
かなり大きい
○ ニンジンとセロリ
の中間のような
味

原産地：アンデス

マシュア

Mashua o isaño

Tropaeolum tuberosum

ノウゼンハレン科

- ◎イモはチヨロギに似ている
- ◎ナスタチウム（キンレンカ（金蓮花））の仲間で花も食用になる
- 精力減退作用があるとされる

- Origen andino
- Alimento, medicinal, antiafrodisíaco

オユコ Olluco

Ullucus tuberosus

ツルムラサキ科

- ◎イモはシチューに適す
- ◎四国農試で中西建夫らが栽培したが霜害多発

- Origen andino
- Alimento, medicinal, veterinario



マウーカ

Mauca o chago

Mirabilis expansa

オシロイバナ科

◎イモ(根)にトリゴネリン(Trigonelline)を多量に含む。脳の老化やアルツハイマー型認知症予防効果の報告あり



Trigonelline

トリゴネリンはコーヒー豆に多量に含まれているが焙煎で減少する

- Origen andino
- Alimento, forraje

ペカイ マメ科

Pacae machete

Inga spectabilis

アイスクリームビーン
◎鞘の中の実を
包んでいるワタを
食べる。ほんのり
甘いが...

- Origen amazónico
- Alimento, ornamental, leña

アキラ Achira

Canna indica

カンナ科

◎食用カンナ
救荒食糧



- ❑ Origen andino costeño
- ❑ Cultivada desde hace 4 500 años
- ❑ Alimento, medicinal, forraje, envolver



未利用の穀物

雑穀や雑草のような植物でも、世界では利用されている植物がある

食歴のある植物は食べられる
美味しくないものが多い...

⇒改良：**日本の技術は世界一**

テフ <エチオピアの穀物>

Eragrostis tef (Zucc.) Trotter

- ・テフは C4 植物 (光合成効率が良い)
- ・エチオピアで、紀元前3359年から利用
- ・種子はたいへん小さい(穀物中最小)
- ・パンや、発酵食品 'Enjera' をつくる
- ・パンはスポンジ状で、酸味がある
- ・タンパク質含有量は13%もある

種子は脱粒性: 雑草化のおそれもあるが...

強いアレロパシー活性を検出 (未発表)



キウイチャ(ヒモゲイトウ) <ペルーの穀物> *Amaranthus caudatus* L.

★南米(インカ)で、7000年以上前から食用。ヒユ科(擬穀類)。C4型で高い光合成能。

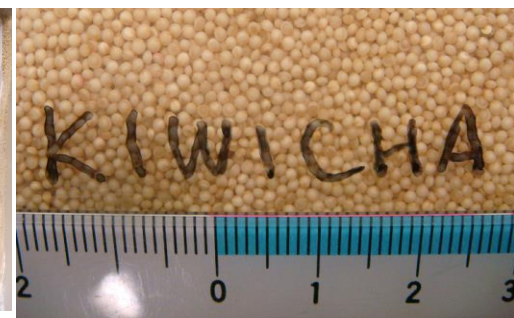
インカでは、トウモロコシに匹敵する重要作物(現在も食べられている)。

★日本に江戸時代に鑑賞用に伝来。

★小麦、米、ソバを上回る栄養価。

タンパク質16%、脂質5.5%

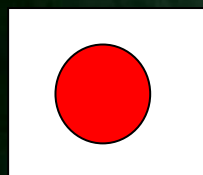
★中央農業研究センター、九州農業試験場等で研究



雑草のアオゲイトウ(*Amaranthus retroflexus*)に近縁

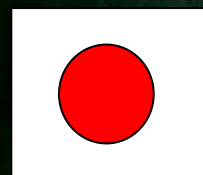
アレロパシー活性は中程度

個人的な意見(世界40か国を訪問した)



