

植調

第39巻第4号



オッタチカタバミの種子 (*Oxalis stricta* L.) 長さ1mm

財団法人 日本植物調節剤研究協会編

中期・一発処理剤の効果安定につながる、 初期除草の定番！

水田用初期除草剤

初ベクサー® フロアブル
1キロ粒剤

特長

- 発生前～始期の使用で、後に使用する中期剤・一発処理剤の効果をさらに安定させます。
- すぐれた経済性で、低コスト稲作に貢献できます。
- 人畜・水産動物・環境に低毒性です。

©科研製薬(株)登録商標

JAグループ
農協 | 全農 | 経済連

三井東圧農薬株式会社
東京都中央区日本橋1-12-8

安心と安全の

農林水産省登録第20958号

バスタ® 液剤

大切な作物のそばに

◎は登録商標



作物まわりの
除草なら、バスタ。



人畜や有益昆虫、
水産動植物に安全。



成分が
土に残らず安心。



幅広い
登録作物数。

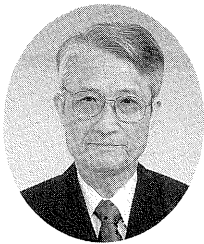


Bayer CropScience

- 使用前にはラベルをよく読んで下さい。●ラベル記載以外には使用しないで下さい。
- 本剤は小児の手の届く所には置かないで下さい。

バイエルクロップサイエンス株式会社
東京都千代田区丸の内1-6-5 〒100-8262
www.bayercropscience.co.jp

巻頭言



新技術のリスクにおびえベネフィットを失ってよいのか

(財)日本植物調節剤研究協会 理事
東京農業大学 教授

藤巻 宏

昨今、地球環境や健康への関心の高まりの中で、農業のあり方や食の安全性がよく論議されるようになり、これらの問題が大学の卒業論文や修士論文のテーマにも頻繁に取り上げられるようになった。「環境保全型農業」をはじめとして、「有機農業」、「自然農法」、「持続型農業」、「無農薬栽培」「非組換え農産物・食品」など、環境や健康に配慮した農業のやり方が提起され試みられているが、それらの考え方もやり方もさまざまである。こうした環境に配慮した農業の原点は、レイチェル・カーソンの「沈黙の春」や有吉佐和子の「複合汚染」などの指摘どおり、農業資材の多用による自然の生態系の攪乱や破壊にあるとされ、従来からの農薬や肥料に依存し過ぎる農業のやり方が批判され危惧されるようになったところにあると考えられる。

そもそも農業を営むには、多かれ少なかれ自然生態系の破壊は避けられないが、長期にわたり高生産性農業を営むには、持続的に再生産のできる耕地生態系を確立することが望ましい。その意味では、二千年来、毎年イネを連作しても、耕土の流亡や収量の低下を招かない水田稲作農業では、「水田生態系」とでも言うべき固有の持続性の高い生物と環境のバランスができあがっているとみることができる。

ところで、過度の農薬や肥料の多用による自然生態系の攪乱・破壊や環境汚染は、極力避けねばならない。しかし、節度ある資材の投入は、高生産性農業を持続的に営むには不可欠である。その一方で、自然は安全で人工は危険という科学的根拠に乏しい信念に基づく自然農法などに

は、思わぬ落とし穴があることを忘れてはならない。

古今東西、すぐれた新技術には、計り知れないベネフィットがある一方で、克服しきれないリスクが伴いがちである。たとえば、自動車、電車、飛行機などの高速交通機関は、現代人にはもはや欠かすことのできない大きなベネフィットをもたらしている。その一方で、不幸な交通事故のリスクを完全に排除することはできていない。

現代社会に大きな波紋を起こしているバイオテクノロジーやGM（組換え）農作物・食品には、大きなベネフィットが期待できる。それにもかかわらず、科学的根拠に乏しいリスクにおびえ、新技術やその産物を拒絶する傾向があるのは、誠に遺憾と言わざるをえない。

二十一世紀の地球規模問題とされる食料不足、環境劣化、化石エネルギー資源枯渇などの解決には、地球生態系のあらゆる生物種を遺伝資源として活用できるバイオテクノロジーが掛け替えのないベネフィットをもたらすことは、疑う余地がない。科学的根拠に乏しいリスクに対する恐怖から大きなベネフィットを失ってよいはずがない。人の英知と科学技術によりリスクを最小にし、新技術のベネフィットを最大限享受することが現代に生きる私たちの勤めではないだろうか。また、そうすることが私たちの子孫の幸せにも通ずるのではないだろうか。逆に、根拠の少ないリスクにおびえ新技術を拒み続けると、その付けは、子々孫々にまで回されることになるのだろうか。

目次

(第39巻 第4号)

巻頭言 新技術のリスクにおびえベネフィットを 失ってよいのか 1 ＜財団法人植物調節剤研究協会 理事 東京農業大学 教授 藤巻 宏＞	シリーズ外来雑草は今…(17) 23 セイタカアワダチソウは戦前に日本に侵入し、 戦後大きく広がった ＜岡山大学資源生物科学研究所 榎本 敬＞
除草剤試験をふりかえって 3 ＜前植調山口試験地 主任 中島敏男＞	新登録農薬紹介 29 シュードモナス フルオレッセンス剤 セル苗元気 ＜多木化学㈱研究開発本部 バイオグループ 吉見幸彦＞
稲由来の除草剤抵抗性 ALS を利用した 選抜マーカー 11 ＜クミアイ化学工業㈱生物科学研究所 清水 カ＞	植調試験地だより 34 秋田試験地 ＜財団法人植物調節剤研究協会 秋田試験地 鶴谷明宇＞

よりよい農業生産のために。三共アグロの農薬



●時代先どり、ジャンボな省力
投げ込むだけの一発処理除草剤

クサトリエース® Hジャンボ®
Lジャンボ®

●効きめの長〜い
初・中期一発処理除草剤

ラクダー®
Hフロアブル・Lフロアブル

●効きめの長〜い
初・中期一発処理除草剤!!

ラクダープロ
フロアブル・Lフロアブル・1キロ粒剤75/51

●三共の優れた製剤技術から生まれた
グリホサート液剤

三共の草枯らし®

●移植前後に使える
初期除草剤

シング® 乳剤

●SU抵抗性雑草(ホタルイ等)に3成分で効果がある
投げ込み型一発処理除草剤

クサトリードX® ジャンボ®H
ジャンボ®L

●ノビエ3.5葉期まで使える
新しい中期除草剤

ザーベックスDX® 1キロ粒剤

●使いやすい
初期一発処理除草剤

ミスラッシャ® 粒剤
1キロ粒剤

●SU抵抗性の
アゼナ・ホタルイに!

クサコント® フロアブル

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●本剤は小児の手の届く所には置かないでください。



三共アグロ株式会社
SANKYO 〒113-0033 東京都文京区本郷4-23-14
<http://www.sankyo-agro.com/>

除草剤試験をふりかえって

前植調山口試験地 主任 中島敏男

縁があって植調試験地へ仲間入りしたのは平成4年4月、その頃の水道除草剤は、既存の3キロ剤からフロアブル剤、1キロ剤、ジャンボ剤などの出始め或いは開発間もない時期であった。

農家に生まれた私は、第二次大戦中の学童時分から水稻作を肌身で覚え、就職直後の8年間も稲と水の試験業務に携わっていたが、育苗法をはじめとする栽培管理はその後の30年間で大きく変わり、除草剤との係わりも殆どなくて不安っぱいのスタートであった。

この不安を少しでも除くために、平成3年9月1日に前広島試験地の江戸さん宅を妻と共に訪問し、試験手法など試験地運営全般にわたってご教示を仰ぎ、再度伺って試験用資材の見本を頂いたことなどが思い出される。また、植調協会や地域の支部長・試験地の諸先輩からは懇切なご指導とご助言、農薬メーカー各位からは数多くの情報そしてご支援を賜り、どうにか事が運べたような気持ちがしている。ここに併せて厚くお礼申し上げたい。

協会が目的とする「環境保全を基に農林業の近代化と生産性の画期的向上をはかる」ことへ

の細かな力になっているという誇り、使命、やり甲斐を支えにして、充実感のある日々を過ごした13年間でふりかえってみることにする。

1. 山口試験地の立地条件

試験地は山口県のほぼ中央部の瀬戸内沿岸に面する防府市にあり、標高10m、年間平均気温14.9℃、年間降水量1,650mmの温暖・多雨条件下にある。

圃場は花崗岩に由来する洪積層に沖積層を覆った細礫に富む砂壤土で、pH(H₂O)5.9、土壤粒子間の付着力、凝集力が乏しく、水中沈定容積や可塑限界の小さい土壌である。土壌の理化学性は表-1のようである。

従来から稲作に最適の湛水透水性は1.8cm/日とされ、農水省が定める「地力増進基本指針」によるそれもこれと同じかやや上回る数値を目標としているが、当試験地の日減水深は2.7cmと2.5cmである。

当地域の水田では代かき後の日数経過に伴って土が硬く締まる「イツキ」が生じやすいので、1～2日後の移植が慣例化している。農家が除草剤散布時に気づいた欠株に補植したものが、

表-1 試験土壌の理化学性

EC mS/Cm	腐植 (%)	T-N (%)	CEC (meq/ 100g)	交換性			塩基 飽和度 (%)	トリア P ₂ O ₅ (mg/100g)	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₅ (%)	粒 径 組 成 (%)			
				CaO	MgO	K ₂ O					粗砂 2～0.2mm	細砂 ～0.02mm	シルト ～0.002mm	粘度 0.002以下
0.09	3.5	0.14	9.4	150	15.6	24.4	70.9	48.3	9.9	0.47	49.2	23.4	15.4	12.0

例外なく葉害症状を示すのもイツキと無関係ではないと思われる。試験圃場においても移植苗の根部損傷を少しでも和らげるために、耕起及び代かきの時期・程度には配慮し、移植前処理日の短縮も大目に見て頂いていた経緯がある。

このほか砂壤土水田では、各区の水口はT字型パイプ（植調秋田鈴木式）が欠かせないし、減水深が大きいことによる灌水手間も要るが、湛水田での歩行が極めて容易であるため、諸々の作業や調査には楽な面があり、特に雑草抜き取りや塊茎掘取りでのプラス面は見逃せない利点と思われる。

2. 試験実施前の周到な諸準備

1) 実施計画書の整備と調査野帳準備

適2試験の場合は、すでに検討された設計内容であり妙味はないが、定められた設計を誤りなく効率的に行き、適確な結果・判断を得るための準備が必要なことは言うまでもない。

この準備内容については、地域の実情や人それぞれで異なるのは当然である。私の場合は、例年2月中旬頃から3月にかけて配分される剤について、まず、区番号を付して設計内容を一覧表とし、畦畔板の張り方を兼ねた試験区配置図を作成する。別に各剤の成分含有率及び委託会社別の整理表を作っておくと便利である。ほかに試験区作り用畦畔板の長さや数、区画寸法固定用女竹及び塩ビ製ピン、T字型パイプ水口板の数、区当たり薬剤の秤量と数、暦日的処理時期一覧表、塊茎及びセリの埋め込み区早見表を予め用意しておいた方がよい。

調査データの収集・整理については、近年、便利な機器の出現で色々な方法が用いられているが、基本はやはり観察とメモと思われる。私は多少古典的とは思っても、生育調査、穂数調

査、雑草発生観察調査、雑草抜取調査に用いる各区毎の野帳、それに処理時期を3～4大別した葉害発生調査及び藻類発生調査用書き込み野帳を用意して臨んだ。

2) 試験圃場の準備

耕起時期：秋冬耕は収穫ワラの鋤込みで飛散防止や腐熟促進には役立つが、土壌の乾燥化による雑草の発生減や「イツキ」を招きやすくなることから、4月下旬以降の2回耕起に止めるようにした。

セリ及びカズノコグサの搬出：自然発生のセリは個体間差が余りにも大きく、不均一に偏在している場合が多い。掘り取って後述の検定用植付け苗に活用することにした。近年多く見られるカズノコグサは、湛水後も生き残って観察時に目障りになるばかりか、時には発生雑草と間違えう恐れもある。入水前の除去が望ましいと思っている。

3) 雑草種子・塊茎の増殖、採取、保存

試験地の仕事をするようになって最も気掛かりな事項であった。まずは植調研から昭和62年3月に出された「水稻用除草剤の試験に際しての注意事項」のコピーを頂き、地域内試験地の諸先輩から再三再四にわたるご指導を受けながら取り組んできた。

試験着手当初からノビエ、ホタルイ、広葉主要雑草の採種は殆ど問題なかった。しかし、ミズガヤツリとウリカワについては、他場所に準じて底に網目の入った育苗箱による増殖を2年行ったが、質量ともに充分でなく、圃場の端で殖やす方法が確かであることが解った。これは砂壤土のために育苗箱での養成・増殖に限度がある一方、掘取りなどの作業面が極めて容易であるのも一因と考えられる。

このほか、種子・塊茎の保存や予措について

は協会が著している「水稻除草剤試験の手法」に沿って行ったが、ホタルイの光発芽性を軽視して発芽率の劣化と不揃いを招き、種子発芽生理の習得と重要性を改めて痛感させられたこともあった。

4) 植付け用セリ苗の養成

セリは養成が比較的容易で、重要度があまり高くない雑草のためか詳しい記述がない。

当初は溝のセリを植付け時に切断使用していたが、結果に乱れが出て釈然としなかった。そこで移植前15～20日頃に、圃場の準備かたがた水田内や畦畔際に生えている株を堀取り、なるべく節間が短くて髭根のある2節を切断し、苗株を大小二大別して水のある溝に並べて置く。通常は1,200～1,500個くらいで間に合っていた。この養成苗を使用後は結果に納得できるようになった。

3. 人との繋がりと情報収集の重要性

1) 県農業試験場との連携

試験地と県農試との距離は18kmである。その県農試は私が長年過ごした職場で、仲良くして頂いた多くの研究職員や雇用の小母さん達がおられ、終始その方々による親身の手助けを受けて幸せであった。

すなわち、試験場の作業や調査に熟達の小母

さん達は、試験の精度向上や高能率化に欠かせないし、特に手植えの田植えでは能力を発揮してもらった。また、畦畔板打ち込みの試験区作りでは、例年若手研究員による大活躍なしでは出来なかった。

さらに各年の水稻作況データ速報や農業技術・普及全般にわたる新情報の聴取、試験用資材の幹旋、雑草種子・塊茎の交換などのために赴いた。時には用事もないのに出掛けて、つまらない話やスポーツ談義のときもあったが、農試の皆さんが快く相手して下さったことに改めて感謝を申し上げたい。

訪問した回数は表-2に掲げたが、13か年間に409回、年平均では31回も伺っている。

2) 農薬会社の来訪実態

来訪は主に委託剤の実施経過と観察調査のためであり、剤や設計内容の説明などのためもあった。来訪時の会話内容は殆どメモランダムし、業務に落ちがないように努めたが、今その綴りを手にして膨大さに驚いている。表-3に整理してみると実に多くの方々と接し、平成4年の北興の方と平成10年ゼネカの外人7名の内5名だけが氏名未記入になっている。

来訪に際しては、私がJR駅までの送迎を原則としていたが、これは仕事の都合からの勝手な申し入れでもあった。

表-2 県農業試験場への訪問回数

年 度	平4	平5	平6	平7	平8	平9	平10	平11	平12	平13	平14	平15	平16	合計
回 数	48	40	37	33	33	36	37	36	27	25	19	19	19	409

表-3 委託会社の来訪実態

年度	平4	平5	平6	平7	平8	平9	平10	平11	平12	平13	平14	平15	平16	合計
来訪社数	12	11	13	17	18	14	14	11	12	9	11	9	12	163
〃 回数	28	25	27	24	31	23	30	21	21	15	14	13	16	288
〃 人員	37	34	34	34	35	29	38	30	27	20	17	22	20	377

