

植調

JAPR Journal

第55巻

第3号

水稻乾田直播栽培におけるヒメタイヌビエの埋土種子数と必要な防除回数 橘 雅明

植物ウイルスベクターによる花きの形質改変 棚瀬 幸司

除草剤の薬効・薬害の観察調査におけるスコア化 與語 靖洋

「農薬に該当しない除草剤の使用実態」について(その3) 清水 悟



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)

新提案!「中期にジャンボ」ラクラク散布!

新技術

ソニックスプレッド®

テクノロジーだから

拡散力が違う!

ノビエ

コナギ

ホタルイ

クログワイ

オモダカ

各種雑草に幅広い効果!

水稲用中期除草剤

セカンドショット® イス ジャンボMX

農林水産省登録
第23867号

アトカラ® イス ジャンボMX

農林水産省登録
第23866号

アジムスルフロン・ペノキスラム・メソトリオン粒剤

セカンドショット、アトカラ、ソニックスプレッドは三井化学アグロ(株)の登録商標です。

動画を
チェック!



ソニックスプレッド® テクノロジーとは……

独自のキャリアーと数種の界面活性剤の絶妙な配合によって、拡散性能を飛躍的に向上させた三井化学アグロ独自のジャンボ剤新製剤技術です。



三井化学アグロ株式会社

東京都中央区日本橋1-19-1 日本橋ダイヤビルディング
ホームページ <http://www.mitsui-agro.com/>

○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。○小児の手の届く所には置かないでください。○容器・空袋などは園場などに放置せず、適切に処理してください。○防除日誌を記録しましょう。



ボデーガード® プロ

新登場



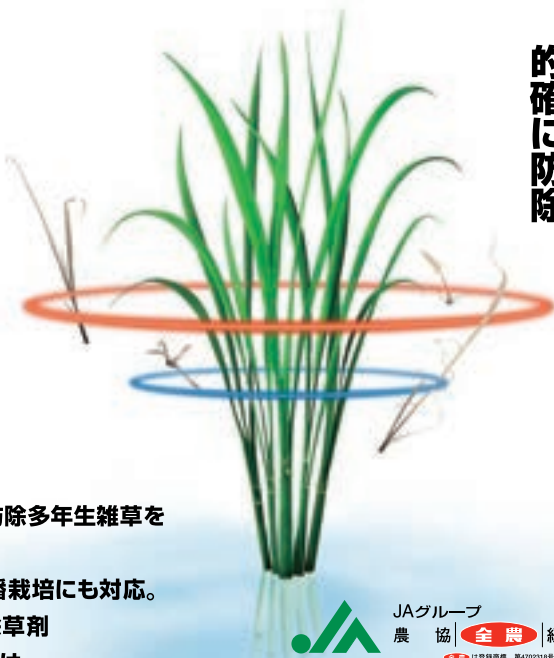
一発でノビエ、難防除多年生雑草を
しっかり除草。

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。



2成分で
稲を守る、プロ。
高葉齡ノビエも難防除雑草も、
的確に防除。



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・祝日を除く



種苗法（品種登録）と種子法

公益財団法人日本植物調節剤研究協会
東海支部長

横山 幸徳

今年は例年になく早くサクラが咲き、多くの地域で3月中旬から花見という状況になりました。サクラ前線のニュースは標本木のソメイヨシノの開花により行われていますが、この日本を代表する「ソメイヨシノ」は元々日本に自生していたサクラではありません。伊豆半島が地殻変動により本州と合体した時、伊豆の島々で進化してきた「オオシマザクラ」と本州に自生していた「エドヒガンザクラ」が交配して生まれたものなのです。葉と同時に白く大きな花を咲かせる「オオシマザクラ」の花の大きさと、葉の出るより先に濃いピンク色の花をつける「エドヒガンザクラ」の色と花の付き方というそれぞれの長所を受け継いだのが「ソメイヨシノ」というサクラなのです。

この「ソメイヨシノ」というサクラのように稲の育種についても高収量、耐病性等それぞれの育種目標に向かい開発されてきました。

江戸時代末期から明治の中頃にかけて、民間において育種の成果がありました。例えば、優良品種の交換や試作あるいは種籾の全国的配布は種苗の品評会など技術交換と修練の場を通じて行われており大きな効果を発揮していました。また、品種の特性を試験で確かめ、品種の選抜にあたって、試験による確認評価という方法が実践されつつありました。当時、南関東から東海・九州にかけて広く普及していた「神力」、西日本には、「雄町」「都」「亀次」などがありました。また、東海の「伊勢錦」「竹成」「関取」、関東の「愛国」、東北の「亀ノ尾」、北海道の「坊主」等の水稻の種類は、旧農事試験場が発足し西洋農学の導入による近代育種が始められた明治37年以降、30～40年間以上もそれぞれの地方に広く普及し、水稻の生産力を大きく支えていたものと思われます。例えば、明治38年東北一帯が冷害による大凶作に見舞われ、広く普及されていた在来品種「愛国」が大きな被害をこうむったことが育種を強化し、「愛国」から「陸羽20号」という優良な系統を選抜し、さらにその後「陸羽20号」と「亀ノ尾」の交配から「陸羽132号」という耐冷・耐病性で多収品種を育成し、東北の稲作を安定させることに大きく寄与しました。このように品種改良の果たす役割は重要で、近代育種の成果は水稻生産力の発展に次第に大きな役割を果た

すようになっていきます。

優良な品種は農業生産の基礎であり、多収、高品質、耐病性等の優れた形質を有する新品種育成者の権利を保護するために、種苗法に基づく品種登録制度があります。

種苗法は、昭和53年に農産種苗法の一部を改正する法律として成立し、その後育成者の権利保護の充実等を内容として数次にわたる改正を経て現在に至っています。

また、主要農作物種子法は、戦後の食糧増産という国家的要請を背景に、当時の国民の食生活で重要であった稲、麦類、大豆の優良種子の安定生産と供給を目的に国と都道府県が主導して生産・普及を進める必要があるとの観点から、昭和27年に制定されました。都道府県が原原種・原種の生産や一般種子の圃場の指定・審査を実施してきましたが、農業競争力強化プログラムに基づき、民間参入を促すために平成30年4月付けで種子法を廃止しました。

一方、種苗法の現行法では、登録品種であっても正規に購入した種苗の海外持ち出しは違法でないため、令和2年12月に日本のブランド品種の海外への不正流出防止目的のため、改正種苗法が成立しました。令和3年4月の施行で、育成者は品種登録出願時に、種苗を輸出できる国や栽培できる国内の地域等の条件を付けられるようになりました。在来種や品種登録期間が切れた品種である一般品種は自由に自家増殖ができますが、来年4月からは登録品種は農家による自家増殖も開発者の許諾が必要となり、国内農家の生産コスト増加につながると心配する声もあります。

こういった状況下において、主要農作物種子の生産・供給にかかる独自の要領等により種子の生産供給に46道府県が取り組んでおり、令和2年までに23道県では条例の制定を決定し、更に数県で条例制定をすすめています。また、全国主要農産物種子安定供給推進協議会は、種子の供給体制を継続できるように、全中・全農と連携し、種子の生産・普及において中心的な役割を担っている自治体が引き続き役割を果たすように働きかけています。

植物新品種の育成者の権利の保護と農業者の持続的農業経営、食糧安定生産の観点から食の主権をどう守っていくのか今後注視していきたいと思っています。

水稲乾田直播栽培における ヒメタイヌビエの埋土種子数と 必要な防除回数

農研機構 西日本農業研究センター
中山間営農研究領域
橘 雅明

はじめに

水稲乾田直播栽培は、低コスト生産や作業分散、規模拡大などの目的で各経営体に導入されている。乾田直播栽培では乾田状態で水稲の種籾を播種するが、その後湛水を開始する時期は、出芽前から水稲4葉期頃まで幅があり（農林水産省農業研究センター1997）、一般的には苗立ちの安定や特に温暖地以南ではスクミリングガイによる食害回避のため、播種後1か月頃に湛水を開始することが多い。その場合、水稲出芽前までの非選択性除草剤または土壌処理剤の散布、乾田期間の1～2回の茎葉処理剤の散布、湛水後の一発処理除草剤の散布、の計3～4回の除草剤処理で雑草防除を行うことになる（杉本1999; 石井2014）。水稲の低コスト生産を目指しているにもかかわらず、乾田直播栽培では移植栽培や湛水直播栽培より除草剤の処理回数が多くなり、除草コストがかさんでしまう。しかし、実際には圃場ごとに雑草の発生状況は大きく異なるため、上述のような画一的な除草体系だけではなく、圃場の発生草種や埋土種子数に応じた適切な除草体系を選択することで、除草コストを低減できる可能性がある。著者は寒冷地の水稲湛水直播栽培でのタイヌビエ（*Echinochloa oryzicola* Vasing.）を対象とした研究において、埋土種子数が少なくなると必要除草期間が短くなることを報告している（橘ら2014）。それを踏ま

え、水稲乾田直播栽培において除草剤処理回数削減を念頭に置き、中国地方で秋季に残存が目立つヒメタイヌビエ（*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. var. *formosensis* Ohwi）の埋土種子数と防除に必要な除草剤処理回数との関係を検討した。

1. 埋土種子の設定

試験は2013～2015年の3年間、広島県福山市の所内圃場で実施した。前歴で雑草管理の行き届いた圃場を選び使用した。作付体系はオオムギー水稲の二毛作とし、水稲作試験前年の11月にヒメタイヌビエ種子を70粒/m²、1,200粒/m²、5,000粒/m²、10,000粒/m²の4水準量で播種した後、オオムギ品種「トヨノカゼ」を耕起同時播種してヒメタイヌビエ種子を土壌に混ぜ込んだ。ヒメタイヌビエの埋土種子数の水準については、内山ら（2009）が農家圃場で調査した事例の最大値7,200粒/m²を考慮して設定した。オオムギを5月下旬に収穫した後、水稲品種「きぬむすめ」を各年5月28日に乾田不耕起直播機

MJSE18-6（条間30cm・1条耕うん幅7cm深さ6cm）で部分耕播種した。春季に生存しているヒメタイヌビエ種子の数を把握するため、播種粒数の水準区毎に10～30点の土壌を採取し（1点体積376.8cm³）、1mmの篩を用いて水洗し、ヒメタイヌビエの種子を回収した。ピンセットの先で押しても潰れないものを生存種子として計数し埋土種子数とした。2014年と2015年の70粒/m²播種区、2015年の1,200粒/m²播種区と5,000粒/m²播種区では、播種粒数よりヒメタイヌビエの埋土種子数が多かったが、その他の区では埋土種子数が播種粒数を超えることはなかった（表-1）。推定精度の指標である相対標準誤差は、2013年の70粒/m²播種区を除き、やや大まかな鳥瞰的研究でみられる値の0.4（久野1986; 高柳2004; 中山ら2011）より小さく（表-1）、埋土種子数が残草量に及ぼす影響を調べる研究としては標準的な精度といえる。調査の結果、ヒメタイヌビエの埋土種子数の年次変動は大きかった（表-1）。その原因として、播種用に採種したヒメタイヌビエ種子の稔実率や圃場での種子の

表-1 試験区のヒメタイヌビエ埋土種子数（橘ら2017より抜粋）

秋季 播種量 (粒/m ²)	播種翌年春季の埋土種子数 (粒/m ²)		
	2013年	2014年	2015年
70	53 (0.59)	159 (0.35)	451 (0.22)
1200	637 (0.27)	756 (0.29)	1473 (0.17)
5000	2787 (0.15)	3463 (0.15)	5135 (0.08)
10000	5135 (0.19)	7126 (0.16)	9196 (0.10)

() 内の値は相対標準誤差を示す。

表-2 除草体系の概要（橘ら 2017 より一部改変）

除草体系	除草剤処理日、除草剤種類・薬量			
	水稲出芽直前非選択性除草剤	乾田期ノビエ5葉期茎葉処理剤	湛水後一発処理除草剤	湛水後中後期剤
	播種後7～9日	播種後22～30日	播種後32～36日（湛水後2～3日）	湛水後28～33日
4回処理	グリホサートカリウム塩液剤 500mL/10a	シハロホップブチル・ベンタゾン 液剤1000mL/10a	イマズスルフロン・ピラクロニル・プロモ ブチド粒剤1000g/10a	ペノキススラム水和 剤100mL/10a
3回処理 （慣行）	グリホサートカリウム塩液剤 500mL/10a	シハロホップブチル・ベンタゾン 液剤1000mL/10a	イマズスルフロン・ピラクロニル・プロモ ブチド粒剤1000g/10a	—
2回処理A	グリホサートカリウム塩液剤 500mL/10a	シハロホップブチル・ベンタゾン 液剤1000mL/10a	—	—
2回処理B	グリホサートカリウム塩液剤 500mL/10a	ビスピリバックナトリウム塩液剤 100mL/10a	—	—
2回処理C	グリホサートカリウム塩液剤 500mL/10a	ビスピリバックナトリウム塩液剤 150mL/10a	—	—
2回処理D	グリホサートカリウム塩液剤 500mL/10a	ビスピリバックナトリウム塩液剤 200mL/10a	—	—
2回処理E	グリホサートカリウム塩液剤 500mL/10a	カルフェントラゾンエチル・フル セトスルフロン水和剤30g/10a	—	—
2回処理F	グリホサートカリウム塩液剤 500mL/10a	ペノキススラム水和剤 100mL/10a	—	—
2回処理G	グリホサートカリウム塩液剤 500mL/10a	ハロスルフロンメチル水和剤 180g/10a＋シハロホップブチル 乳剤100mL/10a	—	—
無除草	—	—	—	—

グリホサートカリウム塩液剤（有効成分含有率48％，散布液量50L/10a），シハロホップブチル・ベンタゾン液剤（有効成分含有率3％・20％，散布液量100L/10a），ビスピリバックナトリウム塩液剤（有効成分含有率2％，散布液量100L/10a），カルフェントラゾンエチル・フルセトスルフロン水和剤（有効成分含有率20％・10％，散布液量100L/10a），ペノキススラム水和剤（有効成分含有率3.6％，散布液量100L/10a），ハロスルフロンメチル水和剤（有効成分含有率5％，散布液量100L/10a），シハロホップブチル乳剤（有効成分含有率30％，散布液量100L/10a），イマズスルフロン・ピラクロニル・プロモブチド粒剤（有効成分含有率0.9％・2％・9％）。

死滅率が年次で異なった可能性や圃場に元々存在していた埋土種子数が年次で異なった可能性がある。そこで、播種粒数を説明変数とせず、埋土種子数を量的説明変数として取り扱い統計解析することにした。

2. 除草体系の設定

除草体系として4回処理，3回処理，2回処理（7種類），無除草の計10水準を設定した（表-2）。水稲出芽前に非選択性除草剤または土壌処理剤を行うのが慣行であるが，土壌処理剤の除草効果や水稲への初期薬害の程度が土壌水分によって異なる場合があるため，本研究では，効果の安定している非選択性除草剤を使用した。その後は，2回目として乾田期のノビエ5葉期に処理する茎葉処理剤5剤を使用，3回目として湛水後一発処理除草剤1剤，4回目として茎葉処理剤1剤を使用した。

3. ヒメタイヌビエの出芽の推移

ヒメタイヌビエの出芽の推移を把握するため，無除草区内の一部に調査区を設置し，各年5月下旬から8月中旬までの期間に3～4日の間隔でヒメタイヌビエの出芽数を調査し，出芽個体を除去した。調査区の面積は，埋土種子数に応じて0.15～0.9㎡とした。

埋土種子数の多い区では出芽数が多かった。播種後しばらく降水量が少なく乾燥していた2013年は，播種後21日の6月18日まで出芽が少なかったが，その後約1週間で多数出芽し，播種後30日の6月27日にはヒメタイヌビエの埋土種子数637粒/㎡区で累積出芽率が71％，5,135粒/㎡区で90％となった。2014年は播種後23日の6月20日に累積出芽率が87％

以上となった。2015年は播種後22日の6月19日に累積出芽率が87％以上となった（図-1）。これらことから，乾田期におけるノビエ5葉期茎葉処理の時期は年次で異なるが，その時点でのヒメタイヌビエの累積出芽率は9割近くになると予想される。