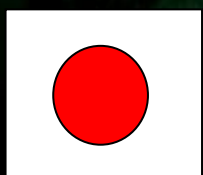
世界中で、日本人ほど、いろいろなものを食べている民族はない。

日本には世界中の美味しいもの、良いものが集まっている



日本人には、新しいものを受け入れる
勇気と好奇心があった。

危機をバネにして、しぶとく生き残る柔軟性がある



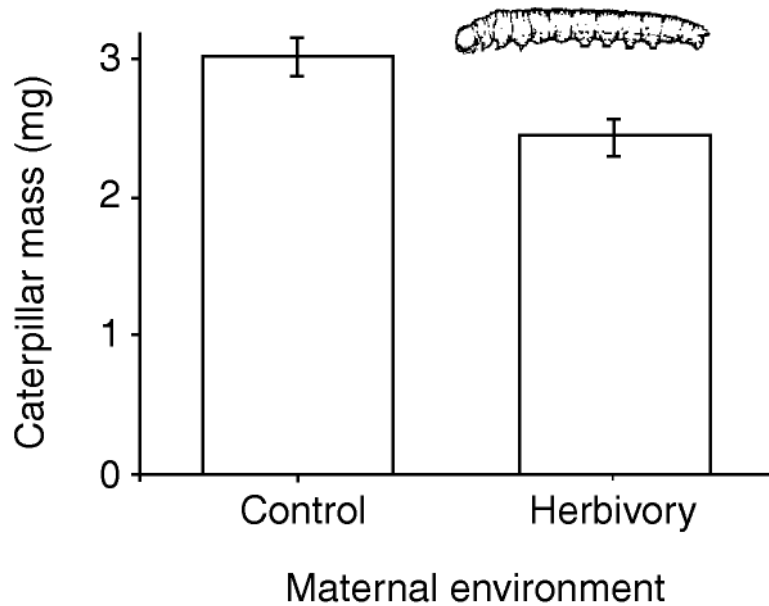
古いモノを大切にしながら、新しい
モノ(植物)も積極的に導入したい

今後もアレロパシーに関する研究を
継続したい・・・と希望しています・・・

時間があれば
レジメにありませんが
アレロパシーと進化
特にエピゲノム
について紹介します

Transgenerational induction of defenses in animals and plants

Agrawal, A.A, Laforsch, C. Tollrian, R. Nature 401, 60-63 (1999)



イモムシに食害された野生ダイコン (*Raphanus raphanistrum*) は防虫物質 glucosinolates を生産し、虫を排除するトゲを生産する
 ⇒ 食害されたダイコンから取った種子には最初からトゲができていた。

⇒ おそらくエピゲノムによる変化

Table 1 Effects of maternal environment (herbivory or no herbivory) and grandmaternal and maternal family on growth of caterpillars feeding on seedling plants

Source	d.f.	MS*	F	P
Maternal environment (ME)	1	1.503	7.516	0.009
Grandmaternal family (GF)	7	0.090	0.452	0.863
Maternal family nested within ME × GF	43	0.200	1.157	0.288
Seed mass	1	0.017	0.099	0.754
Error	74	0.173		

* MS, mean square.

エピジェネティクスと進化

獲得形質が遺伝する可能性。

生物は環境の影響で変化する。

才能は生まれつきではない。

アレロケミカルが遺伝子に影響
⇒進化に影響する

エピゲノムと生命



太田邦史 理研⇒東京大学教授
2007年文部科学大臣表彰科学技術賞
(研究部門)
講談社ブルーバックス 2013年初版
⇒エピゲノムは米国の国家最重要戦略
⇒日本でもCREST/JSTの推進事業

しかしほとんどが動物(人間)関係
植物関係の研究はまだたいへん少ない

★アロケミカルはエピゲノム
に作用し、環境適応能力を変
化させる可能性がある

アレロパシーと植物



藤井義晴 農環研⇒東京農工大教授
2009年文部科学大臣表彰科学技術賞
(研究部門)

⇒BRAIN、農食研究事業等に採択

EU、USA、中国では国家重点研究
日本でも・・・

2017.10～2022.3 CRESTに採択

★アレロケミカルはエピゲノムに作用し
環境適応能力を高める現象である
・・・という研究をやりたい
(L-DOPA、吉草酸、レスベラトロール)

