

植調

第58巻
第9号

JAPR Journal

ヒートアイランドによる雑草の高温耐性の進化 深野 祐也

果樹の開花に必要な低温積算時間を簡便に把握できるWebアプリの開発 杉浦 裕義

落葉果樹の落葉や越冬芽の萌芽抑制はどのように制御されているのか 山根 久代・向 子帆

植物成長調整剤として利用されるアブシシン酸 汀 恵子

三重県で採取されたオヒシバおよびオオアレチノギクにおけるグリホサート感受性の低下 内野 彰



公益財団法人日本植物調節剤研究協会

JAPAN ASSOCIATION FOR ADVANCEMENT OF PHYTO-REGULATORS (JAPR)

特設サイトをリニューアルしました!



見に来てね!



豆つぶ 撒き方
いろいろ!

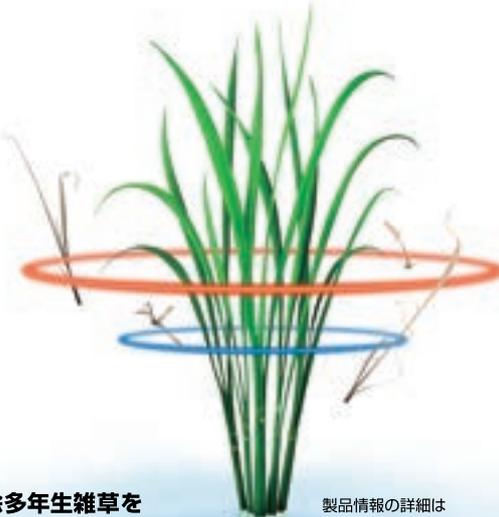


- 使用前にはラベルをよく読んでください。
 - ラベルの記載以外には使用しないでください。
 - 本剤は小児の手の届く所には置かないでください。
 - 防除日誌を記帳しましょう。
- ®はクミアイ化学工業(株)の登録商標

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:東京都台東区池之端1-4-26 〒110-8782 TEL:03-3822-5036
ホームページアドレス <https://www.kumiai-chem.co.jp>

クミカの
facebookは
こちら



2成分で 稲を守る、プロ。

高葉齢ノビエも難防除雑草も、
的確に防除。



一発でノビエ、難防除多年生雑草を
しっかり除草。
鉄コーティング直播栽培にも対応。
次世代の水稲用除草剤
「ボデーガードプロ」は
多角化・大規模化に貢献します。

製品情報の詳細は
こちらから



AVH-301

JAグループ
農協 | 全農 | 経済連

- 使用前にはラベルをよく読んで下さい。●ラベルの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。®ボデーガードはバイエルグループの登録商標

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 <https://cropscience.bayer.jp/>

お客様相談室 ☎0120-575-078 9:00~12:00, 13:00~17:00
土日祝日および会社休日を除く



仮想の「ゴジラ」と現実の雑草防除

公益財団法人日本植物調節剤研究協会 理事
東北支部長
吉田 修一

今年4月から東北支部の仕事をさせていただいている。植調協会が創立60周年を迎える記念すべき年に入会したことになる。6月の北陸と東北地域水稲除草剤試験中間現地検討会にはじまり、東北研究センターや青森・秋田・福島試験地、いくつかの県農業試験場や一般の水田を見る機会を得た。その際、宮城県に勤務していた頃には気づいていなかった帰化雑草など、新たに数種の雑草が侵入していることを教えていただき、雑草研究の継続や防除情報の重要性などいろいろと考えさせられた。そもそも、私が農業改良普及員として仕事を始めた頃には、水田雑草防除には優秀な3kg粒剤（宮城県では、ウルフやザーク、フジグラスなど）が流通していたと思う。ノビエの2.5葉期まで防除可能で、雑草は綺麗に防除された。「除草剤は本当に便利」だ、現代の雑草対策は“たやすい”と思い込んでいた。

農業試験場に異動したのは、ちょうどSU剤抵抗性雑草の初発の頃だ。当時の東北農業試験場の雑草防除研究室の伊藤一幸室長が、北海道から古原洋氏を招いて勉強会を行い、参加した。本当に、除草剤が抵抗性雑草に効かない！しかも、古原氏はイヌホタルイにも効かないバイオタイプが現れると予見されていた。伊藤室長の後任は、渡邊寛明室長で県内のイヌホタルイ残草圃場をご案内した思い出がある。除草剤処理後に枯れないイヌホタルイの遺伝子解析を、当時東北大学の吉岡俊人先生と大学院生の渋谷氏らが実施し、ALS遺伝子の点突然変異が原因であることが1999年の日本雑草学会で報告された。つまり、自然界に一定の割合で元々存在した突然変異株が、あちこちで増えたものと考えられた。現実の雑草防除は、除草剤があるから“たやすい”，というものは無いのだ。

さて、「ゴジラ」の第1作は1954年の映画で70年前だ。水爆実験により飛散した放射能を浴びて海棲爬虫類が変化したとされる生物が、東京を火の海にし、以後多くのシリーズが製作されていることは、ご承知のとおり。特に大ファンというわけでもないのだが、製作70周年を迎え、どの局でもシリーズのいずれかが放映されていて、ほぼみな視聴してしまった。最後に見たのが「ゴジラ-1.0」で、特撮（CG？）の凄さには圧倒された。「ゴジラ」シリーズでは、毎回人々が知恵を絞り、どうにかしてなんとか一旦は退けるものの、再び海から（海外から）現れる。そして、甚大な被害を与え

るが、第1作でゴジラを退治した兵器も発明者も共に葬られ、その後に知見は活かされない。その都度騒ぎ、過ぎ去ると忘れる。次の時はどうするの？という疑問が解決されずに終わる。

当たり前だが、仮想の「ゴジラ」と現実の雑草防除との違いがここにあると思う。

人類が生きていくために必要な農耕では、毎年同じ環境が作られ、肥料が与えられる。植物にとって魅力的な場所に侵入し、作物から日光と水と栄養を奪う雑草は、私たちにとっては害となる。外側からは同じ様に見えても生存能力に多様性を持ち、遺伝子の倍数性や点突然変異の蓄積など、環境に適応する力を持つ植物（雑草）は、自然界の脅威そのものである。私たちは雑草問題にいかに立ち向かっていくのか。植調協会東北支部の仕事をしながら、あらためて考えさせられたことは、協会が60年にわたり、植調剤開発企業の委託を受け、関係機関の協力のもと、生産環境における物質の動態や雑草の反応などのエビデンスを確実に積み上げ、科学的対策を構築してきたということである。新規除草剤の開発は、現実の世界での真摯な仕事であり、貴重な人類の発明物質を後世につなぐ役目を担ってきたのである。各方面で継続されている雑草研究や情報の蓄積は、例えば、海外から雑草の侵入が！といった際には、由来する国や地域で何らかの防除対策が取られていたはずで、海外の文献を読めばかなりの参考になる。海外から見ればその逆もまた然り。また、使用される除草剤は、與語靖洋先生が常々お話されているように、人類の発明した化学物質として、生産環境中での動態が最もよく調べられており、科学的に安全使用基準が定められ、生産者・消費者が安心して使用できるものでもある。私たちは、「ゴジラ」のように都度騒ぐのでは無く、着実に雑草防除方法を深化させてきたと言える。近年の地球温暖化の影響により、生産現場における農法や栽培作物も変化していくことが想定され、常に侵入を窺う雑草も独自に対応してくるに違いない。ある種のバクテリアと共生し、化学物質に対抗する草もあるらしい。生物進化を垣間見るような仕事に、有意義に関わることが楽しみだ。これからも、植調協会と東北支部に、関係者の皆様の変わらぬご支援をお願いするものである。

ヒートアイランドによる 雑草の高温耐性の進化

千葉大学園芸学部
深野 祐也

1. はじめに

都市の最も顕著な特徴は、アスファルトやコンクリートで地表面が覆われることである。このような不透水性の地表面は、熱を吸収・発生させる効率が高く、ヒートアイランドと呼ばれる都市部の高温化を引き起こす。路傍に生える雑草は、都市の高温ストレスを最も受けている生物のひとつである。夏の晴天時には、時として都市部の地温は50°Cを超えることもある。このような都市の高温ストレスは、都市雑草において高温耐性を進化させているかもしれない。近年、私たちの研究グループを含む世界中の研究者が、都市の生物で急速な進化が起きていることを報告している（植調誌第55巻第9

号参照）。しかし「都市の高温」が植物をどう進化させるのかは、これまで報告されていなかった。本稿では、カタバミを対象として、ヒートアイランドに対する適応進化を解明した研究(Fukano *et al.* 2023)を紹介する。

私たちは、カタバミ (*Oxalis corniculata*) という世界中の都市や農地に生えている植物に注目した。カタバミには、葉の色に関して明確な種内変異があり、通常の緑の葉を持つ個体から、真っ赤な葉を持つ個体まで様々である(図-1)。赤い葉の個体はアカカタバミと呼ばれることもある。カタバミの赤葉は、緑から赤に可塑的に変化する樹木の紅葉などと違い、発芽した直後から赤い葉である。つまりカタバミの葉色の違いの多くは遺伝的に決まっている遺伝的変異といえる。都市のカタバミ

はアスファルトやコンクリートの隙間に生えており、高温ストレスを強く受けているように見える。私たちは、都市部では赤いカタバミが多いことに気が付き、これは都市の高温に対する適応進化かもしれないと予想した。そこで、この予測を生態学・植物生理学・遺伝学アプローチで多角的に検証した。

2. 方法と結果

2.1 野外調査

東京都市圏の26地点で野外調査をしたところ、芝生や農地など緑地に比べ都市部では赤い葉のカタバミが多くなるという明確な傾向があった(図-2)。緑葉と赤葉の変化は急激で、たった数十メートルしか離れていない公園



図-1 カタバミの緑葉（左上）と赤葉（左下）
都市の路傍では、赤葉個体が多く目につく。

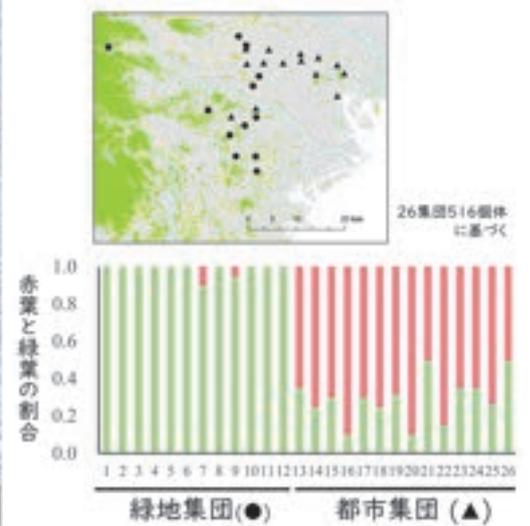


図-2 緑地と都市部でのカタバミの葉色の違い

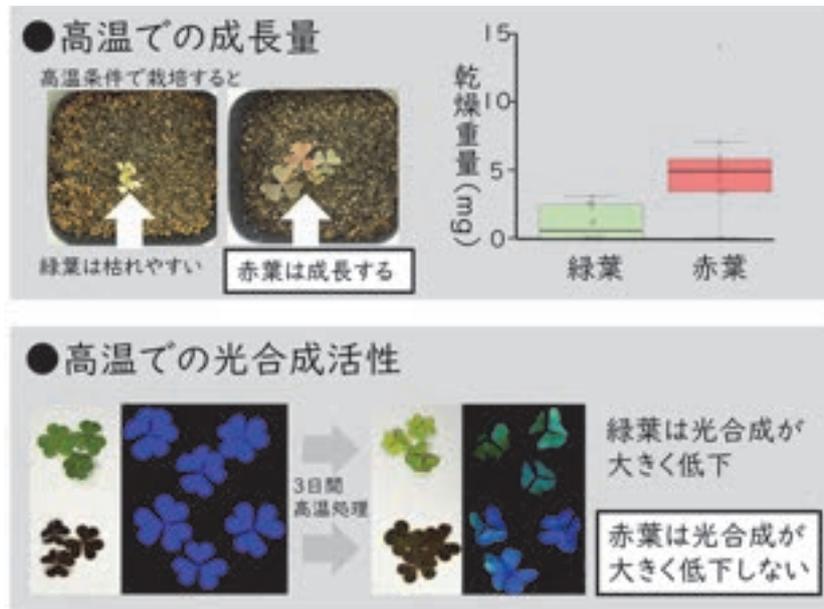


図-3 高温での生長量（上）と光合成活性（下）
高温の栽培環境では、赤葉は緑葉よりも成長量が多く（上）、光合成活性が低下しにくかった。

の芝生と住宅を比べても、葉の色の分布が大きく変化していた。

2.2 光合成能力の測定と栽培実験

次に、都市 - 赤葉，緑地 - 緑葉という野外調査の結果が高温ストレスという選択圧によって生じたのかを、栽培実験と光合成能力の測定によって調査した。もし高温ストレスによって赤い葉が進化したのならば、高温環境では赤葉の方が、光合成能力が高く、成長や種子生産でも有利になるはずである。逆に、通常の栽培環境(25°C)では、緑葉の方が有利になるはずである。

都市を模したレンガ圃場，温室，人工気象装置での栽培実験や葉の光合成活性の測定など様々な手法でこの予測を検証した。その結果、どの実験でも予測を支持する結果が得られた。つまり、高温下(35°C)では緑葉よりも赤葉の方が、高い光合成活性を示し成長が良かった一方で(図-3)、通常の気温では赤葉よりも緑葉の方が、高い光合成活性を示し成長が良かった。これは、都市の高温ストレスが、都市で赤葉を進化させたことを強く示唆する結果である。

2.3 集団遺伝学的な解析

都市の赤葉の進化プロセスを集団遺伝学的手法によって推定した。東京都市圏の都市と緑地のカタバミ 136 個体を対象に、ゲノムワイドな SNP の多型を分析することで、集団の進化の歴史を推定した。すると、赤葉は一度だけ進化し東京中に広まったわけではなく、色々な場所で緑葉から赤葉への進化が何度も起こったことが示唆された。

2.4 都市進化の普遍性の検証

もし都市の高温ストレスがカタバミを赤く進化させるなら、東京都市圏以外の、世界中の都市でも同じようなパターンが観察されるはずである。この予測を、世界的な市民観察プラットフォームであり、観察データがオープンに利用できる iNaturalist のデータベースを使って検証した。世界中からアップロードされた 9561 枚のカタバミの写真を分析すると、予測通り都市部のカタバミは赤葉の割合が高かった(図-4)。

3. 考察とまとめ

これらの結果をまとめると、都市の高温ストレスによって、カタバミの葉の色が赤く進化し高温耐性を獲得していることを示している。カタバミの赤葉はアントシアニンが蓄積することで赤くなっている。アントシアニンは、都市のヒートアイランドに適応するため鍵となる重要な二次代謝産物であろう。一般に、高温ストレス条件下で植物が強い光にさらされると、葉緑体を損傷し、光合成効率を低下させる活性酸素が発生する。アントシアニンは、光の減衰と抗酸化物質による保護を通じて、活性酸素によるダメージを軽減するのに役立つと考えられている。カタバミのアントシアニンは表皮に集中しているため、抗酸化物質としての役割よりも、表皮のアントシアニンによって過剰な光を減衰させている役割が大きいと考えられる。つまりカタバミの赤い葉に含まれるアントシアニンは、都市環境における高温ストレス下での過剰な光によって引き起こさ

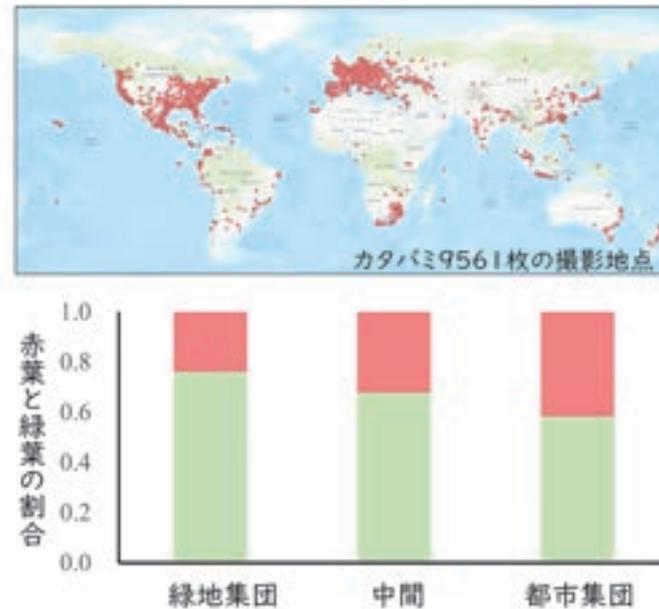


図-4 世界中の市民によるカタバミの撮影地点 (上) と葉色の関係 (下)

れる光阻害を、光減衰によって緩和する働きがあるのだろう。一方、通常の温度条件ではアントシアニンによって十分な光を得られにくくなり、成長が抑制されるという不利さがある。そのため、高温になりにくい緑地では、赤葉ではなく緑葉個体が優占しているのだろう。

都市はヒートアイランドによって周囲より数°C以上気温が高くなっているため、未来の温暖化を先取りしている

とも言える。カタバミの赤葉のように、都市の高温環境で生じている急速な進化を解明することで、温暖化が進んだ世界の生物の動態を予測し、うまく対処することに繋がるかもしれない。

4. 謝辞

本研究は、文部科学省科学研究費補助金 (21H02559) の支援により実施された。

参考文献

- 深野祐也 2021. 都市と農地における雑草の急速な進化と防除への影響. 植調 55(9), 274-277.
- Fukano, Y., Yamori, W., Misu, H., Sato, M. P., Shirasawa, K., Tachiki, Y., & Uchida, K. 2023. From green to red: Urban heat stress drives leaf color evolution. *Science Advances*, 9(42), eabq3542.