来訪された大部分の方は働き盛りの年齢であり、数多くの情報はもちろん刺激や励ましも頂いて、業務の活力源にもなった。試験地に着かれると、まず私の方から30分程度調査結果のあらましを報告し、観察調査終了後に再び30分ぐらいの意見交換時間を持つことを習わしとさせてもらった。

13年間に288回、377人の来訪を受けており、1社当たり最多来訪者は平成10年に10名がある。同じ年の7月8日には1日で6社の来訪があり、時間的に最も晚くなった会社の方は19時過ぎとなり、随分と迷惑をかけたばかりか対応が疎かになったこともあった。

また、自戒と言えば唯の1件だけ来訪をお断りしたこともある。平成7年に起こしたデュポン社の大谷正志さんである。前日夜の申し入れとは言え「何のために仕事をしているのか？」について猛省させられた。大谷さんが山口県吉敷郡阿知須町出身のこともあって、その後は却って心安くなれたのには救われた。

4. 環境条件と薬害

最近開発された除草剤は水稻に対する安全性の高いものが多いものの、土壌や気象、苗質によっては薬害の発生を見ることがある。

前述の立地条件で少し触れたように、山口試験地のような砂質土壌では除草剤の吸着力が弱いので水中濃度が高くなり、水稻の根部や茎葉部に接触して薬害を生じ易くなることが多い。また、植穴への土の戻りが悪く、薬液が裸状態に近い根部へ集中して薬害を助長するであろうことを、フロアブル剤の出はじめ頃に論議したことがある。

一概に薬害と言っても発生症状、症状の程度・期間、回復性など様々のものがあり、それらを水稻の作期や品種、草型との関連で捉え、延いては現場での対応の術が必要なことはもちろんである。

葉鞘褐変や流れ葉、葉枯れ、矮化、株絶えの症状を見落とすことはまずないが、最近草丈や分けつ抑制を示す剤が多く、その現れ方も少

表-4 植調山口試験地における薬害発生率(適2試験対象で非公開、作用性、畦畔剤は除外)

試験年次	供試剤の発生率(%)			処理区の発生率(%)			処 理 時 期 別 発 生 区 数								
	供試 剤数	発生 剤数	発生 率	処理 区数	発生 区数	発生 率	－4	＋0	＋3	＋5	1.5 葉	2.0 葉	2.5 葉	3.0 葉	移植後 18日～
平成4年	18	10	55.6	51	20	39.2	5	3	1	5	2	3	1	0	－
＂ 5年	22	16	72.7	67	28	41.8	3	1	2	12	2	7	1	0	0
＂ 6年	36	21	60.0	101	50	49.5	6	6	6	9	3	5	6	6	3
＂ 7年	37	20	54.1	107	31	29.0	3	13	3	9	0	3	0	0	－
＂ 8年	40	17	42.5	106	32	30.2	1	8	2	12	2	2	4	1	0
＂ 9年	30	12	40.0	80	26	32.5	1	6	0	6	3	4	3	2	1
＂ 10年	19	17	89.5	56	29	51.8	1	6	0	9	2	3	3	2	3
＂ 11年	18	14	77.8	44	20	45.5	1	5	0	9	3	2	0	0	0
＂ 12年	20	17	85.0	52	30	57.7	2	4	4	12	1	4	2	1	－
＂ 13年	31	18	58.1	94	29	30.9	2	9	1	9	0	2	4	2	0
＂ 14年	34	22	64.7	103	36	35.0	1	10	4	7	3	7	4	0	0
＂ 15年	32	16	50.0	102	28	27.5	0	3	5	6	1	1	2	0	10
＂ 16年	39	19	48.7	119	35	29.4	0	10	6	7	0	3	2	2	5
計	375	219	58.4	1082	394	36.4	26	84	34	112	22	46	32	16	22
注) ＋1処理は＋0に含めた。				全処理区数			52	129	70	235	87	186	176	65	82
移植前処理は－3もある。				発生率(%)			50.0	65.1	48.6	47.7	25.3	24.7	18.2	24.6	26.8

しずつ違っている。また、時に抑制とともに葉身の撥水性が劣ったり葉色淡化の症状が見られることもある。

観察調査は一定の方向からだけでなく、天候や時間帯によって惑わされる恐れもあるので、十分な注意が必要である。

表－４は山口試験地の13年間における葉害発生率とその処理時期別内訳を示し、表－５では発生した葉害の程度、葉害発生区の精籾収量比、葉害の発生と気象条件の関係を知ろうとしたものである。

受託剤が年々異なり、山口試験地には砂壤土適性を確かめるための剤の傾斜配分もあることから厳密な検討はできないが、得られた結果を整理すると大略次のとおりである。

① 13年間の供試剤総数は375、処理区総数は1,082、この平均葉害発生率は供試剤では58

％、処理区では36％である。

② 年次別にみた葉害の発生率は、供試剤では40～90％、処理区では28～58％の大差となり、処理区での多発は平成6年、平成10年、平成12年、少ない発生は平成8年、平成15年、平成16年となっている。

③ 処理時期別の発生率は、概ね処理期が晩くなるに伴って低くなっており、3葉期及び移植後18日以降での乱れは、大部分が葉枯れ発現剤と平成15年と平成16年に供試した或る中期剤が関与している数値である。

④ 発生葉害の内訳は殆どが微（極微も含む）程度で発生した区の95.6％、小程度が3.6％、中程度が0.8％となっている。

⑤ 葉害による水稲収量への影響は、在任13年間に継続判定とした減収剤がごく一部にみられたが、それらを含む葉害発生区の対完全除草

表－５ 葉害程度及び葉害発生区の収量比、年次による葉害発生の多少と気象条件

試験年次	処理区別葉害の有無					発生区収量比(%)		葉害 発生 の 多少	移植後1か月の合計値				移植 月日
	葉害症状程度					指 数 領 域	指 数 平 均		平均気温 (℃)	日照時間 (h)	降水量 (mm)	降水日数 (日)	
	無	極微	微	小	中								
平成4年	3 1	1 6	3	0	1	89～103	99.1		661.1	70.5	182	12	6/14
" 5年	3 9	2 5	3	0	0	98～103	100.0		683.7	54.4	479	20	6/12
" 6年	5 1	4 4	3	3	0	91～103	99.5	多	758.6	195.0	90	6	6/14
" 7年	7 6	3 1	0	0	0	98～105	100.4	少	681.3	93.2	455	15	6/13
" 8年	7 4	2 9	1	1	1	93～104	99.2	やや少	691.8	56.2	357	16	6/11
" 9年	5 4	2 1	3	2	0	95～105	99.3		714.4	131.6	337	10	6/10
" 10年	2 7	2 5	4	0	0	94～104	98.1	多	728.0	132.9	296	12	6/ 9
" 11年	2 4	1 8	2	0	0	96～102	98.9		680.1	110.8	293	14	6/ 8
" 12年	2 2	1 9	5	5	1	91～102	99.0	多	734.7	159.3	204	11	6/13
" 13年	6 5	2 8	1	0	0	97～103	99.2		728.6	95.3	492	18	6/12
" 14年	6 7	2 7	9	0	0	98～103	99.2		703.8	130.1	241	13	6/11
" 15年	7 4	2 2	6	0	0	95～103	98.2	少	687.3	38.4	306	19	6/10
" 16年	8 4	3 2	3	0		96～104	99.2	少	775.5	137.1	243	12	6/15
計	688	377	14	3		平均	99.0		709.9	108.1	306	13.6	6/12
(比率)	(63.6)	(34.3)	(1.8)	(0.3)	注) 収量比は完全除草区対比。無は葉害無し								

区収量比は、各年次ともに100前後であり、平均値99.0%が示すよう全体的な影響は殆どないとみてよい。

⑥ 13年間で葉害程度「小」と「中」の17処理区も、対完全除草区の収量比は89～99%（平均95.5%）に収まっている。

⑦ 各年次の移植期から1か月間（30日）の平均気温、日照時間、降水量について、日別合計数値の13か年平均値に対する各年次の比率から気象概況を整理し、葉害発生との関係を窮知しようとした。

それによると、ごく大まかには高温・多照・寡雨条件下で発生が多く、気温はあまり高くなく・寡照・多雨条件の年は発生が少ないように見受けられる。ただし、平年16年は少ない発生に拘わらずこの条件から遺脱している。これは処理中或いは処理後間もない移植後9日目から5日間が、集中的な多雨・寡照条件にあったためと考えられる。

⑧ 葉害発生と移植後15日間の気象条件との関係についても、上記と同じかやや密接な関係であったが、晚い処理期もあることから見送った。さらに処理期の細区分によって気象条件との関係をみることに意味があろう。

5. 頑なに続けたいくらかの手法と調査

1) 手植えの励行

適2試験の場合は作業体系や肥培管理など耕種法全般にわたって、なるべく現場の実情に応じて行うことが重要かも知れない。しかし、一方では対象とする作物や生産資材が持っている本来の特性を、正しく把握できる手立ても疎かにできないと思われる。

試験地初年目は田植機による移植を行った。ところが、植付本数が1～2本や十数本の株、

加えて畦間も広狭あったりして散々であった。移植後15日目頃の生育調査は殆ど意味のない状態となり、特に葉害の観察調査は極めて難しく、戸惑いを感じた。

田植機使用技術の巧拙に起因しているのは解っていたが、機械操作が上手になる自信はなく、次年度以降から手植えに切り替えた。

手植えは、農試で鍛えた超熟達の小母さん達で1株3～4本ずつ上手に行うことができ、以後の諸調査になんら支障はなかった。

2) 収量調査の続行

平成16年度改定、未定稿の「水稻関係除草剤試験実施基準」Ⅱ. 適2試験では、水稻の収量調査について述べられている。

それによると、葉害が認められない場合は穂数および収量調査を省略することができ、初期に葉害が認められても回復が確認された場合には、その後の調査を省略することができる。と示してある。

未定稿の段階なので検討の余地は残されていると思われるが、「省略」「できる」の巧みな表現には関心させられる。また、※を付してあるのも意味がありそうである。試験の効率化・省力化、時の流れに沿っての動きで致し方ない決断かも知れない。

試験地全般では、平成12年度から収量調査を省略する場所が散見され、平成13年度以降は大部分の試験地で取りやめている。山口試験地では葉害の有無や回復性に関係なく調査を継続してきた。それは、除草剤の受け手である農家が、除草労力の軽減と収量確保を求めているからである。収量データのない資料では、現場への普及見込みも薄らぐのが必定である。

試験地では、秋10月に入ると調査・作業労力に一段と余裕ができ、時候も良くなって雇用労

力も得られやすい。古来からよく言われている「収獲の喜び」があってこそ、真の稲作、農家であることを認識する必要がある。

3) 発生雑草の乾物表示

供試剤の評価や判定に欠くことのできない除草効果は、残存雑草量の有無あるいは多寡によって決まるのが普通である。

以前、全国各場所の雑草発生量を、協会の適2成績概要で調べたことがある。

平成11年度のそれによると、一年生雑草の発生量は概ね寒地ほど多く、北海道・東北・北陸地域は九州地域の2倍以上あり、全国平均では108.2g/m²となっている。そのうち、ノビエの占める割合は、近畿・中国・四国でやや低率だ

表-6 山口試験地における発生雑草の乾物率(%)

	試験年次	ノビエ	コナギ	他広葉類	ホタルイ	ミズガヤツリ	ウリカワ	セ リ
無 除 草 区	平成 4年	11.1(4)	5.5(4)	8.3(4)	11.1(4)	8.8(4)	6.9(2)	9.4(4)
	平成 5年	12.7(4)	5.9(4)	7.1(4)	11.1(4)	9.5(4)	6.7(4)	9.6(4)
	平成 6年	13.1(12)	5.9(8)	6.2(12)	11.4(12)	9.5(12)	6.5(12)	9.2(12)
	平成 7年	11.7(4)	5.3(4)	6.3(4)	11.1(4)	9.1(4)	6.9(4)	8.7(4)
	平成 8年	12.9(4)	5.5(4)	5.6(4)	10.9(4)	10.7(4)	6.6(4)	9.5(4)
	平成 9年	13.5(4)	5.1(4)	5.7(4)	10.7(4)	9.7(4)	5.4(4)	8.2(4)
	平成10年	13.3(8)	6.4(8)	6.0(4)	11.3(8)	10.8(4)	7.0(8)	9.6(8)
	平成11年	13.6(6)	6.2(6)	5.7(6)	11.7(6)	10.1(6)	6.4(6)	9.5(6)
	平成12年	13.8(6)	5.6(6)	5.8(6)	11.0(6)	10.2(6)	6.7(6)	9.7(6)
	平成13年	15.5(6)	6.1(6)	6.2(6)	10.9(6)	11.0(6)	6.5(6)	9.7(6)
	平成14年	14.6(6)	6.2(6)	5.5(6)	10.8(6)	10.8(6)	6.4(6)	9.9(6)
	平成15年	13.4(6)	5.6(6)	5.9(6)	9.9(6)	10.2(6)	5.7(6)	9.4(6)
	平成16年	15.1(6)	6.1(6)	6.0(6)	10.3(6)	10.5(6)	6.1(6)	10.5(6)
	13か年平均	13.5	5.9	6.1	11.0	10.1	6.4	9.5
処 理 区	平成 4年	11.3(7)	—	6.1(3)	—	9.5(23)	6.8(3)	9.0(23)
	平成 5年	12.2(57)	—	7.2(26)	11.4(12)	9.8(29)	6.8(8)	9.6(73)
	平成 6年	11.9(47)	—	5.7(42)	11.0(10)	10.4(33)	6.4(69)	10.0(69)
	平成 7年	11.9(42)	6.0(9)	6.8(25)	11.1(34)	10.4(68)	7.1(17)	9.1(63)
	平成 8年	12.4(82)	5.8(25)	5.6(29)	10.3(87)	9.9(79)	6.3(33)	10.5(75)
	平成 9年	12.2(63)	5.0(13)	5.1(22)	10.3(51)	10.0(50)	5.4(63)	9.7(32)
	平成10年	11.6(29)	6.1(3)	6.0(5)	10.8(46)	10.2(38)	6.8(46)	9.6(23)
	平成11年	11.9(28)	6.0(11)	5.5(5)	10.6(26)	10.2(28)	6.3(35)	9.7(15)
	平成12年	13.6(16)	6.5(6)	5.4(27)	9.6(35)	9.5(177)	6.3(165)	9.5(142)
	平成13年	14.5(18)	5.9(4)	5.7(20)	10.0(16)	10.8(136)	6.4(140)	9.8(138)
	平成14年	14.1(17)	—	—	8.9(2)	9.7(75)	6.3(124)	9.6(139)
	平成15年	13.7(22)	6.0(1)	6.8(1)	9.5(19)	9.4(89)	5.7(161)	9.5(141)
	平成16年	14.6(41)	5.9(2)	5.9(5)	9.9(14)	10.0(62)	5.9(128)	10.7(148)
	13か年平均	12.6	5.8	5.9	10.4	10.0	6.2	9.8

注) 括弧内は調査点数

が地域間差は小さく、全国平均は67.1%である。この数値は乾物重表示の全国90場所を対象としたもので、ほかに生体重表示が9場所であった。雑草量の表示は5年後の平成16年度も乾物重87場所、生体重10場所で殆ど変わってはいない。

ここでは表示法の長短を述べるつもりはないが、山口試験地では、現職時の慣習と性分から乾物表示で終始し、乾燥機使用で絶乾物表示の場合のみ乾物重とする調査基準も適用した。また、現職時に暖地型牧草の草種間或いはイタリアンライグラス品種間の乾燥速度を調べた際、ごく初期段階で予想を上回る含水率低下を見たことも、秤重時の注意点として役立たせた。