4. 埋土種子数および除草体系とヒメタイヌビエの圃場残存量

秋季に圃場に残存したヒメタイヌビエの量を把握するため，9月上旬に各区0.3㎡の面積内の個体数を計数し，その地上部を採取した。個体数が少ない場合には適宜採取面積を拡大した。その後，採取物を80℃に設定した乾燥機で48時間乾燥させ，地上部乾物重（以下，残存量）を測定した。ヒメタイヌビエの残存量に0.5を加え，Box-Cox変換したデータを目的変数とし，年次，埋土種子数の対数値，除

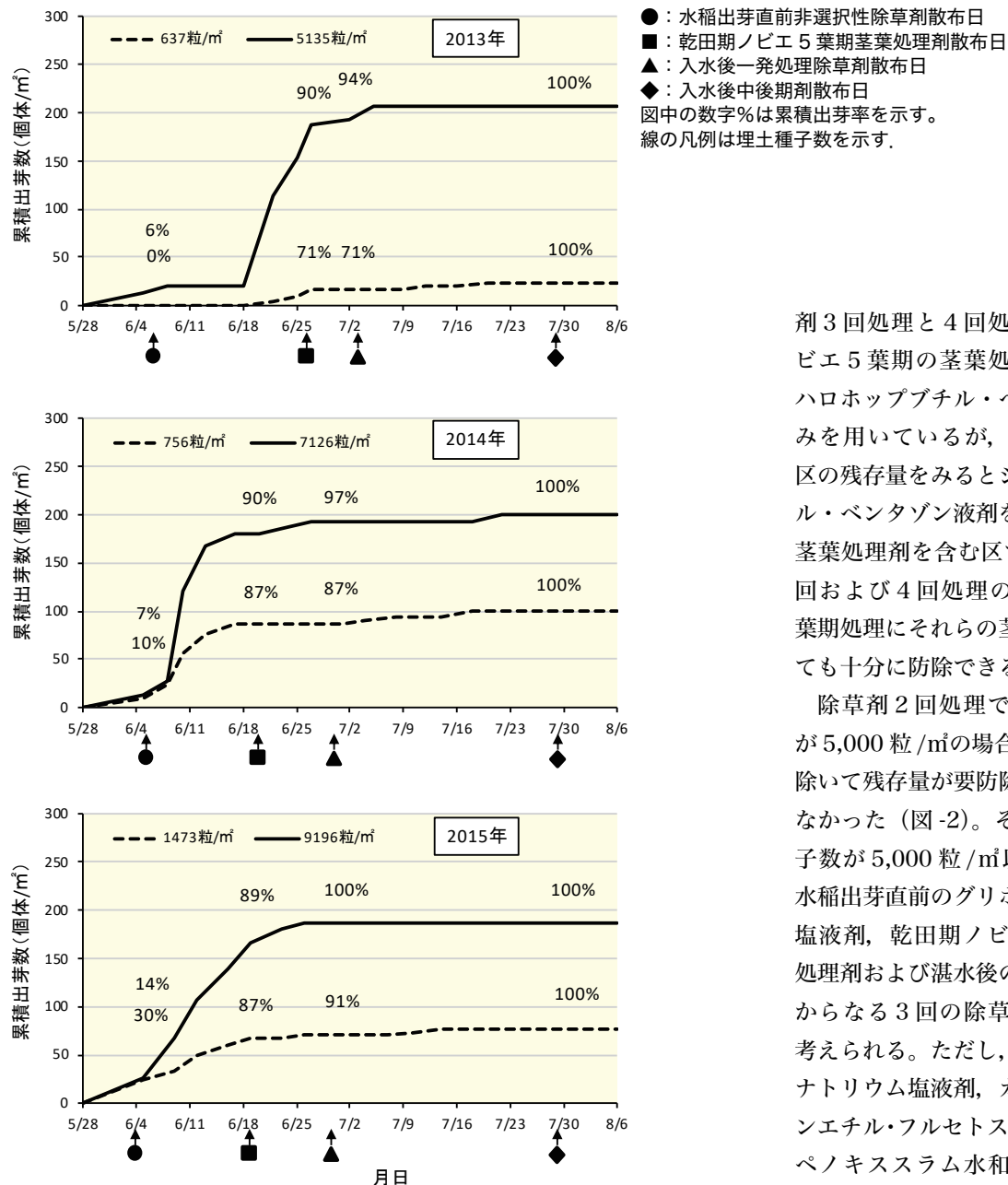


図-1 無除草区におけるヒメタイヌビエ累積出芽数の推移
 (橘ら 2017 より一部改変)

草体系を説明変数として分散分析を行った。ヒメタイヌビエの残存量に対する各要因の効果としては、年次、除草体系、埋土種子数が有意であり、それらの交互作用は有意でなかった。この分散分析モデルからヒメタイヌビエの残存量期待値を算出し、以下で結果を述べる。生データは原著論文(橘ら 2017)を参照されたい。水稻乾田直播栽培で問題となっているヒメタイヌビエの要防除水準は定まっていない

が、橘ら(2013)が推定した北東北地域の飼料イネ栽培における秋季のタイヌビエ許容残存量 $11\text{g}/\text{m}^2$ を参考に、残存量が地上部乾物重 $10\text{g}/\text{m}^2$ 以下の水準を必要とされる雑草防除の目安(以下、要防除水準)とする。

埋土種子数が多くなるにしたがい、ヒメタイヌビエの残存量は増加したが、除草剤 3 回処理と 4 回処理では埋土種子数が多い場合でも残存量は要防除水準以下であった(図-2)。除草

剤 3 回処理と 4 回処理では乾田期ノビエ 5 葉期の茎葉処理剤に慣行のシハロホップブチル・ペンタゾン液剤のみを用いているが、除草剤 2 回処理区の残存量をみるとシハロホップブチル・ペンタゾン液剤を含む区より他の茎葉処理剤を含む区で概ね少なく、3 回および 4 回処理の乾田期ノビエ 5 葉期処理にそれらの茎葉処理剤を用いても十分に防除できると考えられた。

除草剤 2 回処理では、埋土種子数が $5,000$ 粒 $/\text{m}^2$ の場合に 2 回処理 F を除いて残存量が要防除水準以下とならなかった(図-2)。そのため、埋土種子数が $5,000$ 粒 $/\text{m}^2$ 以上の場合には、水稻出芽直前のグリホサートカリウム塩液剤、乾田期ノビエ 5 葉期の茎葉処理剤および湛水後の一発処理除草剤からなる 3 回の除草剤処理が必要と考えられる。ただし、ビスピリバックナトリウム塩液剤、カルフェントラゾンエチル・フルセトスルフロン水和剤、ペノキスラム水和剤のアゼガヤに対する効果は低いので(橘ら 2017)、ヒメタイヌビエに加えてアゼガヤも多発する圃場では、除草体系にアゼガヤに効果の高いシハロホップブチル含有剤(住吉 2008)を組み込む必要がある。2 回処理 F については埋土種子数が多い場合でも残存量は少ないが、生データでは $10\text{g}/\text{m}^2$ 以上の値が散見され(橘ら 2017)、3 回以上の除草剤処理に比べると除草効果がやや不安定と考えられる。

埋土種子数が $1,000$ 粒 $/\text{m}^2$ 以下と少ない場合には、2 回処理 B, D, E, F

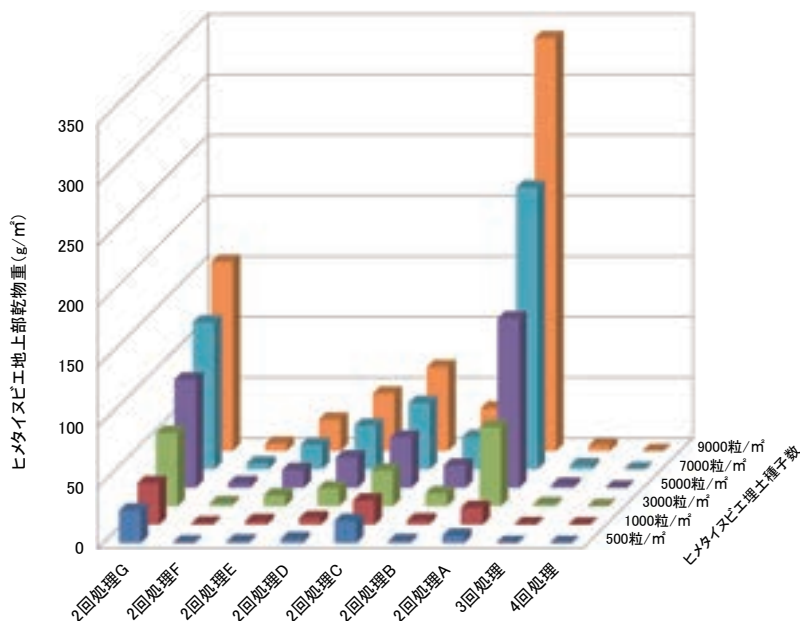


図-2 分散分析モデルより算出したヒメタイヌビエ残存量の期待値
(橘ら 2017 より作成)

でヒメタイヌビエ残存量は少なく、水稻出芽直前のグリホサートカリウム塩液剤処理と乾田期ノビエ5葉期のビスピリバックナトリウム塩液剤、カルフェントラゾンエチル・フルセトスルフロン水和剤またはペノキスラム水和剤処理からなる2回の除草剤処理でヒメタイヌビエの防除は可能と考えられる(図-2)。しかし、2回処理Dのビスピリバックナトリウム塩液剤の200mL/10a処理では水稻に強い初期葉害が生じた。ビスピリバックナトリウム塩については、高い葉量で生育抑制が強くなる報告(*Chauhan et al.* 2011)もあることから、注意する必要がある。乾田期ノビエ5葉期にビスピリバックナトリウム塩液剤の葉量150mL/10aを処理した2回処理Cでは、残存量が10g/m²以上であった。しかし、これは2014年の乾田期ノビエ5葉期処理時に風が強く、葉液の飛散が見られたことで除草効果が劣ったためと考えられ、気象条件に問題がなければ、埋土種子数が少ない場合に2回処理Cでヒメタイヌビエを防除できると考えられる。2回処理Gで残存量が多かったのは、シハロホッ

プブチルとハロスルフロンとの混用による拮抗作用(*Scherder et al.* 2005)と考えられる。

おわりに

ヒメタイヌビエについては埋土種子数が少ない場合(1,000粒/m²以下)には除草剤の処理回数を慣行の3回から乾田期の2回のみに削減することが可能と考えられた。除草剤2回処理において、ヒメタイヌビエの埋土種子数が多くなるほど残存量が多くなる理由として、①2回目の除草剤処理後に出芽する後次発生個体が残存量の主体でその個体数が埋土種子数に比例する場合と、②2回目の除草剤処理によって枯殺されなかった生残個体が残存量の主体で生残個体数が埋土種子数に比例する場合の2通りが考えられるが、生データからは後者②が主な原因と考えられる(橘ら 2017)。この結果は、山根(1976)も報告したように、水稻乾田直播栽培の雑草防除において、乾田期間に実施する除草剤処理の除草効果が重要であることを示している。

引用文献

- Chauhan, B. S. et al.* 2011. Growth response of direct-seeded rice to oxadiazon and bispyribac-sodium in aerobic and saturated soils. *Weed Science* 59, 119-122.
- 石井俊雄 2014. 岡山県における水稻乾田直播栽培の研究と普及. 日本作物学会中国支部研究集録 54, 1-2.
- 久野英二 1986. 「生態学研究法講座 17 動物の個体群動態研究法 I - 個体数推定法 -」. 共立出版, 東京, pp.55-57.
- 中山壮一ら 2011. 埋土種子調査のためのサンプリング計画. 雑草研究 56, 53-61.
- 農林水産省農業研究センター 1997. 日本型直播稲作導入指針. つくば, pp. 1-217.
- Scherder, E. F. et al.* 2005. Antagonism of cyhalofop grass activity by halosulfuron, triclopyr, and propanil. *Weed Technology* 19, 934-941.
- 杉本真一 1999. 水稻不耕起乾田直播栽培における雑草防除体系. 植調 33, 301-308.
- 住吉正 2008. アゼガヤに対する各種除草剤の防除効果. 日本作物学会九州支部会報 74, 56-58.
- 橘雅明ら 2017. 水稻乾田直播栽培におけるヒメタイヌビエおよびクサネムの埋土種子数と防除に必要な除草剤処理回数との関係. 雑草研究 62, 97-109.
- 橘雅明ら 2013. 北東北地域の飼料イネ栽培におけるタイヌビエの許容残存量. 雑草研究 58, 177-182.
- 橘雅明ら 2014. 北東北地域の飼料イネ湛水直播栽培における栽培管理と各種要因がタイヌビエの収穫期残存量に及ぼす影響. 雑草研究 59, 57-64.
- 高柳繁 2004. 関東黒ボク土地帯における主要一年生畑雑草の定量的発生予測. 中央農業総合研究センター研究報告 5, 23 - 58.
- 内山かおりら 2009. 水稻有機栽培における雑草防除法と埋土種子量の関係. 東北の雑草 9, 10-13.
- 山根国男 1976. 水稻乾田直播栽培における雑草の発生生態と防除に関する研究. 兵庫県農業試験場特別研究報告, 1-120.

植物ウイルスベクターによる花きの形質改変

農研機構 野菜花き研究部門
花き育種基盤研究領域
棚瀬 幸司

はじめに

植物ウイルスベクターを用いた遺伝子組換え法が最初に提唱されたのは1995年で、*Tobacco mosaic virus* (TMV) をベクター化し、タバコのカロテノイド合成に関連する *Phytoene desaturase* (PDS) 遺伝子の発現抑制に成功している (Kumagai *et al.* 1995)。その後、*Potato virus X* (PVX) をベクターとして用いた遺伝子解析が行われ (Ruiz *et al.* 1998)、単子葉ではやや遅れてオオムギで *Barley stripe mosaic virus* (BSMV) をベクター化して研究が行われた (Scofield *et al.* 2005)。花きではペチュニアにおいてタバコ黄萎ウイルス (*Tobacco yellow dwarf virus*; TYDV) をベクターとし、アントシアニン合成に関連するカルコン合成酵素 (*Chalcone synthase*; CHS) 遺伝子の発現抑制に成功したのがおそらく最初の報告である (Atkinson *et al.* 1998)。2000年代になり様々なウイルスをもとにしたウイルスベクターが開発され、遺伝子の機能解析などに利用されるようになっていく (山岸・吉川 2010)。これは次世代シーケンサーを利用したゲノム解析が各種の植物・作物で進められ、それに伴ってポストゲノムの解析方法としてウイルスベクターが有力であると考えられたからである。現在では遺伝子の機能解析だけではなく、新植物育種技術 (NPBT) や医薬品の生産など広く利用されるようになっていく。

アグロバクテリウムを用いた遺伝子組換え法ではシロイヌナズナなどを除くと一般的に培養系の確立や抗生物質による選抜などが必須である。ウイルスベクターを用いた形質転換技術はそれらの工程がなく、ウイルスの増殖能を利用して外来遺伝子を目的の植物体内で簡便に発現でき、遺伝子組換え体の作出が比較的短期間で行える。しかし、ウイルスの宿主範囲や接種方法、接種後の環境による感染効率への影響など実際に使用していくには解決しなければならない課題もある。本稿では花きにおけるウイルスベクターを活用した研究成果について紹介する。

花きにおけるウイルスベクターを用いた遺伝子機能解析とその応用

ウイルスベクターは前述のように様々な分野で利用されるようになって

きたが、最も利用される場面としてはウイルス誘導ジーンサイレンシング (VIGS) を利用した遺伝子の機能解析である (図-1)。ウイルス感染によって誘導される RNA サイレncing 機構を植物の内在遺伝子の発現抑制にも利用するためにウイルスベクターを用いて VIGS が活用されている。植物ではウイルスに対する防御メカニズムとして RNA サイレncing 機構が重要な役割を担っており、ウイルスの増殖や移行の阻害に深く関わっている。RNA サイレncing とは、細胞内に存在する小分子 RNA が相補的な配列を持つ RNA に結合後に複合体を形成し、RNA の分解や翻訳抑制を行うメカニズムである。