果樹の開花に必要な低温積算時間を簡便に把握できる Web アプリの開発

農研機構果樹茶業研究部門
果樹生産研究領域
杉浦 裕義

はじめに

生物のライフサイクルにおいて、生長が一時的に休止するような現象またはその期間を「休眠」と呼ぶことがある。ブドウやニホンナシなどの落葉果樹においても、落葉後から萌芽まで樹の生長が停止しているように見えるため、落葉果樹は休眠すると言える。冬季の凍結するような低温、または低温に起因する根の吸水制限による乾燥から樹が身を守るため休眠すると考えられている。特に、果樹栽培あるいは果樹園芸学で断わりなく休眠といえば、生長の起点となる芽の休眠のことを指す場合がほとんどである。芽は春から夏に形態を形成した後、ある段階まで生長するが、落葉する前頃には生長を停止し、すなわち休眠し、翌春に萌芽するまで休眠は続く。しかし、芽は休眠中でも生理的には大きく変動しており、「前休眠」、「自発休眠」、「他発休眠」の順に、生理反応がまったく異なる

3つの発育相に分類される(図-1上)。果樹栽培では、露地栽培の他に、出荷時期の拡大、気象災害の防止および適期の管理作業を目的に果樹を施設内で栽培する施設栽培が普及している。施設栽培のうち、加温により収穫期をより前進させる加温栽培においては、この休眠特性に基づき加温施設への保温資材の被覆、加温の開始時期などを考慮して栽培管理することが重要である。そこで今回は果樹の休眠特性について解説し、次に加温栽培に必要な情報である低温積算時間を簡易に取得できるシステムを開発したので紹介する。

休眠期の3つの発育相

1. 前休眠

ニホンナシや落葉樹であるサクラでは、まだ葉が青々としている初秋において台風などの強風により強制的に除葉されると、不時開花(返り咲き)することがある(図-1下、図-2)。この

ことは芽が初秋に萌芽、開花できる状態まで分化、生長していることを示す。しかし通常萌芽・開花しないのは、葉が萌芽・開花を抑制しているためと考えられている。また頂芽による側芽の生長抑制も頂芽優勢として知られている。このように他の器官の存在により萌芽が抑制されている状態を、休眠(後述の狭義の休眠)の前ということで「前休眠」、または「条件的休眠」、「夏休眠」ともいう。

2. 自発休眠

落葉期の少し前になると、摘葉し加温施設などで樹を生育適温に加温処理しても萌芽・開花率が徐々に低下してゆき、その後は加温してもまったく萌芽・開花しなくなる時期となる(図-1下)。このように気温などの環境条件が生長に適していても、萌芽・開花しない(しにくい)状態が「自発休眠」である。自発休眠は芽自身の内生的な抑制によって生長を停止しているため、「内生休眠」あるいは「生理休眠」とも

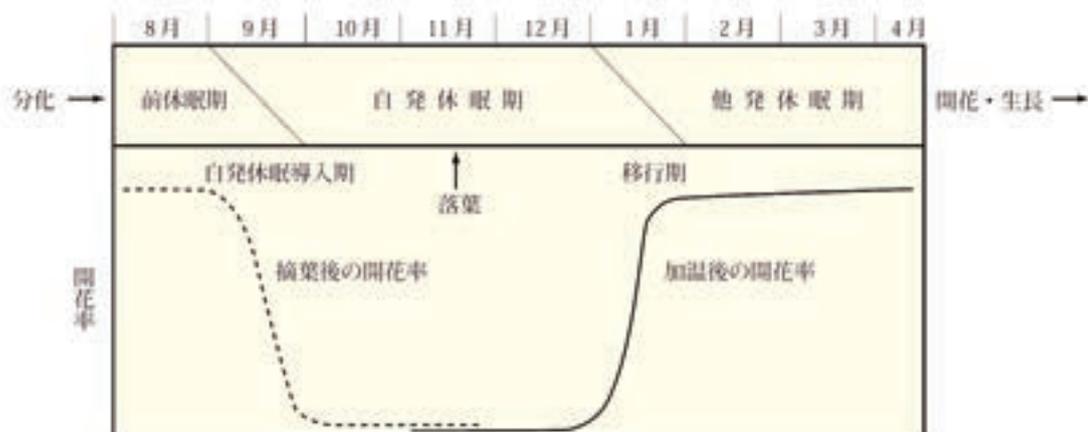


図-1 果樹の休眠期における芽の発育相(上側)と開花率の変化(下側)(杉浦, 2002)



図-2 台風の強風により落葉したニホンナシの不時開花および展葉

	品 種	低温要求時間 (hr)
オウトウ	佐藤錦	1,450
モモ	白鳳	900
ニホンナシ	幸水	750
カキ	刀根早生	700
ブドウ	巨峰	400

表-1 落葉果樹における低温要求時間 (杉浦, 2002)

いわれる。単に休眠といえば自発休眠のみを指す場合もある。自発休眠期では、芽は生長を停止しているが、6°Cのような低温に反応し、ある一定量の低温を経験すると自発休眠を終了し(これを自発休眠覚醒または自発休眠打破と呼ぶ)、他発休眠へ移行する。しかし、実際には自発休眠していた芽がある日を境に他発休眠に完全に切り替わるわけではない。図-1の「移行期」で示す自発休眠から他発休眠へ発育相が変化する過程において、加温後の萌芽・開花率は、この期間中の低温時間が長くなるほど徐々に上昇していく(図-1下)。また芽が加温すれば十分に萌芽・開花するような状態になってもさらに低温を経験する時間が長いと、加温してから萌芽・開花するまでの所要時間がより短時間となる。このため、早期に萌芽・開花させようと加温をむやみに早めるより、むしろより長い期間の低温を経験させた後に加温した方が萌芽・開花が早く、そのそろいも良くなるので、適期に加温を開始することは加温燃料の低減に有効である。

3. 他発休眠

「他発休眠」は生理的には芽が生長可能な状態にあるが、生長に不適な低温により芽の生長が停止させられてい

る状態であるため、「強制休眠」とか「環境休眠」ともいわれる。自発休眠覚醒後からその後に続く他発休眠中は一般に厳冬期であり、低温のため芽は萌芽・開花できない。晩冬から初春へと気温の上昇に従って、芽は生長を再開し、萌芽・開花する。言い換えれば、芽は他発休眠になっていれば、たとえ厳冬期でも生長できる適温に管理すれば萌芽・開花できるので(図-1下)、加温により露地栽培より作期を前進させる促成栽培は果樹でも普及しており、季節の先取りによる高単価販売や作業労力の分散に役立っている。

自発休眠覚醒に必要な低温要求時間

芽が自発休眠覚醒するにはある一定量の低温を経験する必要があるとしたが、これを自発休眠覚醒に必要な低温要求量という。低温要求量の表し方はいろいろあるが、最も利用されている指標に「低温要求時間」がある。自発休眠覚醒に有効な低温を7.2°C以下、これより高温を無効と仮定し、この温度以下となった時間を積算したものを低温積算時間または低温遭遇時間としている。低温積算時間が何時間以上になると自発休眠覚醒するか実験的にま

たは経験的に取得した値が低温要求時間である。この低温要求時間は絶対的なものでなく、同じ樹種、あるいは同じ品種でも文献などによって値が異なることが知られているが、主要品種毎の低温要求時間として一応の目安が示されている(表-1)。低温要求時間が異なる理由として、

- ・自発休眠覚醒を判断するために低温処理後に加温する温度が任意の状況でかつ、任意の加温期間における任意の萌芽・開花率を用いるなど自発休眠覚醒の判断の条件に統一的なものがないこと
- ・7.2°Cを境に7.2°C以下の温度が自発休眠覚醒に一律に同じ効果を持たない、すなわち温度の高低によって自発休眠覚醒に寄与する効果が異なること

に起因することがわかっている。それでも地域や樹種毎の作型の実情に合わせて低温要求時間を決め、栽培管理に利用している。特に年明け早々に加温を開始するような作型の場合は、年によって低温積算時間が大きく異なるので注意が必要である。また低温要求時間を満たさないような時期に加温しても萌芽・開花率を向上させるシアナミドを主成分とした植物成長調整剤が実用化され、安定生産に寄与している。



図-3 「果樹の低温積算時間表示システム」のトップページ



図-4 「果樹の低温積算時間表示システム」ログイン後のメニュー画面

低温積算時間に基づく栽培管理

加温により露地栽培より作期を前進させる促成栽培、特により早期に加温する場合において、保温資材の被覆・加温のタイミングを間違えると萌芽・開花の不良や不揃い、萌芽・開花するまでの加温期間が長くなるなど弊害が生じることが知られている。自発休眠

覚醒は外見からは判断できないため、低温要求時間を基に低温積算時間がどの程度充足しているか把握し、栽培管理することは重要である。

これまで、公設試験研究機関や地域の普及機関などは、独自に観測する気温や最寄りのアメダスの気温のデータを利用して、各々低温積算時間を計算してきたが、近くに観測地点やアメダスがない園地では、離れた地点の低温積算時間を参考にするしかなく、傾斜

地に多い果樹園では、たとえ観測地点に近くても標高により気温が異なることから低温積算時間にずれが生じてきた。また各自で気温を測定して低温積算時間を計算しようにも、気温の測定そのものや計算自体も煩雑である。

一方、農研機構が運用するメッシュ農業気象データシステムは、約1 km四方の大きさの領域を単位に気温などの気象データの過去値および予測値を配信しており、より細かい範囲の気象



図-5 「地点の低温積算時間の実況と予測」の設定画面



図-6 「地点の低温積算時間の実況と予測」の計算結果表示画面の一例

データが利用できるようになったが、各自でこの気象データを取り扱うのはある程度専門の知識を有する必要がある。そこで、メッシュ農業気象データシステムの気温データを参照して、煩わしいデータ処理作業なしに、スマートフォンやPCなどの端末で誰でも低温積算時間を手軽に確認できる「果樹の低温積算時間表示システム」を開発した。

果樹の低温積算時間表示システム

本システムは、スマートフォンやPCなどに搭載されているWebブラウザ（Google Chrome, Safari, Microsoft Edgeなど）を利用して、以下の情報が取得できる。

- ・低温積算時間の実況を知りたい地点と起算日を指定すると、この地点の低温積算時間毎の到達日と到達予測日を表示
- ・都道府県と日付を指定すると、低温積算時間のヒートマップを都道府県毎に表示

本システムのトップページのURLは <https://fruitforecast.jp/> である(図-3)。利用には、ユーザ登録が必要だ

が、現在は無料で利用できる。次に操作方法を示しながらシステムの詳細を紹介する。なお操作マニュアルは本システムからダウンロードできる。ユーザ登録が完了していると、2種類のメニューが表示される(図-4)。

地点の低温積算時間の実況と予測

- ・画面上の地図(図-5)から低温積算時間を知りたい任意の地点を選んで「計算実行」をタップすると、低温積算時間が計算され、画面中央に低温積算時間現在値が表示される(図-6中央)。
- ・2月末日まで200時間毎の低温積算時間の到達日(青字)と到達予測日(赤字)が画面右側に表形式で表示される(図-6右側)。
- ・GPS機能があるスマホなどでは現在位置を指定できる(図-5の「現在位置」をタップ、利用する端末で設定が必要)。
- ・低温積算時間を計算する基準温度は変更できる(図-5、初期設定は7.2°C)。
- ・低温積算時間を計算する起算日は10月～2月の範囲できる(図-5、初期設定は当年度の10月1日)。

低温積算時間の実況地図

- ・画面上の選択項目(図-7)から、1)都道府県、2)年度および3)日付を選択して、「ダウンロード」をタップすると、都道府県単位でヒートマップ化された低温積算時間の実況地図が表示される(図-8)。
- ・年は2019年度以降で選択できる(図-7)。
- ・日付は10月～2月で1週間毎に選択できる(図-7)。
- ・実況地図はPNGファイル形式で、ウェブブラウザの操作で端末に保存できる。

おわりに

本システムは、気象の過去データだけでなく予測データも活用して、低温積算時間の現況を確認しつつ、いつ目標とする低温積算時間に到達するか把握できる。近年の気候変動下における果樹の安定生産のため、本システムのような生育予測の情報をうまく利用して適期に栽培管理することがますます重要となっている。

本システムへの登録者数は本年4月に約1300名となり、昨年度のアク



図-7 「低温積算時間の実況地図」の設定画面

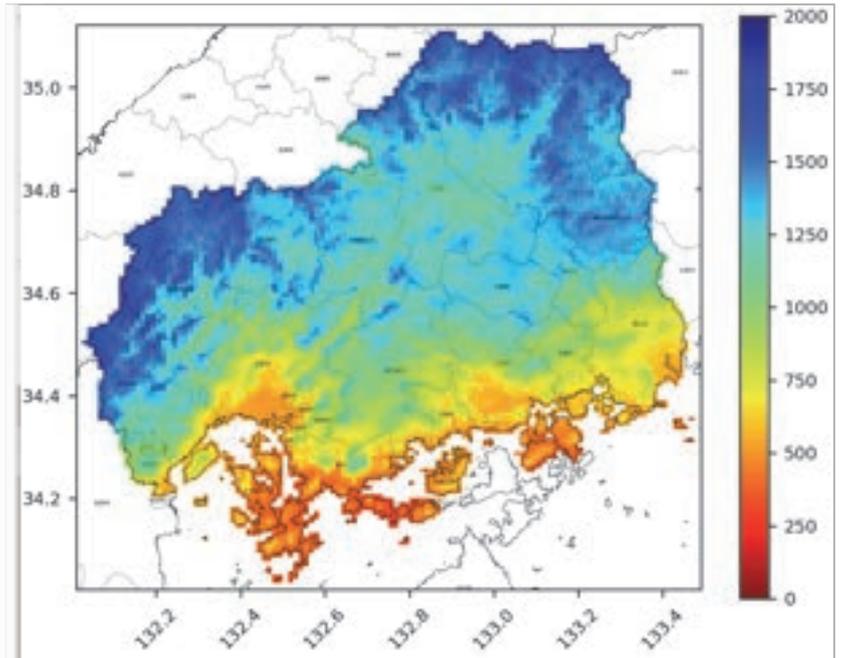


図-8 広島県における2021年10月1日～2022年1月10日の低温積算時間の現況マップ
縦軸は緯度(度)、横軸は経度(度)、図横のカラーバーは7.2°C以下の低温積算時間(時間)

セス数の合計は約6900件となった。登録者から個別の要望の連絡を受けており、今後のシステム改良・開発に反映の予定である。なお本システムは民間のベンダー等への移転に向け準備を進めているが、試供版のため今年度末まで利用できるものとしている。

引用文献

- 大野宏之ら 2016. 実況値と数値予報, 平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成. 生物と気象 16, 71 - 79.
- 果樹研究所 2005. 平成16年台風による果樹被害の調査報告書.
- 富山政之 2017. シアナミド利用の基礎. 農業技術体系果樹編 2, 追録第32号 196の6 - 196の9.
- 杉浦裕義・稲富素子 2023. リアルタイムに

低温積算時間の実況と予測値を表示. 農研機構プレスリリース <https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nifts/156549.html>

杉浦俊彦 2002. 落葉果樹の休眠と低温要求性. 農業技術体系果樹編. 8, 追録第17号 50の2 - 50の7の4.

JH Weinberger 1950. Chilling requirements of peach varieties. Proceedings. American Society for Horticultural. 56, 122 -128.

落葉果樹の落葉や越冬芽の萌芽抑制はどのように制御されているのか

京都大学農学研究科

山根 久代・向 子帆

はじめに

温帯や亜寒帯に分布する木本植物の多くは、四季の環境変化にあわせ夏から冬にかけて成長期から休眠期へと成長サイクルを転換させ、越冬芽を残して落葉して越冬し（落葉樹の場合）、翌春に一齐に発芽・開花する。秋冬期の越冬芽は、不時的な萌芽が抑制されている。越冬芽の自発的な萌芽抑制程度（好適条件下における萌芽活性の抑制程度）は季節変動を示す（図-1）。ウメやモモ、リンゴをはじめ多くのバラ科果樹では秋から冬にかけて萌芽活性は低く、春の萌芽に向けて段階的に萌芽抑制が解除される。萌芽抑制解除には低温遭遇とその後の高温遭遇が影響する（Aroraら 2003; Faustら 1997）。低温遭遇による萌芽抑制解除（休眠覚醒）後は、暖かければ暖かいほど萌芽は前進するとされる。

一方、バラ科果樹の花芽は開花前年の夏期に花芽分化後、秋冬期の低温に応答して花芽内部の器官分化や発達・成熟が進む（低温発達; cold development）（Cantonら 2022）。秋から冬にかけては低温であるほど芽の発達が進むが（注意：発達は進むがいわゆる開芽は抑制されている）、冬から春にかけては高温であるほど発達が進む。近年の温暖化により、特にバラ科果樹では発芽・開花時期の前進や不揃い、不完全花や異型花の発生が頻発し、それによる果実収量減が国内外問わず、多くの果樹産地で毎年報告さ

れている（Tominagaら 2022）。その発生メカニズムを理解するためには、越冬芽の萌芽制御や花芽の低温発達における温度応答性のしくみの理解が必須である。

本稿では、花芽・栄養芽問わず、バラ科果樹の越冬芽が自発的に萌芽を抑制している時期（自発休眠期）に越冬芽で高発現する転写因子をコードする *DORMANCY-ASSOCIATED MADS-box (DAM)* 遺伝子について、その役割に関して著者が進めてきた研究結果を紹介する。最近我々は、*DAM* 遺伝子が越冬芽の萌芽抑制だけでなく、秋季の落葉促進にも関与することを示す結果を得た（Hsiangら 2024b）。*DAM* 遺伝子は両形質に対して異なる代謝経路を制御しており、関与様式が異なっている（Hsiangら 2024a; Hsiangら 2024b）。本研究結果は、*DAM* 遺伝子が、秋冬季の落葉樹における季節応答形質である落葉と休眠導入を司るハブ遺伝子として機能する可能性を示すものである。

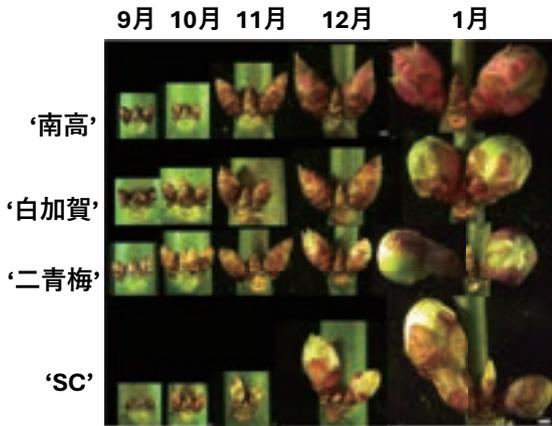
1. 越冬芽の萌芽制御における *DAM* 転写因子の役割

我々は、萌芽が抑制されている秋から冬にかけて、越冬芽で発現するバラ科果樹の休眠制御因子 *DORMANCY-ASSOCIATED MADS-box (DAM)* を発見し（Sasakiら 2011）、*DAM* 遺伝子が越冬芽の春の萌芽を抑制することを明らかにした（Yamaneら 2019）。*DAM* 遺伝子の休眠期にお

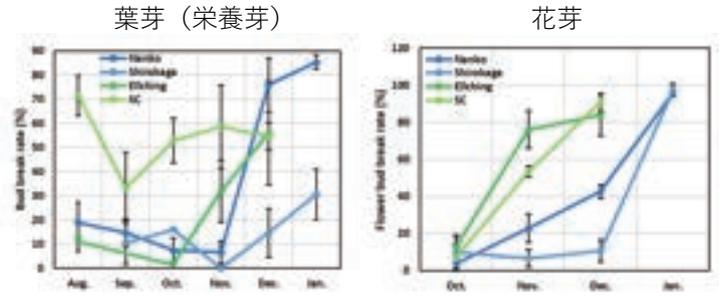
ける分子的役割を解明するため、ウメ (*Prunus mume*) に存在する6つの *DAM* 遺伝子のうち最も発現が多い *DAM6* 遺伝子 (*PmDAM6*) を過剰発現する形質転換リンゴ (*Malus × domestica*) (過剰発現体) 系統を2系統作出した（Yamaneら 2019）。過剰発現体では、夏季から秋季にかけて発生する頂芽着生の前進化が観察された。切り枝や鉢植え個体を強制条件下 (23°C, 18時間日長) におき、一定期間内での越冬芽の萌芽の有無や活性を調査したところ、過剰発現体では萌芽活性の抑制レベルの上昇が観察された。強制条件下での越冬芽の萌芽活性実験結果から11月前後が萌芽が最も抑制されており、1月頃は野生型では萌芽の抑制解除が進んでいるが、過剰発現体では萌芽抑制が維持されていた。以上の結果は、*PmDAM6* 遺伝子が秋から冬にかけての越冬芽の萌芽を抑制する働きをもつことを示唆している。

PmDAM6 遺伝子の分子的役割を探索するため、過剰発現体と野生型の11月と1月の越冬芽を用い、両芽で発現する遺伝子のうち、有意に発現量が異なる遺伝子（発現変動遺伝子, DEG）を同定し、その後、DEGを用いた Gene Ontology (GO) enrichment 解析を行った。その結果、過剰発現体の越冬芽では、野生型の越冬芽と比較して、11月または1月のいずれかにおいて、合計3,146遺伝子が有意に低発現していた。また、11月と1月の両時期で一貫して発現

A.