詳しくは本で・・・

Epigenetics Epigenom

エピジェネティクス、エピゲノム

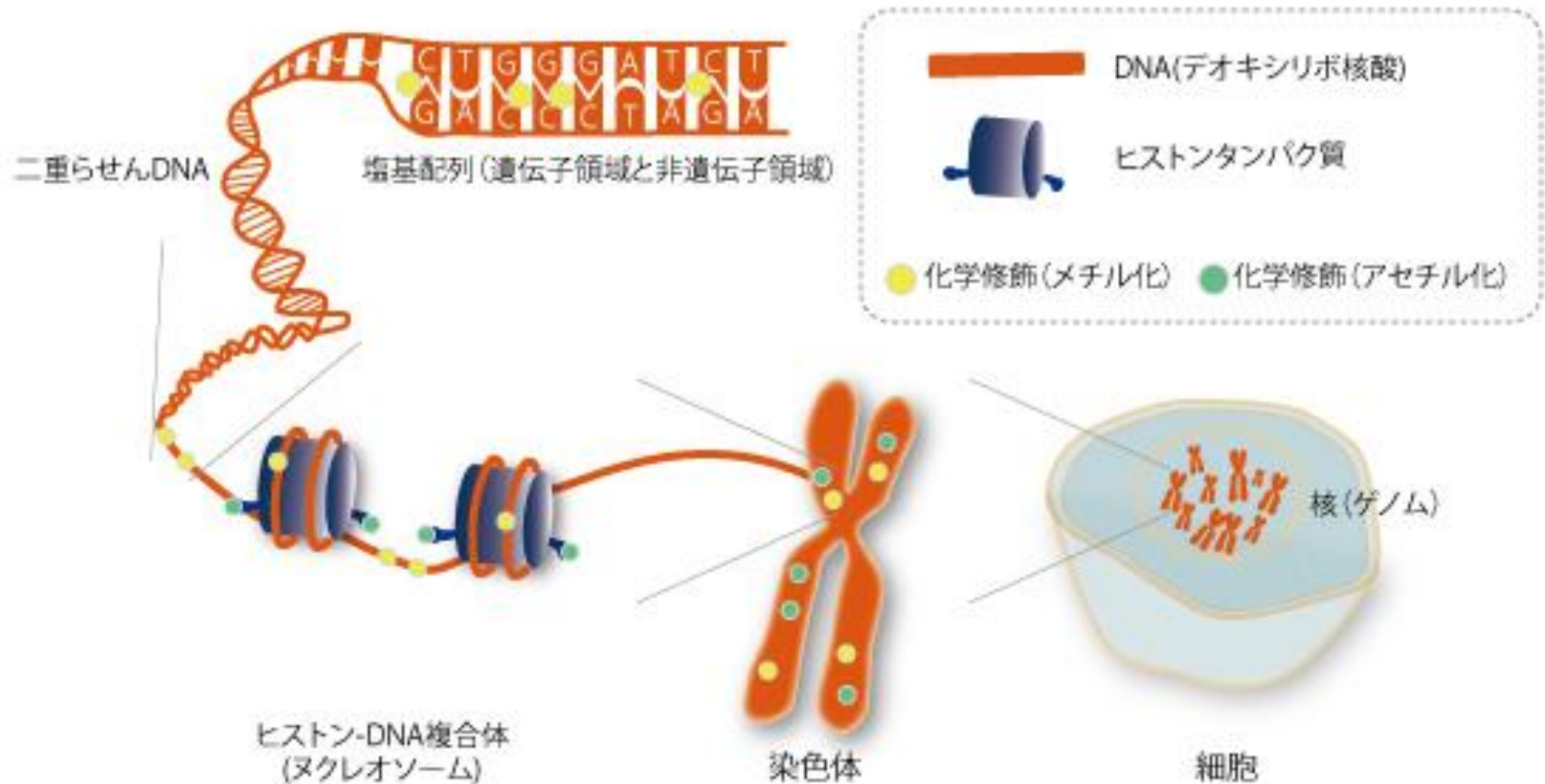
接頭辞 epi(後で付加した)とgenetics(遺伝学)を繋いだ言葉。

DNA配列によって決定される遺伝現象とは対照的に、DNAやヒストンへの後天的な化学修飾により制御される遺伝現象。
= 環境的な要因によって遺伝子の発現が制御される現象