RNA サイレncing は複雑な機構であるが、大きく2段階に分けられる。一つは小分子 RNA の生成で二つめは小分子 RNA による標的

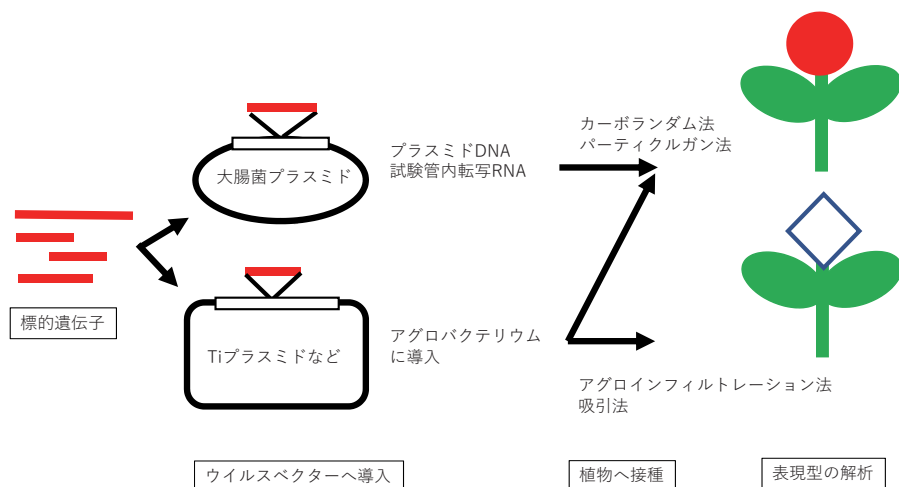


図-1 ウイルスベクターを利用した遺伝子の機能解析
標的遺伝子をウイルスベクターに組み込み、大腸菌プラスミドをもちにしている場合は試験管内で転写を行い RNA を合成する。Ti プラスミドをもちにしている場合はアグロバクテリウムに形質転換する。続いて適切な方法で接種を行い、表現型を解析し、標的遺伝子の機能を明らかにする。

RNAへの作用である。小分子RNAは長さ21～24塩基程度のRNAで、microRNA(miRNA)とsmall interfering RNA(siRNA)に分けられる。miRNAはゲノムにコードされており、標的となるRNAの種類が決まっている。miRNAはもとになるRNAがゲノムから転写され、自身の持つ相補性から2本鎖(ステムループ)を形成する。2本鎖はDicer-like 1によって切断され成熟したmiRNAが形成される。一方、siRNAは外来遺伝子などをもとに合成される。ウイルス由来のRNAの場合もウイルス複製時に作られる2本鎖RNAが分解されることによりsiRNAが生成する。次に、これらの小分子RNAは標的となるウイルスRNAと結合し、RNA誘導サイレンシング複合体(RISC; RNA-induced silencing complex)と呼ばれる複合体を形成し、RISCの活性中心であるArgonaute(AGO)のエンドヌクレアーゼ活性により標的RNAが分解される。分解された標的RNAはsiRNAとなり、さらにウイルスRNAと結合・分解されることによりウイルスの増殖を抑制すると考えられている。このような機構を通じて標的RNAが分解されるが、ウイルスベクターでは標的となる植物の内在遺伝子配列を挿入しておくことにより、ウイルスRNAが分解される際に標的遺伝子配列も同時に分解されることになる。その際に生成されたsiRNAが植物の標的遺伝子に結合・分解されることにより発現が抑制される。VIGSは

有力な遺伝子解析技術の一つであり、花きの研究においても利用が拡大している。次にそれぞれの花きにおけるウイルスベクターを利用した研究例について紹介する。

ペチュニア

ペチュニアはウイルスベクターを用いた研究が最も進んでいる花きである。冒頭でも触れたが、ウイルスベクターの研究初期にTYDV由来のウイルスベクターによりCHSの発現抑制に成功している。次に、*Tobacco rattle virus* (TRV)由来のウイルスベクターを用いてCHSとエチレン合成遺伝子の一つACO1遺伝子の抑制が報告されている(Chen *et al.* 2004)。このTRVベクターはトマトの遺伝子解析に利用されていたウイルスベクターで、遺伝子導入を容易にするためGATEWAYクローニングシステムを備えており(Liu *et al.* 2002)、TRVベクターはペチュニアに限らず様々な植物でも利用されている。ペチュニアでも花色以外に多くの研究で利用されており、エチレン合成遺伝子やエチレン情報伝達関連遺伝子、細胞死など老化に関する研究や八重咲きなど形態形成に関する研究、香り成分の生合成遺伝子と調節遺伝子(転写因子)に関する研究で重要なツールとなっている。

この他にキュウリモザイクウイルス(*Cucumber mosaic virus*; CMV)由来のウイルスベクターがあり、CMVのY系統由来のウイルスベクターはペチュニアのバイカラー品種の花弁に



図-2 CMVベクターにCHS遺伝子の配列の一部を挿入し接種したペチュニア
左下の野生型ペチュニアの花(全体が紫色)と比較すると花弁の大部分が白色化している。

におけるCHSの発現制御とmRNAの分解に関する一連の研究で利用された(Kasai *et al.* 2012)。CMVは宿主範囲が極めて広く、1,000種を超えるため、ウイルスベクター系を多くの重要な作物へ転用できると考えられる。我々はCMVのpepo系統をもとにペチュニアで活用できるウイルスベクターの開発を行った(Tanase *et al.* 2019)。CMVのpepo系統は感染力が強く、茎頂の分裂組織まで達することが明らかとなっている(Sunpapao *et al.* 2009)。また、このベクターはプライマーに外来遺伝子の配列を付加し、インバースPCRを行うことで容易に組換えベクターを構築できる。そのためEST情報やゲノム情報があれば、組換えベクター構築の際に植物の遺伝子をあらかじめクローニングしておく必要がなく、簡便かつ短時間でベクター構築が可能である。我々がデータベースから得たCHSの遺伝子配列をもとに組換えベクターを作成しペチュニアに接種したところ、花弁が白色化した組換え体を得ることに成功した(図-2)。ペチュニアはゲノム解読が行われており(Bombarely *et al.* 2016)、多くの花きで今後も引き続きゲノム解読が進むと予想されるため、ウイルスベクターを用いた逆遺伝学的な研究により花きの重要形質に関わる遺伝子の解析が進むと考えられる。



図-3 バラの芳香性品種‘イブピアッチェ’。香りの研究によく用いられる。



図-4 コチョウラン‘ウエディングブロムナード’。コチョウランの花は5枚のテパルと1枚の舌弁(リップ)で構成されている。コチョウランの他にオンシジウムやドリテノブシスなどもウイルスベクターによる形質転換の報告がある。

バラ

バラでは TRV ベクターを用いて様々な形質に関する遺伝子の機能解析が行われており、特にマイクロアレイを利用した網羅的な発現解析の結果から示唆された重要形質に関わる遺伝子を解析する際に利用されている。バラは乾燥状態では花卉の伸長成長が抑制され、異常な開花を引き起こして花の品質の低下を招く。乾燥におけるメカニズムを遺伝子発現の観点から解析し、乾燥に関連する遺伝子の特定とそれらの関係性を明らかにするため、網羅的な発現解析の結果から抽出した遺伝子を TRV ベクターに組み込み、乾燥時に重要な働きをする *RhNAC2* と *RhEXPA4* が特定された (Dai *et al.* 2012)。また、バラの花は香り成分としてオイゲノールとその誘導体を発散するが、オイゲノール合成酵素遺伝子 (*RcEGSI*) が花卉の発達段階で高い発現を示し、TRV ベクターにより発現抑制を行うとオイゲノールが減少することから *RcEGSI* が香り成分の生合成の鍵になっていることが明らかになった (Yan *et al.* 2018)。TRV ベクターはこれの他に花卉の老化やボトリチス感染に対する植物ホルモンの影響に関する研究にも利用されている。また、その他のベクターとして、リンゴ小球

形潜在ウイルス (*Apple latent spherical virus*; ALSV) 由来のウイルスベクターが、野生のバラであるハマナス (*Rosa rugosa*) やノイバラ (*R. multiflora*), *R. bracteata* において遺伝子の機能解析に利用できる (Ito *et al.* 2012)。ALSV はリンゴ由来のウイルスで、バラ科果樹やマメ科など宿主域が比較的広く、バラ以外の花きでも感染報告がある。

ラン類

ランの中ではコチョウランの研究を中心にウイルスベクターがよく利用されている。もともになっているのはシンビジウムモザイクウイルス (*Cymbidium mosaic virus*; CymMV) で、台湾の研究者らによって毒性の少ないウイルスを選抜しウイルスベクター化された (Lu *et al.* 2007)。その後さらに GATEWAY クローニングシステムを導入し改良されたベクターが研究に用いられている (Hsieh *et al.* 2013)。ランの研究では特徴的な花の形態に関する報告が多くされている。コチョウラン等の花は3枚の花弁と3枚の花弁化したがく片で構成されている。花弁のうち1枚は蜂などを誘導するためのリップ (舌弁) と呼ばれる特殊な構造の花弁となっており、外観上は5枚の花弁 (テパルとも呼ばれ

る) と1枚のリップに見える。花器官の形成を制御するホメオティック遺伝子をもとにした ABCDE モデルではランの花の形態形成を説明できないため、発現解析や変異体の解析から重要な働きが予想されたホメオティック遺伝子について、ウイルスベクターによる形質転換体を作成された。花卉が形成されるかリップが形成されるかはホメオティック遺伝子のバランスで決定され、*AP3-1* と *AGL6-1* の発現が高い場合は花卉に、*AP3-2* と *AGL6-2* の発現が高い場合はリップが形成される (Hsu *et al.* 2015)。ウイルスベクターにより *AGL6-2* を抑制すると、リップに花卉様の細胞が形成される。以上の結果からペリアンスコード (P コード) と呼ばれるランの花の形態形成モデルが提唱されている。

ユリ

ユリでは CMV 由来のウイルスベクターが報告されている (Tasaki *et al.* 2016a)。ユリから単離された CMV の HL 系統をもとに構築されたウイルスベクター系に PDS 遺伝子の部分配列を挿入し、PDS の発現を抑制するため接種を行った。その結果、カロテノイドの合成が阻害され、花卉や葉の白色化が観察されたことから、CMV ベクターによるユリでの迅速な遺伝子機能解析に活用できることが示唆されている。また、TRV ベクターによる研究も報告されている (Cao *et al.* 2021)。アントシアニンの蓄積に係わるグルタチオン S 転移酵素



図-5 TRV ベクターの研究に使用されたアジアティックハイブリッド系のユリ(稲本勝彦博士提供)。CMV ベクターの研究ではコオニユリが使用された。

ゼ遺伝子の発現抑制を行い、アントシアニンの液胞における蓄積に関与する遺伝子が特定された。

リンドウ

リンドウでは前述の ALSV ベクター (Nakatsuka *et al.* 2015) と *Broad bean wilt virus 2* (BBWV-2) ベクター (Tasaki *et al.* 2016b) が報告されている。ALSV ベクターを用いた研究では、ホメオティック遺伝子で C クラス遺伝子の *GsAG1* と *GsAG2* を単離し、特に *GsAG1* が雄ずい形成のカギとなっていることを明らかにしている。BBWV-2 ベクターは接種が比較的容易で、葉や花、根、越冬芽など全身感染することが確認されており、リンドウの内在遺伝子である *GtMYB3* を抑制し、花色改変にも成功している。

リンドウで注目されている研究に ALSV ベクターを活用し、開花ホルモンの *Flowering locus T* (FT) 遺伝子を発現誘導して早期に開花を起こさせる「高速開花技術」がある (Fekih *et al.* 2016)。リンドウは播種から開花するまでにおよそ 2 年を要するため、新品種の育成には 10 年程度かかるといわれている。そのため、効率よく新品種を育成するためには重要形質に連鎖するマーカーとともに、開花を促進する技術の開発が望まれていた。

モデル植物であるシロイヌナズナ由来の FT 遺伝子 (*AtFT*) の全長配列を ALSV ベクターに挿入しリンドウの実生に接種したところ品種によって異なるがおおむね 2～3 か月で開花した。またリンドウ由来の FT 遺伝子 (*GtFT*) でも同様の結果が得られた。接種を行った植物体は組換えウイルスを内包するため遺伝子組換え体となるが、接種個体の交配後に得られた次世代に組換えウイルスが存在するのかを詳細に調べたところ組換えウイルスは存在していなかった (Kamada *et al.* 2018)。以上の成果をもとに品種育成が行われており、通常であれば 10～15 年を要する 5 回の交配をわずか 3 年程度で完了し、育成された複数の系統が通常の試験圃場で栽培試験に供試されている。育種の過程の一部に遺伝子組換え技術等を利用した育種方法は新植物育種技術 (New Plant Breeding Techniques; NPBT) と呼ばれており、高速開花技術もその一つとして注目されている。今後は長期の理由で開花までに時間を要する本本性の品目や開花期が揃わず交配に多大な労力を要する品目などでも活用されと考えられる。

その他の花き

ここまでに記載した花き以外で、TRV ベクターを用いて研究が行われた花きとしてはグラジオラス (Zhong *et al.* 2014) やチューリップ (Wang *et al.* 2020)、ガーベラ (Deng *et al.* 2014)、カリフォルニアポピー (Hidalgo *et al.*

2012; Stammers *et al.* 2013; Zhao *et al.* 2018)、ニチニチソウ (Sung *et al.* 2014) が挙げられる。ALSV ベクターを用いて研究が行われた品目はトルコギキョウ (Fekih *et al.* 2016)、CMV ベクターを用いて研究が行われた品目はキンギョソウ (Kim *et al.* 2011) がある。この他にもジンジャーリリーやカラマツソウなど比較的マイナーな植物でもウイルスベクターを用いた解析が行われており、アグロバクテリウム法による組換え系が開発されていない植物でも逆遺伝学的な解析が行えることはウイルスベクターの大きな魅力となっている。今後も花きをはじめ様々な作物でも利用されていくと考えられるが、薬草などの特殊な植物にも広がっていくと思われる。例えばニチニチソウは化学合成が難しいとされる抗がん剤の成分が複数見出されており、ウイルスベクターを活用し成分に関する研究が進むと予想される。

まとめ

これまで花き園芸植物の多くは形質転換が難しく、モデル植物のような形質転換が容易な植物を使って花きの遺伝子の機能解析を行う、いわゆるヘテロな系による研究も報告されてきた。ウイルスベクターによる形質転換系を活用した研究は、アグロバクテリウム法が確立されていない、もしくは困難な品目でも遺伝子の機能解析を高い確度で行うことができる。花きの品目によってはモデル植物では解析が難

しい形質や特殊な成分を含む場合があり、これらの解析に今後はウイルスベクターによる形質転換系の利用が期待される。一方、NPBTの一つであるゲノム編集技術も近年注目されているが、ゲノム編集を行うための遺伝子を宿主植物のゲノムに組込まない方法がウイルスベクターを利用して開発されている (Ariga *et al.* 2020; Kaya *et al.* 2017)。通常のゲノム編集ではアグロバクテリウム法を用いてゲノム編集用遺伝子を宿主の植物ゲノムに導入し、変異を誘発する。変異が起きた植物は変異を維持したまま交配によりゲノム編集用遺伝子を除去する工程を経て非組換え体と同じ扱いになる。ゲノム編集用遺伝子をウイルスベクターに導入して変異を導入する場合は、宿主植物のゲノムにゲノム編集用遺伝子が挿入されないため、交配による除去の工程が不要となる。ウイルスベクター系を用いることにより一過的な感染によるゲノム編集が可能であり、特に多くの花きを含む栄養繁殖性の植物では有望な技術であると考えられる。

以上のような技術を活用しながら花きの効率的な育成や高品質化に向けた重要な遺伝子の同定やマーカーの開発、高速開花技術やゲノム編集などのNPBTが進んでいる。基礎研究では極めて有用な方法であるが、実際の現場における活用面では、個々のニーズに対応したり様々なメリットを実感してもらったりする必要がある。NPBT技術については、生産者だけでなく消費者へも届くようなメリットを提示

し、これらの技術が広く受け入れられる環境を作り出さなければならない。新しく開発された技術を有効活用していくためにも研究者から一般の消費者まで幅広くコミュニケーションを取りながら、法律や安全性を考慮しつつ進めることが求められている。

引用文献

- Ariga, H. *et al.* 2020. Potato virus X vector-mediated DNA-free genome editing in plants. *Plant Cell Physiol* 61, 1946-1953.
- Atkinson, R. G. *et al.* 1998. Post-transcriptional silencing of chalcone synthase in petunia using a geminivirus-based episomal vector. *Plant J.* 15, 593-604.
- Bombarely, A. *et al.* 2016. Insight into the evolution of the Solanaceae from the parental genomes of *Petunia hybrida*. *Nature. Plants* 2, 16074.
- Cao, Y. W. *et al.* 2021. LhGST is an anthocyanin-related glutathione S-transferase gene in Asiatic hybrid lilies (*Lilium* spp.). *Plant Cell Rep.* 40, 85-95.
- Chen, J. C. *et al.* 2004. Chalcone synthase as a reporter in virus-induced gene silencing studies of flower senescence. *Plant Mol. Biol.* 55, 521-530.
- Dai, F. W. *et al.* 2012. RhNAC2 and RhEXPA4 are involved in the regulation of dehydration tolerance during the expansion of rose petals. *Plant Physiol.* 160, 2064-2082.
- Deng, X. B. *et al.* 2014. Functional diversification of duplicated chalcone synthase genes in anthocyanin biosynthesis of *Gerbera hybrida*. *New Phytol.* 201, 1469-1483.
- Fekih, R. *et al.* 2016. Apple latent spherical virus vector-induced flowering for shortening the juvenile phase in Japanese gentian and lisianthus plants. *Planta* 244, 203-214.