B.



C.

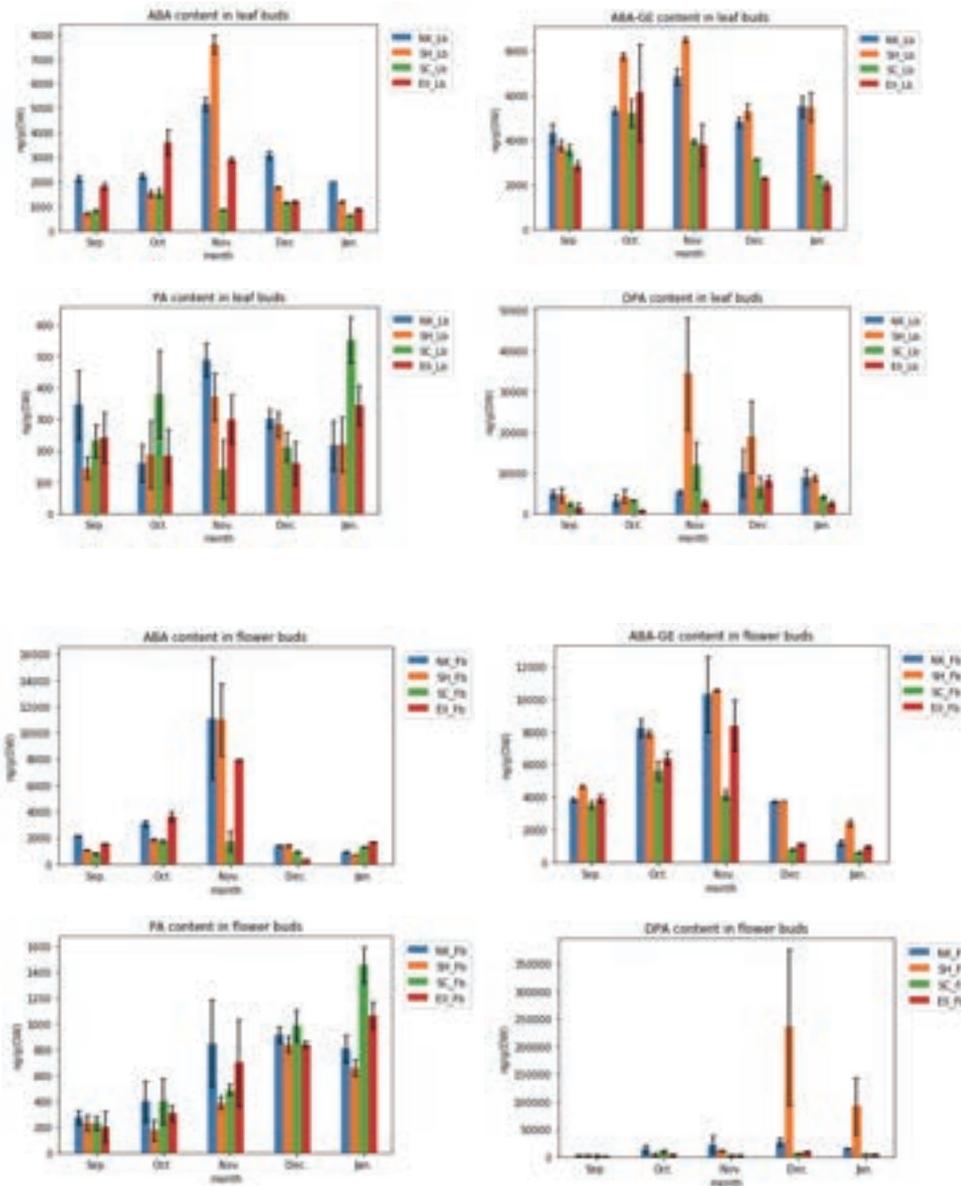


図-1 A. ウメ4品種の越冬芽の外観。圃場での開花は'白加賀'が最も遅く、'南高'、'二青梅'、'SC'の順に遅い。ウメは1節に複数芽を着生し、多くの場合、中央部に葉芽(栄養芽)を、葉芽の側面に花芽を着生する(花芽のみ着生する節もあるため例外はある)。
 B. ウメ4品種について、一年生枝の切り枝を強制条件下(23°C, 16時間日長)において一ヶ月経過したときの萌芽率の季節変動。(左側)葉芽、(右側)花芽
 早咲き系統である'二青梅'や'SC'は越冬芽の萌芽活性の抑制程度は弱い。
 C. ウメ4品種における越冬芽のアブシシン酸(ABA)ならびにABA異化物内生量の季節変動。ABA-GE: ABAグルコシルエステル、PA: ファゼイン酸、DPA: ジヒドロファゼイン酸。(上図)葉芽、(下図)花芽
 早咲きで越冬芽の萌芽抑制程度が弱い品種の葉芽ではABAやABA異化物内生量が少ない一方、遅咲き品種で萌芽抑制程度が強い品種は内生量が多い。
 NK: '南高'
 SH: '白加賀'
 SC: 'SC'
 EI: '二青梅'
 Lb: 葉芽
 Fb: 花芽

が低下した遺伝子は457個であった。これら DEG には、脂質異化過程、リグニン生合成過程、リグニン異化過程などの GO 用語が有意に濃縮されており、*PmDAM6* 遺伝子はこれらの代謝経路を制御する可能性が示された。また、野生型と比較して過剰発現体の越冬芽で11月あるいは1月で発現が上昇した遺伝子は合計685個であった。また、11月と1月の両時期で一貫して発現が上昇した遺伝子は26個であった。その中には、GA異化関連酵素 GA2-OXIDASE をコードする *GA2OX* や、オーキシン異化関連酵素 DIOXYGENASE FOR AUXIN OXIDATION をコードする *DAO* が含まれていた。すなわち、*PmDAM6* 遺伝子は脂質代謝やリグニン代謝様々な代謝経路に加えて、成長促進に関与する植物ホルモンを積極的に異化させることで、越冬芽の萌芽を抑制している可能性が示された (Hsiang *et al.* 2024a)。

透過型電子顕微鏡 (TEM) で過剰発現体の越冬芽の成長点付近を観察した結果、野生型と比較して過剰発現体の芽では、成長点付近の細胞密度が著しく低く、細胞壁がより厚かった。したがって、*PmDAM6* 遺伝子が細胞分裂を抑制しているのではないかと推測された。実際、過剰発現体の越冬芽では、細胞周期関連遺伝子である *GIS-SPECIFIC CYCLIN D6-1* 遺伝子 (*CYCD6-1* 遺伝子) および *G2 MITOTIC-SPECIFIC CYCLIN S13-6* (*CYCS13-6* 遺伝子) などの *CYCLIN* 遺

伝子が11月と1月において、野生型と比較し過剰発現体で低下していた。以上より、*PmDAM6* 遺伝子は *CYCLIN* 遺伝子の発現を抑制することで細胞分裂を抑制する役割をもつことが示唆された。このことは、ウメ‘南高’越冬芽を用いた遺伝子発現解析からも支持された。すなわち、ウメの *CYCD6-1* オルソログと3つの *CYCS13-6* オルソログの発現量は、*PmDAM6* 遺伝子の発現変動と負の相関を示した。

我々は以前、越冬芽における植物ホルモン内生量の季節変動を調査した結果、*PmDAM6* 遺伝子過剰発現体の越冬芽では野生型と比較してアブシシン酸 (ABA) とサイトカイニン (CTK) の蓄積がそれぞれ増加および減少したことを報告した (Yamane *ら* 2019)。実際、越冬芽の萌芽抑制程度が強い品種と弱い品種およびその交雑第一世代 (F_1) 分離集団におけるウメ越冬芽の植物ホルモン内生量を調査した結果、萌芽抑制程度が強い品種や F_1 個体群において、ABA および ABA 関連異化物 [ABA- グルコシルエステル (ABA-GE)、ファゼイン酸 (PA)、ジヒドロファゼイン酸 (DPA)] が多かった (Hsiang *ら* 2024a, 図-1)。さらに、*PmDAM6* 遺伝子の発現プロファイルは、休眠サイクル全体を通して ABA および ABA-GE の含量と高い相関があった。さらに、活性型 CTK 前駆体 [トランスゼアチンリボシド (tZR) およびイソペンテニルアデニンリボシド (iPR)] の含量は、越冬芽の萌芽抑制程度が強い品種・ F_1 個体群と比

較して弱い品種・ F_1 個体群で多かった。以上の結果は、*PmDAM6* 遺伝子が ABA や CTK 内生量を制御することで、萌芽を抑制していることを示唆した。

次に、*PmDAM6* 遺伝子がどのように植物ホルモン内生量を制御しているのかその制御様式解明を試みた。RNA-seq 解析結果より、ABA 生合成関連遺伝子のうち *ARABIDOPSIS ALDEHYDE OXIDASE 3* 遺伝子 (*AAO3* 遺伝子) の発現レベルが、過剰発現体の11月の越冬芽において、野生型より有意に多かった。ニホンナシ (*Pyrus pyrifolia* Nakai) とリンゴに存在する *DAM* 遺伝子オルソログに関する報告では、*DAM* 遺伝子は ABA 生合成の律速酵素である 9-cis-EPOXYCAROTENOID DIOXYGENASE (*NCED*) をコードする *NCED* 遺伝子の発現レベルを制御するとされている (Tuan *ら* 2017; Falavigna *ら* 2021)。一方我々が *NCED* 遺伝子の発現を調査したところでは、多くの *NCED* 遺伝子発現は野生型と比較し過剰発現体で低かった。さらに、ABA 異化の律速酵素である CYTOCHROME P707A (*CYP707A*) をコードする *CYP707A* 遺伝子のうち、最も高発現していた遺伝子は、過剰発現体において野生型よりも発現量が低かった。さらに、ウメの *AAO3* オルソログの発現量は、*PmDAM6* 遺伝子の発現変動と正の相関を示した。以上より、*PmDAM6* 遺伝子は *AAO3* 遺伝子の発現上昇ならびに *CYP707A* 遺伝子の発現低下を制御することにより、越冬芽での

ABAの蓄積を促す可能性がある。

ところで、ABAが越冬芽の萌芽制御に関連するとの報告は多数ある。ポプラ ABA 非感受性変異体 (*abi*) では休眠導入が阻害されることが明らかとなっており (Tylewicz ら 2018)、ブドウ (*Vitis vinifera*) ABA 異化酵素 (VvA8H-CYP707A4) 遺伝子過剰発現体では、越冬芽における ABA 内生量の減少とともに萌芽の早期化が観察されたことが報告されている (Zheng ら 2018)。バラ科果樹においても、萌芽活性が抑制されている時期に ABA 内生量が多く、萌芽活性抑制解除ともなつて ABA 内生量の減少がみられることが報告されている (Kitamura ら 2018b; Sapkota ら 2021; Vimont ら 2021)。さらに、ABA 合成阻害剤を外生的に処理することで越冬芽の萌芽が促進されることも報告されている (Vimont ら 2021)。すなわち、ABA は越冬芽の萌芽を阻害する役割をもつと考えられる。ただし、ABA 内生量の季節変動と越冬芽の萌芽活性との関連性をはっきりしない樹種も存在するため (Li ら 2018)、ABA の萌芽制御への役割に関してはさらなる研究による検証が必要である。

CTK 生合成経路において、ISOPENTENYL TRANSFERASE (IPT) と CYP735A は、活性型 CTK であるイソペンテニルアデニン (iP) とトランスゼアチン (tZ) の生合成を触媒する酵素である (Takei ら 2004)。PmDAM6 遺伝子過剰発現体では、11月と1月の越冬芽におい

て、野生型と比較して IPT や CYP735A 遺伝子の発現量が少なかった。逆に、CTK の分解に関与する CYTOKININ DEHYDROGENASE (CKX) をコードする CKX 遺伝子の発現量は多かった。一方、ウメ越冬芽においては、PmDAM6 の発現レベルが低下すると、IPT オルソログおよび CYP735A オルソログの発現レベルが有意に上昇した。すなわち、PmDAM6 遺伝子は CTK 生合成遺伝子の発現低下ならびに異化遺伝子の発現上昇により、越冬芽での CTK 内生量低下を誘導する可能性が示された。

モデル木本類のポプラ (*Populus* spp.) では、ジベレリン (GA) 代謝を制御する経路が越冬芽の休眠誘導と解除に重要とされる (Rinne ら 2001; Rinne ら 2011)。そこで我々は、過剰発現体において、GA 代謝関連遺伝子の発現を調査した。活性型ジベレリンの異化酵素 GA2OXIDASE (GA2OX) をコードする GA2OX 遺伝子の発現量は、野生型と比較し過剰発現体で多かった。GA 生合成遺伝子である GA20OXIDASE (GA20OX) 遺伝子の発現量は、野生型と比較し過剰発現体で少なかった。さらに、GA3OXIDASE (GA3OX) 遺伝子の発現量は、11月と1月のいずれにおいても野生型と比較し過剰発現体で少なかった。一方、ウメ越冬芽においては、PmDAM6 遺伝子発現の季節変動において、GA3OX オルソログの遺伝子発現とは負の相関がみられ、GA2OX オルソログの遺伝子発現とは正の相関がみられた。ウ

メでは越冬芽の萌芽活性上昇に伴い、GA4 内生量が増加し、外生 GA4 処理により萌芽が促進されることが報告されている (Zhuang ら 2013)。すなわち、PmDAM6 遺伝子は GA 生合成遺伝子の発現低下ならびに異化遺伝子の発現上昇により、越冬芽での GA 内生量低下を誘導する可能性が示された。それにより、越冬芽の萌芽が抑制されている可能性がある。

以上より、PmDAM6 は ABA 生合成経路の最終段階を触媒する酵素をコードする AAO3 遺伝子の発現の上方制御により、ABA の蓄積を誘導し、GA や CTK の生合成遺伝子発現の下方制御ならびに異化遺伝子発現の上方制御により、GA および CTK の蓄積を制限する働きをもつことが示された (図-2)。一方、モデル植物などでは、植物ホルモンが細胞分裂に影響することが報告されている。ABA、GA、CTK が細胞分裂に影響を与え、GA および CTK は CYCLIN 遺伝子の発現を誘導することで細胞分裂を促進する一方 (Fabian ら 2000)、ABA は CYCD3 と相互作用するサイクリン依存性タンパクキナーゼ阻害剤をコードする ICK1 の発現を誘導することで、細胞分裂を抑制する (Wang ら 2008)。さらに CYCLIN 遺伝子の発現は、休眠状態のジャガイモ塊茎の成長点の再活性化に関連することが報告されている (Hartmann ら 2011)。すなわち、PmDAM6 遺伝子は、芽の成長に重要な G1 から S 期への移行に関連する CYCD 遺伝子および G2/ 有糸

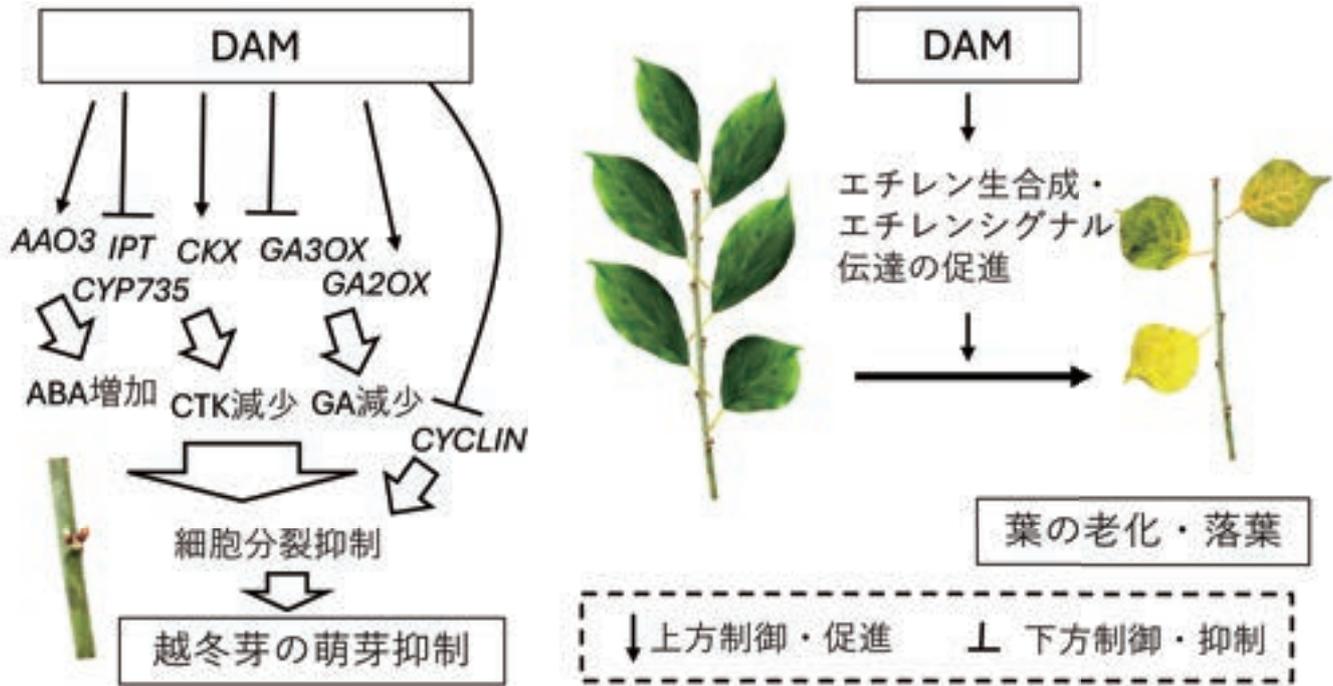


図-2 左. ウメ越冬芽の萌芽抑制における DAM の分子的役割
 右. ウメ葉の老化・落葉促進における DAM の分子的役割

分裂特異的サイクリンをコードする *CYCS13-7* 遺伝子の発現を直接抑制すること、ならびに GA および CTK の内生量を低下させることにより間接的に *CYCLIN* 遺伝子の発現を抑制することで、萌芽を抑制している可能性が考えられる (図-2)。