雑草調査は適2試験の本命だけに、観察、採取調査ともに多大のエネルギーが必要である。観察は担当者の努力と経験・英知そのものとしても、採取調査は周到な計画・準備と人海戦術である。

雑草の採取調査には、1色40～50個のポリプロピレンの湯おけ8色程度を用意し、その中に試験区番号と同じ数字入りのプラスチック製の楕円形名札（以前中学生の胸名札や銀行の待機番号札に使用物と同類）を、湯おけと同色札で入れておく。それに各区の残存雑草を抜き取り、水洗い→分別→水きり→秤量→袋詰→乾燥網→乾燥機の各分担者に回すようにした。

この場合、水きり後秤重までの時間を速やかにする人員配置に留意し、適材適所で動く雇用者によって恙なく終えていたが、酷暑時に風のない室内での秤重が約1週間続くのには、サウナの思いでとして残ると思われる。

秤重に際しては、生体重は最小目盛0.1g、乾

物重は0.01gの秤を使用した。

4) 藻類の発生調査

山口試験地の圃場は藻類の発生が極めて少なく、わずかに発生しても反復間差が余りにも大きいことから、試験年次の前半は調査結果の表示を避けていた。ところが、平成11年には移植前日から4日間急激な高温・多照となり、雨のない日が2週間続いていたことと相俟って、驚異的なアオミドロ類の発生が見られた（+3に67mmの雨と5℃前後も低い気温が2週間ばかり続いて、以後殆ど消滅した）。

平成12年からはそれなりの発生があり、少しでも納得できる手法の模索を始めた。藻類は発生の変動性が大きいばかりか、ほかの関係要因も多いことから、大まかな表示の方が解り易く、正しい把握ではないかの考え方もあろう。

通常は処理期が20日間程度にわたるので、その間の諸要因も複雑に絡んでくる。また、無除草区あるいは完全除草区の調査時期・回数にも配慮が必要になってくる。

平成12年からは処理時期によって、～+5, 1.5～2葉期, 2.5～3葉期に3大別し、処理後15日目と20日目の平均数値で表した。例えば、ある区の15日目調査の反復Aが30%でBが25%の場合は平均28%, 20日目のAとBがともに20%の場合、その区の数値は24%として表示した。

社会に出てすぐ試験研究の職場に入り、今年の3月で50年の節目を迎えた。植調13年間では、安全性をはじめ生態系や地球環境に対する認識の重要性等についても学ぶ機会を頂き、楽しく過ごせたことに感謝して回想としたい。

稲由来の除草剤抵抗性ALSを利用した選抜マーカー

クミアイ化学工業(株)生物科学研究所 清水 力

<はじめに>

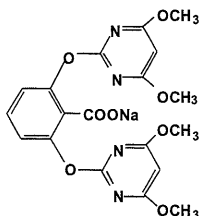
自社開発した除草剤(図-1)に対して抵抗性を付与する除草剤のターゲット遺伝子を植物の形質転換時に使用する選抜マーカー遺伝子として実用化する研究に取り組み、イネ及びシロイヌナズナ由来の変異型アセト乳酸合成酵素(acetolactate synthase: 以下ALSと略)の遺伝子を国産の選抜マーカー遺伝子として実用化した。本変異型ALS遺伝子はプラスミドベクターの形で薬剤と組み合わせて使用する。現在までのところ4種類のベクターを商品化し(図-2)¹⁾、今後さらに品揃えを増やす予定でいる。

本選抜マーカー遺伝子の研究を始めた当時は、植物の遺伝子組換えに多用されている選抜マーカー遺伝子は微生物由来の抗生物質耐性遺伝子であり、実用化を目指す組換え植物に本抗生物質耐性遺伝子を使用するためには特許権を持つ国外メーカーから特許の使用許諾を受ける必要

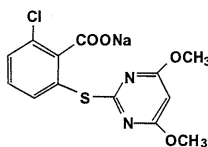
があった。また抗生物質耐性遺伝子は水平伝播することで抗生物質耐性能を獲得したバクテリアの出現が懸念されることから世界的に使用が制限される方向にあった。このような背景のもと、植物由来でかつ自然変異により得られた遺伝子であれば、国内で開発される実用的組換え植物に安心して使用してもらえと考え、ALS遺伝子の研究開発に取り組んだ。

変異型ALS遺伝子と組み合わせて使用する除草剤はALS阻害型除草剤と呼ばれているもので、分岐鎖アミノ酸(ロシン、バリン、イソロイシン)生合成経路上の調節酵素であるALS(図-3)を極めて低濃度で阻害することで植物を枯死させる。分岐鎖アミノ酸生合成経路は動物には存在しないので、ALS阻害型除草剤は安全性の高い薬剤である。筆者は本選抜マーカー遺伝子の研究開発に取り組む前に、合成化合物とALSの相互作用に関する研究に長く携わってい

イネ用除草剤及び抑草剤の
ビスピリバックナトリウム塩
bispyribac-sodium



ワタ用除草剤の
ピリチオバックナトリウム塩
pyrithiobac-sodium



イネ用除草剤の
ピリミノバックメチルの
活性本体ピリミノバック
pyriminobac

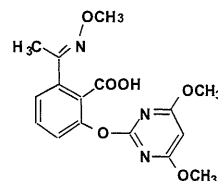


図-1 ALS阻害型PC除草剤

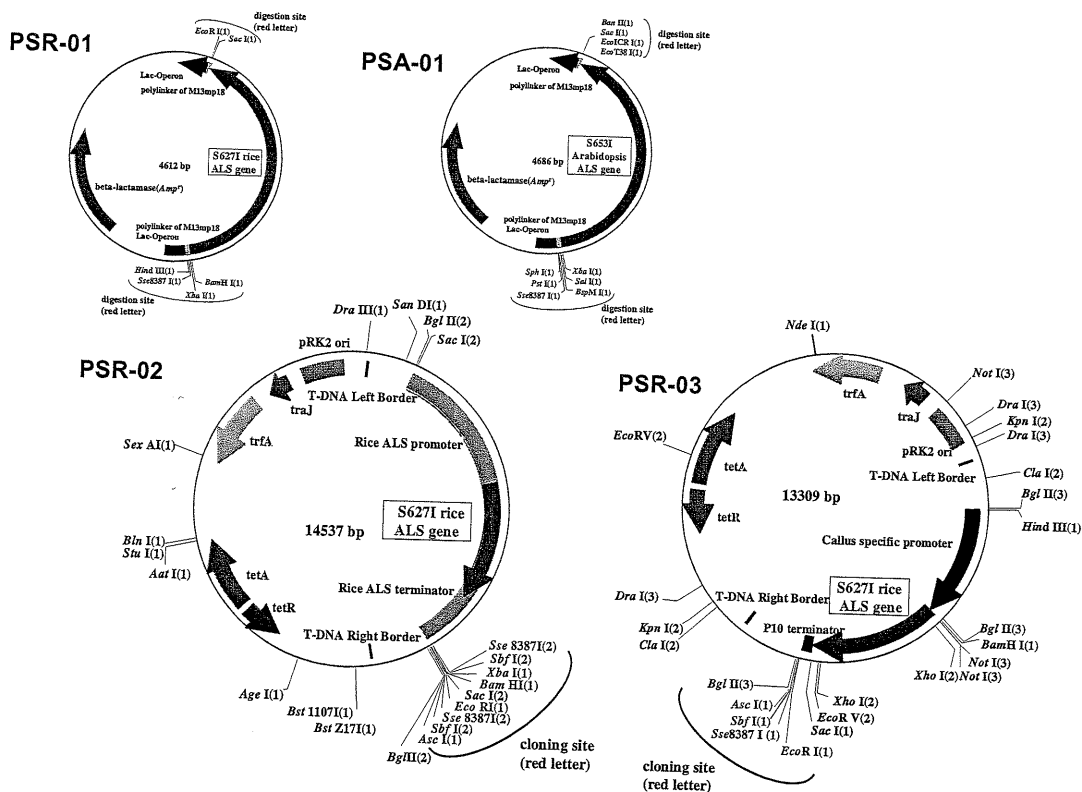


図-2 実用化したベクターのコンストラクト

上段はpUCベクター，下段はpPALsベクターと命名した新規バイナリーベクターであり，薬剤とのセットで Pal Select として販売

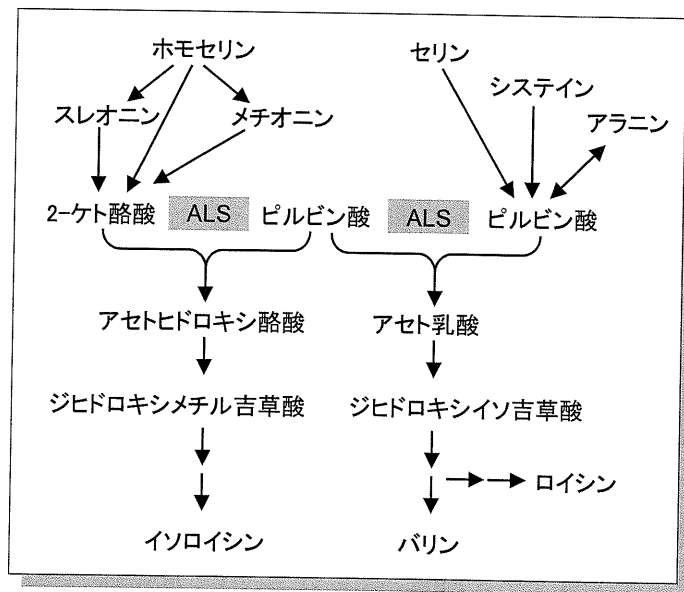


図-3 分岐鎖アミノ酸合成経路

ALS阻害型除草剤は図中でALSと表示したアセト乳酸合成酵素 (acetylactate synthase) を阻害する

た²⁾。ALS阻害型除草剤の多くは国外のメーカーにより開発されてきた経緯があり，またこれらの除草剤に対して抵抗性を示す雑草や作物に関しても多くの研究報告が出されている。そこで，ALSに関するこれらの研究内容を概括した後で，拙稿の目的である選抜マーカー遺伝子とこれに関する周辺技術を紹介する。

<ALSとALS阻害型除草剤>

コムギ用の除草剤であるスルホニルウレアタイプのALS阻害

型除草剤のchlorsulfuronが1982年からアメリカで販売が開始され、その2年後にはスルホニルウレア系およびイミダゾリノン系除草剤のターゲットが分岐鎖アミノ酸生合成経路上のALSであることが明らかにされた。それ以来、ALSとALS阻害剤に関する多面的な研究が生物サイドから活発に行われて来た。ALSとALS阻害型除草剤に関する研究は、ALS酵素タンパク質及び遺伝子の基礎研究、薬剤の作用メカニズム研究、薬剤の作物-雑草間の選択性メカニズム研究、薬剤の薬害を軽減するセイフナーに関する研究、そして薬剤抵抗性植物に関する研究に分類できる。筆者のグループも1984年の後半よりPC除草剤と呼ぶ自社除草剤の作用メカニズム研究を開始し、早期に本除草剤のターゲットがALSであることを明らかにした。

成業ではALSを含めた分岐鎖アミノ酸生合成系の酵素はクロロプラストに局在していることが知られている。植物体からの酵素の完全精製が成功していないために植物体中でのALSの多量体構造は現在でも未解明であるが、酵素の触媒活性を司るタンパク質（触媒サブユニット）と最終生産物である分岐鎖アミノ酸によるフィードバック制御を受けるタンパク質（制御サブユニット）の複合体の形で植物体中に存在していることは確かである。通常は酵素反応の酸化還元に関わっているコファクターのフラビンアデニンジヌクレオチドがタンパク質の多量体構造の安定化に役立っていると考えられている。なお、筆者らが実用化した遺伝子は触媒サブユニットをコードする遺伝子である。多種類の植物のALS遺伝子が解明されたこと及び抗体アフィニティークロマトグラフィーで精製された触媒サブユニットの解析から、植物の触媒サブユニットの分子量は6万5千前後であると考えられて

いる。しかしながら、葉緑体へ局在化するためのシグナルペプチド部分がどの位置で切断されるかが明確にされておらず、それぞれの植物の触媒サブユニットの分子量はあくまでも推定値である。この植物ALSをスルホニルウレア系除草剤とPC除草剤は基質であるピルビン酸に対して拮抗と非拮抗の中間型の混合型で、イミダゾリノン系除草剤は不拮抗型で阻害する。またコファクターのチアミンピロリン酸に対する阻害形式に関しては報告されている結果が一致していないが、少なくともこれらの薬剤とチアミンピロリン酸は拮抗することはないものと結論されている。これらの結果は薬剤のALS上の結合部位が基質やコファクターが結合する触媒部位とは違うことを示唆している。

一方、スルホニルウレア系除草剤のALS阻害が最初に証明されたのは細菌のサルモネラ菌を材料とした研究であり、ALS阻害メカニズムの研究は研究初期の段階ではバクテリアの方が進んでいた。大腸菌やサルモネラ菌等の腸内細菌科は3種のアイソザイム（I, II, III）を有しており、各々が良く似た大きさの触媒サブユニットから成っている。植物の場合とは異なりサルモネラ菌アイソザイムIIの場合には2つの触媒サブユニットと2つの制御サブユニットからなる4量体として菌体内に存在していることが証明されている。このバクテリアの酵素を材料として、極めて重要なことが明らかにされた。それは、ALS阻害型除草剤のALS上の結合部位は長い進化の過程で機能を失ったユビキノン結合部位であるというものである³⁾。ALSとアミノ酸の配列が似ている酵素としてピルビン酸オキシダーゼが知られており、本酵素はALSの先祖的な酵素だと考えられている。本酵素はコファクターとして酸化還元を司るユビキノンを必要とする。

このピルビン酸オキシダーゼから分子進化したと考えられるALSは機能的に無用で過去の遺物となったユビキノン結合部位を未だに持っていることが、ユビキノン自体がALS活性を阻害するだけでなくALS阻害型除草剤とALSの結合を妨げることから明らかにされた。

<ALS阻害型除草剤抵抗性雑草>

ALS阻害型除草剤が世界規模で多用されるようになったため、本タイプの薬剤に対して抵抗性を示す雑草の出現が1990年代から多数報告されるようになった。ACCase阻害型除草剤抵抗性雑草を含めて全世界で250種類以上にのぼる除草剤抵抗性雑草が報告されているが、その内ALS阻害型除草剤抵抗性雑草種の報告は100種近くにのぼる。国内においても少なくとも12種類のALS阻害型除草剤抵抗性雑草が報告されている。これらに関する情報は、アメリカのHerbicide Resistance Action Committeeとアメリカ雑草学会 (Weed Science Society of America) が

中心となって立ち上げたWebサイト⁴⁾及び日本除草剤抵抗性ワーキンググループのWebサイト⁵⁾を参照して頂きたい。

最初のALS阻害型除草剤はアメリカで開発されアメリカで使用され始めたことから、抵抗性雑草の出現はアメリカ国内で初めに確認された。このため、抵抗性雑草遺伝子の解析についても同国が先行した。ターゲットであるALSの遺伝子が解析された結果、光合成電子伝達系阻害型除草剤の場合と同じように、遺伝子が抵抗性型へと変異していることが明らかにされた。その後、日本を含む他の国でも抵抗性雑草の遺伝子変異が解明され、現在ではALSタンパク質中で保存されているアミノ酸のそれぞれ別の場所の少なくとも5つの変異がALS阻害型除草剤抵抗性を付与することがわかっている (表-1)。それぞれ別の5箇所もの変異が除草剤抵抗性を付与することには少し驚きを感じるが、これにはそれなりの理由がある。ALSタンパク質上の除草剤が結合する部位は上述したように酵素の