- Hidalgo, O., C. Bartholmes and S. Gleissberg. 2012. Virus-induced gene silencing (VIGS) in *Cysticapnos vesicaria*, a zygomorphic-flowered Papaveraceae (Ranunculales, basal eudicots). *Ann. Bot.* 109, 911-920.
- Hsieh, M. H. *et al.* 2013. Optimizing virus-induced gene silencing efficiency with *Cymbidium Mosaic Virus* in *Phalaenopsis* flower. *Plant Sci.* 201, 25-41.
- Hsu, H. F. *et al.* 2015. Model for perianth formation in orchids. *Nature Plants* 1.
- Ito, H. *et al.* 2012. Rose Phytoene Desaturase Gene Silencing by *Apple Latent Spherical Virus* Vectors. *Hortscience* 47, 1278-1282.
- Kamada, K. *et al.* 2018. Gentian (*Gentiana triflora*) prevents transmission of Apple Latent Spherical Virus (ALSV) vector to progeny seeds. *Planta* 248, 1431-1441.
- Kasai, M. *et al.* 2012. Coincident sequence-specific RNA degradation of linked transgenes in the plant genome. *Plant Mol. Biol.* 78, 259-273.
- Kaya, H. *et al.* 2017. A Split *Staphylococcus aureus* Cas9 as a Compact Genome-Editing Tool in Plants. *Plant Cell Physiol.* 58, 643-649.
- Kim, B. M. *et al.* 2011. Virus induced gene silencing in *Antirrhinum majus* using the Cucumber mosaic virus vector: Functional analysis of the AINTEGUMENTA (Am-ANT) gene of *A. majus*. *Hort. Environ.. Biotechnol.* 52, 176-182.
- Kumagai, M. H. *et al.* 1995. Cytoplasmic inhibition of carotenoid biosynthesis with virus-derived RNA. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 92, 1679-1683.
- Liu, Y. L. *et al.* 2002. Virus-induced gene silencing in tomato. *Plant J.* 31, 777-786.
- Lu, H. C. *et al.* 2007. Strategies for functional validation of genes involved in reproductive stages of orchids. *Plant Physiol.* 143, 558-569.
- Nakatsuka, T. *et al.* 2015. Isolation and

- characterization of the C-class MADS-box gene involved in the formation of double flowers in Japanese gentian. *BMC Plant Biology* 15.
- Ruiz, M. T. *et al.* 1998. Initiation and maintenance of virus-induced gene silencing. *Plant Cell* 10, 937-946.
- Scofield, S. R. *et al.* 2005. Development of a virus-induced gene-silencing system for hexaploid wheat and its use in functional analysis of the Lr21-mediated leaf rust resistance pathway. *Plant physiol.* 138, 2165-2173.
- Stammler, A. *et al.* 2013. Duplicated STM-like KNOX I genes act in floral meristem activity in *Eschscholzia californica* (Papaveraceae). *Development Genes Evolution* 223, 289-301.
- Sung, Y. C. *et al.* 2014. Optimization of virus-induced gene silencing in *Catharanthus roseus*. *Plant Pathol.* 63, 1159-1167.
- Sunpapao, A. *et al.* 2009. The 2b protein of cucumber mosaic virus is essential for viral infection of the shoot apical meristem and for efficient invasion of leaf primordia in infected tobacco plants. *J. Gen. Virol.* 90, 3015-3021.
- Tanase, K. *et al.* 2019. Silencing of the Chakone Synthase Gene by a Virus Vector Derived from the *Cucumber Mosaic Virus* in *Petunia*. *Hort. J.* 88, 507-513.
- Tasaki, K. *et al.* 2016a. Virus-induced gene silencing (VIGS) in *Lilium leichlinii* using the *Cucumber mosaic virus* vector. *Plant Biotechnol.* 33, 373-381.
- Tasaki, K. *et al.* 2016b. Development of a Broad bean wilt virus 2-based expression vector for gentian. *Sci. Hortic.* 201, 279-286.
- Wang, Y. P. *et al.* 2020. Integrating physiological and metabolites analysis to identify ethylene involvement in petal senescence in *Tulipa gesneriana*. *Plant Physiol. Biochem.* 149, 121-131.
- 山岸紀子・吉川信幸 2010. 植物ウイルスベクターを用いた遺伝子機能解析ツールとしてのウイルス誘導ジーンサイレンシング. *ウイルス* 60, 155-162.
- Yan, H. J. *et al.* 2018. Functional characterization of the eugenol synthase gene (RcEGS1) in rose. *Plant Physiol. Biochem.* 129, 21-26.
- Zhao, Y. F. *et al.* 2018. Evolutionary diversification of CYC/TB1-like TCP homologs and their recruitment for the control of branching and floral morphology in Papaveraceae (basal eudicots). *New Phytol.* 220, 317-331.
- Zhong, X. *et al.* 2014. Virus-induced gene silencing for comparative functional studies in *Gladiolus hybridus*. *Plant Cell Rep.* 33, 301-312.

田畑の草種

根無葛（ネナシカズラ）

（公財）日本植物調節剤研究協会
兵庫試験地 須藤 健一

ヒルガオ科ネナシカズラ属の一年草。全国の河原、海岸、路傍などで生育。つる性の寄生植物で全体的に黄白色。発芽直後に茎をのばして茎先を回転させ宿主を探す。回転する茎が宿主になる植物に触れると締め付けるように巻き付き、寄生根を出して宿主から水や養分を取り込む。まもなく発芽時の地中根が無くなり、「根無し」「葛」となる。葉緑素は発芽時の一時だけでその後無くなり、葉も鱗片化して無いに等しく、まさに「根も葉もない」植物である。

寄生は英語では「parasite」（そういえばカンヌ国際映画祭でバルム・ドールを受賞した韓国映画にそんな題の映画があった）、日本語では「居候」とか「ひも」とか。少し前には「ニート」という言葉も流行ったが、ニートは教育や職業訓練を受けていない若者であって、準備が整えば寄生することから抜け出することも可能である。「居候」も、「居候三杯目にはそっと出し」というくらいに万事遠慮がちであり、強いて言えば「ひも」が

寄生に近いのかもしれないが「ひも」として女性から見切りをつけられれば飢えるしかない。

それに比べるとネナシカズラの寄生は恐ろしい。「ニート」だからといって抜け出ることもない。居候のように三杯目をそっと出すという遠慮もなく、なくなるまでお代りを続ける。「ひも」のように宿主側から見切りをつけられることもなく、宿主が衰弱しきってこれ以上「ひも」生活を続けることができないと見るや新たな宿主を探すのである。新しい宿主がみつかり、さんざんお世話になった宿主を自らの体と一緒にいとも簡単に切り捨ててしまう。

ネナシカズラの生活はすべて「ひも」。そのうえで花を咲かせ実を結び、子孫を残すことだけに全精力を傾けている。とはいえ、出芽後数日の間に宿主を見つけきれなかったら飢えて枯死してしまうということである。「parasite」という「ひも」生活も決して楽ではないようだ。

除草剤の薬効・薬害の観察調査におけるスコア化

公益財団法人日本植物調節剤研究協会
技術顧問
與語 靖洋

はじめに

除草剤については、初期選抜（スクリーニング）から農業登録のための圃場試験、さらには地域の栽培に適した利用方法の確立、すなわち普及に至るまで、様々な段階で薬効や薬害の調査が行われる。それらの調査方法の中には多くの時間や労力を要するものがある。また、作物や雑草間の競合の経時的変化の把握等のために、対象植物の抜き取り調査等を採用できないケー

スもある。そのような課題を解決する方法として、物差しや秤を利用しない“観察（目視）”による調査がしばしば行われる。また、そのような観察調査においては、多くの場合、スコア化（スコアリング）による評価が採用される。

わが国における農業取締法に関連した薬効・薬害試験における評価方法（佐々木 2017）や、除草剤の選択性試験法（與語 2001）については成書を参照いただくこととして、ここではスコア化に焦点を絞り、海外の文献情

報を含めて、その類型化を試みた。また、関連して日本植物調節剤研究協会（以下“植調協会”）が採用している方法やその他の事例についても簡単に紹介する。

1. 観察調査における評価スコア

(1) 類型化

農業の薬効・薬害評価におけるスコアを類型化したものを表-1に示すと

表-1 薬効・薬害評価におけるスコアの類型化（表中の付表-I～-VIIIは本稿の最後を参照のこと）

A. 0～100%をベースにする場合	
A-1. 数値をそのまま利用	
A-1-1. 薬効と薬害で同じスコア	付表-I：0～100（薬効：0が悪、薬害：0が良）
A-1-2. 薬効と薬害で異なるスコア	付表-II（薬効のみ、100～60%）と付表-III（薬害のみ、0～30%）ともに4段階
A-2. 数値をカテゴリー化して利用	
A-2-1. 薬効と薬害で同じスコア（薬害はB（その他のスコア）へ）	付表-IV（薬効）：1（良）～5（悪） 付表-VI（薬効）：1（良）～9（悪）
A-2-2. 薬効と薬害で異なるスコア	付表-VIII（薬効）：9（良）～6（悪），－（推奨されない），薬害はBへ 付表-IV（薬効）：E～N，－（情報不足）
A-2-3. 薬効のみ	付表-VII：防除価（CC～SC），雑草の感受性程度（CS～SS）
B. その他のスコア	
B-1. 数値化：	付表-IV（薬害）：0～4，1～5 付表-V：薬効・薬害（0～10，薬効：0が悪，薬害：0が良） 付表-VI（薬害）：1（良）～9（悪） 付表-VIII（薬害）：0（良）～3（悪）
B-2. 記号化：	付表-IV（薬効）：E，G，F，P，N，－（等級をつける情報が不十分）

ともに、個別の評価スコアについて、最後に表形式（付表 - I ～ IX）でまとめた。観察調査における農薬の薬効・薬害の評価に利用する指標（スコア）は、アルファベットや記号（E/G/F/P/N（後述）、－／＋／＋＋等）または数値（1 ～ 5, 1 ～ 9, 0 ～ 100 等）で区分することが多いものの、カナダの保健省（付表 - IX）等、言葉で説明している事例もある。

評価スコアと生物量（バイオマス）との関係は様々に存在するが、0 ～ 100%をベースにする場合（A）とそれ以外（B）に分けられる。Aにおいては、さらに数値をそのまま利用するケース（A-1）とカテゴリー化して表すケース（A-2）に分けられ、それぞれ薬効と薬害で同じまたは異なるスコアを使う場合がある。Bにおいては、観察結果をそのままスコア化するが、数値、記号または言葉のいずれかで表現する。なお、表-1において、付表-IVがAからBまで複数回登場するのは、複数の資料におけるスコアを一つの表にまとめたためとご理解いただきたい。

(2) スコアの内容

観察による薬効・薬害のスコア化においては考慮すべき点が様々にあるが、ここでは区分の判断基準、評価の精度、および薬害と害徴（薬害症状）について簡単に整理した。

1) 区分の判断基準

観察調査を物差しや秤の代替とするならば、薬効・薬害のスコアには客観性が求められる。次項の2) 評価の精

度で示すように、薬効・薬害ともに観察調査の基本となるのはバイオマスであり、その点で客観性の確保を目指している。

そのことを踏まえたうえで付表 - I からIXで見ると、薬効のスコア区分の判断基準は、防除価等のバイオマスをベースにしているケースが多いため、客観性は比較的高い。一方、「充分（付表 - I, V）」、「満足（付表 - I, V）」、「容認（付表 - VI）」、「実用標準や市場の期待（付表 - IX）」等、主観的な判断基準もある。これらを採用した場合のスコアの客観性については、防除価と併記してある場合はある程度確保されるものの、単独の判断基準の場合は低下する。

一方、薬害のスコア区分の判断基準は、収集した情報の範囲では、薬効と異なりバイオマスをベースにしたケースは付表 - III だけであり、害徴や回復程度と組み合わせる（付表 - I, III, V, VI）か、「容認（付表 - III）」、「問題（付表 - III, VIIIの脚注）」、「リスクの高低（付表 - IV）」、等、主観的な表現が目立つ。

なお、付表 - IVの薬効に関するスコア（記号）であるE/G/F/P/Nは、それぞれExcellent/Good/Fair/Poor/Noneであり、他の付表（II, VI, VII, VIII）のスコアの説明にもあるように、海外では殺草スペクトルを示すのに、よく利用されるので覚えておくといよい。なお、カナダ（付表 - II, IX）では、FairやPoorの代わりにSuppressionが使われており、全体に指標となる数値（%）も若干異なる。

2) 評価の精度

薬効・薬害試験において、薬効が低いまたは薬害が大きい場合は、実用上の観点から細かい数値はあまり意味がない。表-1のAに類型化した観察調査を実施する際、薬効や薬害の程度によってバラツキの大きさも異なり、薬効と薬害のレベルに応じて評価の精度を調整するのが一般的である。付表 - Iにおいて、左側の「評点」が中央付近に向かうにつれて、右側の「精度」の範囲が広がっているのはそのことを反映している。つまり、評点が低い部分は作物への薬害、評点が高い場合は雑草防除について、高い精度の評価が求められるものの、それ以外は10%程度でよいというものである。付表 - IIや付表 - IIIにおける「スコアの間隔」も同様の考え方であり、薬効（付表 - II）では60%未満、薬害（付表 - III）では30%を超える場合は、10%程度の精度を目安としている。なお、一般に薬害が10%以下であれば、収量に影響しない程度の回復が期待でき、効果が80%未満では、収量や品質に影響する雑草害の発生が懸念されるが、除草剤の効果発現スピード、作物の回復力、栽培環境、栽植密度等によって異なる。

一例として、チバガイギー社（現シンジェンタ社）では、表-1におけるA-1-1に相当する観察調査が行われている。具体的には、薬剤開発の圃場試験段階において、薬効は無処理区に対するバイオマスの減少を0（効果なし）～100%（完全防除）で評価するもの

の、90～100%では1～2%間隔、90%未満では5%間隔である。一方、葉害は無処理区に対するバイオマスの減少を0(葉害なし)～100%(枯死)で評価するが、0～15%では2%間隔、15%を超えると5%間隔である(CIBA-GEIGY 1992)。