2. DAM は落葉を促進し、樹の季節的成長制御に関与する

前章で述べたとおり、*PmDAM6* 遺伝子は、ABA, GA, ならびに CTK の代謝を制御することで越冬芽の萌芽を抑制する可能性が示された (Hsiang ら 2024a)。一方、バラ科果樹において、*DAM* 遺伝子は越冬芽だけでなく葉でも発現しており、葉の落葉に向けて発現上昇がみられることがわかっている (Sasaki ら 2011)。*DAM* は葉において何らかの役割を果たしている可能性がある。葉の老化および落葉は、主にエチレンおよびジャスモン酸 (JA) の影響を受けるとされる (He ら 2002 ; Koyama 2014)。特

に、葉の落葉はオーキシシンとエチレンの両方によって調節され、エチレンは老化を引き起こし、特にエチレンに敏感な種において顕著である (Iqbal ら 2017)。我々は、葉の落葉におよぼす *DAM* 遺伝子の影響を明らかにするため研究を進めた (Hsiang ら 2024b)。

PmDAM6 過剰発現体では葉の老化と落葉の前進化がみられた。さらに葉を用いた RNA-seq 解析により、「エチレン合成およびシグナル伝達」、「JA 合成およびシグナル伝達」、「葉の老化および落葉」に関連する GO 用語が、*PmDAM6* 遺伝子の過剰発現によって上方制御される遺伝子群に有意に蓄積されることを明らかにした。エチレンはモデル植物において葉の老化と落葉を促進する (Iqbal ら 2017)。そこで、*PmDAM6* 遺伝子はエチレン代謝を調節することで葉の老化と落葉を促進する可能性があるかと仮定し、その可能性を検証した。*PmDAM6* 遺伝子を一時的に過剰発現させたところ、エチレン合成経路ならびにシグナル伝達経路に関与するほとんどの遺伝子

の発現レベルは、一時的誘導 8 時間後から有意に上昇した。さらにエチレンの前駆体であるアミノシクロプロパン-1-カルボキシレート (ACC) 内生量ならびにエチレン放出量が有意に増加した。ウメにおいて、*PmDAM6* 遺伝子の発現量が多く越冬芽の萌芽抑制程度が強い品種と、*PmDAM6* 遺伝子の発現量が少なく越冬芽の萌芽抑制程度が弱い品種と比較すると、強い品種のほうが落葉時期が早く、エチレン合成遺伝子の発現量も高く推移し、かつエチレン放出量も多かった。また、外生的にエセフォン (植物体内に取り込まれるとエチレンに変換される) を処理すると、リンゴやウメにおいて葉の老化と落葉が誘導された。なお、*PmDAM6* 遺伝子の一時的過剰発現により JA 内生量も有意に増大し、JA 合成関連遺伝子の発現レベルも上昇したが、外生的な JA 処理による葉の老化や落葉の促進はエチレンほど顕著には見られなかった。

以上より、*PmDAM6* は葉において、エチレン代謝を調節することで、秋の

葉の老化と落葉を促進する可能性が示された (図-2)。これまでに、バラ科果樹の越冬芽における DAM の分子的作用を明らかにするための研究が多くおこなわれている。前章で紹介したように、植物ホルモン (ABA/GA/CTK/JA) の代謝調節 (Falavigna ら 2021; Lloret ら 2021; Wu ら 2021; Hsiang ら 2024a), 細胞分裂の調節 (Gao ら 2021; Wu ら 2021; Hsiang ら 2024a) だけではなく、脂質代謝 (Hsiang ら 2024a) を制御することも明らかとなっている。これらの代謝経路を制御することで、越冬芽の萌芽を抑制している。一方、樹木の休眠期間は、休眠誘導(葉の落葉、頂芽の形成、芽の発達、芽の萌芽抑制)、休眠の確立(完全な発達停止)、および休眠解除(発達の再開、芽の萌芽抑制解除)など、いくつかの異なる生理現象がオーバーラップしながら進行する。我々は、DAM がエチレン代謝を調節することで、芽の休眠開始に先立つ秋に、葉の老化と落葉を促進することを明らかにした (図-2)。このことは、バラ科植物において DAM 遺伝子が樹体の季節的成長制御において複数の代謝経路に関与している可能性を示唆している。すなわち DAM 遺伝子は、樹木の成長/休眠サイクルの調節において、葉の落葉と芽の休眠開始を連動させるハブ遺伝子としての役割をもつ可能性がある。

おわりに

本稿では触れなかったが、DAM

遺伝子による越冬芽の季節的発芽制御にはエピジェネティック制御機構の関与が示唆されており (Chen ら 2022; Vimont ら 2020; Yamane・Sato 2024), 現在その可能性について検証を進めている。バラ科果樹では、ABA 処理により処理時期によっては越冬芽の萌芽が抑制されるとともに DAM 遺伝子の発現が誘導されることがわかっている (山根・向 2023)。ABA 処理による越冬芽の萌芽抑制効果あるいは ABA 拮抗剤による越冬芽の萌芽促進効果についてさらに検証し、その制御メカニズムを解明していくことで新たな知見が得られるであろう。さらに応用研究を進めていけば、温暖化による発芽不良や開花不良に対する新たな軽減技術開発につながる可能性もある。今後は基礎研究だけでなく実用化を目指した研究も推進していきたい。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費・基盤研究 (A)・(B) の支援を受けて実施しました。

引用文献

- 山根久代・向子帆 2022. 果樹越冬芽の休眠・発芽制御におけるアブシシン酸ならびに MADS-box 転写因子の役割. 植物の生長調節 57, 131-136.
- Arora, R. *et al.* 2003. Induction and release of bud dormancy in woody perennials: a science comes of age. *HortScience* 38, 911-921.
- Canton, M. *et al.* 2022. Evidence of chromatin and transcriptional

- dynamics for cold development in peach flower bud. *New Phytol.* 236, 974-988.
- Chen, W. *et al.* 2022. H3K4me3 plays a key role in establishing permissive chromatin states during bud dormancy and bud break in apple. *Plant J* 111, 1015-1031.
- da Falavigna, VS. *et al.* 2021. Unraveling the role of MADS transcription factor complexes in apple tree dormancy. *New Phytol.* 232, 2071-2088.
- Fabian, T. *et al.* 2000. The cell cycle genes *cycA1;1* and *cdc2Os-3* are coordinately regulated by gibberellin in planta. *Planta* 211, 376-383.
- Faust, M. *et al.* 1997. Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance, and release. *HortScience* 32, 623-629.
- Gao, Y. *et al.* 2021. High-quality genome assembly of 'Cuiguan' pear (*Pyrus pyrifolia*) as a reference genome for identifying regulatory genes and epigenetic modifications responsible for bud dormancy. *Hort. Res.* 8, 197.
- Hartmann, *et al.* 2011. Reactivation of meristem activity and sprout growth in potato tubers require both cytokinin and gibberellin. *Plant Physiol.* 155, 776-796.
- He, *et al.* 2002. Evidence supporting a role of jasmonic acid in Arabidopsis leaf senescence. *Plant Physiol.* 128, 876-884.
- Hsiang, T-F. *et al.* 2024a. Regulatory role of *Prunus mume* DAM6 on lipid body accumulation and phytohormone metabolism in the dormant vegetative meristem. *Hort. Res.* 11, uhae102.
- Hsiang, T-F. *et al.* 2024b. Dormancy regulator *Prunus mume* DAM6 promotes ethylene-mediated leaf senescence and abscission. *Plant Mol. Biol.* 114, 99.
- Iqbal, N. *et al.* 2017. Ethylene role in plant growth, development and

- senescence: interaction with other phytohormones. *Front. Plant Sci.* 8, 235913.
- Kitamura, Y. *et al.* 2018. Changes in plant hormone contents in Japanese apricot flower buds during prolonged chilling exposure. *Acta Hort.* 1208, 251–256.
- Koyama, T. 2014. The roles of ethylene and transcription factors in the regulation of onset of leaf senescence. *Front. Plant Sci.* 5, 116514.
- Li, J. *et al.* 2018. Abscisic acid (ABA) promotes the induction and maintenance of pear (*Pyrus pyrifolia* white pear group) flower bud endodormancy. *Int. J. Mol. Sci.* 19, 310.
- Lloret A. *et al.* 2021. Regulatory circuits involving bud dormancy factor PpeDAM6. *Hort. Res.* 8, 261.
- Rinne, PL. *et al.* 2001. The shoot apical meristem restores its symplasmic organization during chilling-induced release from dormancy. *Plant J* 26, 249-264.
- Rinne, PLH. *et al.* 2011. Chilling of dormant buds hyperinduces *FLOWERING LOCUS T* and recruits GA-inducible 1,3-b-glucanases to reopen signal conduits and release dormancy in *Populus*. *Plant Cell* 23, 130–146.
- Sapkota, S. *et al.* 2021. Contrasting bloom dates in two apple cultivars linked to differential levels of phytohormones and heat requirements during ecodormancy. *Sci. Hort.* 288, 110413.
- Sasaki, R. *et al.* 2011. Functional and expressional analyses of *PmDAM* genes associated with endodormancy in Japanese apricot. *Plant Physiol.* 157, 485-497.
- Sato, H. and H. Yamane. 2024. Histone modifications affecting plant dormancy and dormancy release: common regulatory effects on hormone metabolism. *J. Exp. Bot.* erae205.
- Takei, K. *et al.* 2004. *Arabidopsis CYP735A1* and *CYP735A2* encode cytokinin hydroxylases that catalyze the biosynthesis of trans-zeatin. *J. Biol. Chem.* 279, 41866-72.
- Tominaga, A. *et al.* 2022. How is global warming affecting fruit tree blooming?" Flowering (dormancy) disorder" in Japanese pear (*Pyrus pyrifolia*) as a case study. *Front Plant Sci* 12, 787638.
- Tylewicz, S. *et al.* 2018. Photoperiodic control of seasonal growth is mediated by ABA acting on cell-cell communication. *Science* 360, 212–215.
- Vimont, N. *et al.* 2020. ChIP-seq and RNA-seq for complex and low-abundance tree buds reveal chromatin and expression co-dynamics during sweet cherry bud dormancy. *Tree Genet. Genomes* 16, 9.
- Vimont, *et al.* 2021. Fine tuning of hormonal signaling is linked to dormancy status in sweet cherry flower buds. *Tree Physiol.* 41, 544–561.
- Wang, H. *et al.* 2008. Functions, regulation and cellular localization of plant cyclin-dependent kinase inhibitors. *J. Microsci.* 231, 234-246.
- Wu, R. *et al.* 2021. RNAi-mediated repression of dormancy-related genes results in evergrowing apple trees. *Tree Physiol.* 41, 1510-1523.
- Yamane, H. *et al.* 2019. Overexpression of *Prunus DAM6* inhibits growth, represses bud break competency of dormant buds and delays bud outgrowth in apple plants. *PLoS One* 14, e0214788.
- Zheng, C. *et al.* 2018. Distinct gibberellin functions during and after grapevine bud dormancy release. *J. Exp. Bot.* 69, 1635–1648.
- Zhuang, *et al.* 2013. Comparative proteomic and transcriptomic approaches to address the active role of GA4 in Japanese apricot flower bud dormancy release. *J. Exp. Bot.* 64, 4953-4966.

植物成長調整剤として利用される アブシシン酸

住友化学株式会社

汀 恵子

アブシシン酸は、ジベレリンやオーキシシンなどと同じ植物ホルモンの一種で、多くの植物に含まれており、植物体内では休眠、発芽、萌芽、開花、成熟、気孔閉鎖、ストレス耐性、離層形成など植物の成長過程で多くの役割を担っていることが知られている。農業園芸分野では、他の植物ホルモンとは異なり実用化がなかなか進まなかったものの、近年、国内では二度目となる農薬登録を取得したことから、アブシシン酸について研究の歴史や主な作用、海外および国内での活用を紹介したい。

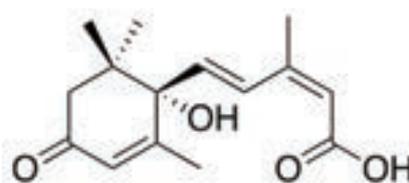


図-1 天然のアブシシン酸の構造

読者の多くが「アブシシン酸」ではなく「アブシジン酸」という名称で習われたと思うが、1998年に発行された日本動物学会・日本植物学会編による『生物教育用語集』で「アブシジン酸」から「アブシシン酸」に変更された（日本動物学会・日本植物学会 1998）。そのため現在は「アブシシン酸」が正式名称となっている。

アブシシン酸はセスキテルペンに分類される構造となっている。ラセミ体のため化学合成すると、S体/(+)-ABAとR体/(-)-ABAが合成されるが、天然のアブシシン酸はS体/(+)-ABAである（図-1）。

2. アブシシン酸の役割、作用

冒頭で述べた通りアブシシン酸は植物体の成長過程で多くの役割を担っているため、植物の成長に関わる5つの役割と国内の農薬登録に関連する作用2点について述べたい。

(1) 気孔の閉鎖

気孔は光合成による二酸化炭素の吸収や酸素の放出、植物体内の水分調節のための蒸散を行っている。アブシシン酸は気孔の閉鎖に関与しており、小

麦や大麦の葉にアブシシン酸を処理すると気孔が閉じて蒸散が抑制される（Mittelheuser and Van Stevaninok 1969）。アブシシン酸合成量が少ないトマト変異体は気孔を閉じることができず、普通のトマトよりも早く萎れる（Chen *et al.* 2003）。この気孔の閉鎖は、アブシシン酸が受容体を介して孔辺細胞にあるイオンチャンネルをリン酸化（活性化）することで、イオンおよび浸透圧水が流出し、その結果、孔辺細胞の膨圧と体積が減少することによって引き起こされる（小林・田中 2017; Hsu *et al.* 2021）。

(2) 乾燥ストレス耐性

植物は乾燥や塩、高温など様々な環境に対する応答機構を備えており、アブシシン酸は特に乾燥や塩などによる水分ストレス耐性に関与している。植物が乾燥ストレスにさらされると、内生アブシシン量が劇的に増えるが、ある一定のところではアブシシン酸の蓄積はプラトーになり、乾燥した植物に水を与えてストレスから解放するとアブシシン酸量が減少する（岡本 2016）。

水分ストレス条件下で増加するアブシシン酸は、先に述べた気孔閉鎖によって蒸散を抑制する。低湿度と高湿度条件下ではシロイヌナズナの孔辺細胞中のアブシシン酸含量が異なり、それによって気孔の開閉度が調整される（岡本 2016）。その他、プロリンや糖などの適合溶質の蓄積や、アブシシン酸受容体などを介した遺伝子発現を制御するタンパク質である転写因子

のリン酸化（アブシシン酸の情報伝達）によってストレス応答遺伝子の発現を誘導し（Fujita *et al.* 2011）、細胞を乾燥から保護する役割を担う late embryogenesis abundant (LEA) タンパク質やヒートショックタンパク質を発現させる（岡本・鹿妻 2015）。

(3) 種子の成熟

種子の成熟過程において、内生アブシシン酸は種子成熟の中期から高まり、貯蔵物質の蓄積、水分放出に伴う乾燥耐性や種子休眠への獲得に働いている（西村・杉本 2021）。トウモロコシのアブシシン酸関連変異体では、LEA 遺伝子やグロブリン-1 などの貯蔵タンパク質遺伝子が発現しないものの、外部からアブシシン酸を与えるとこれら遺伝子の発現が回復する（服部 1995）。また、変異体種子の未熟胚は早熟発芽するが、アブシシン酸付与により早熟発芽が抑制される（服部 1995）。

(4) 種子の休眠と発芽

種子は温度や水分などの環境条件が適切な状態となってから発芽する必要がある。乾燥した種子には多くのアブシシン酸が蓄積しているが、種子に水分を与えて適切な環境に置くとアブシシン酸量が減少し、発芽できる状態となる（岡本・鹿妻 2015; 岡本 2016）。トマトやシロイヌナズナなどのアブシシン酸欠損変異体あるいは非感受性変異体の種子は完熟時でもほとんど休眠性を示さず、また発芽するには不適切

な高温下でも高い発芽率を示す（川上 2005）。

(5) 老化

アブシシン酸は葉柄離脱（器官離脱）を促す物質として単離、同定されたため、老化や器官離脱が代表的な作用と思われるが、アブシシン酸の直接的な作用は判然としておらず、エチレン生合成を誘導して老化するという間接的な作用が分かっている（Riov *et al.* 1990; Nomura *et al.* 2013）。また葉は齢によってアブシシン酸感度が異なり、外部からアブシシン酸を若い葉に処理しても感受性が低く、古い葉は感度が高く老化する（Riov *et al.* 1990; Lee *et al.* 2011）。

(6) 農業登録に関連する作用：

① 水稲直播栽培の苗立ちの改善

直播栽培は移植栽培よりも作業の省力化や分散化、労働時間の削減により担い手一人当たりの経営面積の拡大に有効というメリットがある（農林水産省）。その一方で、出芽、苗立ちの不安定さや雑草防除などが問題となっている。

一般的にアブシシン酸は出芽や生育を抑制する働きがあると知られているが、アブシシン酸の処理濃度次第では出芽と初期生育を促進させる働きがある。イネ種籾を 1ppm 以下の低濃度アブシシン酸溶液に 24 時間浸漬処理後に播種すると、種子根長の生育が促進する（禿 1994）。また湛水直播栽培における播種限界温度である 15°C 前後でも、0.1ppm のアブシシン酸に

24 時間浸漬処理したコシヒカリ種子は出芽率が向上し、初期生育が促進する（林ら 1996）。

苗立ち改善のためにはイネ幼植物体の中茎の成長が重要と言われている。中茎の成長に係る多くの遺伝子のうち、細胞壁伸展を介して細胞成長を促すタンパク質としてエクспанシン遺伝子がある（Choi *et al.* 2003; Zhan *et al.* 2020）。アブシシン酸はこのエクспанシン遺伝子の発現量を増加させる作用がある（渡邊ら 2018; 渡邊ら 2019）。

② ぶどう果皮の着色

温暖化により、黒系や赤系品種の着色不良・着色遅延に悩む都道府県が年々増加している（農林水産省 2020）。ぶどう果皮の着色不良は品質低下、つまり生産者の減収に繋がる。その対策として環状剥皮や‘シャインマスカット’のような白系品種などが導入されているが、環状剥皮は樹皮を傷つけることから樹勢の劣化に繋がるというリスクがある。