表-1 ALS阻害型除草剤抵抗性を付与する雑草のALSタンパク質の変異

植物種	変異場所	イネの位置	変異後アミノ酸	抵抗性
<i>Amaranthus sp.</i>	Pro	171	Leu	
	Trp569	548	Leu	
	Ser	627	Asn, Thr	IM
<i>Ambrosia sp.</i>	Trp574	548	Leu	
<i>Brassica tournefortii</i>	Pro	171	Ala	SU
<i>Lactuca serriola</i>	Pro197	171	His	SU
<i>Kochia scoparia</i>	Pro189	171	Thr, Ser, Arg, Leu, Gln, Ala	SU
	Trp570	548	Leu	
<i>Sisymbrium orientale</i>	Pro	171	Ile	SU
	Trp	548	Leu	(SU)
<i>Xanthium strumarium</i>	Ala100	96	Thr	IM
	Ala183	179	Val	(IM)
	Trp552	548	Leu	IM
<i>Lindernia dubia</i>	Pro	171	Ala	SU
<i>Lindernia dubia</i> subsp. major	Pro	171	Ser	SU
<i>Lindernia micrantha</i>	Pro179	171	Ala, Gln, Ser, Lys	SU
<i>Lindernia procumbens</i>	Pro	171	Gln, Ser	SU
<i>Scirpus juncoides</i>	Pro	171	Leu	SU

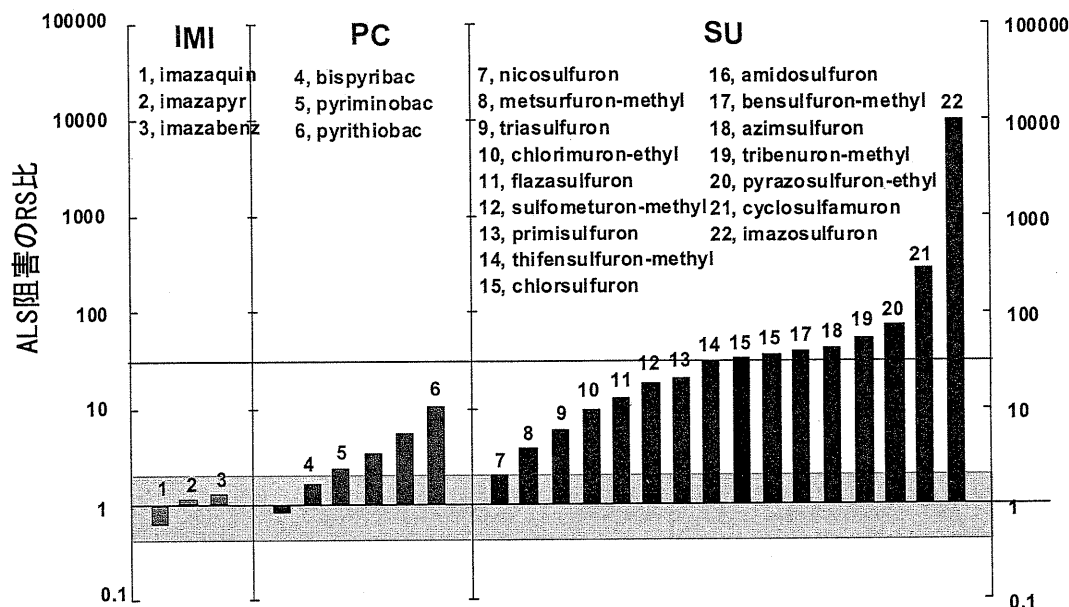


図-4 ALS阻害型SU除草剤抵抗性コチアから調製したALSの各種ALS阻害型除草剤に対するRS比
 RS比= (SU除草剤抵抗性コチアALSに対する薬剤の50%阻害濃度) ÷ (野生型コチアALSに対する薬剤の50%阻害濃度)

触媒部位ではなく、それから少し離れた触媒活性に直接関与しない今では機能を失ったユビキノ結合部位である。さらにALS阻害型除草剤には化学構造が異なる少なくとも3種のタイプの除草剤が存在し、これらの薬剤のALSタンパク質上の結合部位は薬剤間で少しずつ異なっている。したがって、触媒活性を大きく低下させることなく除草剤結合部位が自然変異(種内変異)する確率が高く、またその変異部位は薬剤に対応して違ってくると思われる。これは言い換えれば、変異を持つALSの各種ALS阻害型除草剤に対する交差抵抗性の強さは変異の場所によって異なるということである。実際、スルホニルウレアタイプやイミダゾリノンタイプのALS阻害型除草剤に対して抵抗性を示す雑草由来の一部の変異型ALSは、筆者の会社が開発したALS阻害型除草剤であるPC除草剤に対しては抵抗性を示さないことが明らかになっている⁶⁾。図-4にスルホニルウレアタイプの除草剤に抵抗性

を示すアメリカのホウキギ(*Kochia scoparia*)から調製したALS酵素の他の薬剤に対する交差抵抗性の結果を示した。このホウキギはスルホニルウレア系除草剤のchlorsulfuronが多用されたコムギの圃場に出現したスルホニルウレア系除草剤抵抗性の雑草であり、スルホニルウレア系除草剤全般に対して抵抗性を付与するがイミダゾリノン系薬剤には抵抗性を付与しないプロリンのセリンへの変異を持っている。この変異型酵素は、PC除草剤のbispyribac-sodiumやpyriminobacに対して交差抵抗性を示さなかった⁷⁾。

＜作物及び実験植物由来のALS阻害型除草剤抵抗性ALS遺伝子＞

スルホニルウレア系除草剤を開発したアメリカの化学会社では、ターゲットを明らかにする以前から、本除草剤抵抗性を付与した作物を育成することを目的に本除草剤抵抗性植物や微生物

物の作出を始めていたと考えられる。ターゲットが明らかにされた2年後の1986年には、スルホニルウレアタイプのALS阻害型除草剤に対して抵抗性を示すタバコ及び酵母菌並びに大腸菌のALS遺伝子の複数の変異がスルホニルウレア系除草剤抵抗性を付与することが示され、この変異に関する膨大なデータ有する特許が出願された⁸⁾。一方では、別の研究グループがイミダゾリノンタイプのALS阻害剤に対して抵抗性を示す変異についても研究を進め、スルホニルウレア系除草剤の開発会社とは異なる変異を見出した。その後、公的研究機関を含めて多くの研究者が試験的に或いは実用化を目指してALS阻害型除草剤抵抗性植物を作出して、ターゲット遺伝子の変異を解析した。筆者らのグループも薬剤との共存培養によりPC除草剤のbispribac-sodiumに抵抗性を示すイネ培養細胞を作出して、農業生物資源研究所の協力を得てその培養細胞から新規なTry548Leu/Ser627Ile 2点変異型ALS

遺伝子 (DDBJ accession number : AB049823) を単離した⁹⁾。そこで現在までに報告されている作物及び実験植物由来のALSの変異をまとめると表-2のようになる。これらの変異は抵抗性雑草で報告されている変異と酷似している。

筆者らがイネ培養細胞からの変異型ALS遺伝子の単離を計画した時点で既に多くの変異が公表されており、新規な変異を見出すのは困難ではないかと危惧する声もあったが、単離できるのを信じて研究を進めた。というのは上述した酵素阻害反応の動的解析やALS阻害型除草剤抵抗性雑草の交差抵抗性の試験結果から、PC除草剤のALSタンパク質上の結合部位が他のALS阻害型除草剤とは若干異なっていることが示唆されていたからである。結合部位が違ってれば、その薬剤で人為選択を行えば、新規な変異が得られるとの期待を持っていた。こうして単離した変異型遺伝子から大腸菌で発現させた変異型ALSタンパク質は、bispribac-sodiumに対して

表-2 ALS阻害型除草剤抵抗性を付与する作物及び実験植物のALSタンパク質の変異

植物種	変異場所 イネの位置		変異後のアミノ酸		
			変異育種	細胞変異	部位特異的変異
<i>Nicotiana tabacum</i>	Ala121	96			Thr
	Pro196	171		Gln, Ala, Ser	
	Trp537	548		Leu	Phe
	Ser652	627			Asn, Thr
<i>Beta vulgaris</i>	Ala113	96		Thr	
	Pro188	171			Ser
<i>Arabidopsis thaliana</i>	Ala122	96			Val
	Met124	98			Glu, Ile, His
	Pro197	171	Ser		deletion
	Arg199	173			Ala, Glu
	Phe206	180			Arg
	Trp574	548			deletion, Leu, Ser
	Ser653	627		Asn	deletion, Thr, Phe
<i>Brassica napus</i>	Pro173	171			Ser
	Trp557	548		Leu	
<i>Gossypium hirsutum</i>	Trp563	548		Ser, Cys	
<i>Zea mays</i>	Ala90	96	Thr		
	Trp552	548	Leu		
	Ser621	627	Asp	Asn	
<i>Oryza sativa</i>	Trp548	548		Leu	
	Ser627	627		Ile, Asn	

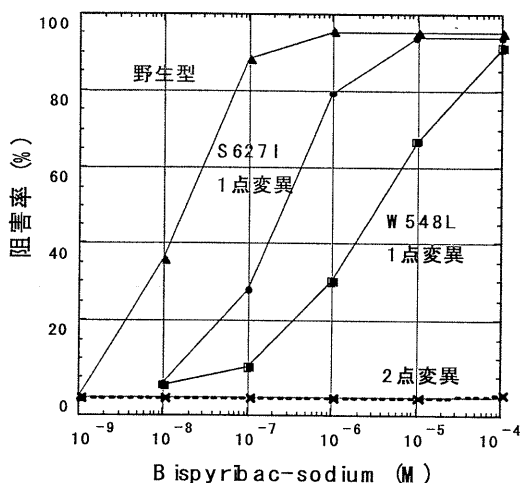


図-5 大腸菌で発現させたALSタンパク質の薬剤感受性

Try548Leu/Ser627Ile 2点変異型ALS遺伝子から発現したALSタンパク質は100 μ Mのbispyribac-sodiumに対してほぼ完全に抵抗性を示した

特異的に強い抵抗性を示した (図-5)。そしてこの結果に勇気付けられて、単離した2点変異型ALS遺伝子の2つの変異と他のbispyribac-sodium抵抗性培養細胞から見つかったさらに2つの変異を併せて全部で14種類 (1点変異型ALS遺伝子を4種類, 2点変異型ALS遺伝子を5種類, 3点変異型ALS遺伝子を4種類, 4点変異型ALS遺伝子を1種類) の変異型ALS遺伝子的人為的に合成してこれらの遺伝子からできる変異型ALSタンパク質の薬剤感受性を詳細に検討した。その結果, 単離した2点変異型ALS遺伝子よりもさらに特異的にPC除草剤に抵抗性を示す変異型ALSやスルホニルウレア系除草剤に特異的にかつ従来の変異型よりもさらに強い抵抗性を示す変異型ALS等を見出した^{10, 11)}。

<ALS阻害型除草剤抵抗性ALS遺伝子の遺伝子組換え技術への利用>

除草剤に抵抗性を付与する遺伝子は除草剤抵抗性作物を分子育種するための遺伝子素材とし

て使用できるだけでなく, 除草剤と組み合わせて使用することで植物遺伝子組換え操作の選抜マーカー遺伝子として利用できる。そこで, 遺伝子組換え植物を作出する技術の歴史的な流れを単子葉植物を例にあげて概括した後に, 筆者らが単離合成した除草剤抵抗性遺伝子の選抜マーカー遺伝子としての利用について紹介する。

植物の遺伝子を改変する方法は, 目的遺伝子をベクターに乗せて, その遺伝子を植物ゲノム中に導入する方法及び所望の塩基配列を持つオリゴヌクレオチドを物理的に細胞内へ導入して植物が元来持つ遺伝子の修復機構を利用して狙った遺伝子を変化させる方法の2つに大別される。前者の方法において, 目的遺伝子を植物へ導入する技術としては, エレクトロポレーション法, ポリエチレングリコール (PEG) 法, パーティクルガン法 (遺伝子法) 等の物理的導入方法及びアグロバクテリウム形質転換法と呼ばれる生物学的な方法を挙げることができる。アグロバクテリウム形質転換法は, 植物病原細菌の一種であるアグロバクテリウム菌が植物に感染すると, 自らが持つTiプラスミドやRiプラスミド上に存在するT-DNA領域を, 植物のゲノム中へ組み込む性質を利用している。

イネやトウモロコシ等の単子葉植物では, エレクトロポレーション法とパーティクルガン法が比較的効率良く目的遺伝子をゲノム中へ導入できる方法として使用されていた。一方, アグロバクテリウム形質転換法は, 双子葉植物で多くの形質転換植物が作出されたにも関わらず, 単子葉植物に適用することは難しいと言われていた。その理由は, アグロバクテリウム菌が元来双子葉植物に感染する植物病原細菌であり, 単子葉植物への感染率が低いことに起因した。しかし, その後, アグロバクテリウムを感染させ

る植物の状態やアグロバクテリウムと植物の共存培養に添加する培地成分が改良され、本法で単子葉植物を形質転換することが可能となってきた。アグロバクテリウム形質転換法は三系交雑法を利用する中間ベクター法とTiプラスミドを2つのプラスミドに分割して利用するバイナリーベクター法の2種に分けられる。この内バイナリーベクター法と呼ばれる方法による単子葉植物の形質転換方法は、T-DNAからホルモン合成遺伝子が除去されたディスアーム型Tiプラスミドを有する強病原性アグロバクテリウム菌(EHA101, 105等)とpBI121等のバイナリーベクターの組み合わせを利用する方法及びディスアーム型Tiプラスミドを有する中程度病原性アグロバクテリウム菌(LBA4404, GV311等)とpTOK233等のスーパーバイナリーベクターの組み合わせを利用する方法の2つに分けられる。前者の方法はバイナリーベクターを持たせる宿主の方に工

夫が施されている。即ち、宿主範囲が広く、他のアグロバクテリウム菌よりも形質転換効率が高い強病原性アグロバクテリウムA281が持つTiプラスミドから作出されたディスアーム型Tiプラスミドを持つEHA系列の宿主菌(EHA101, EHA105)を利用することにより、バイナリーベクター側に手を加えなくても、イネに代表される単子葉植物の形質転換効率が高まった。後者ではバイナリーベクター側に工夫が施されている。バイナリーベクターにvirBやvirG等の病原性に関与する遺伝子を持たせることで、宿主菌が強病原性菌でなくとも単子葉植物の高効率での形質転換が可能となった。アグロバクテリウム菌の感染を受け、外来遺伝子が導入された細胞は、目的遺伝子と同時に導入される選抜マーカー遺伝子の機能により、未導入の細胞から選別される(図-6)。選抜マーカーによって選別された形質転換体には目的遺伝子が導入されている