3) 葉害と害徴

今回取り上げている葉害が回復性を含むバイオマスの変化を量的に評価するのに対して、害徴は除草剤処理後に対象作物に現れる形態変化(葉害症状)等を質的に評価する。すなわち、それぞれの評価の主たる目的は、前者では収量等への影響の把握に対して、後者では葉害の発生要因となる有効成分の種類、環境または栽培要因の特定である。一方、当然のことながら、付表-I, III, V, VIにおける葉害スコアの説明の一部に害徴が示されているように、葉害と害徴は互いに関係しており、害徴の程度が大きければ、自ずと収量の減少も大きくなり、葉害を経時的に調査することで、害徴を特徴づけることもできる。

なお、害徴(葉害症状)は、一般的にクロロシス、褐変、捻転等の言葉で表現する(安斎 2001)が、個別の害徴の大きさをスコア(数値・記号)化することもある。また、対象作物の生物的特性から、作目ごとに害徴の評価項目が異なる(EMPPPO 2014)。例えば、同じイネ科作物でも、水稻や麦類には害徴として“分げつ抑制”があるが、トウモロコシにはない。またイモ類には塊茎形成の遅れやムカゴ形成がある

が、同じ根菜類でもニンジンやテンサイ等では根の奇形が特徴的である。

2. 観察調査の実施

葉効・葉害試験における観察調査の物差しや秤は、調査を担当する者の“眼”である。眼を物差しとした場合、当然のことながら個人差が出る危険性が高い。実際、同じ試験を複数個所または複数の担当者で分担して実施する場合もあり、調査担当者の十分な訓練や、いわゆる“目合わせ”が必要となる。特に圃場試験においては、本試験前または最初の観察調査時に、担当者が集まって目合わせが行われる。さて、農耕地において作物は一般に均一栽培するため、葉害については比較的目的目合わせはしやすい。一方、草地や緑地においては、維持すべき植生が不均一なこともある。また、農耕地や緑地における雑草の発生や生育は不均一であることが大半、むしろ当然であると考えてよい。さらに作物や他の雑草との競合が、調査対象雑草のバイオマスに大きく影響する。これらの場合、結果として、観察調査によるスコアに大きなバラツキが生じることが想定されるため、目合わせや実際の調査も慎重に行うことが求められる。また、圃場における葉効・葉害試験の実施に際しては、そのようなバラツキを緩和するために、調査対象雑草が優占する場所を選定する、葉効や葉害への影響が少ない手段を用いて調査対象外の雑草の被度を低下させる等が行われる。他に

は、試験圃場全体の雑草の分布を把握するために、“無処理枠”を試験区全体にできるだけ多く配置することも行われる(興語 2001)。

さて、葉害をバイオマスの違いを基本として観察調査する場合、それに害徴の情報を付加(重みづけ)してスコアをつける。また、葉効についても同様であるが、先に示したように植物間の競合が生物量に影響するため、調査時の作物の生育や雑草の発生状況を鳥瞰的にイメージして観察結果をスコア化する。著者の経験によれば、目合わせを実施または観察調査に熟練すると、実際に物差しや秤を使った場合と遜色ない精度を確保、または実測値では把握が困難な潜在的葉効を知ることができる。ただし、学術論文の場合、葉量-反応曲線から半数阻害濃度を求める等、全てのデータに実数値が求められるケースが多く、観察調査を容認しない雑誌もあるので、注意する。

他にも、葉効・葉害ともに客観性を高めるために、一つの試験を同じ時期に複数の担当者で調査・集計する方法を採用することもあるが、作業効率の面から考えるとあまり勧められない。

ここまで圃場における葉効・葉害試験を中心に記載してきたが、観察調査の利用場面は、それだけに限らない。生物反応では、施設や人工気象器におけるポット試験や *In vitro* 試験、除草剤抵抗性程度、葉剤の混合効果、前作に処理した葉剤の後作への影響等の評価にも利用できる。また、除草剤の挙動に関する各種試験の生物検定法とし

表-2 適用性試験における薬効・薬害の評価スコア一覧

作物		水稻	畑作	野菜・花き	果樹	茶	桑	草地	芝	緑地
評価項目										
改訂*1		2020年2月	2020年2月	2020年4月	2020年2月	2020年	1991年	－	2020年4月	2020年4月
作物関係	害徴	－/+/++			-(無)/±(微)/ +(小)/++(中)/ +++ (大)/×(極大)					
	薬害	無/微/小/中/大 (水稻：a/b/c/d/eとして評点に反映)				無/微/小/中/大		－/+/++ /+++ /++++	無/微/小/中/大	無/小/中/大
雑草関係	除草効果（\$）	極大/大/中/小 (水稻：A/B/C/Dとして評点に反映)		残草量（%）	極大/大/中/小	極大/大/中/小/極小～無		0～5	極大：●・◎/ 大：○/中：□/ 小：△/無：×	極大/大/中/小
	抑草期間（\$#）	日数			極長/長/短					極長/長/中/短
	効果発現（b）	遅/速		効果最大までの日数	遅/速					遅/速
総合評価	評点*2	Aa～De	A ₀ ～C ₂ +D	A ₀ ～C ₁ +D	A ₀ ～C ₃			A ₀ ～C ₂ +D		
	実用性判定	◎/○/△	◎/○/△/×	○/△/×/－	○/△/×			○/△/×		

\$：殺草効果・抑草効果（茶および桑），#：再生程度（草地），b：茎葉処理剤，■：実施基準にスコア表記なし

*1：植調協会の除草剤試験実施基準（Web公開，2021年5月時点）

*2：水稻＝大文字（薬効）＋小文字（薬害），畑作/果樹/茶/桑＝大文字＋下付き数字（0-3），野菜・花き/草地/芝＝大文字＋数字（0-1）

でも活用できる。具体的には，除草剤の土壤中移行性，残効性，残留性，漂流飛散（スプレー・ペーパードリフト），各種変動要因等を調べる試験である。

なお，観察調査を複数年または複数の場所で実施する場合，それらのデータをまとめて解析することもある。その際，植物の成長の数値・記号化と組み合わせることで，データ解析の効率化や精度の向上を図ることができる。この成長の数値・記号化もある意味観察調査のスコア化であり，BBCH スケール（Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and CHemical industry）が有名であるが，詳細については，與語（2002）やFBRCAP（2001）を参照いただきたい。

3. 除草剤の適用性試験における評価スコア

植調協会では，幅広い作物を対象に農薬登録のための薬効・薬害試験を実施している。その中で，今回は適用性試験における評価スコアについて，植調協会が作成した試験実施基準を元に概括する。

適用性試験は九つの作目について，七つの評価項目でスコア化されている

表-3 日本植物調節剤研究協会における薬害の評価スコア（水稻の適用性試験）

スコア	指標（減収が主）
無＝a	害徴が認められないもの
微＝b	害徴が認められるが，薬害による減収はないと推定されるもの
小＝c	害徴が認められ，薬害による減収率が5%以下と推定されるもの
中＝d	害徴が認められ，薬害による減収率が6～15%と推定されるもの
大＝e	害徴が認められ，薬害による減収率が16%以上と推定されるもの

（表-2）。ただし，茶と桑については近年委託試験が実施されていないので，実質的には七つの作目が対象となる。

まず，作物関係すなわち薬害の評価においては，スコアは作目ごとに4～6段階あり，表記にも若干違いがある。また，多くの場合，収量調査は別途実施するものの，害徴と推定収量の組み合わせで薬害をスコア化しているのは海外では見られない特徴である（表-3）。なお，試験実施基準に害徴のスコアを明記しているのは水稻だけである。

一方，雑草関係すなわち薬効の評価において，前項で示した海外の文献情報におけるスコアとの大きな違いは，一部の作目であるものの，抑草期間（草地では“再生程度”）と効果発現の遅速を評価することである。前者については作目によって異なるものの，日数をそのまま記述する以外に3～6段階のスコアがある。また，後者のスコア

化については，水稻，果樹，緑地に限定されているものの，野菜・花きでは効果の最大発現までの日数を記入することになっている。除草効果については，残草量（バイオマス）の実測値からスコア化（4～5段階）するが，表記方法は作目によって若干異なり，野菜・花きにおいては実数値をそのまま用いる。他に，果樹，草地，緑地において，植被率や草高等の植生に関する調査項目がある。このように作目ごとに薬効や薬害のスコアが微妙に異なるのは，栽培方法や求める雑草管理目標等が異なる作目に対して，よりきめ細やかな評価を目指した結果であろう。なお，総合評価は薬効と薬害の調査を組み合わせで行うが，ここでは詳細な解説を割愛する。

4. その他の事例

(1) 林地における観察調査

林地は、森林法において「林業を対象とする土地」と明確に定義されており、農耕地との雑草管理の考え方や除草剤の使用法の違いによって、調査方法も違っている。ここではごく簡単に紹介する（林業薬剤協会 1987）。処理区面積は、除草剤の処理方法等によって異なるものの、全般的に農耕地に比べて広い。そのため、薬効調査では草種よりも植生に念頭が置かれるとともに、観察調査が主体である。主な防除対象として、ササ類・ススキ、低木本・草本、クズ等のつる性植物が優占する植生が挙げられる。薬効の調査項目も、個体に対する反応効果に加えて、植生を対象とした抑制効果も併せて評価する。さらに、下刈効果では、観察調査による要下刈率、または観察調査ではないものの、相対照度や受光率等の植生を念頭に置いた調査項目がある。なお、林地独特の立木処理、切株処理、株処理、株頭処理、つる処理等の薬効については植生ではなく、処理した個体を対象に調査する。一方、樹木への影響は、個体に対して、害徴と薬害がリンクした観察調査が実施される。

何れの調査も、4～6段階にカテゴリー化して評価するが、表-1で示した薬効・薬害評価におけるスコアの類型化でいえば、B.（その他のスコア）

に相当し、薬効はB-1の数値、薬害はB-2の記号や文字で区分する。

(2) AIを活用した調査

さて、農業分野に話を戻すが、最近、人工知能（AI）を利用した病虫害・雑草管理技術が数多く開発され、活用されている（Talaviya *et al.* 2020）。AIを活用して調査すると、一つの画像から複数の情報を得ることができるとともに、スコア化だけでなく、詳細な数値化も可能となる。また、ヒトの目視による観察調査は労力と時間がかかるため、自ずと調査回数は限定的となるが、無人航空機（UAV）、いわゆるドローン等を活用した写真撮影であれば、調査回数を増やす、すなわち経時的变化を詳細に観察することもできる。

薬効・薬害の観察とは多少内容が異なるが、種苗会社のPioneer（現在はコルテバ・アグリサイエンス）では、早くからトウモロコシの育種に画像解析技術を活用している。具体的には、温室でポット栽培したトウモロコシを、ベルトコンベヤーに乗せて、その途中で様々な方向からトウモロコシを撮影したものを画像解析し、その情報を元に求める表現形質を有する個体を選抜する。他には、まだポット試験であるものの、X線CT（寺本ら 2020）や核磁気共鳴画像法（Dusschoten *et al.* 2016）を利用した根圏の可視化も可能であり、樹木の根圏の成長を電磁放射線を利用して可視化する技術は既に実用化されている。このように、

AIや計測技術を組み合わせることにより、様々なものの評価が可能となっている。

さて、雑草分野では、ドローンを利用した空撮の画像解析による雑草分布把握の技術開発が近年急速に進んでいる。渡邊らは、ドローンを利用して、RGB（光の3原色）画像から、雑草イネ、外来雑草、クズ（岩本・渡邊 2020）等の圃場内の分布を可視化する技術を開発した。また、郭ら（2020）は、同様にRGB画像から、植物の草丈や容積等の形質を個体ごとに推定することで、作物と雑草を判別する技術を開発した。このような画像解析技術は、可視光以外にも、赤外線、RI（放射性同位元素）、ポジトロン（陽電子）、さらにはGFP（タンパク質、蛍光）等を利用した技術があり、ヒトの“眼”の代替またはそれを凌ぐ技術として、基礎から応用まで様々な分野への活用が期待されている。

おわりに

本稿で紹介したように、観察調査およびそのスコア化は様々な場面で活用できるものの、その目的を明確にする必要がある。すなわち、試験（実験）計画の段階から、処理区の大きさや配置のデザインと一緒に、それらを調査方法として明確に位置付けておくことが肝要である。その際、多少繰り返になるが、単独の試験だけでなく、複数の地域や年次を比較する等の空間または時間的な幅の中でデータ解析する

こともあり、標準化も求められる。それらのデータが統計解析に耐えうるようになれば、画一的な処理時期や処理薬量による試験に限定せず、様々な条件の試験結果から、農薬の使用基準を推定する時代が訪れるかもしれない。

また、近年 AI を活用した技術の発展によって、病害虫・雑草の同定や分布の診断等の“機械による観察調査”や、防除技術との組み合わせた技術も既に実用段階、または既に導入されている。AI はあくまでも“機械の眼”であるので、薬効・薬害試験の目的に応じた観察調査や雑草同定の教師データ、さらにはデータ解析手法の構築が必要と考えられるものの、農薬登録に関連した薬効・薬害試験において、将来 AI による調査結果が活用される場面が訪れることも、あながち夢物語ではないかもしれない。本稿が、読者が実施する観察調査結果のスコア化を見直す際に、お役に立てれば幸いである。

参考文献等

安斎達雄 2001. 第2章, 第1節, 第1項, 1. 薬害症状の分類. 雑草科学実験法, 日本雑草学会編, pp.172-175.

Camper, N.D. (ed.) 1986. Research methods in weed science, 3rd edition, Southern weed science society, 486pp.

Canadian Weed Science Society 2018. CWSS-SCM Rating Scale. [Online] Available: <https://weedscience.ca/cwss-visual-ratings-scale/> [2020.5.21]

Dear, B.S. *et al.* 2003. The tolerance of three transgenic subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) lines with the bxn gene to herbicides containing bromoxynil. Australian Journal of Agricultural Research, 54,203-210.

Dusschoten, D. *et al.* 2016. Quantitative 3D analysis of plant roots growing in soil using magnetic resonance imaging. Plant Physiology 170,1176-1188.

European and Mediterranean Plant Protection Organization 2014. Efficacy evaluation of plant protection products, PP 1/135 (4) Phytotoxicity assessment, Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 44 (3),265-273.

Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry 2018. Growth stages of mono-and dicotyledonous plants, BBCH Monograph, 2nd Edition, pp.204.

Health Canada 2016. Value Guidelines for New Plant Protection Products and Label Amendments. 34pp.

岩本啓己・渡邊修 2020. U AV 画像の教師あり判別に基づくクズ群落の検出と空間占有の評価. 雑草研究, 65, 95-102.

Loux, M.M. *et al.* 2013. Weed Control Guide for Ohio, Indiana and Illinois. 210pp.

Mian, A.L. and M.A. Gaffer 1968. Tok granular (2,4-D Chlorophenyl 4-nitrophenylethere) as weedicide in transplant Aman rice in East Pakistan. J. Sci. Res., 20,119-124.

郭威ら 2020. ドローン空撮画像から植物1個体ごとの3次元形質を自動推定する手法の開発. <https://tiisys.com/blog/2020/10/21/post-80658/> (論文あり).

Okafor, L.I. 1986. Predominant weeds in Nigeria. Tropical Pest Management,

32,261-266.

Pest Management Regulatory Agency (Health Canada) 2016. Value Guidelines for New Plant Protection Products and Label Amendments, 34pp.

Rao, V.S. 1986. Principles of Weed Science, Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, 450pp.

林業薬剤協会 1987. 林地除草剤導入試験調査要領.

佐々木詩織 2017. 薬効・薬害試験の試験方法の調査. 農薬調査研究報告, 8,15-24.

Talaviya, T. *et al.* 2020. Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides. Artificial Intelligence in Agriculture 4,58-73.

寺本翔太ら 2020. プレスリリース (X 線 CT で, ポット植え作物の根を非破壊で可視化することに成功), https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nics/135606.html (論文あり)

Vanhala, P. *et al.* 2004. Guidelines for physical weed control research: flame weeding, weed harrowing and intra-row cultivation. 6th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control, pp.208-237.