ぶどう果皮の色素成分であるアントシアニンの生合成経路において、UDP グルコース：フラボノイド 3'-O-糖転移酵素 (UFGT, Boss *et al.* 1996a, b) が鍵となる酵素で、アントシアニン前駆体からアントシアニンを生合成する。UFGT 遺伝子は、遺伝子発現を制御するタンパク質である *MybA* 遺伝子によって制御される（Kobayashi *et al.* 2002）。

アブシシン酸は、ぶどう果皮の着色

(a) 無処理区



(b) アブシシン酸処理区



図-2 外部からアブシシン酸を処理した場合のぶどう果皮の着色促進効果
(a) 無処理区, (b) アブシシン酸処理区 (1000ppm)
場所: 香川県農業試験場 府中果樹研究所
試験実施年: 2020 年
品種: ピオーネ
栽培方法: 雨よけトンネル栽培
アブシシン酸処理日: 2020 年 7 月 4 日
写真撮影日: 2020 年 8 月 4 日

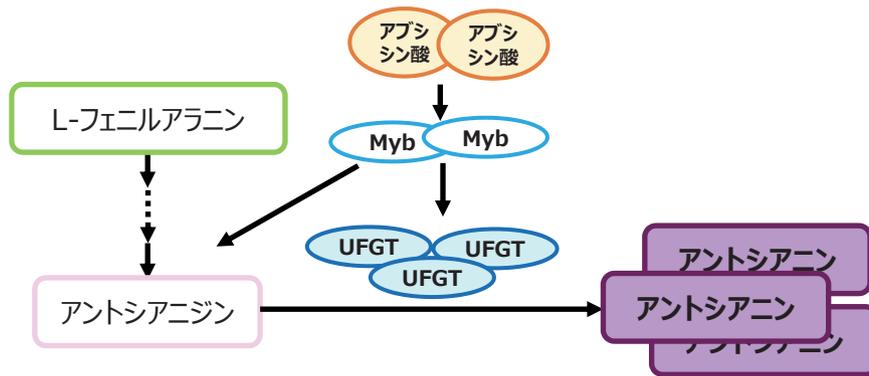


図-3 アブシシン酸処理時のぶどう果皮中のアントシアニン生合成反応アブシシン酸によって UFGT の産生などが促進され、アントシアニンの生成が促進されることで、ぶどう果皮の着色が促進する。

をはじめ果実成熟の主要な役割を担うとされており、果実中のアブシシン酸含量はベレーゾン期頃に急激に増加し (東 2016), 果皮中のアントシアニンの生合成を促進させる (Azuma 2018)。外部からアブシシン酸を処理すると、アントシアニン含量が増加し (Jeong *et al.* 2004), 着色が促進または無処理よりも向上する (図-2, Peppi *et al.* 2008 ; Koyama *et al.* 2018)。これはアブシシン酸処理により *MybA* 遺伝子と *UFGT* 遺伝子を含む複数のアントシアニン生合成関連酵

素遺伝子の発現が増加するためである (図-3, Jeong *et al.* 2004; Koyama *et al.* 2010)。

3. 海外でのアブシシン酸の実用化

海外の農業園芸分野において、アブシシン酸はチリ、アメリカ、南アフリカなどで農業登録されている。ぶどう果皮の着色促進、りんごとなしの摘果および果実肥大などを目的として使用されている。

4. 国内でのアブシシン酸の実用化

表-1 に国内におけるアブシシン酸の実用試験および農業登録に関する年表を示す。1993 年から水稲の健苗育成を目的にアブシシン酸の公的試験が開始され (財団法人 日本植物調節剤研究協会 1994), 1996 年 9 月に三共アグロ株式会社と北興化学工業株式会社が、アブシジン酸水溶剤として国内で初めて農業登録を取得した。この製

表-1 国内におけるアブシジン酸の実用検討および農薬登録の流れ

年	内容
平成 5年 (1993年)	水稻の健苗育成目的でアブシジン酸の作用性試験および適用性試験開始
平成 8年 (1996年)	三共アグロ株式会社および北興化学工業株式会社がアブシジン酸水溶剤「三共アブシジン酸水溶剤」および「ホクコーアブシジン酸水溶剤」の農薬登録を取得
平成20年 (2008年)	「三共アブシジン酸水溶剤」および「ホクコーアブシジン酸水溶剤」の農薬登録失効
平成27年 (2015年)	ぶどう (巨峰, ピオーネ) の着色促進目的でアブシジン酸の適用性試験開始
令和 4年 (2022年)	住友化学株式会社がアブシジン酸液剤「アブサップ液剤」の農薬登録を取得

品は湛水直播水稻での苗立ち改善・向上を目的にしたものだが、2008年に失効した。

再び農薬登録を目指した公的試験は2015年から行われ、2022年10月に住友化学株式会社が、ぶどう (巨峰, ピオーネ) の着色促進を目的にアブシジン酸液剤「アブサップ®液剤」として農薬登録を取得し、販売を始めた。本製品を使用することで、これまで着色不良による品質低下に悩んでいた生産者の問題解決の糸口となり、収益向上に寄与することが期待される。

引用文献

浅見忠男・柿本辰男 2016. 新しい植物ホルモンの化学 第3版. 株式会社 講談社, 53-54.
 東暁史 2016. 果樹研究のバイオインフォマティクス 第2章 第4節 ブドウゲノム・遺伝子発現解析による果実成熟機構に関する研究の進展. 農研機構 果樹研究所, 171-201.
 Azuma, A. 2018. Genetic and environmental impacts on the biosynthesis of anthocyanins in grapes. *Hort. J.* 87(1), 1-17.
 Boss, P. K. *et al.* 1996a. Analysis of the expression of anthocyanin pathway genes in developing *Vitis vinifera* L. cv Shiraz grape berries and the implications for pathway regulation. *Plant Physiol.* 111, 1059-1066.
 Boss, P. K. *et al.* 1996b. Expression of anthocyanin biosynthesis pathway genes in red and white grapes. *Plant Mol. Biol.* 32, 565-569.
 Chen, G. *et al.* 2003. Comparison of growth of *flacca* and wild-type tomato

grown under conditions diminishing their differences in stomatal control. *Plant Science.* 164, 753-757

Choi, D. *et al.* 2003. Regulation of expansin gene expression affects growth and development in transgenic rice plants. *The Plant Cell.* 15, 1386-1398.

Fujita, Y. *et al.* 2011. ABA-mediated transcriptional regulation in response to osmotic stress in plants. *J. Plant Res.* 124, 509-525

服部東穂 1995. 総説 種子成熟過程におけるアブシジン酸応答性転写制御機構に関する研究. 日本農芸化学会誌 69(12), 1573-1580.

林元樹ら 1996. 水稻湛水直播栽培のアブシジン酸利用による発芽向上. 愛知県農業総合試験場研究報告 28, 31-36.

Hsu, P. K. *et al.* 2021. Signaling mechanisms in abscisic acid-mediated stomatal closure. *The Plant Journal.* 105, 307-321.

Jeong, S. T. *et al.* 2004. Effects of plant hormones and shading on the accumulation of anthocyanins and the expression of anthocyanin biosynthetic genes in grape berry skins. *Plant Science* 167, 247-252.

禿泰雄 1994. アブシジン酸の実用化研究の現状と課題. 植物の化学調節 29(2), 155-165.

川上直人 2005. 特集「時を超えて生きる－休眠のめ果ニズムとその応用－」種子の休眠・発芽と温度－発芽調節メカニズムの解明をめざして－. 日緑工誌 30(3), 514-517.

Kobayashi, S. *et al.* 2002. *Myb*-related genes of the Kyoho grape (*Vitis labruscana*) regulate anthocyanin biosynthesis. *Planta.* 215, 924-933.

小林勇気・田中寛 2017. 植物ホルモン・アブシジン酸の進化と機能 植物ホルモン・

アブシジン酸獲得のルーツ. 化学と生物 55(4), 256-262

Koyama, K. *et al.* 2010. Abscisic acid stimulated ripening and gene expression in berry skins of the Cabernet Sauvignon grape. *Funct. Integr. Genomics.* 10, 367-381.

Koyama, R. *et al.* 2018. Exogenous abscisic acid promotes anthocyanin biosynthesis and increased expression of flavonoid synthesis genes in *Vitis vinifera* x *Vitis labrusca* table grape in a subtropical region. *Frontiers in Plant Science.* 9, 323.

Lee, I. C. *et al.* 2011. Age-dependent action of an ABA-inducible receptor kinase, RPK1, as a positive regulator of senescence in Arabidopsis leaves. *Plant Cell Physiol.* 52(4), 651-662.

Mittelheuser, C. J. and Van Steveninok, R. F. M. 1969. Stomatal closure and inhibition of transpiration induced by (RS)-abscisic acid. *Nature.* 221, 281-282

日本動物学会・日本植物学会編 1998. 生物教育用語集. 東京大学出版会, 191.

西村宜之・杉本和彦 2021. アブシジン酸を介する種子休眠制御の分子機構. 植物の生長調節 56(1), 7-13.

Nomura, Y. *et al.* 2013. Role of ABA in triggering ethylene production in the gynoecium of senescing carnation flowers: changes in ABA content and expression of genes for ABA biosynthesis and action. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 82(3), 242-254.

農林水産省 2020. 令和元年 地球温暖化影響調査レポート.

農林水産省 最新の直播栽培の現状と技術の紹介 (令和4年産) <https://www.maff.go.jp/j/syouan/keikaku/soukatu/attach/pdf/chokuha-22.pdf> (2024/8/21 閲覧)

岡本昌憲・鹿妻良亮 2015. Physiological action and application of abscisic acid, which controls drought stress response in plants. *Journal of Japanese Society for Extremophiles*. 14(2), 78-88.

岡本昌憲 2016. アブシジン酸の代謝と受容に関する化学遺伝学的研究. *植物の生長調節* 51(1), 16-23.

Peppi, M. C. *et al.* 2008. Application of abscisic acid rapidly upregulated UFGT gene expression and improve color of

grape berries. *Vitis*. 47(1), 11-14.

Riov, J. *et al.* 1990. Characterization of abscisic acid-induced ethylene production in citrus leaf and tomato fruit tissues. *Plant Physiol*. 92, 48-53.

渡邊肇ら 2018. アブシジン酸 (ABA) の中茎伸長促進作用における α -エキスパンシン遺伝子の発現. *日本作物学会第246回学会講演会要旨集*, 89.

渡邊肇ら 2019. アブシジン酸 (ABA) の中茎伸長促進作用における β -エキスパンシ

ンとエキスパンシン様遺伝子の解析. *日本作物学会第247回学会講演会要旨集*, 172.

財団法人 日本植物調節剤研究協会 1994. 植調三十年史. 財団法人 日本植物調節剤研究協会, 102.

Zhan, J. *et al.* 2020. Mesocotyl elongation, an essential trait for dry-seeded rice (*Oryza sativa* L.): a review of physiological and gene basis. *Planta*. 251, 27.

統計データから

コメ・コメ加工品の輸出実績

2023年のコメ・コメ加工品の輸出総額は577億円で、2020年の347億円から1.6倍に伸びている。数量(原料米換算)についても同様である(表-1)。2024年1~8月の対前年同期比でみると、+7%と増加傾向は続いている。主な輸出先は、米国、中国、香港がほぼ同じ割合で、それぞれが2割強を占める。

品目別に輸出額をみると、日本酒が最も多く、全体の71.2%を占めている。中国が最大の輸出先で30%を占め、米国22%、香港15%と続く。

次いでコメとなるが、輸出額は94億円で全体の16.3%、輸出数量は37,186トン(精米・玄米・粳・碎米)である。主な輸出先は香港が28%、米国19%、シンガポール12%で、日系の中食・外食を中心した需要が増え、輸出は大きく伸びており、2020年に比べると約1.8倍となっている。

なお、以下の品目も数量・金額ともに増加している。米菓

(あられ・せんべい)は、輸出数量(原料米換算)3,880トン、輸出額61億円(全体の10.6%)で、主な輸出先は米国27%、台湾20%、香港16%である。パックご飯等は、輸出数量(同)837トン、輸出額10億円(全体の1.7%)で、輸出先は米国34%、香港18%、台湾17%である。米粉及び米粉麺は、輸出数量125トン、輸出額0.8億円(全体の0.1%)で、輸出先はタイ29%、米国18%、台湾14%、シンガポール12%、ドイツ9%となっている。

なぜ、ドイツで米粉? と思って調べて見ると、米粉は小麦などに含まれるグルテンを含んでいないグルテンフリーの食品素材である。小麦アレルギーがあるヨーロッパの人々にとって、日本から輸入した米粉を使つてのグルテンフリーのパンやお菓

子に人気が出て、一定量の米粉の消費が生じているようである。(K.O)

表-1 コメ・コメ加工品の輸出実績

品目名	2020年		2023年		主な輸出先国と全体の輸出金額に占める割合 (数字は%)				
	数量 (t)	金額 (億円)	数量 (t)	金額 (億円)	1	2	3	4	5
合計	36,569	347	58,473	577	米国 22.3	中国 22.2	香港 21.8	台湾 8.6	韓国 5.7
コメ	19,781	53	37,186	94	香港 27.9	米国 18.8	Singapore 12.3	台湾 9.4	カナダ 4.2
米菓	3,589	45	3,880	61	米国 26.8	台湾 20.1	香港 15.5	韓国 5.1	Singapore 4.8
日本酒(清酒)	12,257	241	16,445	411	中国 30.3	米国 22.1	香港 14.7	韓国 7.1	台湾 6.5
パックご飯等	634	7	837	10	米国 34.2	香港 17.6	台湾 17.0	韓国 5.6	Singapore 5.2
米粉及び米粉製品	308	0.7	125	0.8	タイ 29.2	米国 17.5	台湾 13.5	Singapore 12.3	ドイツ 8.9

注) 出典は米に関するマンスリーレポート。

表中の数量は原料米換算。また、コメ(精米・玄米・粳・碎米)は援助米を除いたもの。

三重県で採取されたオヒシバ およびオオアレチノギクにおける グリホサート感受性の低下

農研機構中日本農業研究センター
内野 彰

はじめに

グリホサートは非選択性除草剤として、非農耕地や果樹園の下草管理、水田畦畔、播種前や収穫後の農耕地などで広く使用される。しかしグリホサートに対する除草剤抵抗性雑草が世界的に報告されており (Heap 2024), 日本でもグリホサート抵抗性がネズミムギ (*Lolium multiflorum*), オヒシバ (*Eleusine indica*), ヒメムカシヨモギ (*Conyza canadensis*), オオアレチノギク (*Conyza sumatrensis*) で報告されている (内野 2024)。グリホサート抵抗性ネズミムギについては、静岡県の水田畦畔を中心とした分布実態 (Niinomi *et al.* 2013; 市原ら 2016) やグルホシネートにも感受性が低下したバイオタイプの存在 (Kurata *et al.* 2017; 市原ら 2018) が明らかとなり、防除対策の提案がなされている (市原 2019)。また同県内の果樹園におけるグリホサート抵抗性ネズミムギの実態や有効剤も報告されている (Ichihara *et al.* 2020)。さらに抵抗性ネズミムギのグリホサート抵抗性機構には除草剤移行阻害による非作用点抵抗性が関与することも判明している (Kurata *et al.* 2018)。

一方、ネズミムギ以外の草種においては、埼玉県グリホサート抵抗性オヒシバについて有効な除草剤と一部の集団の抵抗性機構に作用点抵抗性が関与することが判明している (丹野 2021)。グリホサート抵抗性オヒシバは福島県や沖縄県でも確認されており

(比屋根 2020; 佐藤・小椋 2022), 全国的な発生も懸念される。しかしオヒシバも含めてネズミムギ以外の草種については、調査結果の多くが学会発表にとどまっており (永井ら 2015; 倉田ら 2017; 小林ら 2019; 角ら 2020 など), その実態は不明な点が多い。三重県では他の地域と同様に非農耕地や果樹園の下草管理などでグリホサートが多用されてきているが、2020年にオヒシバおよびオオアレチノギクについてグリホサート抵抗性が疑われる事例が見つかった。そこで筆者らは、それらに対してグリホサートの効果を評価するとともに、代替除草剤としてグルホシネートの有効性を評価した (内野ら 2023)。本稿ではその内容を中心に、オヒシバおよびオオアレチノギクのグリホサート抵抗性とその防除について述べる。

材料および方法

グリホサート抵抗性が疑われるオヒシバ (Ei01) は種子を鈴鹿市で採取し、対照として伊賀市のオヒシバ (Ei02) の種子を供試した。グリホサート抵抗性が疑われるオオアレチノギク種子は鈴鹿市の2箇所 (Cs01 および Cs02) で採取し、対照として伊賀市のオオアレチノギク (Cs03) の種子を供試した (図-1)。Ei01 と Cs01 の種子は、グリホサートが10年以上使用された畑地畦畔周辺の非農耕地において、グリホサート処理後に生育する個体から採取された。Cs02 の種子は、グリホサートによる管理が10年以上続けら

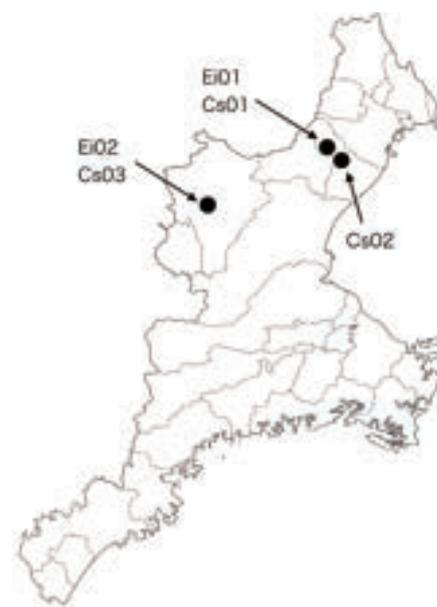


図-1 試験に供試したオヒシバ種子 (Ei01, Ei02) およびオオアレチノギク種子 (Cs01, Cs02, Cs03) の三重県内採取地

れた道路際の非農耕地において、グリホサート処理後に生育する個体から採取された。Ei02 および Cs03 の種子は、三重県農業研究所伊賀農業研究室内敷地において除草剤による管理がされていない非農耕地の個体から採取された。それぞれの種子はいずれも2020年に採取され、5°C風乾条件で試験開始まで保管した。

試験は2021年に農研機構中日本農業研究センター (三重県津市) で実施し、1/5000a ワグネルポットに壤土を詰め、7月8日に土壌表面にオヒシバおよびオオアレチノギク種子を播種し、自然光のガラス室で生育させた。ワグネルポットは大型トレイの中に設置し、トレイ中に常時3~5cmの水

表-1 三重県の2地点で採取したオヒシバに対する非選択性除草剤処理の効果 (内野ら 2023)