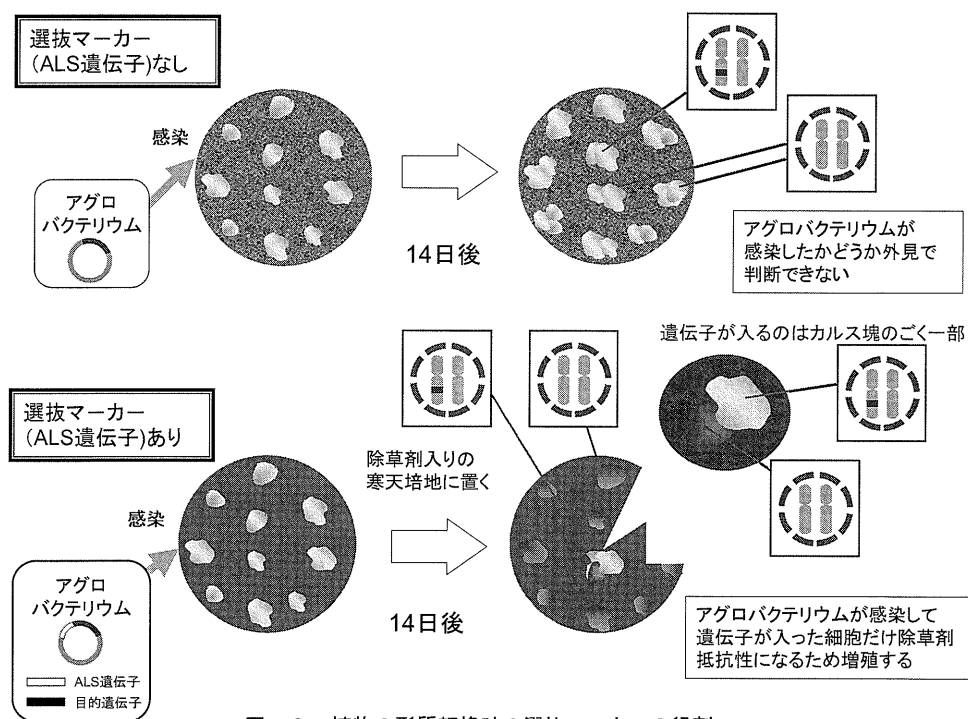


図-6 植物の形質転換時の選抜マーカーの役割

確率が極めて高いので、マーカー選抜の後で目的遺伝子の導入の確認や目的遺伝子が植物体で機能しているかどうかを調べる。ここで、選抜マーカー遺伝子としてよく使用されているのは抗生物質のカナマイシンやハイグロマイシン或いは除草剤のglufosinateを不活性化する酵素タンパク質をコードする遺伝子である。これらはすべてバクテリア由来の遺伝子である。初めに述べたように、抗生物質耐性遺伝子については、遺伝子の水平伝播による抗生物質耐性菌の出現が懸念されることから使用が制限される方向にある。また特に食品となる植物では食経験のないバクテリア由来の遺伝子を使用することに対して日本やヨーロッパでは消費者の厳しい目が注がれている。このようなことから、食用となる植物の遺伝子組換えを行う場合には、植物由来の遺伝子を利用するのが好ましいと考えられる。

筆者らは、この観点からバクテリア由来の抗生物質耐性遺伝子の代替として除草剤抵抗性を

付与するイネ由来の変異型ALS遺伝子を選抜マーカー遺伝子として利用することを始めた。先に述べたように、単離或いは合成したイネ由来の変異型ALS遺伝子から発現するALSタンパク質は、試験管の中で強い薬剤抵抗性を示すので、薬剤と組み合わせることで選抜マーカーとして利用できることが期待される。そこで、変異型ALS遺伝子を植物へ導入した時にこれらの遺伝子がほんとうに選抜マーカー遺伝子として機能するのかどうかまたこの遺伝子を導入した植物が正常に生育するかどうかについてイネとシロイヌナズナを材料にして検討を加えた。高発現プロモーターで制御した変異型ALS遺伝子をハイグロマイシン耐性遺伝子を選抜マーカーとするベクターを利用して上述した方法によりイネに導入してハイグロマイシンで選抜されたイネ培養細胞のbispyribac-sodium感受性を調べた。その結果、選抜された培養細胞は変異型ALS遺伝子の由来細胞と同様な薬剤抵抗性を示し、bispyribac-sodiumでも選抜することが可能である



BS処理濃度
(gai/ha)

ポット 配置図

100	250
500	750
1000	

図-7 高発現型プロモーターでドライブしたTry548Leu/Ser627Ile 2点変異型ALS遺伝子を導入した形質転換イネの薬剤感受性

形質転換イネは高薬量のbispyribac-sodiumに対して抵抗性を示した

ことが示された。また、別途floral dipと呼ばれる方法でシロイヌナズナを形質転換して、直接bispyribac-sodiumで選抜したところ、約1%という高い効率で選抜できることがわかり、イネ由来の本遺伝子がシロイヌナズナという異種植物でも選抜マーカー遺伝子として利用できることが明らかとなった。イネについては遺伝子が導入された培養細胞から植物体を再分化させ、再分化した植物体から薬剤抵抗性形質に関してホモ接合体の株（孫の世代）の種子を採り、その種子が発芽成長した植物体の薬剤感受性を調べるとともに形態や種子数を原品種のイネと比較した。その結果、調べた株は明瞭な薬剤抵抗性を示し（図-7）、原品種と同様に生育して種子を稔らせ、導入遺伝子が高発現した場合でもイネは正常に育つことが明らかとなった¹²⁾。一方、植物体では働かずに培養細胞だけで働く

イネ由来のプロモーターで制御した変異型ALS遺伝子でイネを形質転換した場合にも本遺伝子が有効な選抜マーカーとなることが筆者らの共同研究先の北陸研究センターのグループにより明らかにされた。選抜マーカー遺伝子の下流にクラゲ由来の蛍光タンパク質（GFP）のカセットをつなげたベクターで形質転換されたイネはbispyribac-sodiumにより効率良く選抜され、選抜された細胞はGFPの蛍光を発した（図-8）¹³⁾。この培養細胞だけで働くプロモーターの活性はそれほど強くないことから、この結果は通常レベルの発現をもたらすプロモーターで制御した場合にも変異型ALS遺伝子は選抜マーカーとして有効であることが証明されただけでなくプロモーターに工夫を加えれば本遺伝子の可食部（種子）での発現を抑制できる可能性が示唆された。

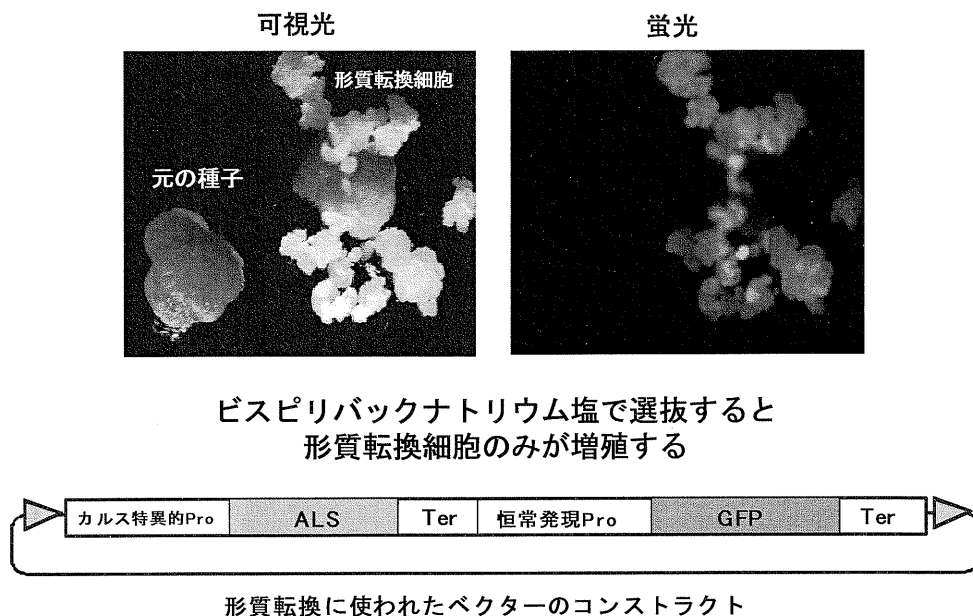


図-8 カルス特異的プロモータでドライブしたTry548Leu/Ser627Ile 2点変異型ALS遺伝子を導入した形質転換イネのGFP蛍光

カルス特異的プロモータでドライブしたTry548Leu/Ser627Ile 2点変異型ALS遺伝子を選抜マーカー、目的遺伝子をGFP遺伝子とするベクターで形質転換されたイネは、bispyribac-sodiumで効率良く選抜され、選抜された細胞はGFP蛍光を発した

以上の結果はイネ培養細胞から単離したTty548 Leu/Ser627Ile 2点変異型ALS遺伝子の選抜遺伝子利用に関するものであるが、商品化したベクターに使用したSer627Ile 1点変異型ALS遺伝子の場合にも同様な結果が得られている（薬剤はpyrithiobac-sodium或いはpyriminobac）。また、商品化したベクターの内、直接植物の形質転換に利用できるバイナリーベクター（イネ由来カルスト異質のプロモーターでドライブしたSer627Ile 1点変異型ALS遺伝子を持つベクター及びイネ由来ALSプロモーターでドライブしたSer627Ile 1点変異型ALS遺伝子を持つベクター）については、イネの形質転換に利用できることを確認済みであり、現在はその他に合成した変異型ALS遺伝子についても選抜マーカーとしての性能検証を急いでいる。これらの変異型ALS遺伝子は、先行特許との関係を考慮しながら、権利面で制約の無いものから選抜マーカーとしての実用化を図る予定である。

<むすび>

除草剤抵抗性を付与するイネ由来の変異型ALS遺伝子は除草剤との組み合わせで植物形質転換の選抜マーカー遺伝子として有用である。付与する薬剤抵抗性が異なる複数の変異型ALS遺伝子の提供が可能である。薬剤感受性の異なる複数の選抜マーカー遺伝子を利用すれば複数の目的遺伝子を植物へ導入できる。このマーカー遺伝子を複数揃えるという発想は、雑草や実験植物のALSがタイプの異なるALS阻害型除草剤による人為選択に対してそれぞれの薬剤に対応した変異を起こすという現象を逆手に取ったものである。イネ由来の変異型ALS遺伝子はシロイヌナズナでも機能するので、イネだけに限らずに植物全般に汎用的に利用できるマーカー遺伝子

として利用できる可能性が高い。同様にシロイヌナズナの遺伝子も多くの植物で使用されることが期待される。

先に述べた遺伝子導入方法をさらに発展させて、葉緑体ゲノムの相同組換えによる遺伝子組換えが植物バイオテクノロジー分野の先端研究として進められている。また、現時点では未完成である植物核ゲノムの相同組換えを成功させることも植物バイオテクノロジーに取り組んでいる研究者の目標の一つである。これらの技術が完成すれば遺伝子組換え作物の実用利用が一步前進すると考えられる。ALS遺伝子は核ゲノムにコードされているが、ALSタンパク質が機能する場所は葉緑体である。したがって、葉緑体遺伝子の相同組換え時の選抜マーカー遺伝子としても変異型ALS遺伝子は有望である。また、除草剤に抵抗性を示すという解析し易い表現型から、ALS遺伝子は核ゲノムの相同組換えや上述した修復機構を利用した遺伝子改変実験のターゲット遺伝子としても優れている。さらに新規な植物形質転換方法を構築する上でのマーカー遺伝子としての利用価値も高いと考えられる。

変異型ALS遺伝子の選抜マーカー利用は、新規除草剤の開発研究を礎にして始まり、除草剤抵抗性雑草の多様性に富む種内変異が開発のヒントになった。研究当初、筆者らは選抜マーカーの対象となる遺伝子に関連した仕事を行っていたに過ぎないが、本研究に対して他の研究者の方々に興味を持って頂いた結果、現在では植物バイオテクノロジーに関する多面的な研究に発展している。本遺伝子を選抜マーカーとする実用的な遺伝子組換えイネの作出も始まっている。変異型ALS遺伝子は選抜マーカー遺伝子としてだけでなくレポーター遺伝子としても使用できる¹⁴⁾ことから、今後は本遺伝子の利用技術をさ

らに改良して国内の植物バイオテクノロジーの進歩に役立て、翻ってそのバイオテクノロジーの技術を新しい農薬の研究開発に利用することが筆者及び筆者と共に働いているスタッフの願いである。最後に、イネ培養細胞からの遺伝子単離を共同して進めて下さった農業生物資源研究所植物科学研究所生理機能グループの田中喜之上席研究官に感謝申し上げる。

<引用>

- 1) <http://www.kumiai-chem.co.jp/palselect/index.html>
- 2) Shimizu, T. 1997. Action mechanism of pyrimidinyl carboxy herbicides. *Journal of Pesticides Science* 22:245-246.
- 3) Schloss, J. V., L. M. Ciskanik, & D. E. Van Dyk. 1988. Origin of herbicide binding site of acetolactate synthase. *Nature* 331:360-632.
- 4) <http://www.weedscience.org/in.asp>
- 5) <http://jhrwg.ac.affrc.go.jp/JHRWG.html>
- 6) <http://www.weedscience.org/mutations/MutDisplay.aspx>
- 7) 清水力ら. 2001. SU及びIMI抵抗性雑草から調製したALSのPC除草剤感受性. 雑草研究第46巻(別号):32-33.
- 8) 特許公報第2759135号
- 9) Shimizu, T., I. Nakayama, K. Nagayama, T. Miyazawa, & Y. Nezu. 2002. Acetolactate synthase inhibitors. *Herbicide Classes in Development* edited by P. Bögner, K. Wakabayashi and K. Hirai, Springer-Verlag Berlin Heidelberg pp.1-41.
- 10) 国際公開特許W002/044385
- 11) 国際公開特許W003/083118
- 12) 河合清ら. 2003. イネ由来ALS遺伝子の選抜マーカーとしての機能. 第21回日本植物細胞分子生物学会(香川大会)講演要旨集. p.78.
- 13) 大島正弘. 2003. 抗生物質耐性遺伝子を使わない新しい遺伝子組換えイネ選抜技術の開発. *ブレインテクノニュース*. 97:15-19.
- 14) 河合清ら. 2004. ALS遺伝子を選抜マーカーとする植物形質転換法の確立. 第22回植物細胞分子生物学会(秋田大会)講演要旨集. p.46.

写真で見る植物用語

岩瀬徹・大野啓一／著
A5判
定価(本体2,200円＋税)

図鑑にはさまざまな用語は使われていますが、読んでもよくわからない、といったことがあります。しかし、写真で見ると一目瞭然。本書は一つ一つの用語を実物の写真で表現した、見て分かる植物用語の図鑑です。好評発売中!