DNAやヒストンがメチル化や、アセチル化し、遺伝の発現が制御される。

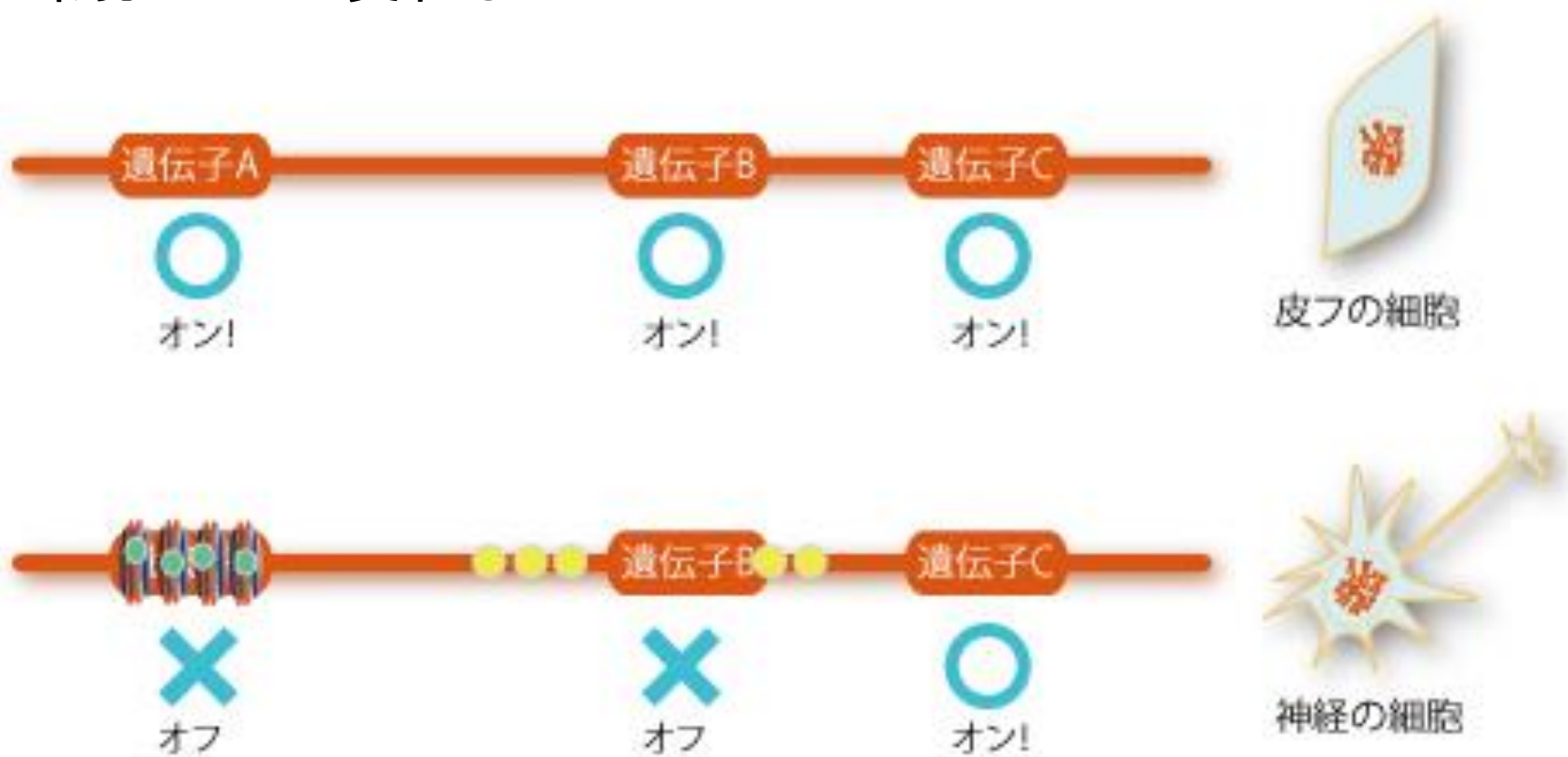
DNAやヒストンが化学修飾されたゲノムを
エピゲノムと呼ぶ。

エピジェネティクス: DNA配列の変化を伴わない遺伝子発現機構
DNAやヒストンにメチル化やアセチル化などの化学修飾がおこなわれ、これらがゲノム上の遺伝子の働きをコントロールする現象
= 環境要因によって遺伝子発現が制御される現象。



環境によって獲得された形質の一部が、エピゲノムの記憶を介して次世代に引き継がれることが明らかになってきた。

遺伝子の塩基配列は同じでも、「オン」「オフ」を担うエピゲノムが環境によって変わる

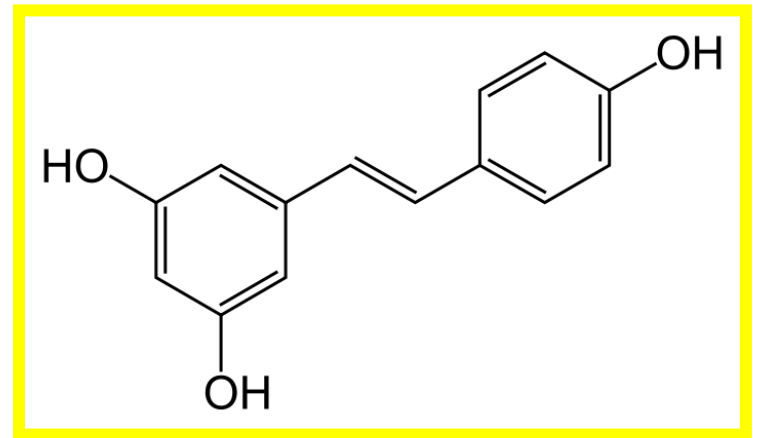


エピゲノムによって遺伝子のはたらくスイッチのオンとオフが切り替わる

レスベラトロール

有毒植物バイケイソウ (*Veratrum album*) から発見 (高岡, 1939) イタドリ、オオイタドリ、赤ブドウ果皮 (→赤ワイン)、ラッカセイの皮等にも含まれる。

マウスの寿命を延ばす物質と報告 (Nature, 2006)。飢餓やカロリー制限、運動によって活性化する遺伝子 (サーチュイン遺伝子 Sir2) を活性化すると報告。Sir2 はヒストン脱アセチル化酵素 (= エピゲノム変異を起こす酵素)