與語靖洋 2001. 第2章, 第1節, 第1項, 1. 除草剤の選択性試験法. 雑草科学実験法, 日本雑草学会編, 133-146

與語靖洋 2002. 植物の生長を数値化するー農業現場における BBCH 法利用の提案ー. 植調 36(2),53-62.

【参考】薬効・薬害の評価スコアの事例（著者により意識・加工）

付表 - I. P. Vanhala (2004, Frans *et al.*, in Camper (ed.), 1986 から改変)

評点	雑草防除	作物への薬害	精度 (%)
0	防除効果なし	生育抑制や傷害がない	2
10	極めて低い効果	僅かな変色や生育抑制	5
20	低い効果	少しの変色, 生育抑制, 欠株	
30	低い～不十分な効果	明確な傷害があるものの, 持続しない	10
40	不十分な効果	中程度の傷害があるものの回復する	
50	不十分～中程度の効果	傷害はさらに持続し, 回復は不確か	
60	中程度の効果	持続的な障害があり, 回復しない	
70	満足できるより若干低い効果	著しい傷害と欠株	5
80	十分な効果として満足できる	殆ど枯死で, わずかに生残する	
90	とても充分から優れた効果	時折生残個体がある程度	
100	完全防除	全ての個体が枯死	2

付表 - II. カナダ雑草学会 (CWSS-SCM) における除草剤の薬効スコア (CWSS 2018, Website)

薬効の範囲 (%)	示唆された薬効の表現	スコアの間隔 (%)
91～100	Very Good to Excellent	2
80～90	Good to Very Good	5
60～79	Suppression	
< 60	Poor	10

付表 - III. カナダ雑草学会 (CWSS-SCM) における薬害スコア (CWSS 2018, Website)

薬害の範囲 (%)	薬害の所見*	目安となるスコアの間隔 (%)
0～9%	僅かな変色や生育抑制	2%
10%	容認できる限界	
11-30%	容認できない	5%
> 30%	著しい	10%

*10%以下のスコアは問題ない

(付表-IX. カナダ保健省病害虫管理規制局の薬効スコア 2016 参照)

付表 - IV. 一般的なスコア (様々な情報源を著者が取りまとめた)

薬効				薬害 (作物の耐性)			
スコア		内容	(%)	スコア			
E	1*	Excellent	90～100	0	1*	薬害リスクは最少	
G	2	Good	89～80	1	2	条件によっては薬害が生じる	
F	3	Fair	79～70	2	3	甚大な薬害が生じうる ラベル記載の注意事項や使用制限を受けた予防策に従うこと	
P	4	Poor	<70	3	4	甚大な薬害が生じるリスクが高い	
N	5	None		4	5	作物は完全枯死	
—		等級をつける充分な情報がない	—				

* : Okafor (1986)

付表 - V. Rao (1986)

効果	評点	雑草防除	作物への薬害	
			主たる類型*	症状
None	0	防除効果なし	影響なし	傷害なし, 通常
Slight	1	極めて低い効果	僅かな影響	僅かな生育抑制, 傷害, 変色
	2	低い効果		ある程度の欠株, 生育抑制, 変色
	3	低い～不十分な効果		さらに顕著な傷害, しかし持続しない
Moderate	4	不十分な効果	中程度の影響	中程度の傷害, 回復可能
	5	不十分～中程度の効果		傷害がさらに持続, 回復は不確か
	6	中程度の効果		著しいに近い傷害, 回復は望めない
Severe	7	満足できる効果	顕著な影響	著しい傷害, 欠株
	8	十分な効果		僅かに生残する個体を除いて殆ど枯死
	9	充分～優れた効果		ほんの僅かな個体が生存
Complete	10	完全防除	完全枯死	完全に枯死

* Camper 1986

付表 - VI. ヨーロッパ雑草学会 (EWRS, Dear et al. 2003, 一例)

スコア	防除価 (%)	薬効	被害 (作物の耐性)
1	100	Completely killed (完全枯死)	影響なし
2	99.9~98	Excellent	ほんのわずかな影響 (生育抑制や黄化が かろうじて観察できる)
3	97.9~95	Very good	少しの影響 (回復可能な生育抑制や黄化)
4	94.9~90	Good ここまで容認できる	明確なクロロシスや生育抑制 (多くの影響がおそらく回復可能)
5	89.9~82	Moderately ここから容認できない	強いクロロシスや生育阻害 (分げつ抑制)
6	81.9~70	Fair	ダメージがさらに増加
7	69.9~55	Poor	
8	54.9~30	Very poor	
9	29.0~0	None	収穫は皆無

付表 - VII. Mian and Gaffer (1968)

防除価 (%)	防除価の等級	雑草の感受性程度
100	Completely control (CC)	Completely susceptible (CS)
90~99	Excellent control (EC)	Very highly susceptible (VHS)
70~89	Good control (GC)	High susceptible (HS)
40~69	Fair control (FC)	Moderately susceptible (MS)
20~39	Poor control (PC)	Poorly susceptible (PS)
1~19	Slightly control (SC)	Slightly susceptible (SS)
0	No control (NC)	Completely resistant (CR)

付表 - VIII. 雑草管理ガイド (オハイオ州, インディアナ州, イリノイ州, Loux et al. 2013)

スコア	防除価 (%)	スコア	作物の耐性
9	90~100	0	Excellent*
8	80~90	1	Good*
7	70~80	2	Fair
6	60~70	3	Poor
-	60%未満の防除価は推奨されない		

*: 薬害のスコアが 1 以下ではめったに問題にならない。

付表 - IX. カナダ保健省病害虫管理規制局における薬効スコア (Health Canada 2016)

ラベル表示	標準的性能
Control (防除)	実用的標準や市場の期待で定義されているレベルの雑草管理, 一般に少なくとも 80%の防除価
Suppression (抑制)	実用的標準や市場の期待で定義されている完全防除よりも劣るレベルの雑草管理, 一般に少なくとも 60%の防除価
Partial Suppression (部分的抑制)	実用的標準や市場の期待で定義されている抑制よりも劣るレベルの雑草管理, このラベル表示は一般的に慣行でない除草剤にだけ考慮される。一般に 30~60%の防除価
Top Growth Control (地上部生育抑制)	多年生雑草において年内に地上部生育が一定程度抑制された場合

「農薬に該当しない除草剤の使用実態」について (その3)

緑地管理協議会 * 事務局

丸和バイオケミカル(株) 清水 悟

はじめに

2019年3月28日付けで厚生労働省・農林水産省・経済産業省及び環境省の連名で「農薬として使用することができない除草剤^{注1}の販売等について」との通知が関係団体に発出されたのを受け、緑地管理協議会は2019年8月に3回目の定点観測的な調査^{注2}を実施したので続報^{注3}としてここに報告する。なお、今回は前述の通知を受け、新たに A) 店頭/EC サイト (通販) での「注意文」の確認やその理解について、B) 除草剤を使用する際に気を付けていること (着衣等) についても併せて調査した。

* 緑地管理協議会会員

株式会社エス・ディー・エスバイオテック

保土谷アグロテック株式会社

レインボー薬品株式会社

丸和バイオケミカル株式会社

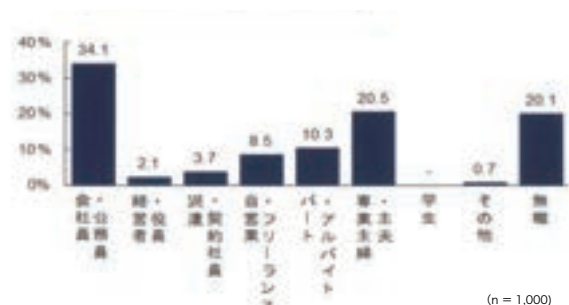
注1: 農薬登録がなされておらず、化審法で認められた化学物質を利用した非農耕地専用除草剤。以下、「無登録除草剤」と表記。

注2: 新規のモニターに対して実施。これまでのアンケートに協力いただいたモニターは除外。

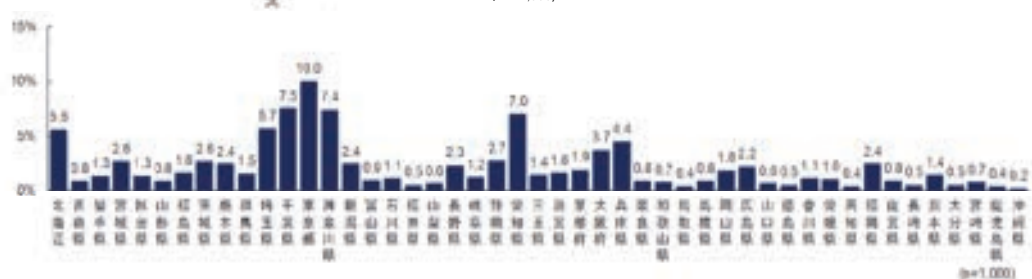
注3: その2は「植調」第53巻第3号(2019)に掲載

回答者プロフィール

職業



居住地 (道府県別)



* 回答は全国から寄せられており、人口の割合に概ね準じていた。男女比率も含めこれまで実施した2回のアンケートと同様の傾向を示した。

性年代



調査方法

調査会社のモニター（9,870 名）に対し下記の条件でスクリーニングを実施，1,000 名を選定し本調査を行った。

A) 最近 1 年間で「除草剤」（含む無登録除草剤）を使用した人（対象年齢 20 歳～79 歳）

B) 本人・同居者が従事する職業に農林業・造園業など日常で農薬・薬品を使用する人は除外

（調査にあたっての留意点）

①購入した商品の誤認を回避するため，商品画像で購入商品の特定をした。なお，今回は「無登録除草剤」に粒剤も含めた。

②使用実態の把握は「直近で購入・使用した商品」に限定し，できるかぎり複数回答を回避した。

調査期間：2019 年 8 月 23 日（金）～8 月 27 日（火）

【調査目的】

A) 商品ラベルの確認状況

B) 除草剤の使用場所の状況把握

C) 店頭／EC サイトにおける購入時の「注意文」理解度を含む状況把握

D) 除草剤の散布時の着衣等の状況把握

③各設問における表示を不規則にするなど，調査の「偏り」をできるだけ回避した。

④使用場面を具体的に把握するため，提示画像において「植栽の有無」がイメージできるよう工夫した。また，植栽の有無は「除草剤を散布した場所から 1 m 程度以内」とした。

結果概要

(1) 商品ラベルの確認状況（図 -1, 図 -2）

全体としては 2017 年と同様の傾向にある。なお，「農薬登録」を認知している方はこれまでの 2 回の調査と同様，

「ラベルをよく読む」割合が高い。



図 -1 ラベルの確認

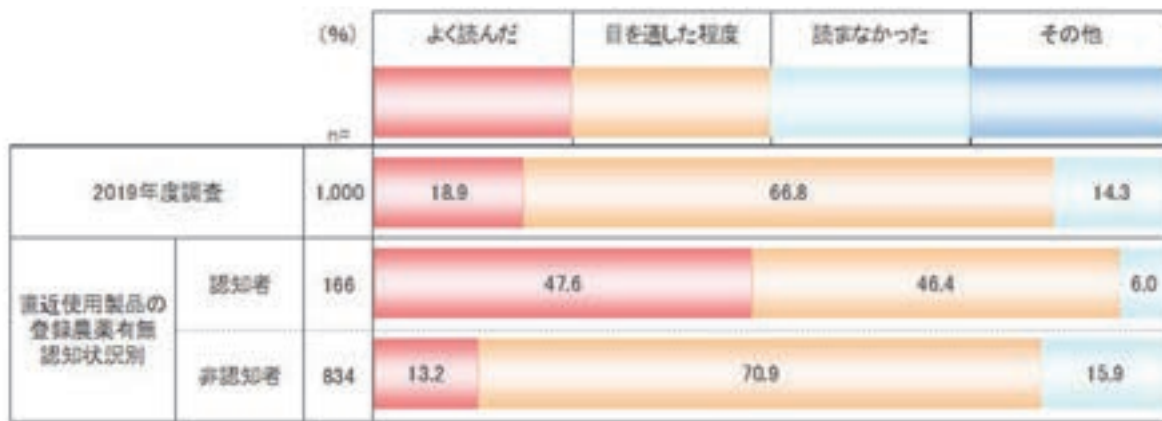


図 -2 農薬の登録認知状況

(2) 無登録除草剤の使用割合 (図-3)

2017年調査では無登録除草剤のアイテムが増えたこともあり、2014年調査時に比べ無登録除草剤の使用割合が大幅に増加(17%→29.8%)した。2019年調査では無登録除

草剤の「粒剤」も販売されアイテム数は更に増加したが、使用割合は2017年と同程度であった。なお、無登録除草剤の「粒剤」の使用率は全体の2.1%であった。

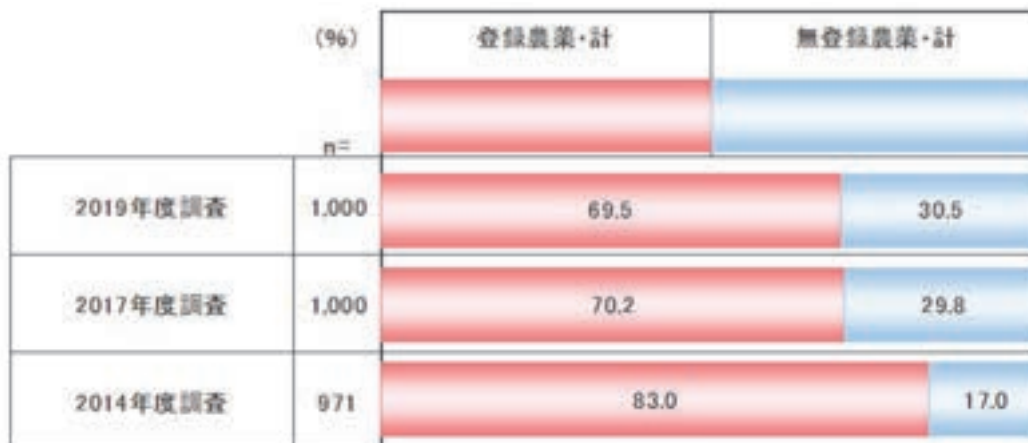


図-3 無登録除草剤の使用割合

(3) 無登録除草剤の使用状況

(無登録除草剤使用者 305 名による複数回答) (図-4)

名の複数回答)と同様の傾向にあり、無登録除草剤を花壇使用した際に1m以内に植栽があった割合が69.8%、同様に家庭菜園では1m以内に植栽があった割合が50%であった。

全体としては2017年調査(無登録除草剤の使用者 298

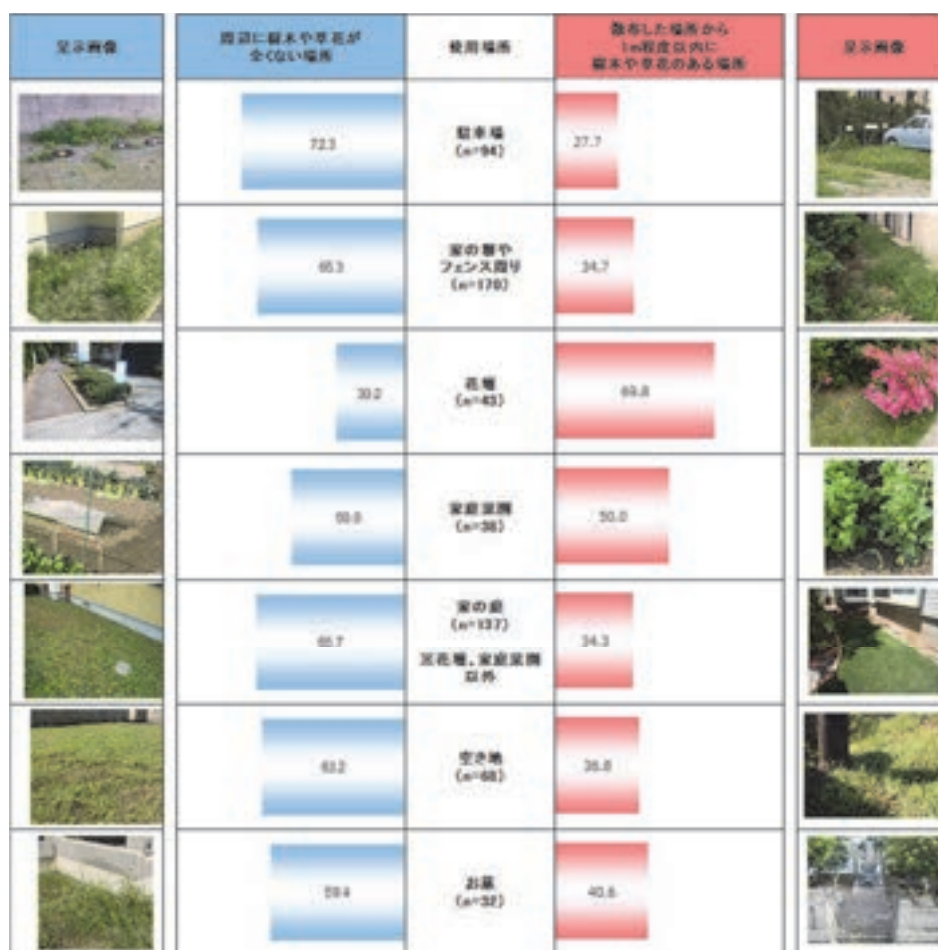


図-4 無登録除草剤の使用状況

(4) 除草剤を購入する際の「注意文」の確認・理解について
(複数回答) (図-5)