全国農村教育協会 〒110-0016 東京都台東区台東1-26-6 ホームページ: <http://www.zennokyo.co.jp>
Tel.03-3833-1821 Fax.03-3833-1665 (お問合せは出版部 03-3839-9160まで)

シリーズ 外来雑草は今…… (17)

セイタカアワダチソウは戦前に日本に侵入し、戦後大きく広がった

岡山大学資源生物科学研究所 榎本 敬

【来歴】

セイタカアワダチソウは第二次世界大戦後に日本に侵入して、急速に広まったと報道されていたりします。1969年11月9日の朝日新聞には「猛威 黄色い悪草 セイタカアワダチソウ 終戦時に”進駐”し大繁殖 花粉で鼻炎の心配も」との記事が載っています。しかしながら、標本や論文による正確な記録からは戦前に既に日本に侵入していたことが明らかです。

セイタカアワダチソウという和名と *Solidago altissima* L. という学名をはっきりさせたのは原寛。1951.によるものです⁵⁾。それ以前はカナダキノキリンソウやセイタカアキノキリンソウと呼ばれていたり、学名も *Solidago canadensis* L. やその他の学名が使われていました。原の論文により *Solidago altissima* L. (セイタカアワダチソウ), *Solidago serotina* Ait. (オオアワダチソウ), *Solidago canadensis* L. (カナダアキノキリンソウ) が別種であることが整理されました。

全国各地にある博物館や大学の標本を調べたところ1920年に京都で採集された標本がありました。はじめ美しいので観賞用に栽培したのが、逃れて広がったと言われています。

倉敷市立自然史博物館には1929年に神戸で採集された標本があり⁹⁾、1930年代に京都や大阪で採られた標本も京都大学や大阪市立自然史博物

館には数枚残っていました。岡山大学資源生物科学研究所には笠原安夫によって1933年に倉敷市で採集された標本が残っています(写真-1)。



写真-1 1933年に倉敷市で笠原安夫によって採集されたセイタカアワダチソウ

【分布の拡大】

戦後、戦災によって破壊された焼け野原や空き地にセイタカアワダチソウが急速に広がりま

した。原因はアメリカ軍の物資に付いて来たの
だろうと言われましたが、証拠はありません。
戦前からあったセイタカアワダチソウが空き地
などに広がっていった可能性がありますし、新
しくアメリカから持ち込まれたこともあったと
考えられます。

私が大阪にいた1970頃は休耕田などにすでに
大きな群落ができていました。私が倉敷に来て
セイタカアワダチソウの研究を始めようとした
1972年には市内をずいぶん探しましたが、2カ
所にしか生えていませんでした。今から考えれ
ばこの時から分布拡大の記録を残しておけば良
かったと思いますが、実験に没頭していたため、
記録は残っていません。減反政策による休耕田
の増加と宅地造成や道路工事によってセイタカ
アワダチソウは急速に広まりました。セイタカ
アワダチソウは他の花が少ない11月頃に咲くた
めミツバチの密源として重宝がられたようです。
全国的な分布の拡大に養蜂業者による種子散布
活動があったようです⁹⁾。量的には多くありま
せんが、小笠原諸島や沖縄県の西表島から北海
道まで生育しているのを自分の目で確かめてい
ます。

【類似種との区別点】

もっともよく似た植物にオオアワダチソウが
あります。本種は花期が8月であるので、11月
以降に咲くセイタカアワダチソウとは花期が重
なりません。オオアワダチソウの葉はうすく両
面とも無毛で、両面ともざらつくセイタカアワ
ダチソウとは葉をさわれば区別できます。東北
や北海道に多いのはオオアワダチソウのほうで
花期もかなり近づきます。もう一種カナダアキ
ノキリンソウという類似種があります。本種は
総苞がセイタカアワダチソウより小さいことで

区別でき花期も少し早めです。日本での記録は
非常に少なく、古い文献でカナダアキノキリン
ソウとされているものはセイタカアワダチソウ
の誤認が多いようです。近年中国の上海近郊で
猛烈に広がっているのが本種で、中国にはカナ
ダアキノキリンソウ、日本にはセイタカアワダ
チソウが広がっているのは不思議なことです。
染色体数はセイタカアワダチソウが6倍体、カ
ナダアキノキリンソウは2倍体、オオアワダチ
ソウは4倍体です。3種の形態の比較表を表-
1にまとめました。

【花粉症】

セイタカアワダチソウは花粉症の原因植物と
マスコミで報道されたこともあります。スギ
などのように花粉を風で飛ばす風媒花と違って、
昆虫に花粉を運んでもらう虫媒花です。杉野ら
の研究¹⁰⁾によると花粉は重く、飛んでも大部分
はすぐ近くに落ちるようです。もし11月頃に花
粉症の症状が現れれば、他の植物を疑う方がい
いと思います。花粉症は全くないと言い切れな
いようですが、少なくとも家の中のほこりを吸っ
ているよりは影響が小さいそうです。

【他感作用と自家中毒】

セイタカアワダチソウが広がった原因の一つ
に地下茎から分泌される物質が他の植物の生長
を抑制するアレロパシー作用があるからだと言
われてきました。物質が単離され、その物質が
ブタクサの発芽作用を抑制することなどが明ら
かになりました⁸⁾。私もセイタカアワダチソウ
の地下茎の水抽出液をさまざまな植物にあたえ
て育ててみたところ、成長が抑制される植物が
ありました。発芽も抑制される植物もありまし
た。しかしながら、もっとも影響が大きかった

のはセイタカアワダチソウ自身に対してでした⁴⁾。セイタカアワダチソウの種子からの発芽が群落内で見られないのは、そのせいかもしれません。群落の外では種子からの発芽がよく見られます。群落の中で発芽してもロゼットから成長を始めた大きな茎に覆われるため、光が足りなくて生き延びることはできませんから、群落内での発芽はもともと無駄なことかもしれません。親元を離れた個体だけが発芽するのは意味のあることかと思えます。自分自身の成長も抑制する理由がわかりませんが、抽出液の濃度に問題があったのかもしれません。

東京付近で一時大繁殖したセイタカアワダチソウがその後少なくなったと言われ、その原因に自家中毒説なるものがでました。自分自身が出す物質が土中に蓄積し、自家中毒を起こし、セイタカアワダチソウが減ってきたのだという説です。私は15年間同じ場所でセイタカアワダチソウを観察しましたが、自家中毒でなくなることはありませんでした。したがって、自家中毒はデータの裏付けのある説ではなく推測に過ぎなかったと思っています。セイタカアワダチソウが東京近辺で少なくなったのは放置されているような土地が少なくなり、生える場所が少なくなっただけで、河川敷などでは今も旺盛に生育しています。

【発芽】

セイタカアワダチソウの種子は温度条件が整えば、結実後すぐにでも発芽します。しかしながら、日本では12月頃結実するため、気温が低くすぎて発芽することはありません。3月頃から発芽を始め7月くらいまで発芽が見られます。多くの雑草がそうであるようにセイタカアワダチソウも光が当たっている条件でよく発芽しま

す。変温も発芽を促進します。

【寿命】

種子の寿命は短く常温での保存では寿命は1年ありません。野外でもそうだと考えられますので、他の多くの雑草のように埋土種子集団の寿命が長く、前年以前の種子が発芽することはありません。

地下茎の寿命は約2年で、3年生きることもあります。セイタカアワダチソウが土地に侵入して何年経ったかは地下茎を掘り上げれば、3年以内かどうかは推定できます。

【防除】

私はセイタカアワダチソウの防除に関する研究を行ったことはありません。昆虫による生物学的防除の研究が研究が行われたことがありましたが、日本では成功しませんでした。蛾の幼虫によって葉が食べられ丸坊主にされたセイタカアワダチソウを見たことはありますが、旺盛な成長の終わった夏以降に葉を食べられても、成長に大きな影響はないようで、防除には結びつきません。

セイタカアワダチソウの地下茎は地下10cm位までに分布しており、根はもっと深くまで入っています。耕耘にはきわめて弱く、冬に一度耕耘するだけで、再生することはありません。他の季節に耕耘されても再生力は弱く、畑には種子が次々飛来し、発芽しますが、耕耘されるとすぐに死んでしまうため、作物を栽培している畑でセイタカアワダチソウが問題になることはありません。休耕田とはすぐに復田できる田んぼのことをそう呼ぶと言うことを最近知りましたが、セイタカアワダチソウに覆われた休耕田は簡単に復田できます。耕耘機で一度耕すだけ

でセイタカアワダチソウは絶滅しますので、ヨシやススキに覆われた休耕田よりずっと簡単に元に戻ります。セイタカアワダチソウと共存できる植物は少なく、季節的な棲み分けができる越年生の植物に限られるため、種多様性の保持のためにはセイタカアワダチソウ群落は望ましくありませんが、復田を考慮に入れた休耕田管理だけを考えるとセイタカアワダチソウ群落で休耕田を管理するのが一番楽です。

地上部の刈り取りによる防除の試みはたびたび行われました⁶⁾。結論から言えば、種子を形成させない刈り取りは可能ですが、刈り取りによる群落の防除には成功していません。

【適応戦略】

新しい土地へのセイタカアワダチソウの侵入は種子によって行われます。3月以降に発芽した個体はその年に開花結実するかどうかはおもにその土地の水分条件によって決まります。休耕田のように水分が豊富で養分も豊富な場所に飛来したセイタカアワダチソウは他の植物に被覆されることなく成長できれば、開花結実し、実験的に確かめた個体では110万粒の種子が一個体で生産されました²⁾。造成地など貧栄養な環境に飛来して発芽したセイタカアワダチソウは他の植物に被覆されてしまう可能性は休耕田などより低くなりますが、水分、養分共に不足なため、一年目には開花に至らないことが多いようです。私が調査したところでは地上部の乾燥重量が3.35 g、草丈で78cm、地際の茎の直径で3.3mm以下では開花せず、地下茎で越冬します³⁾。ロゼットは10月に地表に現れ、冬にも成長を続けて春先には急速に茎を伸ばし、他の植物に覆われてしまうことなく開花、結実します。

このように種子で侵入した個体が開花結実するまでには1年から3年かかります。7月から地下茎を伸ばし、その先にロゼット葉を形成して安定した群落を形成することになります。大きくなった個体では地下茎は1年で60cmくらい外側に広がるができます。種子から成長を始めた個体はまず葉と根の成長にエネルギーを投資し、2年目以降地下茎から成長を始める個体は春先に茎の成長にエネルギーを投資して、早く高く成長し、次に葉や地下茎にエネルギーを投資します²⁾。

おわりに

セイタカアワダチソウほど悪者扱いされた帰化植物はかつてなかったと思います。その最も大きな原因はマスコミ報道にあると思いますが、学者と呼ばれる方々にも相当な責任があったように思えます。今のように広がってしまったセイタカアワダチソウは手が付けられなく、天敵でも現れるのを待つしかないような気持ちです。しかしながら、セイタカアワダチソウは人間が自然を破壊した後に入る植物で、在来の植生の残っている森林などには入り込めません。帰化植物の中にはシロツメクサやヒメジョオンのようにすっかり日本にとけ込んでしまっている感じのものもあります。セイタカアワダチソウが晩秋の風景と思える子供たちが増えていくのでしょう。

引用文献

- 1) 浅井康弘. 1970. 外来植物の人為的散布の一例. 植物研究雑誌. 45 : 82-83.
- 2) 榎本敬・中川恭二郎. 1977. セイタカアワダチソウに関する生態学的研究 第1報 種子および地下茎からの生長. 雑草研究. 22 :

表-1 外来の *Soilidago* 属 3 種の形態の比較

	セイタカアワダチソウ	カナダアキノキリンソウ	オオアワダチソウ
総包の高さ	3.5~4.5mm	2.5mm	4~5mm
舌状花の舌片	筒状花の裂片より長い 倒皮針状線形	筒状花の裂片とほとんど 同じ長さ	筒状花の裂片より長い 幅が広い
雄 ず い	花の筒部より高く抜け出す	花の筒部よりわずかに抜け 出す	花の筒部より高く抜け出す
筒状花の花	長楕円形で偏平	こん棒状	長卵形
花 期	晩秋 10.13(北海道 美唄) 10.20(沖縄 天久) 10.28(倉敷市) 11.4(岡山市) 11.27(松山市)	夏 9.5(福知山市)?	7~8月 7.5(香川県 宇多津) 7.10(倉敷市) 8.3(岐阜県 高山市) 8.5(北海道 共和村) 8.29(北海道 千歳)
茎 の 高 さ	100~250cm	40~120cm	50~150cm
茎 の 色	紫黒色	灰緑色	淡緑色 やや粉白を帯る
茎 の 毛	多い	枝先に近い部分にだけ微毛	やや多い
葉 の 毛	上面は微凸起状の短毛 下面は開出した短毛	上面はほとんど無毛 下面は葉脈上に開出した 短毛がある	無毛
葉 の 質	やや厚い ざらつく	うすい それほどざらつかない	うすい ざらつかない
鋸 歯	小数の低い鋸歯 花序に近い葉ではほとんど全 縁	小数が明瞭	上半部に明らか
葉の両へり	下面に向かい曲がる傾向が ある	下面にそり返らない	下面にそり返らない
葉の基部	ほとんど無柄 鈍形 鋭形		短い葉柄がある
染色体数	2n=54 (6倍体)	2n=18 (2倍体)	2n=36 (4倍体)

26-32.

3) 榎本敬. 1979. セイタカアワダチソウに關する生態学的研究. 第2報 生長および繁殖に及ぼす密度効果. 農学研究, 58(2): 79-91.

4) 榎本敬 1992. セイタカアワダチソウの他

感作用の種間差異に関する研究, 「生物相互における情報認識と応答反応に関する研究」平成元年~3年度文部省特定研究成果報告書, 岡山大学資源生物科学研究所, 倉敷市, pp. 101-104.

5) 原寛. 1951. オオアワダチソウとセイタカ

アワダチソウ. 植物研究雑誌. 26 : 158-159.

6) 原山洋士・玉泉幸一郎. 1983. セイタカアワダチソウの防除に関する試験 (Ⅱ) -刈取りによる防除試験-. 日本林学会九州支部研究論文集. 36 : 157-158.

7) 市川三次. 1975. セイタカアワダチソウの生理と生態. 花粉アレルギーと抗原植物. 市河三次・富田仁 (編) 109-145. れい明書房. 名古屋.

8) 小林彰夫・森本繁夫・柴田吉有. 1974. キ

ク科雑草植物中の他感作用物質. 化学と生物. 9(2): 95-100.

9) 倉敷市立自然史博物館. 1983. 日本の植物・世界の植物・宇野コレクションより・倉敷市立自然史博物館. 倉敷.

10) 杉野守・芦田馨. 1974. 大気汚染と都市植生 (2) セイタカアワダチソウ群落より放出された空中花粉の動態. 近畿大学公害研究所報告 2 : 133-140.

**省力タイプの
高性能一発処理
除草剤シリーズ**



**問題雑草を
一掃!!**

水稲用初・中期一発処理除草剤 ダイナマン		水稲用初・中期一発処理除草剤 ダイナマン		水稲用初・中期一発処理除草剤 ダイナマン (ジャンボ)		水稲用初・中期一発処理除草剤 マサカリ (ジャンボ)	
1キロ粒剤75 	D1キロ粒剤51 	フロアブル ダイナマンフロアブル ダイナマンLフロアブル 	Dフロアブル 				



日本農薬株式会社
東京都中央区日本橋1丁目2番5号
ホームセンター <http://www.nichino.co.jp/>

- 使用前にはラベルをよく読んでください。
- ラベルの記載以外には使用しないでください。
- 本剤は小児の手の届くところには置かないでください。
- * 空容器は圃場に放置せず、
環境に影響のないように適切に処理してください。

新登録農薬紹介

シュードモナス フルオレッセンス剤 セル苗元気

多木化学株式会社 研究開発本部 バイオグループ 吉見幸彦

<はじめに>

“セル苗元気”（試験名；HT-9601）は神戸大学、兵庫県農林水産技術総合センターおよび多木化学の共同研究成果を基礎として、さらに生物系特定産業技術研究推進機構のUR対策課題研究の中で多木化学が製剤化した微生物農薬です。当剤は植物成長調整剤と殺菌剤の2つの性能を有しています（表-1）。本誌では植物成長調整剤としての性能に限定して御紹介しますが、植物のセル成型育苗時の育苗培土としてそのまま使用することで、苗の伸長抑制効果を発揮し、セル成型育苗上の大きな問題である徒長を防止します。

当剤の植物成長調整剤としての実用性は、（財）日本植物調節剤研究協会への委託試験で確認され、2001年6月に農薬登録を取得しました。当剤のように生きた微生物を有効成分とする植物成長調整剤は例がなく、剤型も敢えて表現すれば粒剤となるかもしれませんが、これを

セル成型育苗培土としてそのまま使用するというきわめて珍しい製剤形状となっています。

<有効成分>

“セル苗元気”の有効成分として使用されている微生物は、一般的に蛍光性シュードモナスと呼ばれている細菌群の中のひとつ、シュードモナス フルオレッセンスという種類の細菌です。シュードモナス フルオレッセンスという細菌は広く環境中に分布し、様々な場所から分離されます。当剤の有効成分は圃場で栽培された作物の根部より分離されました。当剤には分離系統の異なるFPT-9601およびFPH-9601という2株のシュードモナス フルオレッセンスが使用されています（表-2）。これら2菌株の特徴はトマトをはじめとして複数種の植物根の開口部（微少な傷口など）から進入し、植物根内から胚軸部の皮層細胞間隙で生息できることです