植物では「ファイトアレキシン」、あるいは「アレロケミカル」として作用。ブドウの果皮などにも含まれる「抗酸化物質」として知られていた。

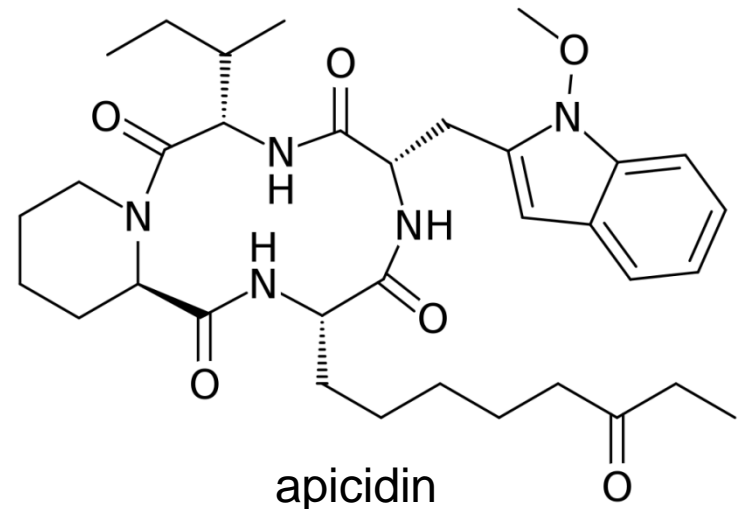
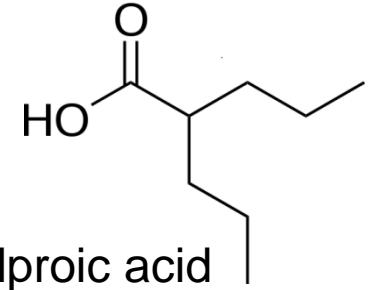
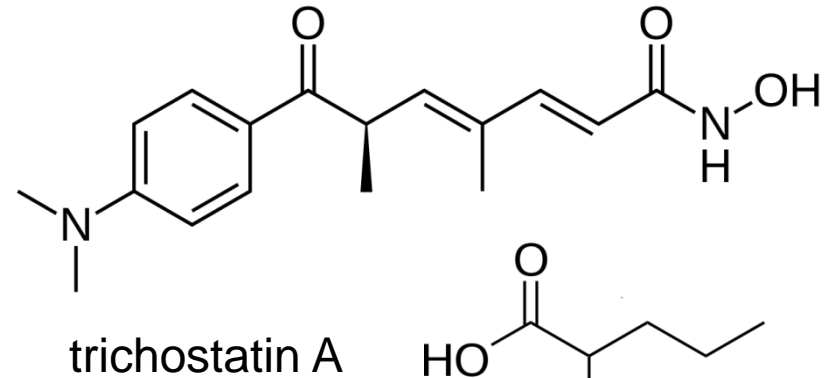
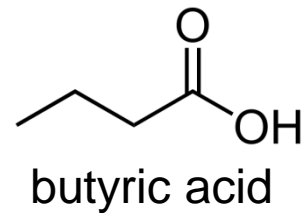
「サーチュイン遺伝子で寿命が延びる」には反論もある

ヒストン脱アセチル化酵素(HDAC)阻害剤

酪酸(らくさん、butyric acid)、トリコスタチンA(trichostatin A 略称: TSA) 塩野義製薬発見
バルプロ酸(valproic acid)。
アピシジン(apicidin)

ヒストンのアセチル化は遺伝子発現を活性化させ、脱アセチル化は遺伝子の発現を抑制していると考えられている。HDAC阻害剤は癌治療の標的分子として注目されている

=エピゲノム診断、治療薬



一方、あまり
進化していない植物もある

イチヨウ、メタセコイア、
カツラ、ドクダミ、
クレオソートブッシュ、アジャツプ

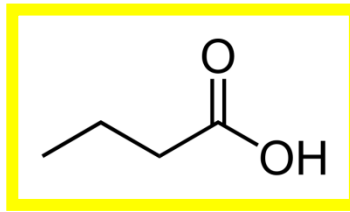
イチョウ (銀杏)

Ginkgo biloba L.