アンケートにおいて下記の文面を提示し、店頭及びECサイトにおける注意文の確認状況について調査した。

なお、購入先(複数回答)はホームセンターが93.4%、ECサイトが11.7%であった。

「注意文」を確認した方はECサイトが35%、店頭は21%であったが、「農業登録」の認知者が非認知者に比べ顕著に高い割合を示した。

「注意文」の理解度については自由回答(必須)とし意見を求めたところ、全体では「注意すべき点が思いつく」と回答された方は54.9%であった。

〈実査時の呈示説明文〉

店頭の棚や通販サイトの商品ページに掲載している注意文 (例として、2つの注意文を挙げておきます)	
例①	「こちらの除草剤は、農薬として使用することができません。 このため、農作物や樹木・芝・花き等の植物の栽培・管理には使用できません。」
例②	「本剤は農薬として使用できません。」

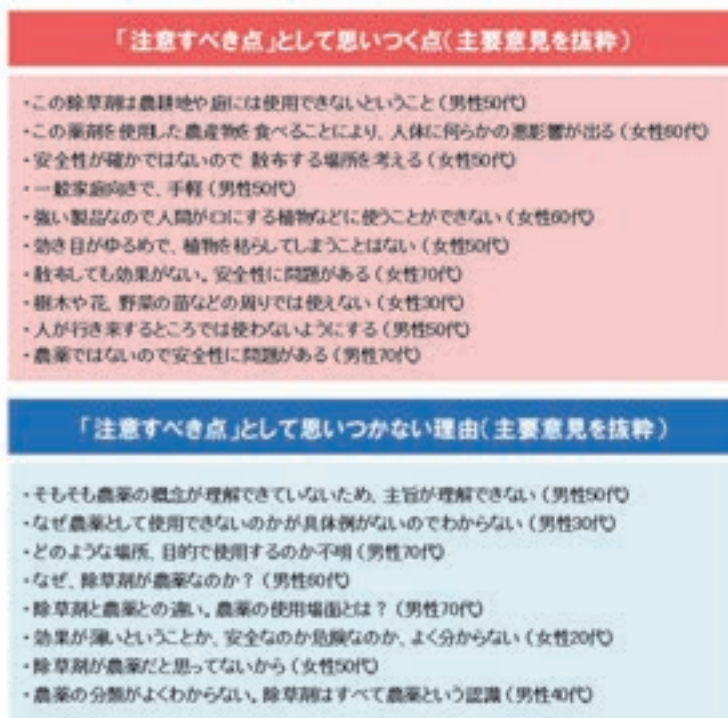
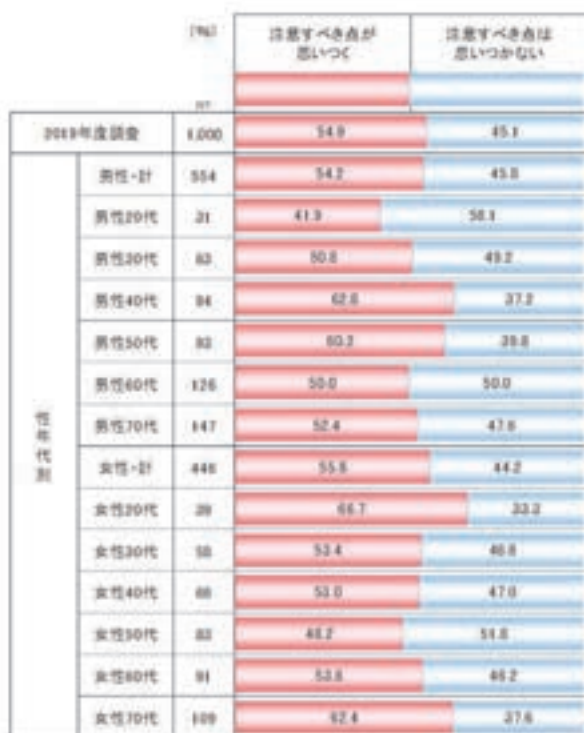


図-5 「注意文」の確認・理解

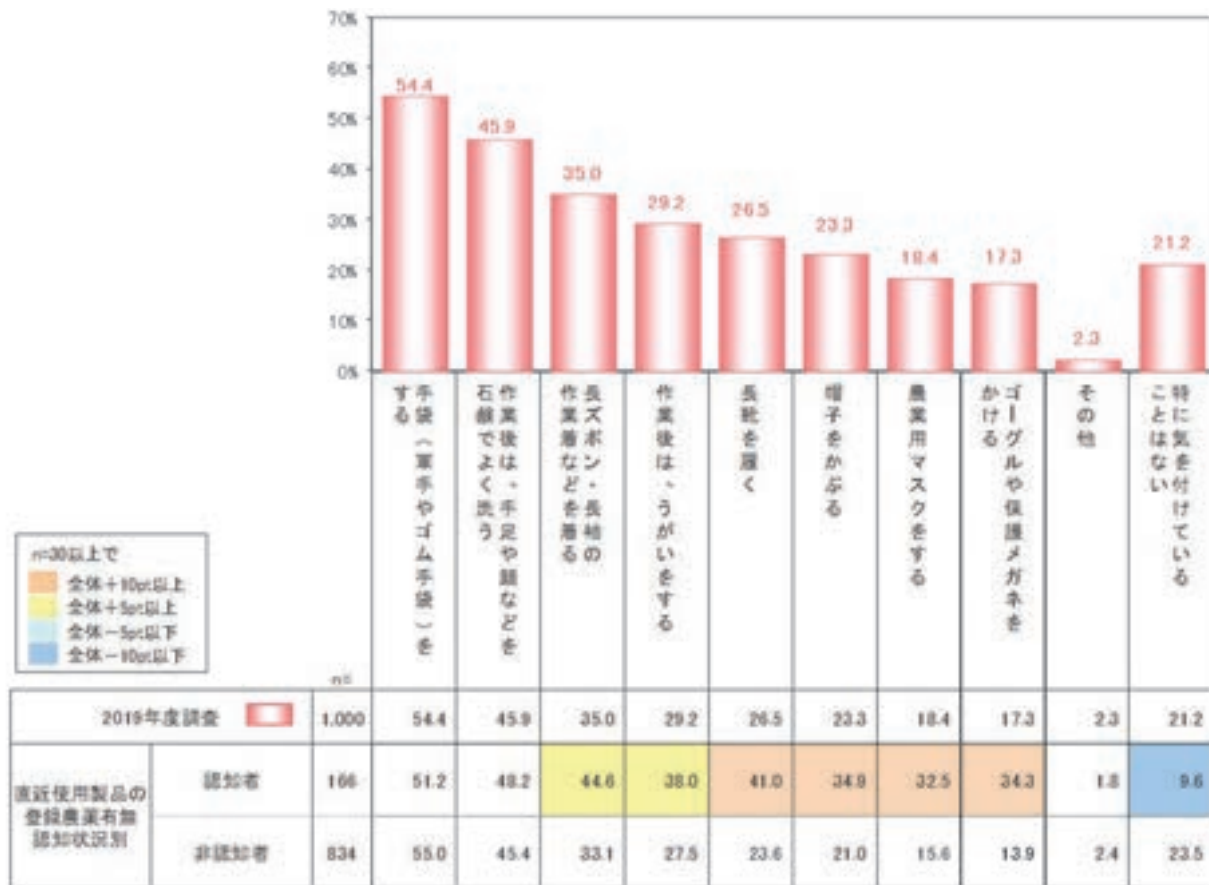


図-6 除草剤を使う際に気を付けている点

(5)「除草剤を使用する際に気を付けていること」について (複数回答) (図-6)

除草剤使用時に気を付けていることをみると、全体では、「手袋（軍手やゴム手袋）をする」が54.4%で最も多く、「作業後は、手足や顔などを石鹸でよく洗う」が45.9%で次いでいる。また、「農薬登録」の認知状況別にみると、認知者では、除草剤使用時に長靴、帽子など、身に着けるもののスコアが全体を上回っており、除草剤使用時に直接皮膚に触れないよう配慮している様子がうかがえる。

最後に

2018年に施行された改正農薬取締法では「附帯決議」にて「農薬に該当しない除草剤の販売」への指導強化が求められ、販売する側も行政の指導を受け「農薬に該当しない除草剤」の販売にあたっては注意喚起をしているところである。しかし、今回のアンケート調査結果をみると残念ながら使用する側の法改正並びにその趣旨への理解は不十分であると考えられることから、適正使用の啓発に引き続き取り組む必要がある。

一方でOECD加盟国ではいわゆる無登録除草剤というカテゴリーの商品は存在せず、作物の栽培・管理以外の場面で使用する除草剤についても、農耕地用の除草剤と同様に国による制約・規制を受けた上で商品化されている。我が国においても環境・水質への影響を考慮した場合、いわゆる無登録除草剤も「農薬と統一されたリスク管理・基準」が必要と考える。

2020 年度リンゴ・落葉果樹関係 除草剤・生育調節剤試験判定結果

(公財) 日本植物調節剤研究協会 技術部

2020 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は、2021 年 2 月 1 日（月）に Zoom を用いた Web 会議において開催された。

この検討会には、試験場関係者 45 名、委託関係者 18 名ほか、計 74 名の参集を得て、リンゴ関係除草剤 2 薬剤（12

点）、生育調節剤 1 薬剤（5 点）、落葉果樹関係除草剤 4 薬剤（21 点）、生育調節剤 5 薬剤（24 点）について、試験成績の報告と検討が行われた。

その判定結果および使用基準については、次の判定表に示す通りである。

2020 年度リンゴ関係除草剤・生育調節剤試験 判定

A. 除草剤

薬剤名 有効成分および 含有率(%) [委託者]	作物名	ねらい	判定	判定内容
1. JEA-2001 液 グルホシネート:18.5% [Joy Consulting]	リンゴ	一年生雑草対象	継	継) ・効果・薬害の確認
	リンゴ	多年生雑草対象		
2. NC-622 液 グリホサートカリウム塩 :48% [日産化学]	リンゴ	多年生雑草対象, 散布水量5L/10a拡大	実・継 従来 通り	実) [リンゴ; 一年生雑草] ・春～夏期, 雑草生育期(草丈30cm以下) ・200～500mL<25～100L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下) [リンゴ; 多年生雑草] ・春～夏期, 雑草生育期(草丈30cm以下) ・500～1000mL<25～100L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下) [リンゴ; スギナ] ・春～夏期, 6y雑草生育期(草丈30cm以下) ・1500～2000mL<25～100L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下) 注) ・水量25～50Lは専用ノズルを使用する 継) ・多年生雑草に対する効果・薬害の確認 (500mL<5L>, 1000mL<5L>)

B. 生育調節剤

薬剤名 有効成分および 含有率(%) [委託者]	作物名	ねらい	判定	判定内容
1. S-4677 液 ベンジルアミノプリン :1.9% [住友化学]	リンゴ (ふじ)	摘果効果	実	実) [リンゴ(ふじ): 摘果] ・満開2週間後(中心果径10mm程度) ・200～400倍 ・立木全面散布

2020 年度落葉果樹関係除草剤・生育調節剤試験 判定

A. 除草剤

薬 剤 名 有効成分および 含有率(%) [委託者]	作物名	ねらい	判定	判定内容
1. NC-622 液 グリホサートカリウム 塩:48% [日産化学]	ブドウ	多年生雑草対象, 散布水量5L/10a拡大	実・継 従 来 通 り	(実) [ブドウ:一年生雑草] ・春～夏期, 雑草生育期(草丈30cm以下) ・200～500mL<25～100L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下) [ブドウ:多年生雑草] ・春～夏期, 雑草生育期(草丈30cm以下) ・500～1000mL<25～100L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下) [ブドウ:スギナ] ・春～夏期, スギナ生育期(草丈20～25cm) ・1500～2000mL<25～100L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下) 注) ・水量25～50L/10aは専用ノズルを使用する 継) ・散布水量5Lにおける多年生雑草に対する効果・ 薬害の確認
	ナシ	多年生雑草対象, 散布水量5L/10a拡大	実・継	(実) [ナシ:一年生雑草] ・春～夏期, 雑草生育期(草丈30cm以下) ・200～500mL<25～100L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下) [ナシ:多年生イネ科雑草] ・春～夏期, 雑草生育期(草丈30cm以下) ・500～1000mL<25～100L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下) [ナシ:スギナ] ・春～夏期, スギナ生育期(草丈20～25cm) ・1500～2000mL<25～100L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下) [ナシ:多年生広葉雑草] ・春～夏期, 雑草生育期(草丈30cm以下) ・500～1000mL<5L, 25～100L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下) 注) ・水量5L, 25～50L/10aは専用ノズルを使用する 継) ・散布水量5Lにおける多年生イネ科雑草に対する 効果の確認
	モモ	多年生雑草対象, 散布水量5L/10a拡大	実・継 従 来 通 り	(実) [モモ:一年生雑草] ・春～夏期, 雑草生育期(草丈30cm以下) ・200～500mL<25～50L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下) [モモ:多年生雑草] ・春～夏期, 雑草生育期(草丈30cm以下) ・500～1000mL<25～100L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下) [モモ:スギナ] ・春～夏期, 雑草生育期(草丈30cm以下) ・1500～2000mL<25～100L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下) 注) ・水量25～50L/10aは専用ノズルを使用する 継) ・散布水量5Lにおける多年生雑草に対する効果・ 薬害の確認

A. 除草剤

薬 剤 名 有効成分および 含有率(%) [委託者]	作物名	ねらい	判定	判定内容
2. NFH-131 液 (IEMRS-195) グリホサートイソプロピ ルアミン塩:41% [ニューファム]	スモモ	一年生雑草対象	継	継) ・効果・葉害の確認
	スモモ	多年生雑草対象		
3. SCC-010 液 グルホシネート:18.5% [日本アグロサービス]	ブドウ	多年生雑草対象	実・継 従来通り	実) [ブドウ:一年生雑草] ・春～夏期, 雑草生育期(草丈30cm以下) ・300～500mL<100～150L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下) [ブドウ:多年生雑草] ・春～夏期, 雑草生育期(草丈30cm以下) ・500～1000mL<100～150L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下) 継) ・スギナに対する効果の確認
	ナシ	多年生雑草対象	実・継 従来通り	実) [ナシ:一年生雑草] ・春～夏期, 雑草生育期(草丈30cm以下) ・300～500mL<100～150L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下) [ナシ:多年生広葉雑草] ・春～夏期, 雑草生育期(草丈30cm以下) ・500～1000mL<100～150L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下) 継) ・多年生イネ科雑草, スギナに対する効果・葉害の確認
4. UPH-004 液 グルホシネート:18.5% [ユーピーエルジャパン]	キウイフ ルーツ	一年生雑草対象	継	継) ・効果・葉害の確認
	キウイフ ルーツ	多年生雑草対象		