表-1 セル苗元気の適用内容

植物成長調整剤

作物名	使用目的	使用時期	本剤の使用回数	使用方法	シュードモナス フルオレッセンスを含む農薬の総使用回数
トマト ミニトマト	育苗時の伸長抑制	は種前	1回	セル成型育苗培土としてそのまま使用	—

殺菌剤

作物名	適用病害虫名	使用時期	本剤の使用回数	使用方法	シュードモナス フルオレッセンスを含む農薬の総使用回数
トマト ミニトマト	青枯病	は種前	1回	セル成型育苗培土としてそのまま使用	—
		挿し木前	1回	挿し木用培土としてそのまま使用	
	根腐萎凋病	は種前	1回	セル成型育苗培土としてそのまま使用	

表-2 有効成分の分類学上の位置

	シュードモナス フルオレッセンス FPT-9601	シュードモナス フルオレッセンス FPH-9601
門	原始植物門	原始植物門
綱	第2綱分裂菌綱	第2綱分裂菌綱
目	シュードモナダレス目	シュードモナダレス目
科	シュードモナダシエ科	シュードモナダシエ科
属	シュードモナス (<i>Pseudomonas</i>) 属	シュードモナス (<i>Pseudomonas</i>) 属
種	シュードモナス フルオレッセンス (<i>Pseudomonas fluorescens</i>)	シュードモナス フルオレッセンス (<i>Pseudomonas fluorescens</i>)
亜種	バイオバーⅣ (biobar Ⅳ)	バイオバーⅤ (biobar Ⅴ)
系統	FPT-9601	FPH-9601

(2つの菌株を用いている理由は、それぞれを単独で用いた場合よりも殺菌剤としての効果が安定するからです。伸長抑制に関与しているのはFPT-9601です。)

<有効成分の安全性>

ラットを用いた単回経口投与試験および単回静脈投与試験の結果において感染性、病原性、体内生残性および毒性が認められないことから、有効成分の人畜に対する毒性は無いものと判断できます。またコイに対する腹腔内投与試験の結果において異常・死亡が認められなかったため魚毒性についても無いと考えられます。

有効成分はトマト以外にもナス科ではピーマン、ナス、タバコ、ジャガイモ、アブラナ科ではハクサイ、キャベツ、チンゲンサイ、ウリ科ではキュウリ、メロン、スイカ、キク科ではレタス、シュンギク、セリ科ではニンジン、イネ科ではイネ、コムギ、トウモロコシ、ユリ科ではネギ、タマネギなどの作物根部あるいは根面で生育できることが判っています。有効成分を接種したナス、ピーマン、キュウリ、キャベツ、ハクサイ、チンゲンサイ、レタス、シュンギク、ニンジン、イネ、コムギ、トウモロコシ、ネギおよびタマネギでは定植以後生育に対する負の影響は認められなかったため、主要作物種に対

して薬害性はないと考えられます。

有効成分を土壌混和した場合には、有効成分はそれぞれ速やかに減少し、土着の微生物数に変化は認められなかったため、環境中で優先化の可能性は極めて低いと思われます。

<製剤の性状>



図-1 セル苗元気の外観と中味

有効成分含量	シュードモナス フルオレッセンス FPT-9601	10 ⁷ CFU/g
	シュードモナス フルオレッセンス FPH-9601	10 ⁷ CFU/g

外観	暗褐色粒状
中心粒径	2.00~2.80 mm
水分含量	31.8 %
pH (KCl)	6.6
仮比重	59.5 g/100ml

* 当剤は、直射日光を避け、冷涼・乾燥したところで保管します。

＜作用機作＞

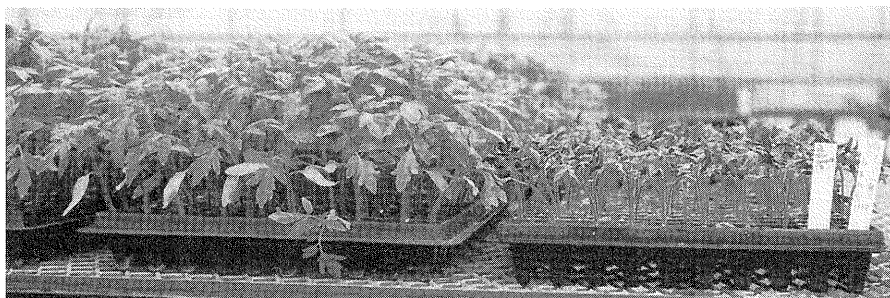
当剤の作用機作について明らかなことは判っていません。トマトセル成型苗の伸長抑制作用のメカニズムと各種病害防除作用のメカニズムに相関があるのか無いのかといった部分も含めて類推の域を出ることができません。ただ一つ、苗の伸長抑制作用も、各種病害の防除作用も有効成分がトマト幼苗の根部内部へ進入・定着することによって発現することは間違いありません。植調面では、有効成分の根部への進入・定着は、それが病原菌でなくとも、トマトにとってはある種のストレスとなり、その反応として生育が停滞するものと考えています。このトマトのもう一つの外観的な特徴は植物体へのアントシアン様色素の蓄積です。アントシアン様色素の蓄積は低温や養分不足など様々なストレスに反応して生じることからも、有効成分により植物体はストレスを感じていると考えています。

この生育停滞は地上部の伸長成長において顕著です。伸長抑制されたトマトの胚軸部断面では、皮層細胞において細胞の小型化が認められます。そのかわり、通常栽培したトマトに比較して皮層細胞数は増加しています。定植後に速やかな生育回復が認められるのは細胞数の増加に因んでいると考えています。

一方、病害面では、有効成分がトマト根内に定着した場合に、病原菌感染時と同様の代謝物をトマトが産生するなどの知見から、病原菌感染に対する植物体反応と同様の反応が誘導されていると推察しています。

＜効果＞

“セル苗元気”を慣行の育苗培土の代わりに使用して、セル成型育苗を行うと、草丈が小さく、葉色の濃い、また葉裏および胚軸部が赤紫色に着色した苗質となります（図－2）。市販の育苗培土や農家自製の育苗培土に比較すれば、“セル苗元気”は土壌質を多く含み、肥料成分含量が少ない組成です。したがって、培土自体の性質からも苗の生育は通常に比較して若干抑制されると考えられます。培土の組成は有効成分の活性を維持することを最優先に決められています。また効果は有効成分がトマト根内部へ如何に効率的に進入できるかということに依存しています。有効成分のトマト根内部への移行



図－2 セル苗元気処理苗の苗質（左；慣行，右；処理）

表-3 “セル苗元気”を使用したトマト苗質と収量性
(平成11年度植調委託試験成績 長野県中農農業試験場より抜粋)

A 鉢上げ時の苗質 (播種後35日目)

試験区	草丈(cm)	展開葉数(枚)	地上部風乾重(g)	地下部風乾重(g)
セル苗元気	5.19	2.6	0.66	0.19
市販培土	8.84	4.0	1.85	0.40

風乾重は20株あたり、品種：ハウス桃太郎

B 定植時の苗質 (播種後65日目、鉢上げ後30日目)

試験区	草丈(cm)	展開葉数(枚)	地上部風乾重(g)	地上部風乾重(g)
セル苗元気	34.2	12.1	5.9	1.2
市販培土	34.9	12.3	5.6	1.5

C 開花始期と収量

試験区	開花時期(日)		上物		総収量	
	1段	2段	個数	重量(kg)	個数	重量(kg)
セル苗元気	64.0	75.9	104.0	15.53	146.0	20.96
市販培土	65.1	79.5	102.5	16.40	135.0	20.78

収量は15株あたり



図-3 定植後の生育 (定植90日目、左；慣行 右；処理)

を促進するために製剤中の栄養分を貧栄養状態に調製してあります。

“セル苗元気”を処理した苗は先にも示したように、草丈が明確に抑制された苗質になります。この抑制は仮植 (鉢上げ) あるいは定植以後、速やかに回復し、収量に影響することはありません (表-3、図-3)。

ません (表-3、図-3)。

“セル苗元気”を上手に使用するための留意点を説明します。“セル苗元気”はそのままセル成型育苗培土として使うもので、他資材と混合使用することは避けてください。当剤は肥料成分をほとんど含んでいないので、施肥をする場合は本葉展開以後、葉面散布剤や液肥で行ってください。育苗中は殺菌剤の使用は控えてください。これらのことはいずれも有効成分を効率的にトマト苗の根内部に定着させるためのポイントとなります。

<おわりに>

以上の様に“セル苗元気”は現在、トマトおよびミニトマトのセル成型育苗時の伸長抑制剤、トマトおよびミニトマトの青枯病防除剤、根腐萎凋病防除剤として登録されています。今後“セル苗

元気”については主として殺菌剤としての適用拡大を進めていこう計画しています。

植物成長調整剤では“セル苗元気”の有効成分の内、植物の伸長抑制に関わる成分 (シュードモナス フルオレッセンス FPT-9601) を用いた“小苗ふく土”を2005年2月に新規登録し

ました。

“小苗ふく土”はその名の通り、セル成型育苗時の覆土として使用し、トマトおよびミニトマト苗の伸長抑制剤として使用できます。植物成長調整剤としての適用拡大は“小苗ふく土”で進める計画です。

“セル苗元気”および“小苗ふく土”とも農薬の使用回数にはカウントされませんので有機栽培や特別栽培の新たな選択肢として活用される

ことを期待しています。

＜謝辞＞

シュードモナス フルオレッセンス剤“セル苗元気”の開発、登録に際しまして、ご指導、ご協力を賜りました（財）日本植物調節剤研究協会をはじめ各県の農業試験場の方々にこの場をお借りして厚くお礼申し上げます。

水田初・中期一発処理除草剤

オーグス®

フロアブル



新発売

抵抗性雑草防除の本命!!


日産化学工業株式会社
 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町3-7-1 (興和一橋ビル) 03(3296)8141
<http://www.nissan-nouyaku.net/>

植調試験地だより

秋田試験地

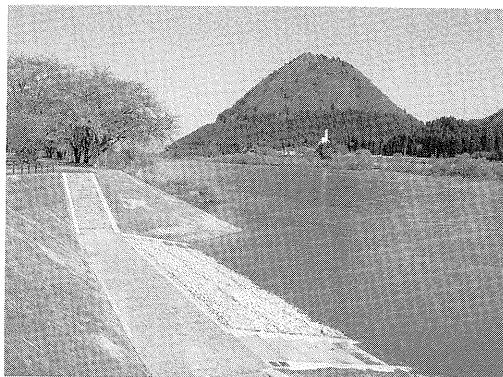
財団法人 日本植物調節剤研究協会 秋田試験地 鶴谷明宇

1. 試験地の立地

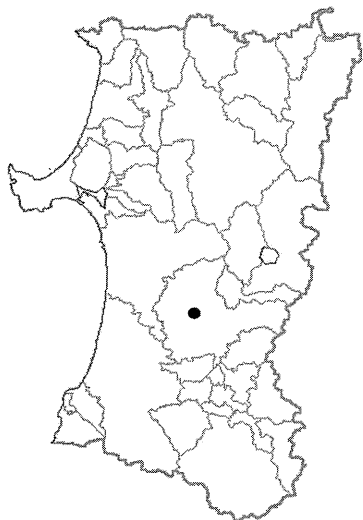
(財)日本植物調節剤研究協会 秋田試験地は秋田県の内陸南部、仙北平野のやや西側に位置する旧神岡町（H17年3月から合併により大仙市となった。）にある。（図－1）交通はJR大曲駅から国道13号線を西に7 kmほどの位置にあり、車を使うと20分ほどである。

神岡町は北部が丘陵地、中央部は秋田県最大の河川である雄物川とその支流の玉川の合流地点に平野部が形成されており、南部は出羽丘陵が連なる山岳地帯となっている。気候は全般に冷涼であり、冬はシベリアからの北西の強い季節風が吹き込むため寒さが厳しく、また内陸部であるため非常に多雪となる。しかしながら冬は厳しい寒さにみまわれるが、6月から8月に

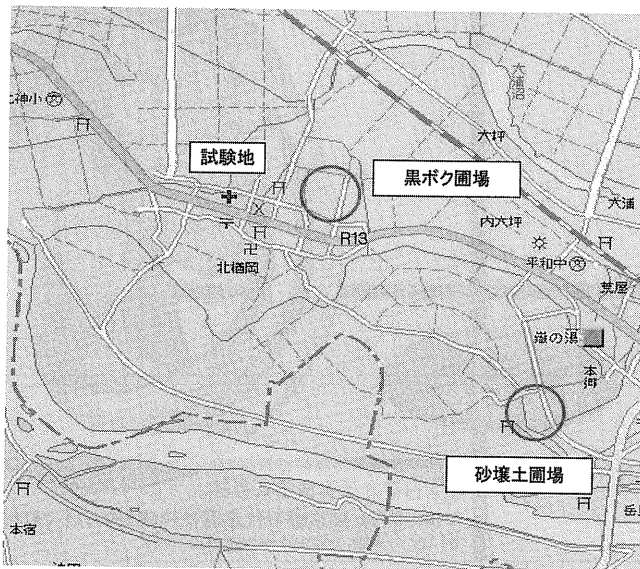
かけては温暖な対馬海流の影響で、北国ながらも気温が高くなり日照時間も長い。また東北地域の中央部を縦に連なっている奥羽山脈で太平洋側と分断されているため、冷たい“やませ”がふくことはほとんどなく、逆に暖かいフェー



写真－1 雄物川と旧神岡町のシンボル神宮寺岳



図－1 試験地の所在地(大仙市北檜岡)



ン風に変わるため非常に高温になる時もしばしばある。また日没とともに気温も下がるので昼夜の気温差が大きく、ことに水稻栽培においては多収で良質な米の生産に適している。

2. 秋田試験地の発足

この場所に秋田試験地が発足されたのは昭和61年の4月からであった。初代主任は大曲普及所のOBである鈴木啓一郎氏で、平成8年までの10年間にわたって試験を担当された。

東北では宮城県古川市の古川試験地、山形県の山形試験地、福島県郡山市の福島試験地に続き四番目にできた試験地であり、福島試験地が設立された翌年のことであった。すでにその時には山形試験地はなくなっており、それに替わって水稻の除草剤、生育調節剤の適用性を確認する場所として役割を担うこととなった。そして本州の植調試験地の中では最北の場所にあるため、寒冷地の日本海側における適用性を判断する場所としても機能している。また平成7年からは砂壤土試験が始まり、それまで東北で唯一の砂壤土である山形県農業試験場・庄内支場とともに砂壤土の適用性試験を受け持つこととなった。

現在では平成12年に設立された植調岩手県南試験地（岩手県江刺市）とともに、植調古川試験地の所属となり、佐々木主任のもとで3カ所を分担して試験をとり行っている。

3. 秋田試験地の試験規模

秋田試験地は水稻の適用性第2試験（以下適—2試験）を中心に行っている試験地である。

試験の規模は、移植水稻が埴壤土40a、砂壤土40a、直播水稻が砂壤土で10aの面積を試験に使用している。試験薬剤の受託点数は毎年70～90剤程度になる。その年の試験点数によって

は使用する面積は多少増減するが、おおむね0.8～1haで試験することが多い。そして面積のほぼ半分が小区画拡散性試験でしめられている。

現在では拡散性試験はすべて7×2.1(m)の長方形の小区画でおこなっているが、以前は10×10(m)の、正方形の中区画で試験を行っていた。そのため試験面積が2ha以上にもおよぶことがしばしばあり、そのため試験場所の確保にずいぶん苦労をした。現在ではその時より試験面積は半分程度に減少したため、より効率よく試験が行えるようになった。