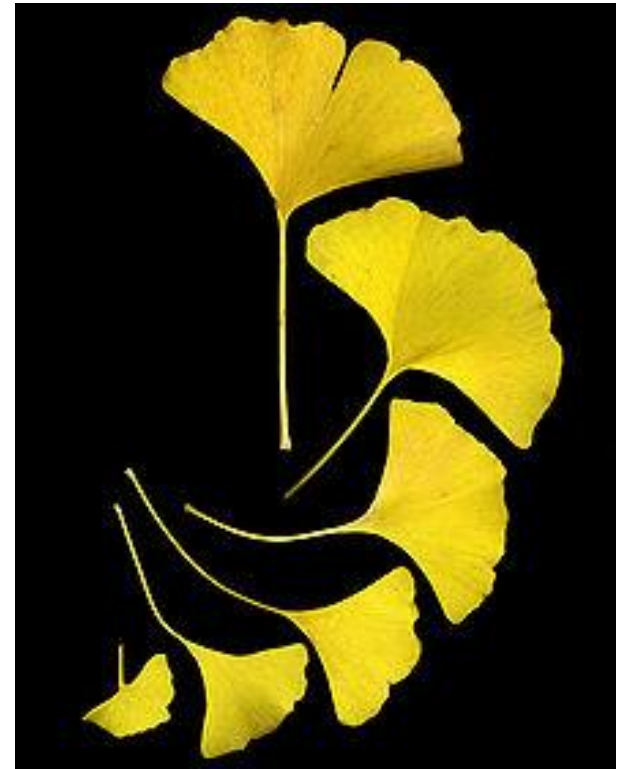
イチョウ科イチョウ属(一属一種)

裸子植物門イチョウ綱の中で唯一
の現存している種
(生きている化石)

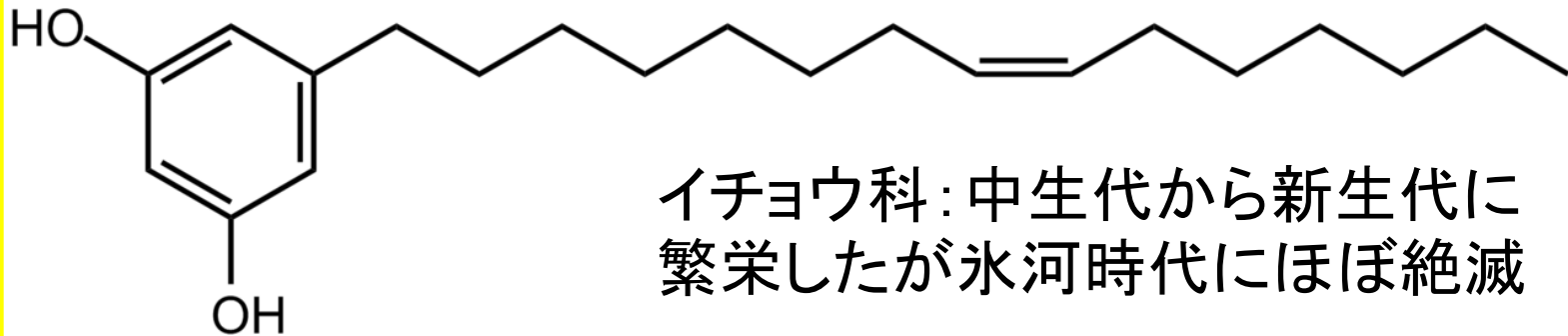
異臭の主成分は酪酸



butyric acid



かぶれる成分はビロボール



イチョウ科: 中生代から新生代に
繁栄したが氷河時代にほぼ絶滅

bilobol ビロボール

5-[(z)-pentadec-8-enyl]benzene-1,3-diol

メタセコイア

Metasequoia glyptostroboides
Hu et W.C.Cheng.

和名はアケボノスギ(曙杉)

ヒノキ科メタセコイア属(一属一種)

✖本館のすぐ裏にあるのはヒマラヤスギ

絶滅した植物と考えられていたが、
1945年に中国四川省(現在の湖北省利川市)で発見(現地名:水杉(スイサン))⇒世界に広まる

樹下に雑草がほとんど生えない

⇒アレロパシー活性大

⇒作用成分:アブシジン酸か(未発表)



ドクダミ (葎草)

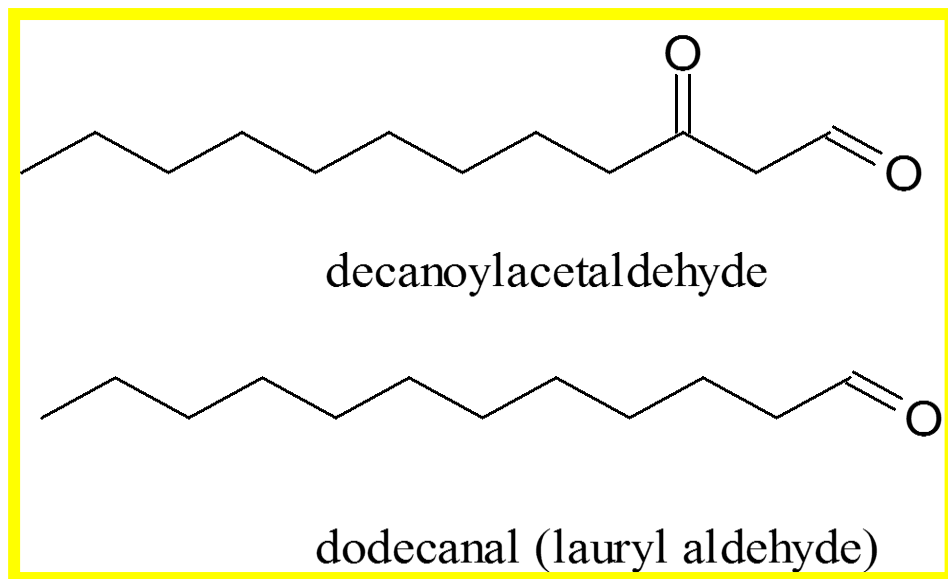
Houttuynia cordata Thunb.