処理区	Ei01	Ei02
無処理	2.0 ±0.2 (100)	1.8 ±0.2 (100)
グリホサート	0.5 ±0.1 (23)	0.0 ±0.0 (0)
グルホシネート	0.0 ±0.0 (0)	0.0 ±0.0 (0)

値は地上部乾物重 (g/ 個体) の平均値±標準誤差。() 内の数値は無処理区比 %。

グリホサートおよびグルホシネートの処理量は、それぞれ 270g a.e./10a および 101.75g a.i./10a。

8葉期に除草剤処理を行い、処理2週間後に地上部を刈り取り、枯れた組織を取り除いて緑色の組織の乾物重を測定した。



図-2 除草剤処理2週間後のオヒシバの生育状況
左半分がオヒシバ Ei01, 右半分がオヒシバ Ei02。奥から手前に順に、無処理区、グリホサート処理区、グルホシネート処理区。各処理区は3ポット(3反復)で試験を行った。

を張ることにより、下から給水を行った。オヒシバは4葉期(7月23日)にポットあたり4個体となるように同サイズの新たなポットに移植し、移植10日後(8月2日)の8葉期に除草剤処理を行った。オオアレチノギクは6葉期(8月2日)にポットあたり4個体となるように新たなポットに移植し、移植6週間後(9月14日)の生育期(ロゼット葉期、ロゼット径10~20cm)にポットあたり2個体に間引きして除草剤処理を行った。グリホサート処理区ではグリホサートカリウム塩48%液剤(ラウンドアップ®マックスロード、日産化学)を500mL/10a(270g a.e./10a)で処理し、グルホシネート処理区ではグルホシネート18.5%液剤(バスタ®液剤、BASFジャパン)を500mL/10a(101.75g a.i./10a)で処理した。除草剤処理はそれぞれ水で100倍、200倍に希釈し、ハンドスプレー(ダイヤスプレーイング500、フルプラ、東京)を用いて茎葉処理を行った。各試験には無処理区を設け、除草剤を処理しない他は除草剤処理区と同様に生育させて調査した。オヒシバは処理2週間後(8月18日)、オオアレチノギクは処理3週間後(10月5日)に、それぞれ地上部を刈り取り、枯れた組

織を取り除いて緑色の組織の乾物重を測定した。緑色の組織のない個体は枯死個体と判定した。乾物重は個体あたりの平均値で算出し、各ポットで算出した平均値を各反復データとした。試験は3反復で行った。

さらにオヒシバは、調査時に残存していた個体について種子生産の可能性を確認するため、地上部刈り取り時に無処理区とグリホサート処理区に生存していた個体の中から、1反復の1個体だけをそのまま残し、処理3週間後(8月26日)にその個体を観察した。オオアレチノギクについても種子生産の可能性を確認するため、播種後に上記試験に使用しなかった個体(移植しなかった残りの個体)を試験と同様に生育させ、10月5日(ロゼット葉期)に1反復で2個体/ポットに間引きし、間引き直後に48%グリホサートカリウム塩液剤を100倍希釈して500mL/10a(270g a.e./10a)で処理し、処理2ヶ月後の12月8日に観察を行った。

結果

1. オヒシバの除草剤感受性

除草剤処理2週間後の調査において、鈴鹿市のオヒシバ Ei01 はグリホ

サート処理区で半数が生存し、地上部乾物重は無処理区比で23%の生育を示した(表-1, 図-2)。対照として供試した伊賀市のオヒシバ Ei02 はグリホサート処理区で全個体が枯死した。グルホシネート処理区では Ei01 および Ei02 の全個体が枯死した。

鈴鹿市のオヒシバ Ei01 はグリホサート処理区で半数の個体が生存したが、除草剤の効果発現中である可能性があったことから、生存した1個体について種子生産の可能性を確認するためにポットに残し、その後の生育を観察した。その結果、無処理区では処理3週間後に出穂して種子生産が認められた一方で、グリホサート処理区の個体は新葉が枯死して新たな再生が認められず、種子生産には至らなかった。

2. オオアレチノギクの除草剤感受性

除草剤処理3週間後の調査において、鈴鹿市のオオアレチノギク Cs01 および Cs02 はグリホサート処理区で全個体が生存し、地上部乾物重はそれぞれ無処理区比で59%、20%の生育を示した(表-2)。対照として供試した伊賀市のオオアレチノギク Cs03 はグリホサート処理区で全個体が枯死した。グルホシネート処理区ではどの産地のオオアレチノギクも全個体が枯死した。

表-2 三重県の3地点で採取したオオアレチノギクに対する非選択性除草剤処理の効果 (内野ら 2023)

処理区	Cs01	Cs02	Cs03
無処理	2.4 ±0.4 (100)	1.3 ±0.2 (100)	1.2 ±0.5 (100)
グリホサート	1.4 ±0.4 (59)	0.2 ±0.1 (20)	0.0 ±0.0 (0)
グルホシネート	0.0 ±0.0 (0)	0.0 ±0.0 (0)	0.0 ±0.0 (0)

値は地上部乾物重 (g/ 個体) の平均値±標準誤差。() 内の数値は無処理区比 %。グリホサートおよびグルホシネートの処理量は、それぞれ 270g a.e./10a および 101.75g a.i./10a。播種 2 ヶ月後のロゼット葉期 (ロゼット径 10 ~ 20cm) に除草剤処理を行い、処理 3 週間後に地上部を刈り取り、枯れた組織を取り除いて緑色の組織の乾物重を測定した。



図-3 グリホサート処理 2 ヶ月後のオオアレチノギク
左から Cs01, Cs02, Cs03 のオオアレチノギク。

オオアレチノギクについても、グリホサート処理で生存した個体の種子生産の可能性を確認するため、上記試験に使用しなかった個体にグリホサート処理を行なったところ、Cs01 および Cs02 とともに処理 2 ヶ月後でも全ての個体が生存した。ただし Cs02 の各個体は 2 ヶ月後でも生育が強く抑制されたままであった (図-3)。Cs01 の個体は旺盛な生育状況が観察され、グリホサート処理後に種子が生産されるものと推定された。

考察

三重県内でグリホサート抵抗性が疑われたオヒシバおよびオオアレチノギクは、いずれもグリホサートに対する感受性が低下していることが確認された。鈴鹿市のオヒシバ Ei01 は本試験

の条件では種子を生産しないと推定されたが、処理時の生育サイズ、環境条件など効果の劣る条件や低い濃度で処理した場合には種子が生産される可能性があるため、注意が必要であろう。また鈴鹿市のオオアレチノギク Cs02 もグリホサート処理 2 ヶ月後の観察で生育が強く抑制された状態であった。Cs02 の種子生産については更なる確認が必要だが、Ei01 と同様に効果の劣る条件や低い濃度で処理した場合には種子が生産される可能性があるため、こちらも注意が必要であろう。一方、鈴鹿市のオオアレチノギク Cs01 については、グリホサート処理 2 ヶ月後に旺盛な生育を示した。オオアレチノギクは出芽翌年に開花結実する二年草であるため、試験期間中に開花結実が認められなかったが、Cs01 のその正常な生育状況から考えて、越

冬後、翌年には開花結実するものと推定される。このことから Cs01 はグリホサート抵抗性集団と考えられる。

グリホサートに対して感受性が低下していたオヒシバおよびオオアレチノギクに対しては、ともにグルホシネートが高い効果を示した。従って当面の残草管理は、グルホシネートを代替除草剤として利用するのが良い。長期的には、同一除草剤による雑草管理を継続すると新たな抵抗性雑草が発生する可能性があるため、草刈りなども含めて多様な雑草防除手段を取り入れて管理するのが望ましい。

三重県で採取したグリホサート感受性が低下したオヒシバにグルホシネートが有効であることは既報 (比屋根 2020; 丹野 2021; 佐藤・小椋 2022) と同様であり、これらの既報で有効性が確認された他の有効除草

A



B



図-4 DCMU 顆粒水和剤のオヒシバに対する残効性
 ポットあたりオヒシバ Ei01 を 50 粒散布し、1mm 目にふるった細土で 2～3mm 厚に覆土した後、DCMU 顆粒水和剤 (80%, 200g/10a) を 100L/10a 換算で水に希釈して全面土壤散布した。除草剤処理後 30 日目に効果を評価した (A) 後に土壤表面を攪乱しないように地上部を刈り取り、その後に出芽する個体に対する効果を除草剤処理後 60 日目に評価した (B)。それぞれ左側が無処理区、右側が除草剤処理区。各処理区は 3 ポット (3 反復) で、底面給水により土壤表面が乾かないように維持した。試験は 2024 年 8～10 月に三重県津市の屋外で行った。

剤 (ジクワット・パラコート液剤, フルアジホップ P 乳剤, アシュラム液剤) についても抵抗生オヒシバの防除に利用できる可能性がある。またキザロホップエチル 7% 水和剤が草丈 50cm の個体に高い除草効果を示し (小林ら 2019), DCMU フロアブル (50%SC, 200mL/10a) が 3 葉期までの個体に高い効果を示すとともに処理後 60 日程度の抑草効果を示すこと (安藤ら 2020) も報告されている。筆者らの試験でも, DCMU 顆粒水和剤 (80%, 200g/10a) が処理後 60 日程度まで高い防除効果を示すことを認めている (図-4)。さらに角ら (2020) および安藤ら (2020) は, DCMU フロアブル (50%SC, 200mL/10a) とグリホシネート P 液剤 (48% 液剤, 500mL/10a) の混用処理を試し, この処理が長期間の発生および生育を抑制したことを報告している。

グリホサート抵抗性オオアレチノギクに対しては, グリホサートカリウム塩 48% 液剤の低温期処理 (富山県における 11 月処理) が草丈 5～15cm の個体に対して高い効果を示したことが報告されている (小林ら 2019)。低温環境でグリホサートの効果が高まることは海外で報告されており, 抵抗性ヒメムカシヨモギの研究では, グリホサートの液胞隔離能力が低温で低下することによってグリホサートの効果が高まると推定されている (Ge *et al.* 2011, 2014)。抵抗性オオアレチノギクに対する同様の効果は海外でも報告されており (Palma-Bautista *et al.* 2019), これらの抵抗性オオアレチノギクは上記の抵抗性ヒメムカシヨモギと同じメカニズムをもつ可能性が高い。抵抗性オヒシバでも低温でグリホサートの効果が向上する事例が報告されているが (Guo *et al.* 2023), 後述のようにオヒ

シバでは非作用点抵抗性の報告がほとんどないため, 実場面での応用には更なる検証が必要であろう。

グリホサート抵抗性のメカニズムについては, 既に海外で多様なメカニズムの存在が明らかとなっている (Gaines *et al.* 2019)。作用点抵抗性では, グリホサートの作用点となる酵素 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase (EPSPS) のアミノ酸置換による抵抗性が数多く報告されており, Pro106 における点変異 (P106S, P106L, P106A など), Thr102 と Pro106 とにおける 2 点変異 (T102I と P106S の 2 点変異; TIPS 変異と呼ばれる), さらに 3 点変異 (Thr102Ile, Ala103Val および Pro106Ser における変異) といったアミノ酸置換が知られている。また EPSPS 遺伝子の重複による酵素活性上昇が抵抗性を引き起こす事例も数多

く知られている。非作用点抵抗性では、処理葉からのグリホサート移行阻害が数多く報告され、その機構として処理葉におけるグリホサートの液胞隔離が研究されている。

オヒシバのグリホサート抵抗性メカニズムについては、EPSPS 遺伝子の点変異や遺伝子重複が数多く報告され、両者が重複している事例も報告されているが (Zhang *et al.* 2021), 非作用点抵抗性を明らかにした事例はほとんどない。一方、オオアレチノギクのグリホサート抵抗性メカニズムはあまり解析されておらず、EPSPS 遺伝子の点変異と移行阻害が重複している事例が報告されているものの (González-Torralva *et al.* 2014), 今後の更なる解析と検証が必要な状況である。ただしオオアレチノギクと同属のヒメムカシヨモギでは、点変異と移行阻害の両方によるグリホサート抵抗性の事例が多いことから (Palma-Bautista *et al.* 2023), オオアレチノギクでも類似のメカニズムが発達している可能性は高い。

抵抗性メカニズムの違いは有効除草剤に対する反応の違いを引き起こす可能性があるため、防除対策の構築には抵抗性メカニズムに注意する必要がある。また海外では、他の除草剤にも抵抗性を示す複合抵抗性オヒシバや複合抵抗性オオアレチノギクが既に報告されている (Li *et al.* 2022; Leal *et al.* 2022)。日本でもそうしたバイオタイプを発生させないよう、たとえ有効除草剤であっても同一除草剤に過度に依

存しないよう注意が必要となる。抵抗性オヒシバや抵抗性オオアレチノギクは、日本のこれまで報告の無い地域でも顕在化している可能性があることに注意し、今後は各地域における実態を明らかにし、それぞれ有効剤の検証を進めて早期に有効な防除対策を構築していくことが重要であろう。

謝辞

本研究を遂行するに当たり、三重県農業研究所の中山幸則氏、小林泰子氏、三井友宏氏から材料提供などのご協力を頂いた。農研機構中日本農業研究センター転換畑研究領域および同中央技術支援センター安濃業務科職員各位に調査協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

引用文献

- 安齋達雄・赤嶺達也・竹内崇・比屋根真一 2020. グリホサート抵抗性オヒシバに対する DCMU を用いた防除方法に関する検討 (第2報). 日本雑草学会第 59 回大会講演要旨集, 50.
- Gaines, T.A., E.L. Patterson and P. Neve 2019. Molecular mechanisms of adaptive evolution revealed by global selection for glyphosate resistance. *New Phytol.* 223, 1770-1775.
- Ge, X., D. A. d'Avignon, J. J. Ackerman, B. Duncan, M. B. Spaur and R. D. Sammons 2011. Glyphosate-resistant horseweed made sensitive to glyphosate: low-temperature suppression of glyphosate vacuolar sequestration revealed by ³¹P NMR. *Pest. Manag. Sci.* 67, 1215-1221.
- Ge, X., D. A. d'Avignon, J. J. Ackerman

and R. D. Sammons 2014. In vivo ³¹P-nuclear magnetic resonance studies of glyphosate uptake, vacuolar sequestration, and tonoplast pump activity in glyphosate-resistant horseweed. *Plant Physiol.* 166, 1255-1268.

González-Torralva, F., J. Gil-Humanes, F. Barro, et al. 2014. First evidence for a target site mutation in the EPSPS2 gene in glyphosate-resistant Sumatran fleabane from citrus orchards. *Agron. Sustain. Dev.* 34, 553-560.

Guo W., C. Zhang, S. Wang, T. Zhang and X. Tian 2023. Temperature influences glyphosate efficacy on glyphosate-resistant and -susceptible goosegrass (*Eleusine indica*). *Front. Plant Sci.* 14. 1169726. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1169726>

Heap, I. 2024. The international herbicide-resistant weed database. <http://www.weedscience.org/Home.aspx> (2024 年 11 月 14 日アクセス確認)

比屋根真一 2020. グリホサート抵抗性オヒシバの発生分布と数種除草剤による防除効果. 沖縄県企画部科学技術振興課編「令和 2 年度沖縄県試験研究成果情報」, 沖縄県企画部科学技術振興, 沖縄, pp7-8.

市原実 2019. 外来雑草ネズミムギ (*Lolium multiflorum* Lam.) による農業被害とその防除対策. *雑草研究* 64, 85-90.

市原実・石田義樹・小池清裕・新實由貴・木田揚一・神谷径明・鈴木亨・済木千恵子・山下雅幸・澤田均 2016. 静岡県内の水田周辺部におけるグリホサート抵抗性ネズミムギ (*Lolium multiflorum* Lam.) の分布. *雑草研究* 61, 17-20.

市原実・宮田祐二・石田義樹・小池清裕・山下雅幸・澤田均 2018. 静岡県中遠地域の水田周辺部におけるグリホサート抵抗性ネズミムギ (*Lolium multiflorum* Lam.) の発生実態. *雑草研究* 63, 109-112.

Ichihara, M., T. Tominaga, M. Yamashita and H. Sawada 2020. Emergence of glyphosate- and glufosinate-resistant

- Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) populations in Japanese pear orchards in Japan and their responses to several foliar-applied herbicides. *Jpn. Agric. Res. Q.* 54, 129-135.
- 角龍市朗・安齋達雄・山本良介・吉澤裕和 2020. グリホサート抵抗性オヒシバに対するDCMUを用いた防除方法に関する検討(第1報). 日本雑草学会第59回大会講演要旨集, 49.
- 小林弘・藤田貴之・小池龍也・宮崎隆雄・矢野哲彦 2019. 日本国内におけるグリホサート抵抗性雑草対策法の検討. 日本雑草学会第58回大会講演要旨集, 41.
- Kurata, K., M. Ichihara, Y. Ishida, Y. Shimono and T. Tominaga 2017. Glufosinate-resistant Italian ryegrass populations emerge from glyphosate-resistant populations in Japan. *Int. Invent. J. Agric. Soil Sci.* 5, 21-25.
- 倉田康平・永井絵理・下野嘉子・岩上哲史・富永達 2017. 日本におけるグリホサート抵抗性雑草の出現とそれらの抵抗性機構. 日本雑草学会第56回大会講演要旨集, 60.
- Kurata, K., Y. Niinomi, Y. Shimono, M. Miyashita and T. Tominaga 2018. Non-target-site mechanism of glyphosate resistance in Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*). *Weed Biol. Manag.* 18, 127-135.
- Leal, J. F. L., A. dos S.Souza, J. Borella, et al. 2022. Sumatran fleabane (*Conyza sumatrensis*) resistant to PSI-inhibiting herbicides and physiological responses to paraquat. *Weed Sci.* 70, 46-54.
- Li, J., Z. Zhang, Q. Lei, B. Lu, C. Jin, X. Liu, Y. Wang and L. Bai 2022. Multiple herbicide resistance in *Eleusine indica* from sugarcane fields in China. *Pestic. Biochem. Physiol.* 182, 105040. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2022.105040>
- 永井絵理・寺本翔太・下野嘉子・富永達 2015. グリホサート抵抗性オヒシバおよびヒメムカシヨモギにおけるグリホサート抵抗性の獲得機構. 日本雑草学会第54回大会講演要旨集, 44.
- Niinomi, Y., M. Ikeda, M. Yamashita, Y. Ishida, M. Asai, Y. Shimono, T. Tominaga and H. Sawada 2013. Glyphosate-resistant Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) on rice paddy levees in Japan. *Weed Biol. Manag.* 13, 31-38.
- Palma-Bautista C., R. Alcántara-de la Cruz, A. M. Rojano-Delgado, I. Dellaferrera, P. A. Domínguez-Martínez and R. De Prado 2019. Low temperatures enhance the absorption and translocation of 14C-glyphosate in glyphosate-resistant *Conyza sumatrensis*. *J. Plant Physiol.* 240, 153009. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2019.153009>
- Palma-Bautista, C., J. G. Vazquez-Garcia, G. Lopez-Valencia, J. A. Dominguez-Valenzuela, F. Barro and R. De Prado 2023. Reduced Glyphosate Movement and Mutation of the EPSPS Gene (Pro106Ser) Endow Resistance in *Conyza canadensis* Harvested in Mexico. *J. Agric. Food Chem.* 71, 4477-4487.
- 佐藤優平・小椋智文 2022. グリホサートカリウム塩液剤で除草できないオヒシバは他の薬剤で除草可能(浪江町). <https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/566437.pdf> (2024年11月14日アクセス確認)
- 丹野和幸 2021. 埼玉県内のオヒシバにみられたグリホサート作用点抵抗性. 雑草研究 66, 11-15.
- 内野彰 2024. これまでに日本で除草剤抵抗性が報告されている雑草. <http://www.wssj.jp/~hr/weeds.html> (2024年11月14日アクセス確認)
- 内野彰・中山幸則・小林泰子・三井友宏 2023. 三重県内で採取されたオヒシバおよびオオアレチノギクの非選択性除草剤感受性. 雑草研究 68, 164-167.
- Zhang C., D. J. Yu, Q. Yu, W. L. Guo, T. J. Zhang and X. S. Tian 2021. Evolution of multiple target-site resistance mechanisms in individual plants of glyphosate-resistant *Eleusine indica* from China. *Pest. Manag. Sci.* 77, 4810-4817.