4. 試験圃場の条件

土壌は洪積埴壤土（黒ボク）と沖積砂壤土の2種類の圃場がある。黒ボク圃場は神岡町北部の丘陵地帯のふもとにあり、砂壤土圃場は神岡町中央部を流れる雄物川の堤防に隣接した場所にある。どちらの圃場も水持ちが悪く、一日の減水深は黒ボク圃場が1.5cm/日、砂壤土圃場が2.0cm/日である。また用水の水温は通年低く、移植時期の水温は13℃程度と非常に冷たい。これは雄物川よりも冷たい玉川の水を引いていることが原因で、玉川は水源からの距離が近く、高低差も大きいことから雪代が暖まらないためである。

こうした水持ちが悪く、用水が冷たい水田の場合、頻繁に田の水が入れ替えられるので慢性的に圃場内の水温が低い状態にある。このことは除草剤による雑草管理の面からすれば、雑草の発生が長期にわたり（だらだら発生となる）稲の初期生育も悪くなることから、除草剤の活性が低下すると雑草の後次発生が生じやすくなり、また薬害が生じた場合も、遅い時期まで回復せず収量に影響をおよぼすことが考えられる。

このことから本試験地がひじょうに厳しい条件で除草剤の試験をおこなっていることがわかっていただけたと思う。

5. 試験の手法

試験は一般に畦シートや畦畔板と呼ばれる塩ビ製の波板で1区4～6㎡に区切っておこなっている(写真-2, 3)。初代主任の鈴木啓一郎氏が試験を始めたとき、当時はまだ試験の手法が体系化しておらず大変苦勞されたようである。特に雑草の発生が不均一であったことや、試験区の水管理の労力が大きかったことなどが原因であった。

当時は雑草の種子を播種して試験を行っていたが、播種した種子が浮き上がってしまい雑草が活着しなかったことや、また自然発生のものよりも軟弱で除草効果が高く現れやすいといっ

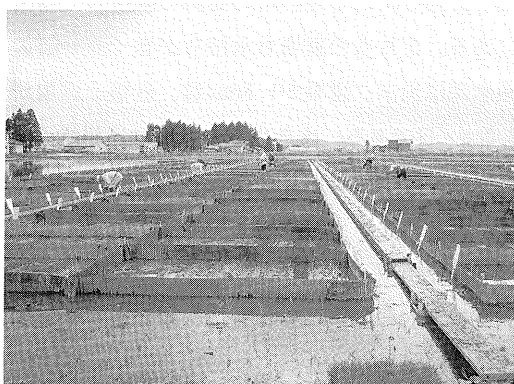


写真-2 試験区の設置作業

表-1 自然発生したノビエと播種したノビエに対する除草剤の効果の差異

調査 年度	+5処理		ノビエ2.5L処理	
	自然発生区(%)	種子播種区(%)	自然発生区(%)	種子播種区(%)
平成4	5.0%	0%	3.0%	0%
平成5	1.0%	0%	2.0%	0%
平成6	9.0%	0%	3.0%	1.0%
平成7	4.0%	1%以下	9.0%	5.0%
平均	4.0%	1%以下	4.2%	1.5%

※1 除草剤はZ粒剤を用いた。

※2 数値は対無除草区残留率で遠観で調査したもの。



写真-3 試験区の移植

た現象がみられた(表-1)。現在ではなるべく自然発生条件で試験ができるように圃場づくりをおこなっている。基本的には試験区へ水を供給する水路部分に一定の間隔をおいてタイヌビエ、イヌホタルイ、コナギを植え込み、それ以外の雑草は選択性のある除草剤や手取りなどを用いて除去をおこなうことで、翌年には全体に均一に雑草の発生させられるようになった。現在では上記の3草種のほかにアゼナ類、キカシグサ、タマガヤツリ、マツバイの発生も制御できるようになった。ただミズガヤツリ、ウリカワ、ヒルムシロなどの多年生雑草については、この手法では試験区間での発生にばらつきが出やすくなるので、休耕田やポット(写真-4)などで増殖させた塊茎を掘りとり、一定個数を試験区に埋め込んで使用している。

また水管理についても写真5～6にあるよう

な自動給排水装置を畦畔板に取り付けることによって労力を大幅に軽減させることに成功した。

このほかにも鈴木氏の努力により各所にさまざまな工夫がもうけられ、より効率的に試験がとり行えるよ



写真-4 育成中の多年生雑草 (左からミズガヤツリ, ウリカワ, ヒルムシロ)

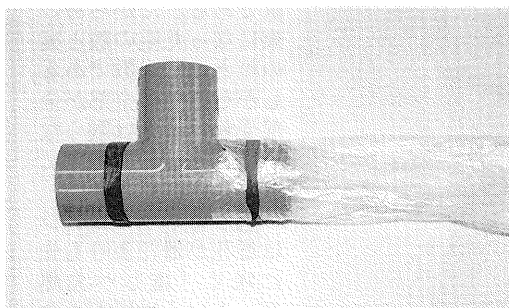


写真-5 水管理装置

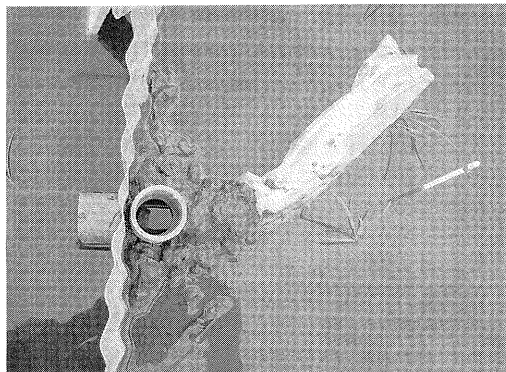


写真-6 試験区設置中の水管理装置

うになった。また毎年4月に行われる東北雑草防除担当者研修会を通じて多くの試験場、試験地と情報を交換できるようになりさらに充実した試験ができるようになった。

最後に秋田試験地は今年で20年目を迎えることになる。この間、農家を取り巻く環境はずいぶんと変化し耕種方法も年々進歩してきた。本試験地としても、それにすばやく対応し現場を反映した試験をおこなっていききたいと望んでいる。

日本帰化植物写真図鑑

清水矩宏・森田弘彦・廣田伸七／編著 B6判 548頁 本体価格 4,300円

●帰化植物630余種を1,700余点のカラー写真で紹介。飼料作物畑の雑草害と対策も解説

ヒエという植物

本書は、ヒエの植物としての側面、農耕地の雑草としての側面、食料としての側面など、多面的にヒエを解説した。15人の専門家が分担執筆。

藪野友三郎／監修

山口 裕文／編集

A5判 208ページ

本体 3,500円

全国農村教育協会

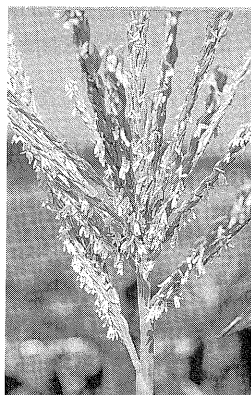
<http://www.zennokyo.co.jp>

〒110-0016 東京都台東区台東1-26-6

TEL03-3833-1821 FAX03-3833-1665

編集後記

ディープインパクト今年の7月アメリカが彗星に打ち込んだ探査機のことである。秒速何kmというものすごいスピードで宇宙を遊泳する彗星に探査機を突入させて彗星を探索する。人類の智恵はここまで進んだかと感服の至りである。しかし科学が進歩した現代でも気象に関しては全く無力である。今年も日本列島は異常気象に翻弄されている。関東から西は6月下旬に連日30℃前後の高温。九州北部や四国では雨が降らず田植ができなくて放棄した水田。ひび割れて稲が枯れかかった水田。四国では水瓶のダムが干しあがって給水がストップ。それが7月になると九州、四国、北陸は梅雨末期の集中豪雨により洪水、土砂崩れによる災害と今年もまた各地で大きな被害が起きている。科学の力によって気象もコントロールできる時代が早く来てもらいたいとただ祈るだけである。

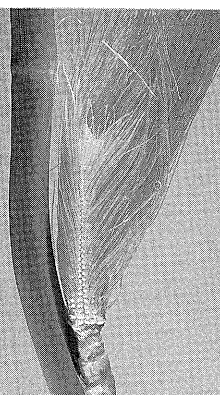


▲トウモロコシの雄花穂

梅雨どきともなるとスーパーなどに糖質系（スイートコーン）の甘い品種のトウモロコシ「ハニー」「バンダム」などが並べられている。トウモロコシは自己消化が激しい作物で収穫後時間の経過とともに酵素の働きで澱粉が消化されて甘味(糖分)が減少して味が落ちてくる。したがって店頭で買ったらずぐに家に帰って蒸すなりゆでて処理することが味を落とさないコツで、買ってから夕食の時間まで放って置くと甘味が薄れることは確実である。

トウモロコシというと先端にたくさんの毛

がついている。この毛はどんな役割があるのだろう。じつは雌しべの花柱で実を結ぶためには欠かせない器官である。トウモロコシは茎先に雄花穂がつき、茎の中央部の葉腋に苞葉に包まれた2～3個の雌花穂をつける。雌花穂の中には300～1,000個もの雌花があり、その雌花の1個、1個から1本ずつ雌しべを伸ばし、その先が長い柱頭になる。これが雌花穂の先に束になって出てくる白く見える毛である。この毛のように見える柱頭に雄しべ



▲雌花穂

からの花粉が着くと受精してトウモロコシの1粒、1粒の実になる訳である。だからあの束になった毛の数と実の粒とは同じ数である。しかしこの毛全部が全部受粉するとは限らないので先端の方は実にならない訳である。

因みにトウモロコシは雄花が雌花よりも先に咲く「雄しべ先熟花」という性質があり、同じ株で近親交配によ

る子孫の劣悪化を防止するという自然の巧妙な仕組みをもっている。つまり、雌花より先に雄花が咲くことによって同じ株の雌花に花粉が着くことがなく、雌花は必ず他の株の花粉を受粉する仕組みである。

こうしたことからトウモロコシを栽培する場合1本だけ植えた場合は実ができない。必ず2本以上植えることが大切で少なくとも10数本植えるのが理想である。また、トウモロコシの雄花穂は茎先につき、花粉は風によって受粉する風媒花であるから畦は1列でなく、2～3列の集団に植えると確実に受粉する。②

財団法人 日本植物調節剤研究協会
東京都台東区台東1丁目26番6号
電話 (03)3832-4188 (代)
FAX (03)3833-1807

編集人 日本植物調節剤研究協会 会長 小林 仁
発行人 植調編集印刷事務所 広田 伸七

東京都台東区台東1-26-6 全国農村教育協会
発行所 植調編集印刷事務所
電話 (03)3833-1821 (代)
FAX (03)3833-1665
E-mail: hon@zennokyo.co.jp

印刷所 新成印刷(株)

平成17年7月発行 定価525円(本体500円+消費税25円)

植調第39巻第4号

(送料 270円)

難防除雑草対策の新製品

イッテツ フロアブル
1kg粒剤

期待の新製品

2成分の
ジャンボ剤 **ゴヨウダ**® ジャンボ

ノビエ3葉期
まで使える **アピロイグル**®
フロアブル

ポ〜ンと手軽に
クラッシュEX® ジャンボ

安定した効果の
初中期一発剤 **ドニチ1**® 1kg粒剤

殺虫成分入り
(スクミリンゴガイ食害防止) **ショウリョク**® ジャンボ

大好評の既存剤

草闘力® ふろあぶる

キックバイ1® 1kg粒剤

アワード® フロアブル

ロンゲット® フロアブル

シェリフ1® 1kg粒剤

シーゼット® フロアブル

クラッシュ1® 1kg粒剤

バトル® 粒剤

スミクレート® 粒剤

大地のめぐみ、まっすぐ人へ
SCC GROUP

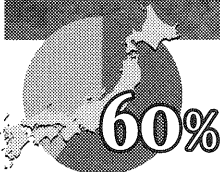
住友化学株式会社
〒104-8260 東京都中央区新川2-27-1

住化武田農業株式会社
〒104-0033 東京都中央区新川1-16-3

DUPONT

The miracles of science™

デュポン社が開発した
ベンスルフロンメチル「**ロンダックス**®」は、
日本の美味しい米作りと食の安全を支えています。



「**ロンダックス**®」は低薬量かつ1回の処理で除草ができる自然に
やさしい環境負荷低減型除草剤。

様々な有効成分と混合し、使いやすい薬剤として、日本における
水稲面積の約60%※の除草作業をお手伝いしています。

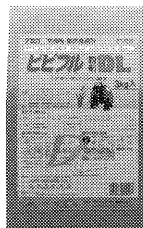
※平成16年度出荷実績



上記のマークがついている除草剤には
ロンダックス® (DPX-84) が含まれています。

デュポン ファーム ソリューション株式会社 〒100-6111 東京都千代田区永田町2-11-1 山王パークタワー 電話 03-5521-8410 Fax.03-5521-2471 ①は米国デュポン社の登録商標です。

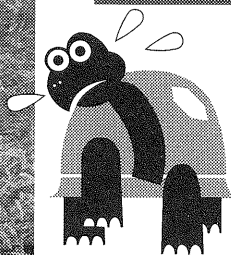
出穂まぎわに使える倒伏軽減剤「ビビフル」



【特長】

- ① 出穂まぎわに散布可能：倒伏が予測するのでムダがありません。
- ② 新タイプ：茎葉処理タイプの倒伏軽減剤です。
- ③ 安定した効果：土壌や水管理に関わらず安定した効果を示します。
- ④ 環境に配慮：まわりの作物や後作物に安全です。

※本剤は倒伏防止剤ではありません。基本的な倒伏防止対策（施肥管理等）を行なっても、倒伏が予測される場合に、倒伏を軽減させる目的で使用していただく薬剤です。



ビビフル®フロアブル

ビビフル®粉剤DL

- 使用前にはラベルをよく読んでください。
- ラベルの記載以外には使用しないでください。
- 本剤は小児の手の届く所には置かないでください。

JAグループ

農協 | 全農® | 経済連

自然に学び 自然を守る

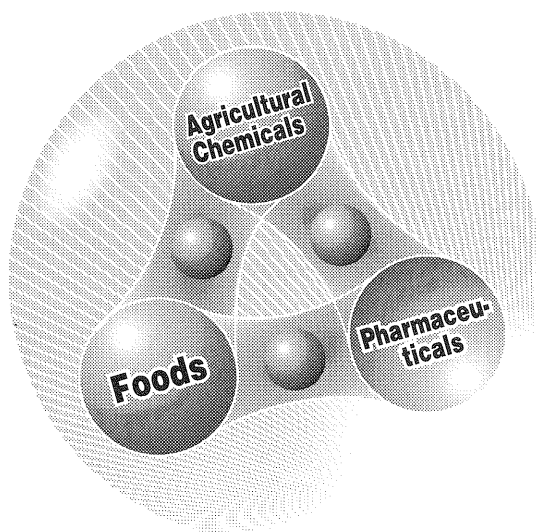
クミアイ化学工業株式会社

本社：〒110-8782 東京都台東区池之端1-4-26 TEL03(3822)5131

いのちの輝きを見つめる

Meiji

私たちは、夢と楽しさ、いのちの輝きを大切にし、
世界の人々の心豊かな暮らしに、貢献します。



天然物で確実除草

ハービー®液剤



明治製菓株式会社

104-8002 東京都中央区京橋2-4-16
<http://www.meiji.co.jp/nouyaku>