ドクダミ科ドクダミ属(一属一種)

別名:ドクダメ(毒溜め)、
ギョセイソウ(魚腥草)、
ジゴクソバ(地獄蕎麦)

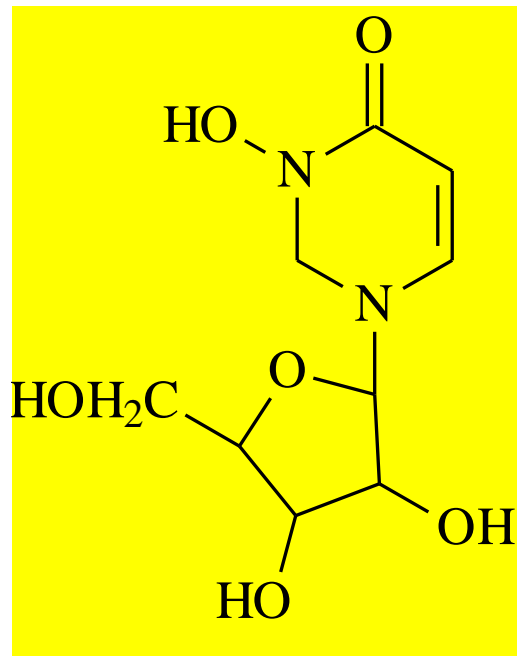


特有の臭気成分



アジャツプ

Baillonella toxisperma L.



3-hydroxyuridine 京都大学
大東先生らが発見

核酸関連物質の
アレロケミカルの
報告は珍しい

日本国特許 JP62135489
Ohigashi et al. (1989)
Phytochemistry

アフリカ、
カメルーンの
熱帯雨林の木
アカテツ科、
生育は遅いが
次第に優占す
るようになる



カメルーンの
Ndam先生



進化していない植物に 共通する特徴は何か？

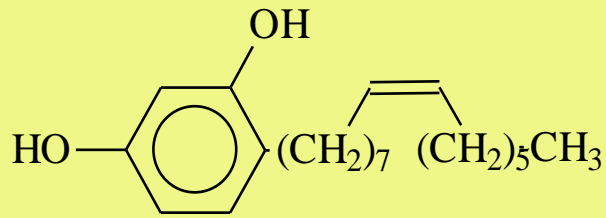
- ☠ 有毒成分を持つ
- ☠ くさい成分を持つ
- ☠ トゲなどがあり危険

強い植物は進化する必要がない

✌ 競争相手がいない場所に生息

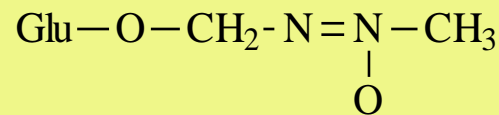
古い(化石)植物の成分

生長が遅い植物の成分



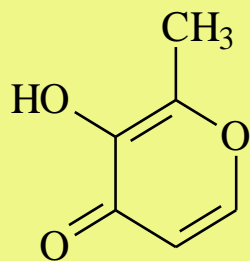
Bilobol

イチョウ (*Ginkgo*)



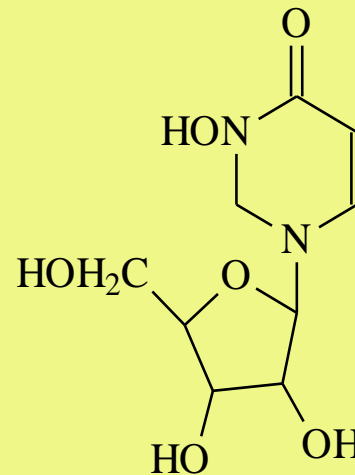
Cycasin

ソテツ (*Cycas*)



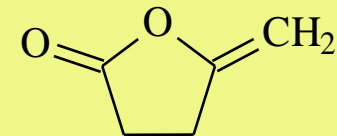
Maltol

カツラ (*Cercidiphyllum japonicum*),
カラマツ (*Larix*)