「草取仁王尊」など稲作や雑草防除に関わる
千葉県内の伝説・民話

森田 弘彦

筆者が住み始めてほぼ10年経つ千葉県は、東京都に隣接する大きな農業県で2024年の子実用水稲作付面積5.06万haは全国9位である（農水省 令和6年産水稲の作付面積及び10月25日現在の予想収穫量）。その為かどうかはともかく、かつて稲作に関わった人々が神仏の加護や妨害を説話や民話として伝えてきた。

疫病で働けなくなった村人に代わって「^{くさど}耨り」した仁王様が次のように伝わる（平野元三郎・畠山哲明「房総の民話」, 1957）。

長生郡長南町蔵持に草取仁王というのがあつた。長和年中（約950年前）恵心僧都が悪魔降伏のために作ったのだという。ある時、村に悪い病気が流行して働く人ささいなくなったので、タンボは草ぼうぼうに荒れてしまった。人々は、このことを仁王様に祈つたところ、一夜にして田の草は全く取り去られた。そして田の中には、大きな足跡だけが残っていたということである。

現在の「草取仁王尊」は、房総横断道路の国道409号線の蔵持交差点の近くにあつて（図-1）、仁王堂には「御縁起（図-2）」、堂の横には町教育委員会の「長南町指定有形文化財 木造金剛力士像（草取仁王）平成18年12月25日指定」の説明看板がある。説明看板には「この伝説の史料上の初見は中村国香（1709-1769）の『房総志料』と思われる。」とあり、上総夷隅郡長者村の中村国香が宝暦11（1761）年に訪れた名所旧跡を記した「房総志料」を見ると（「改訂 房

総叢書 第三輯」収録, 1959）、確かに以下の記述がある。

殖生郡蔵持村に、土俗相傳へて草取二王と稱するあり。道の側に寺もなく、二王門のみたり。古は寺なども有ししが、後世廢せしと見ゆ。彼土人の説に、いずれの比にや、一村疫疾盛んに行はれ、村民盡く農事を廢す。時に二王夜毎に出でて耨り、手足泥に塗、民勞にかはりしと。近代は清浄院といふ寺に隸す。盜ありて裝治する處の眼球を鑿去ると。今は二王も彼寺に遷し、道傍には礎石のみを存すと。

約260年の間、ほぼ同じ形で伝わった伝説で、雑草とその防除に関わる者は一度は仁王様に参拝しておくのがよいと思う。Web上には「童話の部屋（<http://benikun.s1009.xrea.com/densetu2.html>）」などいくつかの解説がある。

前掲の「房総の民話」にはまた、現南房総市（丸山町）の石堂寺の仁王様の話もある。

…むかし、水田が青むころ、仁王様は毎日夜になるとこつそり二人連れでタンボを見回り、大きな足にわざと沢山のヒルを吸いつけて帰つた。そのため、この付近のタンボにはヒルが全くいなくなつて百姓は仕事が大変楽になつたのだそうである。（後略）

除草と並ぶ重労働であつた田植えへの加護についても以下の伝説がある（奈良輪美智野「ふるさと伝説 清和・周南」, 1986）。

「（君津市）小山野に字夜田向という所がある。昔、田植えの最中に或る家の人が病気になる田植えが出来なくなった。そこで近所の人達が田植えを手伝いに行った。ところが田植えが終わらないうち



図-1 疫病で倒れた村人に代わって「耨（くさど）り」したと伝えられる「草取仁王尊」を安置する仁王堂（千葉県長南町蔵持）



図-2 「草取仁王尊」の「額」と「御縁起」（図-1に同じ）



図-3 夜毎に飛び出して田畑を荒らしたと伝えられる、伝・左甚五郎作の彫刻「眼つぶしの鴨」(千葉県流山市鱈ヶ崎, 東福寺)

に日が暮れてしまった。仕方ないので、苗をぶったまゝ帰ってしまった。あくる日田んぼに行ってみると、不思議なことに田んぼにはもう苗が植えてあったという。人々は驚いていろいろと調べているうちに、西了寺という寺に行ってみると、漸くわかった。それは此の寺の玄関がどろだらけになっていたと云うことから中に入ってみると、御本尊様もどろだらけになっていたそうである。よって人々は此の御本尊様が田植えをやってくれたのだと納得したそうである。それからは田んぼへ苗をぶったまゝで置くものではないと云い伝えられている。

神仏の田植え援助の話は古くからあったようで、千葉県ではないが、大治末年(1130)前後の成立とされる「観音替信女殖田事」では「河内国で、同じ日に20か所も田植えの手伝いを約束してしまった女が、1か所は何とかなるもの残り19か所をどうしようと、途方に暮れて日頃信心している観音様に祈りながら寝てしまう。翌朝、1か所目の人をはじめ、約束したところから田植えの謝意が届き、不審に思って観音様を見ると、腰から足まで泥にまみれ、右手に苗を持って立っていたので、同女は感激した。観音様の植えた田はことのほか良い出来であったという。」と説く(川口久雄校訂「梅沢本 古本説話集」, 1965)。

話を千葉県に戻して、人々を困らせた例として、流山市鱈ヶ崎の東福寺には田畑を荒らした彫刻のカモ(図-3, 図-4)の話が伝わる(高橋一元編「流山の史跡をたずねて」, 1974)。

…また、ここの山門(筆者注:実際は中門)は日光東照宮造営の際、材料の一部が寄贈され、それで建立されたといわれ、そのかも居には「目つぶしの鴨」という彫刻があります。左甚五郎作と伝えられていますが、この鴨について、次のような民話が残されています。

昔、夜な夜な人々が一生懸命につくった田や、畑が荒されるので、村人たちが不思議に思い、いろいろ調べてみましたが、その犯人が見つかりません。いつ、どこから、だれが来て荒らすのか、ずっと見張ってみようということになり、村人が朝から夜になるまでじっと見張っていたところ、或日一羽の鴨がやって来て盛んに荒して行

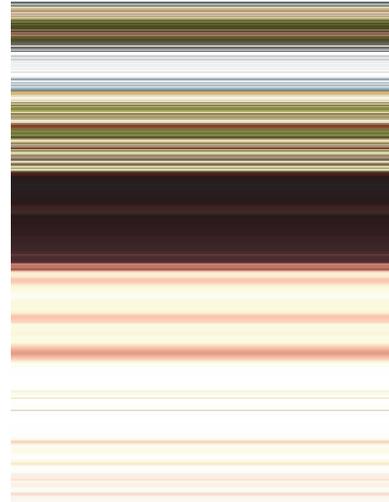


図-4 「眼つぶしの鴨」を持つ東福寺の中門(場所は図-3に同じ)



図-5 「悪いカモ? と善いかモ? (A: イネの苗立ち中の湛水直播水田に侵入したカルガモ, B: 保護設備に守られるアイガモ放飼水田, とともに秋田県南部)

きました。それでどこに行くかと後をつけてみると、当寺の山門近くで見えなくなり、あちこち探しているうちに、山門のかも居に泥がいっぱいついていました。さらに上を見ると彫刻の鴨の足にも泥がついています。そこで村人たちはすぐに五寸クギ(約15センチ)をその鴨の眼に打ち込んでしまいました。すると翌日から田畑は少しも荒らされなくなったといいます。

悪者扱いされたカモの彫刻であるが、畑はさて置いて田に限れば、このカモはイネの害虫や雑草を食べ、田面を攪拌していたのかもしれない(図-5)。村人がもう少し詳しく観察していたら、「アイガモ農法の始祖」の伝説に変わっていた可能性も残る。名工左甚五郎ならば、人助けを念頭にカモを彫った、と思いたい。

読者諸賢の身近にも残るに違いない類似の話を含めて、これらが未永く伝えられることと併せて、農業技術の革新のもとでも、稲作や雑草防除をめぐる新たな伝説が生まれてくることを望みたい。

昔、東北のある村にこんなお話があったそうなの。

その村に佐兵衛と言う頓智の上手な男がいました。

ところが佐兵衛の家は貧乏で、着ている着物は継ぎの当たったボロで、しかもその着物にはいつもシラミがたかっていた。

ある日、お金が必要になった佐兵衛は、家の中で一番上等な着物を質屋へ持って行きました。すると、質屋の番頭が、

「おい、佐兵衛よ。着物はいいものだがお前の着物には、シラミがいっぱいたかっているぞ」

「うん。確かにたかっているな。だが、お前さんの店では表に《何でもお受けします》と書いてあるぞ」

「まあ、それはそうだが」

「そうだろう。それじゃあ着物と一緒にシラミも預かると、ちゃんと質札に書いてくれよ」

「シラミをか？ まあいいが、それでシラミの数はどれだけだ？」

「そうだな。一升のシラミを預かると書いてくれ」

「へいへい、一升のシラミね」

番頭がその通りに書いて渡すと、佐兵衛は質札を見てニヤリと笑って帰りました。

そして数日後、佐兵衛はお金を持って着物を引き取りに来ました。着物を受け取った佐兵衛は質札を取り出すと番頭に言いました。

「確かに着物は受け取ったが、でも、返してもらう物がまだ足りないぞ」

「足りないって、何が足りない？」

「一升のシラミだ。質札にちゃんと書いてあるものだろう。だからシラミも返してもらわねえとな」

「へっ？」

シラミの事など冗談だと思っていたのですが、確かに質札に書いて渡したので、客から返せと言われれば返さなくてはなりません。でもシラミを一升なんて、どこを探してもありません。しかしこの番頭も頓智のきいた男でした。

番頭は、頭をかきながら、

「まったく、佐兵衛にはかなわんな。一両日、時間をくれんか」と、佐兵衛に頼みました。

須藤 健一

数日後、佐兵衛が質屋に行くと一升枧に何やら一杯になったものを渡されました。

「なんだこれは」と佐兵衛が問うと、

「お前さんの持ってきた着物のシラミは、蔵に入れてある間に全部逃げたり死んだりしてしまった。それで、新しい藪虱というヤブにおけるシラミを集めてきた」

と答えながら、番頭は一升枧の中のものをつまんで佐兵衛の着物に擦り付けました。

「ほらこうすればお前さんが持ってきた着物についていたシラミと同じだろう。ちょうど一升ある。持って帰ってくれ」

佐兵衛は一升枧を持たずにすすぐと帰っていき、とき。

ヤブジラミはセリ科ヤブジラミ属の越年草。北海道から南西諸島まで日本全土の野原や道端などに普通に生える。背丈は30cm-80cmほど。葉は長さ5-10cm、2-3回の羽状複葉、小葉は細かく切れ込み、両面に粗い短毛が見られる。5月-7月に茎や分枝の先端に複散形花序を出し、白色~わずかに淡紅紫色の小さな花を付ける。花卉は5枚、大きさは不揃いで外側の花卉が大きい。果実は長さ2.5~4mmの卵状楕円形で、表面に基部から湾曲した棘を密生する。この鉤状に曲がった棘で動物の毛や人の衣類にくっつく。和名は、果実が熟れる頃に藪の中を歩くと衣類にくっつき、ちょうど虱のようにみえることから名付けられた。



2024年度 緑地管理研究会 現地見学会 開催報告

公益財団法人日本植物調節剤研究協会
技術部企画課

当協会は、水田畦畔、農道等の農耕地周辺、道路法面、鉄道沿線などを対象として、それぞれの管理目的に応じて植生を適切に維持するための薬剤とその利用技術の開発に、関係機関や農薬会社等とともに取り組んでいる。また平成19（2007）年度からは、薬剤使用者（鉄道、高速道路、電力会社等の公共性の高い分野における現場の管理者）、農薬会社、そして行政・公的研究機関などの関係者を参集して緑地管理研究会を開催し、緑地の管理方法や薬剤の利用について情報の共有を図っている。

本年の現地見学会は、2024年9月3日（火）に山口県内の一般道やスポーツ施設における除草剤やロボット除草機を活用した雑草管理現場の見学を目的に開催された。参加者は薬剤使用者が32名、農薬会社関係者が44名、その他、農研機構・大学・植調協会等関係者などが14名の総計89名であった。

当日は、山陽小野田市民活動センター「Aスクエア」に集合し、13時15分から会議場で見学内容説明会を1時間行った後、大型バス2台に分乗して国道、県道の中央分離帯や路肩、法面など、および野球場の芝地における除草剤やロボット除草機を用いた雑草管理状況などを見学し、最後にAスクエアへ戻り懇親会を行った。

以下、その概要について報告する。

見学内容説明会

現地見学を前に、一般道の雑草管理に関して植調協会と管理会社である株式会社晃栄から2題の話題提供があり、その後見学コースの説明があった（図-1）。

1) 一般道路における雑草発生状況とそのリスクについて

（植調協会 技術部企画課）

既に薬剤による雑草管理が普及しつつある高速道路と異なり、一般道においては薬剤を使用した雑草管理は未だほとんど行われておらず、人手不足や労務単価の高騰により年に1～2回程度の刈り取りしか行われなため、大きく生育した雑草が中央分離帯や歩道周りなどに認められる状況にある。一般道での雑草繁茂には、視界不良や車両・歩行者の通行妨害、道路表面の劣化といった道路の安全性低下の他にも、排水機能の低下、火災発生、蚊やダニなどの害



図-1 室内での見学内容説明会の様子

虫や花粉症の発生源となり住民や通行人に対する健康被害の発生など、様々なリスクが考えられることから、適切な雑草管理の実施が望まれる。

今回の見学地となった山口県では、以前より一般道路での薬剤を用いた雑草管理が行われていることから、その効果を確認するとともに導入の経緯や用いられている散布技術、さらには新たに導入されているロボット除草機と除草剤の組み合わせ技術などについて見識を広めたい。

2) 山口県における一般道路等での薬剤を用いた雑草管理技術導入の経緯について（株式会社晃栄 井上 雄治 氏）

山口県内で一般道路などの維持管理業務を広く請け負っている(株)晃栄は、設立時から工場内の維持管理に除草剤を用いており、これを公共場面である道路の維持管理に利用するため3～5年かけて試験等を繰り返し、その効果や安全性について行政担当課との協議や地域住民への説明を重ねた結果、40年前に正式に道路維持管理業務として採用された。現在は県西部の4つの土木建築事務所から除草剤散布の業務委託を受けている。

舗装部分・縁石目地などでは、現在は茎葉処理で主にラウンドアップマックスロード、広葉雑草に対してデスティニー、サーベルを加用し、土壌処理でエスプラネードライト、グラフティ、ウィードチョップなどを用いている。

一方、法面などではセイタカアワダチソウ、クズ、スス



図-2 国道の縁石回り、路肩（見学説明会資料より）

キなどに対し、当初は除草剤による半枯らし状態を狙ったものの枯れ上がって法面の土壌が流出する場合もあったため、約30年前からは植物成長調節剤のグリーンフィールドを冬季処理して、法面を保護しつつ草丈を長期間抑制している。最近ではショートキープ、サーベル、デスティニーなどによりセイタカアワダチソウやクズを防除してイネ科草種への転換を図った管理も行っている。

道路維持管理の上で、除草剤散布は、刈り取りに比べ軽労化や交通規制時間の短縮、刈り草処分の減量などからコストが削減され、機械作業中の事故やケガの回避、多年生雑草が防除され地下茎による舗装や構造物の破損がない、人手不足や酷暑による施行遅れが生じにくいなどの利点がある。半面、周辺住民や通行人が感じる農業への抵抗感や散布後の立ち枯れに対する心理的不安、薬液の飛散による農作物や有用植物への被害発生が課題である。周辺への薬液の飛散は、作業者の散布技術や現場での状況判断に起因するものが多いと考えられ、これまでの経験をもとに散布技術の向上や適切な状況判断がされており、被害を回避できている。

最近の新しい取り組みとして、バックホウ式ハンマーナイフモア導入による路肩や法尻の刈り取りや、ロボット除草機（自動芝刈り機）による中央分離帯等の刈り込み、除草剤散布後の立ち枯れによる心理的不安を与えないよう土壌処理剤の活用、法面の芝生化により芝用除草剤散布のみで刈り取りゼロの管理などを行っている。

3) 見学場所の概要について（株式会社晃栄 井上 洋希 氏）

バスの車窓から見学する山陽小野田市から美祢市まで往復65kmほどのコースと、途中の国道や県道の中央分離帯、法面、縁石回り、路肩など6か所で行われている管理や薬剤導入に向けた試験施工の概要について、経過状況の写真を交えて説明があった（図-2）。山陽小野田市の市営野球場ではバスから降車して外野とスタンドの芝生で自動芝刈り



図-3 野球場における省力維持管理の見学の様子

機を視察した後、Aスクエアへ戻り駐車場で散布器具の展示と水による散布の実演を見学する。

現地見学会

1) 走行中のバスの車窓からの見学

約6,000㎡の広い中央分離帯のノシバ芝生に2台設置した自動芝刈り機は、全天候型で作動音が静かなため雨天や夜間の稼働も問題なく、毎日24時間刈り続けるため刈りカスが出ない。課題は、刈り高2cmでも生育するスズメノヒエやヤハズソウの対策、エリア境界部の幅20cmは除草剤や刈り取りが別途必要、大雨や台風時には引き上げて水没を避けることなどがある。付随的に、稼働エリア内へのイノシシの侵入がなくなった。近隣住民からは可愛がられており、トラブル発生時は自動でスマートフォンアプリへ連絡が入るが、住民からも心配して連絡があるとのことだった。