3-Hydroxyuridine

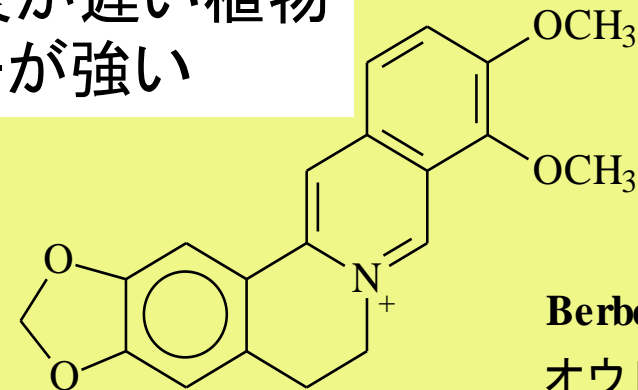
アジャップ (*Baillonella*)



Protoanemonin

オキナグサ (*Ranunculaceae*)

古い植物、成長が遅い植物
はアレロパシーが強い



Berberine

オウレン
(*Coptis japonicus*)

生存競争上有利だった アレロケミカル(=二次代謝物 質)を含む植物が生き残る アレロパシー仮説 1

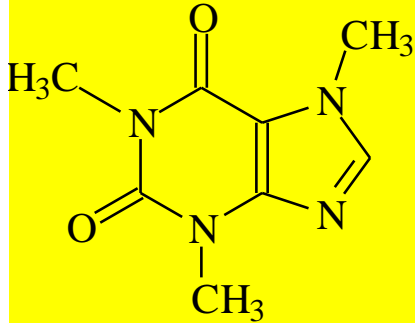
二次代謝物質: 特定の植物に含まれる固有の物質。アルカロイド、テルペノイド等*。
一次代謝物質(タンパク質、核酸、脂質、糖などの生命維持に不可欠の要素)でない
偶然生成→他の生物との競争上で有利
植物に特異的に含まれるようになった

* 植物の持つ毒や薬用成分もアレロケミカル

カフェイン

テオブロミン

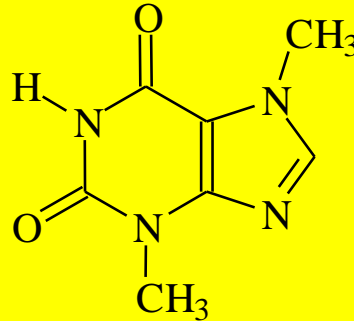
テオフィリン



Caffeine

1,3,7-trimethylxanthine

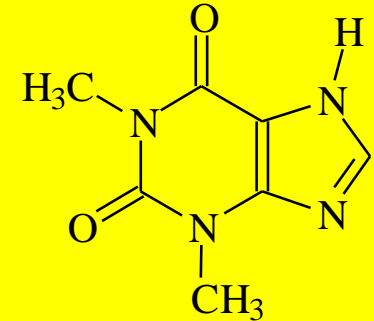
Coffea spp (Coffee),
Camellia sinensis (Tea),
Ilex paraguayensis (Mate),
Paullinia cupana (Guarana),
Cola acuminata (Cola)



Theobromine

3,7-dimethylxanthine

Theobroma cacao (Cocoa),
Camellia sinensis (Tea),
Paullinia cupana (Guarana),
Cola acuminata (Cola)



Theophylline

1,3,-dimethylxanthine

Camellia sinensis (Tea),
Paullinia cupana (Guarana),

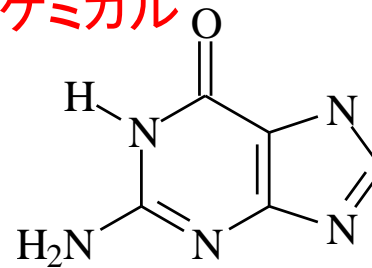
カフェイン植物

カフェインに弱い除草活性 = アレロケミカル

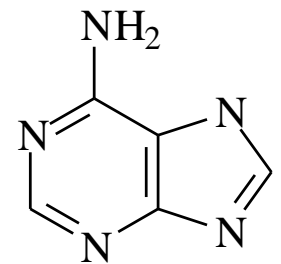
…コーヒーのプランテーション

では下草が少ない

…選択毒性 (マメ科は耐性)



Guanine



Adenine

カフェインはDNA複製を妨げるとの説がある。
 最近、ガン細胞のDNA複製を阻害することで
 抗ガン剤の作用を増強する効果が報告 (金沢大)。

アレロパシーは、弱い植物、 成長が遅い植物、古い植物、 絶滅危惧種の生き残り手段 アレロパシー仮説 2

アレロケミカル: 偶然生成 → 他の生物との
競争上有利 → その植物が生き残る ⇒
特定の植物に特異的に含まれるようになった
ソテツ (*Cycas*), イチョウ (*Gynkgo*), カツラ,
キンポウゲ科植物 (*Ranunculaceae*).....
→ 強いアレロケミカルを持っている植物は
進化(変化)する必要がなかった