国道法面のクズ対策として、サーベルDF 0.02g/㎡（展着剤サーファクタントWK 200倍加用）によりクズを枯殺した地点では、無処理区は歩道脇の柵の際までクズの茎葉が盛り上がっているのに対し、処理区は路肩まで見通し良く維持されていた。

国道の縁石・亀裂、県道の路肩では、ラウンドアップマックスロード 1mL/㎡にデスティニー 0.05g/㎡とエスプラネードライト 0.1mL/㎡を同時散布し、長期間雑草の発生を抑えることにより隔年散布で維持可能とのことだった。

インターチェンジ入口の緑地帯は、2022年にはセイタカアワダチソウやチガヤが全面に繁茂していたが、上記と同じ管理で裸地状態を保っていた。

2018年からエスプラネード導入に向けて試験を行った県道の歩道内亀裂・法尻は、現在も隔年散布で管理を続けていた。

2) 降車しての見学

市営野球場を見学した（図-3）。外野の芝地約8,000㎡に



図-4 野球場での自動芝刈り機の実演

自動芝刈り機（図-4）を2台、傾斜のある外野スタンドの芝地約1,500㎡には駆動力の大きい機種を1台設置している。球場使用時は格納するが、夜間に稼働できるため毎日刈り込むことができ、省力的な維持管理ができています。

最後に、散布器具の展示と実演を見学した（図-5）。歩道の縁石周りに用いる手押し型散布器（縁石の上を進む車輪の左右にノズルを設置）を用いて、効率よく縁石の両面に葉液を散布しているとのことだった。

見学会終了後の懇親会には、80名の参加があり盛況のうちに終了した。

出発地の山陽小野田市は瀬戸内海に面した古い干拓地であり、平坦で住宅地に近く広い中央分離帯や植栽のある緑地帯



図-5 道路縁石の両面に効率よく散布する散布器

も散見された。その北に位置する美祢市は中山間で、道路に切り土、盛り土の法面が隣接しておりカーブや狭い路肩が多い場所だった。昨年見学した高速道路と比べ、一般道では管理すべき場所の状況が様々あり、それぞれの場の面積は小さいものの総延長は膨大であることが実感された。

道路や河川などの雑草管理における薬剤の利用は未だこれからの部分が多い状況だが、農薬会社や薬剤使用者などが互いの要望や知識、技術、経験などを共有し合い、新たな技術の開発や利用促進に役立ててもらえるよう、今後もこのような場を設けていきたいと考える。

最後に、今回の見学場所のご提供と当日のご案内など多大なご協力をいただいた株式会社晃栄様には、この場を借りて改めて深く感謝申し上げます。

協会だより

試験成績検討会

- 2024年度リンゴ・落葉果樹関係除草剤・生育調節剤試験成績検討会 (Web会議)

日時：2025年2月3日 (月) 10:00～17:00

研究会等

- 2024年度 植調関東支部雑草防除研究会

テーマ：ここまで到達した難防除雑草対策－最前線

日時：2024年12月25日 (水) 13:00～17:00

場所：ZoomによるWeb研究会 (話題提供者等は植調会館会議室参加も可)

検討課題名：(各演題は仮、今後変更あり)

(1) 雑草イネの防除対策について

- ・防除対策プロジェクトの成果 (農研機構植物防疫研究部門・プロジェクト参画各県)
- ・防除に有効な除草剤の作用特性について (植調協会)

(2) アレチウリの防除対策について

- ・防除対策プロジェクトの成果－画像解析による早期警戒システム (信州大学)
- ・除草剤による防除対策 (植調協会)

(3) その他問題となる水田雑草について

- ・除草剤抵抗性ノビエについて (農研機構中日本農業研究センター)
- ・ナガエツルノゲイトウの防除対策について (対策実施各県)

(4) 全体討論 難防除雑草対策の推進策について

なお、参加申込みは12月13日 (金) までで終了しています。

- 日本雑草学会第64回大会

(参加申込期限などが前回掲載時から変更になっています。)

大会案内は日本雑草学会の大会ウェブサイト<<https://wssj.jp/conference/>>で随時更新されます。

期日：2025年3月24～25日

3月24日(月) 一般講演・ポスター発表、
ミニシンポ、展示、会員総会、学会賞
受賞者講演、懇親会

3月25日(火) 一般講演・ポスター発表、
ランチョンセミナー、ミニシンポ、公開
ミニシンポ・展示

会場：一般講演・ポスター発表、総会等

信州大学技術総合振興センター (SASTec) ,

信州大学工学部講義棟

(〒380-8553 長野県長野市若里4-17-1)

懇親会

信州大学工学部生協食堂

(〒380-8553 長野県長野市若里4-17-1)

一般講演・ポスター申込み：

講演要旨の提出をもって発表申込みとします。締め切り後の講演要旨の修正はできません。発表者は正会員 (学生会員を含む) 及び日本農薬学会会員、植物化学調節学会会員に限ります。(講演要旨締め切り日：2025年1月13日(月))

大会登録受付システム<<https://orsam.jp/wssj/login>>にてお申込みください。

大会参加事前申込み：

大会運営を円滑に進めるため、事前登録にご協力ください。大会登録受付システムにより、2025年2月20日 (木) までにお申込みください。

参加費：

会 員 (一般) 講演会参加費5,000円,
講演要旨3,000円,
懇親会費(前納)4,000円
(当日5,000円)

非会員 (一般) 講演会参加費8,000円,
講演要旨3,000円,
懇親会費(前納)6,000円
(当日7,000円)

参加事前登録された方は参加費等の前納にご協力ください。前納の払込み期限は2025年2月20日 (木) です。納入方法の詳細は大会案内を確認してください。



植調協会は Web サイト除草カタログの試行版を公開しました。(https://joso-catalog.japr.or.jp/ 上記の二次元コードからアクセスください。)

除草カタログは、難防除雑草や外来雑草など様々な問題雑草ごとに有効な除草剤の処理時期・処理方法や各種技術と組み合わせた防除体系などとともに、全国各地で取り組まれた問題雑草防除の実践レポートが掲載された Web サイトです。

問題雑草で困っている農家や技術普及担当の方々に少しでも早くご活用いただきたいと考え、現時点では掲載草種数等が少ない状態ですが、試験運用を開始しました。

つきましては、本サイト改善のためのご意見やご要望を、サイト下部にある「当サイトへのご要望」リンク（下記 URL）からお寄せいただきますようお願いいたします。

ご要望受け付け URL

<https://forms.gle/nvkFNSNDR7WKqZZy7>

植調協会技術部企画課

植調第 58 巻 第 9 号

- 発行 2024 年 12 月 17 日
- 編集・発行 公益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
TEL 03-3832-4188 FAX 03-3833-1807
- 発行人 大谷 敏郎
- 印刷 (有)ネットワン

© Japan Association for Advancement of Phyto-Regulators (JAPR) 2016
掲載記事・論文の無断転載および複写を禁止します。転載を希望される場合は当協会宛にお知らせ願います。

取 扱 株式会社全国農村教育協会
〒110-0016 東京都台東区台東 1-26-6 (植調会館)
TEL 03-3833-1821

Quality & Safety

食の安全と環境保護に配慮した製品を提供し、
安定した食料生産に貢献してまいります。

株式会社エス・ディー・エス バイオテックの水稲用除草剤有効成分を含有する製品

アピロファースト1キロ粒剤(ベンゾピシクロン)

グッドラックジャンボ/150FG(ベンゾピシクロン)

ダンクショットフロアブル/ジャンボSD/200SD粒剤(ベンゾピシクロン/カフェンストロール)

イザナギ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボSD/200SD粒剤(ベンゾピシクロン)

イネヒーロー1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ/エアー粒剤(ダイムロン)

ウィードコア1キロ粒剤/ジャンボSD/200SD粒剤(ベンゾピシクロン)

ラオウ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ダイムロン)

カイシMF1キロ粒剤(ベンゾピシクロン)

バットウZ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾピシクロン)

アシュラ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ/400FG(ベンゾピシクロン)

天空1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ/エアー粒剤(ベンゾピシクロン)

ゲバード1キロ粒剤/ジャンボ/エアー粒剤(ベンゾピシクロン/ダイムロン)

レプラス1キロ粒剤/ジャンボ/エアー粒剤(ダイムロン)

ホットコンビ200粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾピシクロン/テニルクロール)

アネシス1キロ粒剤(ベンゾピシクロン)

ジャイロ1キロ粒剤/フロアブル(ベンゾピシクロン)

テッケン/ニトウリュウ1キロ粒剤/ジャンボ(ベンゾピシクロン)

ベンケイ1キロ粒剤/豆つぶ250/ジャンボ(ベンゾピシクロン)

銀河1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ダイムロン)



軽量・少量自己拡散製剤 Swift Dynamic製剤(SD製剤)の製品

Swift Dynamic

イザナギジャンボSD
イザナギ200SD粒剤



ウィードコアジャンボSD
ウィードコア200SD粒剤



ダンクショットジャンボSD
ダンクショット200SD粒剤





根も止める

有効成分「アルテア」は、多年生雑草の地上部を枯らすだけでなく、翌年の発生原因となる塊茎の形成も抑えます。日本の米づくりを根本から進化させる新しい効き目、「アルテア」配合の除草剤シリーズに、どうぞご期待ください。

これからの日本の米づくりに

アルテア[®]

配合除草剤シリーズ
<https://www.nissan-agro.net/altair/>





オモダカ



ホタルイ



コナギ



イボクサ

サイラ®とは 「サイラ/CYRA」は有効成分の一般名：シクロピリモレート (Cyclopyrimorate) 由来の原体ブランド名です。

サイラは、新規の作用機構を有する除草剤有効成分です。オモダカ、コナギ、ホタルイ等を含む広葉雑草やカヤツリグサ科雑草に有効で、雑草の根部・莖葉基部から吸収され、新葉に白化作用を引き起こし枯死させます。新規作用機構を有することから、抵抗性雑草の対策にも有効です。また、同じ白化作用を有する4-HPPD阻害剤(ピラゾレート、テフリルトリオン等)と相性が良く、混合することで飛躍的な相乗効果を示します。

除草剤分類

33

除草剤の作用機構分類(HRAC)においても新規コード33 (作用機構:HST阻害)で掲載され、注目されています。

新規有効成分サイラ配合製品ラインナップ

水稲用一発処理除草剤

シエイソウル

1キロ粒剤・フロアブル・ジャンボ

ジヤスマ

1キロ粒剤・フロアブル・ジャンボ・400FG

リサウエポン

1キロ粒剤・フロアブル・ジャンボ・400FG

ウルティモZ

1キロ粒剤・フロアブル・ジャンボ・350FG

水稲用中・後期処理除草剤

バイスコープ

1キロ粒剤

ソニックブームZ

1キロ粒剤

ソニックブーム

ジャンボ

ルナカロス

1キロ粒剤

ガンカロスZ

1キロ粒剤

ガンカロス

ジャンボ



**三井化学クロップ&ライフ
ソリューション株式会社**

東京都中央区日本橋 1-19-1 日本橋ダイヤビルディング
三井化学アグロ(株)はグループ内企業を再編し社名変更いたしました。



®を付した商標は三井化学クロップ&ライフソリューション(株)の登録商標です。

協友アグリ®の省力化技術

FG

FG剤で田んぼの除草が変わる。

水稲用一発処理除草剤 FG剤ラインナップ

アツパレZ

バッチリLX

アットウZ

サラブレッドKAI

サラブレッドGO

その他もラインナップたくさん ▶▶▶▶▶ アシュラ ガツント ジェイフレンド バッチリ

●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。 ●空袋は圃場などに放置せず、適切に処理してください。

JAグループ
農協 経済連

協友アグリ株式会社 〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町6-1

お問い合わせ
<https://www.kyoyu-agri.co.jp/contact/>

®は協友アグリ(株)の登録商標です。

詳しくはこちらから



協友アグリ FG剤 検索

このアプリで
一気に問題解決!!



見つけて

AI診断・AI予測で
作物の問題を診断・早期発見



調べて

豊富なデータベースから
問題を検索・確認



対処する

問題に最適な農薬を紹介



レイミーが
スマートに
解決!

スマートフォン用アプリ

レイミーのAI病害虫雑草診断

農作物に被害を及ぼす病害虫や雑草を写真からAIが診断し、
有効な薬剤情報を提供する、スマートフォン用の防除支援ツールです。

無料!

※画面は開発中のものにつき、実際の仕様とは異なる場合があります。

■本アプリケーションで使用されているAI診断学習モデルは(株)NTTデータCCSと日本農業(株)の共同開発です。
■本システムは農林水産省の農業界と経済界の連携による生産性向上モデル農業確立実証事業「防除支援システム研究会(H30~R1)」の成果を社会実装したものです。

開発 NICHINO
日本農業株式会社

NTT data 株式会社 NTTデータ CCS

アプリの
無料
ダウンロード
はこちら
日本農業 ホームページから
検索



参加 日産化学株式会社

日本曹達株式会社

国科振興の中心となるデジタルイノベーション推進機構

エスアイエス イノベーション

MBC 丸井バイオケミカル株式会社

豊かな稔りに貢献する 石原の水稲用除草剤



ランコトリオンナトリウム塩がSU抵抗性雑草に効く!

- ・3.5葉期までのノビエに優れた効果
- ・SU抵抗性雑草に優れた効果
- ・無人航空機による散布も可能(1キロ粒剤)



ノビエ3.5葉期、高葉齢のSU抵抗性雑草にも優れた効き目

ゼンイチ MX 1キロ粒剤 / ジャンボ

ワルパグ MX 1キロ粒剤 / ジャンボ

スガイチ A 1キロ粒剤

ヒエケツパ A 1キロ粒剤

ワルチヤージ ジャンボ

ワルニング ジャンボ

タイズエドル 1キロ粒剤

乾田直播専用 **ハードパンチ** DF

石原バイオサイエンスのホームページはこちら▶



●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。

ISK 石原産業株式会社

販売 ISK 石原バイオサイエンス株式会社

ホームページ アドレス
<https://ibj.iskweb.co.jp>

好評発売中



陸生から水生まで、カメムシの全分野を網羅

カメムシ博士入門

安永智秀 前原諭 石川忠 高井幹夫 著 B5 212ページ 本体2,770円+税

- ◆日本原色カメムシ図鑑(陸生カメムシ類)一全3巻を発行してきた全農教が、読者の「より入門的な図鑑を」との声に応じてお届けするカメムシの基本図鑑。
- ◆数ある昆虫群のなかでカメムシのいちばんの特徴は「圧倒的な多様性」です。
 - 陸生から水生まで、生息環境の多様性
 - 肉食から植物食、菌食まで食性の多様性
 - 微小種から巨大種まで形態の多様性
 - 農業害虫、不快害虫から天敵まで人間との関係の多様性
- ◆本書はカメムシの分類から生態まで、採集から同定まで、カメムシの基本をすべて網羅し、多様性に富んだカメムシを理解するのに不可欠な入門書です。

第1章 カメムシの形とくらし 第2章 カメムシを探す
第3章 いろいろなカメムシ 第4章 カメムシ博士をめざして
〈付〉もっと知りたいカメムシの世界

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
TEL.03-3839-9160 FAX.03-3833-1665



畑作向け除草剤

アタックショット **ムギレンゾール**
丸和 乳剤 丸和 乳剤
ロックス

果樹向け除草剤

シンバー **ゾーバー**

芝生向け除草剤

アトラキアブ **ユニホップ**
サベルDE **ハレイDE**

緑地管理用除草剤

ハイバーX 粒剤 **パワーボンバー**

除草剤専用展着剤

サファグントWK 丸和 **サファグント30**



丸和バイオケミカル株式会社

〒101-0041 東京都千代田区神田須田町2-5-2
TEL03-5296-2311 <https://www.mbc-g.co.jp>



雑草調査のプロに必携の 雑草図鑑

植調雑草大鑑

WEEDS OF JAPAN IN COLORS

浅井元朗 著

企画：公益財団法人 日本植物調節剤研究協会
B5判 360ページ 定価 10,560円(税込)
ISBN978-4-88137-182-4

ひとつの雑草種について種子、芽生え、幼植物、生育中期、成植物から花・果実までのすべてを明らかにした図鑑。研究者から農業関係者まで、雑草調査のプロにお役にたつ図鑑です。

全国農村教育協会

〒110-0016 東京都台東区台東1-26-6
TEL.03-3839-9160 FAX.03-3833-1665

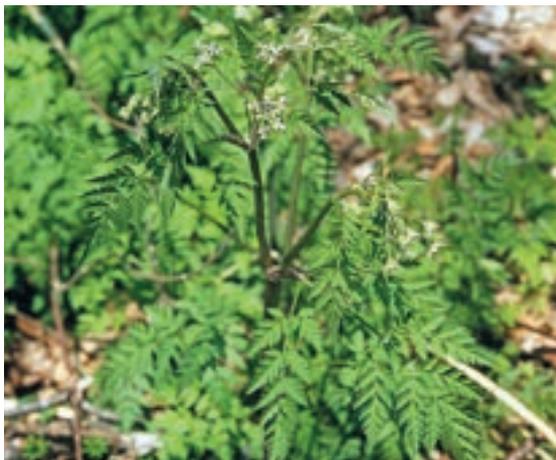
<http://www.zennokyo.co.jp>

第58巻 第9号 目次

- 1 巻頭言 仮想の「ゴジラ」と現実の雑草防除
吉田 修一
- 2 ヒートアイランドによる雑草の高温耐性の進化
深野 祐也
- 5 果樹の開花に必要な低温積算時間を簡便に把握できるWebアプリの開発
杉浦 裕義
- 10 落葉果樹の落葉や越冬芽の萌芽抑制はどのように制御されているのか
山根 久代・向 子帆
- 17 植物成長調整剤として利用されるアブシシン酸
汀 恵子
- 21 〔統計データから〕コメ・コメ加工品の輸出実績
- 22 三重県で採取されたオヒシバおよびオオアレチノギクにおけるグリホサート感受性の低下
内野 彰
- 28 〔連載〕 雑草のよもやま 第38回
「草取仁王尊」など稲作や雑草防除に関わる千葉県内の伝説・民話
森田 弘彦
- 30 〔田畑の草種^{くさくさ}〕 藪虱(ヤブジラミ)
須藤 健一
- 31 〔研究会報告〕 2024年度 緑地管理研究会 現地見学会 開催報告
(公財)日本植物調節剤研究協会 企画課
- 34 広場

No.116

表紙写真 〔ヤブジラミ〕



道ばたや林縁,畦畔,畑地の周辺,樹園地などに生育するセリ科の冬生一年草。やや日陰に多い。9~11月に出芽する。茎は直立し,ざらつく。6~8月に枝先に複散形花序をつける(写真は©浅井元朗,©全農教)



子葉は線形。第1葉は3出掌状複葉。



淡褐色の分果は楕円形で,長さ約4mm。



枝先に複散形花序に白色の5弁花をつける。花序の枝は5~9本。



果実は卵形で長さ2.5~4mm。毛が密生し,付着しやすい。