B. 生育調節剤

薬 剤 名 有効成分および 含有率(%) [委託者]	作物名	ねらい	判定	判定内容
1. KS-102 液 S-アブシジン酸:10% [住友化学]	ブドウ (クイーン ニーナ)	着色促進効果	実・継 従来通り	実) [ブドウ(巨峰, ピオーネ):着色促進] ・着色始期～着色開始2週間後 ・500～1000ppm ・果房散布 継) ・安芸クイーン, クイーンニーナ, ルビーロマン における効果・葉害の確認
	ブドウ (シャイン マスカット)	摘粒効果	継	継) ・効果・葉害の確認
	ブドウ (デラウェア)	摘粒効果	継	継) ・効果・葉害の確認

B. 生育調節剤

薬 剤 名 有効成分および 含有率(%) [委託者]	作物名	ねらい	判定	判定内容	
2. KT-30S 液 ホルクロルフェニユロ ン:0.10% [住友化学]	ブドウ (シャイン マスカ ット)	果粒肥大促進効果	実 従 来 通 り	実) [ブドウ(無核栽培):果粒肥大促進] ・満開10～15日後 ・5～10ppm ・浸漬(ジベレリンに加用または単用)	
3. NB-27 液 メピコー ト ク ロ リ ド:44.0% [日本曹達]	ブドウ (安芸ク イーン)	新梢伸長抑制効果 (500倍, 満開10～40日後)	実・継	実) [ブドウ(シャインマスカット):新梢伸長抑制] ・満開10～40日後 500倍<150L>/10a、1000倍<300L>/10a ・満開10～40日後 2000倍<300L>/10a ・立木全面散布 [ブドウ(ピオーネ):新梢伸長抑制] ・満開10～40日後 ・500倍<150L>/10a、1000倍<300L>/10a ・立木全面散布 [ブドウ(ナガノパープル):新梢伸長抑制] ・満開10～20日後 ・500倍<150L>/10a ・立木全面散布 [ブドウ(欧州種):着粒増加] ・新梢展開葉7～11枚時 ・1000～2000倍 <100～150L>/10a ・立木全面散布 [ブドウ(欧州種(シャインマスカットを除く)):新 梢伸長抑制] ・新梢展開葉7～11枚時 ・1000～2000倍 <100～150L>/10a ・立木全面散布 [ブドウ(シャインマスカット):新梢伸長抑制] ・新梢展開葉7～11枚時 ・500～2000倍 <100～150L>/10a ・立木全面散布 [ブドウ(欧米雑種及び米国種, デラウエアを除 く):新梢伸長抑制, 着粒増加] ・新梢展開葉7～11枚時 ・500～800倍<100～150L>/10a ・立木全面散布 [ブドウ(デラウエア;無核):新梢伸長抑制] ・新梢展開葉7～11枚時 ・800～1000倍<100～150L>/10a ・立木全面散布 ・1500～2000倍<200～250L>/10a ・立木全面散布 [ブドウ(巨峰;無核):新梢伸長抑制] ・新梢展開葉8～10枚時 ・500倍<100～150L>/10a ・立木全面散布 [ブドウ(ピオーネ;露地栽培):新梢伸長抑制] ・新梢展開葉7～11枚時 ・500倍<150L>/10a、 1000倍<300L>/10a ・立木全面散布	
	ブドウ (あづま しずく)	新梢伸長抑制効果 (500倍, 満開10～40日後)			継) ・シャインマスカットにおける薬量1000倍 <150L>/10aでの効果、葉害の確認(満開10日, 20日, 40日後での新梢伸長抑制) ・巨峰, あづましずく, 安芸クイーンにおける 薬量500倍<150L/10a>での効果, 葉害の確認(満開 10日, 20日, 40日後での新梢伸長抑制)
	ブドウ (巨峰)	新梢伸長抑制効果 (短梢栽培巨峰, 500倍, 満開10～40日 後)			
	ブドウ (シャイ ンマスカ ット)	新梢伸長抑制効果 (1000倍<150L/10a>, 満開10～40日後)			
	ブドウ (シャイ ンマスカ ット)	新梢伸長抑制効果 (2000倍, <300L/10a>, 満開30～40日 後)			

B. 生育調節剤

薬 剤 名 有効成分および 含有率(%) [委託者]	作物名	ねらい	判定	判定内容
4. エテホン 液 エテホン:10% [鳥取県園芸試験場]	ナシ (新興)	花芽形成促進(品種:新興)	実	実) [ナシ(新興):花芽形成促進] ・果実の横径が30~35mm ・2000倍<200~300L>/10a ・立木全面散布 ・果実の横径が60mm以上の時期(満開後100日頃) ・1000倍<200~300L>/10a ・立木全面散布 注) 処理後の気象条件により裂果する場合がある
5. ジベレリン水溶 /KT-30S 液 ジベレリン:3.1% ホルクロルフェニユロ ン:0.1% [住友化学]	ブドウ (サニールー ジュ)	着粒密度低減・果粒肥大促進	継	継) ・効果・薬害の確認

C. 2019 年度 生育調節剤

薬 剤 名 有効成分および 含有率(%) [委託者]	作物名	ねらい	判定	判定内容
1. AKD-8147 水溶 1-ナフタレン酢酸ナトリ ウム:22.0% [アグロ カネショウ]	カキ (苗木)	挿し木発根促進	実・継 従 来 通 り	実) [カキ(苗木):挿し木発根促進] ・挿し木直前 ・40~60倍 ・挿し木基部瞬間~15秒浸漬 注)挿し木はミスト装置を利用する 効果の確認された品種・系統 静カ台1号, 静カ台2号, 豊楽台, MKR1, FDR-1(系 統) 継) ・20倍処理での効果, 薬害の確認

九州地方の水田でのコヒメビエと関東地方の市街地でのインドビエ

森田 弘彦

2020年の年明けから、新型コロナウイルス感染症の拡大で日本中が大変な事態となり、引き続き厳戒の状況にある。コロナウイルスの方は corona とつづるが、これが colona となり、植物の学名で *Echinochloa colona* (L.) Link と使われると、熱帯・亜熱帯の代表的な雑草ヒエ、コヒメビエ（ワセビエ）の種形容語になる。ラテン語での名詞の意味はそれぞれ、「corona：花輪、壁飾り、一座の聴【観】衆・会衆、哨兵線・包囲線、王冠、((医))冠」と「colona：いなかの女、農婦」であるが（田中編 増補改訂 羅和辞典、1966）、学名の種形容語には、名詞の属名の性に同調した形容詞が属格など形容詞化した名詞の形となるので、コヒメビエの種形容語の colona が名詞そのものかどうか、ここでは詳細は避けたい。

コヒメビエは、九州地方の水田地帯では1990年代の初めに熊本県や宮崎県で見出され（森田 雑草研究 41, 1996）、その約15年後には「現在コヒメビエは分布をほぼ九州全域にまで拡大している・・・」ものの「水稻栽培圃場に比べて大豆栽培圃場での発生割合が有意に高かった。」とし、その要因を「栽培期間の大半を湛水で管理する移植水稻が主流を占める我が国の稲作においては、コヒメビエは他の野生ヒエに比べて発生しにくい状況にあると考えられる。」とされた（住吉・保田 九州地域の水田地帯における2006～2007年のコヒメビエの分布状況 雑草研究 52, 2009）。沖縄県や鹿児島県島嶼部での畑作用新除草剤の適用性試験（2020年）の試験区にはコヒメビエが発生し、試験担当者は、少し早い発生時期や一部が赤紫色を帯びる葉の特徴などでイヌビエと識別する、と説明して下さった。筆者は、2019年に福岡県筑後市の湛水直播水田（図-1）および長崎県諫早市の水田や県農林技術開発センターの試験水田（図-2-A-1,2）でコヒメビエを観察・採集し、その広がりを実感した。直播栽培を含めてイネの栽培管理が多様化する中では、水田内でもコヒメビエの発生・生育可能な条件が拡大しているとみられる。水田のイネ科雑草にコヒメビエが加わることについては、「水田の雑草ヒエ」では「1種追加」で済むが、タイヌビエとイヌビエの変種の総称に充てる「水田のノビエ」の中ではわかりにくいので、九州地域を中心にカテゴリーの表現に工夫を要する。

東南アジアなど熱帯諸国の雑草研究者の多くは、日本でヒ

メイヌビエや草丈の低いイヌビエをみると「コヒメビエがある！」とおっしゃる。関東地方でも神奈川県や千葉県などでコヒメビエが見出されているが、九州地方のように雑草化していないようだ。

雑草ヒエの種子の食用での利用について、日本では第二次世界大

戦中のイヌビエで1例ある程度（森田 水田の雑草ヒエのあれこれ 農業春秋 91, 2014）なのに対して、インド方面ではコヒメビエの種子を食用とした記述をいくつか見出せる。

- 1) The grain, which is a saleable article in the bazars, is made into “Khira” by the Hindus, to be used on their fast days. (Duthie, The Fodder Grasses of Northern India, 1888, reprinted in 1978.)
- 2) It is greedily grazed by all kinds of stock, while the grain is eaten by the poorer people. (Bor, The Grasses of Burma, Ceylon, India and Pakistan, 1960)
- 3) Grain used for human food in times of scarcity. (Rhind, The Grasses of Burma, 1985)
- 4) The plant produces good yields of highly palatable fodder for stock and in some countries the grain is used as a cereal in times of want. (Dassanayake



図-1 湛水直播水田の畔際に生育するコヒメビエ（福岡県筑後市 2019年9月13日）

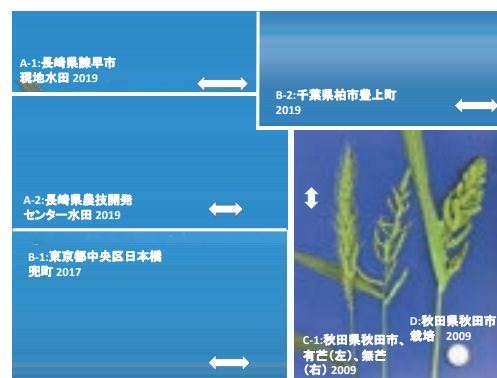


図-2 ヒエ属植物の穂の形態；A：コヒメビエ，B：インドビエおよびC：イヌビエとD：ヒエ（ニホンビエ 品種「軽米」）（スケール：2cm）



図-3 畑で成熟期に達したインドビエ
(PJT State Agricultural University,
Hyderabad, India, 2015年9月)



図-4 インドビエの穂の展示標本(右端はニ
ホンビエ: 国際半乾燥熱帯作物研究
所(ICRISAT), Hyderabad, India,
2015年9月)



図-5 中央分離帯で生育、結実したインドビエ
(千葉県柏市豊上町 2019年9月10日)

et al. ed., A Revised Handbook to the Flora of
Ceylon Vol. VIII, 1994)

2)の著者であるBor博士は「FLORA OF IRAQ Vol. 9,
1968」の中で、古代エジプトのミイラの腸内でコヒメビ
エ種子が確認されたことをFlora of Egypt (Tackholm &
Drar 1941)から引用している。

grains of this species have been discovered in the
intestines of mummies dating back some 5500-6000
years (3500-4000 B. C.) and it appears that the plant
was cultivated as cereal at the time of burial.

コヒメビエを祖先種とする穀物がインドビエ (*E. frumentacea*
Link)で、東南アジアの資源植物のデータベース、Plant
Resources of South-East Asia(PROSEA) 10 Cereals
(Grubben and Partohardjono Edt. 1996)には以下の記述
がある。

Indian barnyard millet most probably originated from
India where it has been domesticated from the wild *E.*
colona. (中略) Indian barnyard millet is known from
ancient Egypt and East Africa but is at present widely
grown as a cereal only in India, Kashmir and Sikkim.

「古代エジプトでのインドビエ」については、ムギ類やソ
ラマメなどナイル川の氾濫後に作付けされる冬作物が主体で
あった往時のナイルデルタで、夏作物のインドビエの栽培は
難しそうなので、前記のBor博士の引用文の方が妥当に思
える。現代のエジプトでは、雑草ヒエは緑の少ない夏季の家
畜飼料に使われるそう。

筆者は、2015年9月にインドのハイデラバードで開催さ
れたアジア・太平洋雑草科学会議のエクスカージョンの機
会に、The Professor Jayashankar Telangana 州農業大学
(PJTSAU)の研究農場で立毛状態(図-3)、国際半乾燥熱帯
作物研究所(ICRISAT)の展示館で穂の標品(図-4)のイ
ンドビエを見ることができた。これで眼が慣れたためか、東
京都と千葉県の市街地で採集したヒエ属植物(図-2-B-1,2,

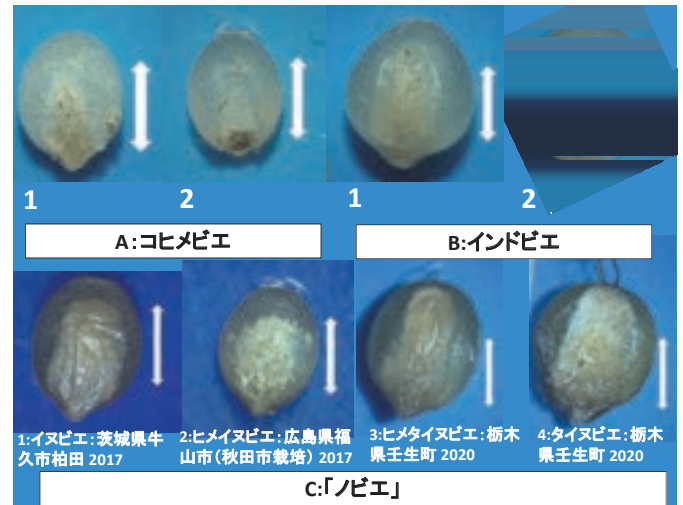


図-6 コヒメビ、インドビエおよび「ノビエ」のえい果(A、Bの採集地
は図-2と同様、スケール:1mm)

図-5)について、コヒメビエと同じ曇りガラスのような白
色のえい果(図-6-A,B)などの特徴から、インドビエと考
えた。市街地ではヒエ(ニホンビエ *E. esculenta* H.Scholz,
図-2-D)の逸出も記録されているが、インドビエにも注目
して欲しい。

オーストラリアのP. Michael先生は、ヒエ属植物の同定に
えい果(caryopsis)・胚盤(scutellum)・胚(embryo)の形
態も重要であるとして、主要な種のえい果と胚盤を図示され
た(Taxonomy of *Echinochloa* spp., in “*Echinochloa* control
in Rice, edited by Kim & Labrada, 2003”)。ここには、タ
イヌビエでは胚盤がえい果長の90%を占め、また、えい果の
色はコヒメビエとインドビエでは whitish, イヌビエの仲間(日
本での「ノビエ」に相当)では brownish, と記述された。参
考までに、上記の線画の図に対応する画像で示した(図-6)。

市街地でのコヒメビエは、ヤシ殻などの輸入園芸資材由来
と指摘されている。インドビエの方は飼料用に栽培もされる
が、市街地のものは小鳥の餌からではないかと考えている。

■協会だより

■2020年度事業及び会計の監査

2021年5月7日（金），2020年度事業及び決算について当協会監事による監査を受け，適正との結果を得た。

■第25回理事会開催

2021年5月13日（木），新型コロナウイルス感染症拡大防止対策として植調会館会議室他12箇所でのリモート会議による第25回理事会が開催され，次の事項について承認を得た。

【議案】

1. 2020年度事業報告及び決算の承認

【報告事項】

1. 役員賠償責任保険契約の報告
2. 代表理事・業務執行理事の職務の執行の状況の報告

■第10回評議員会

2021年5月28日（金），新型コロナウイルス感染症拡大防止対策として植調会館会議室他15箇所でのリモート会議による第10回評議員会が開催され，次の事項について承認を得た。

【報告事項】

1. 2020年度事業報告

【決議事項】

1. 2020年度決算の承認
2. 理事・監事の選任
理事・監事の交代なし
3. 評議員の選任

新任評議員 井ノ下 順二郎，加藤 良晃，
藤本 博明，渡辺 賢

退任評議員 大嶋 明久，郡嶋 浩志，齊藤 一雄，
矢野 博久

■試験成績検討会（リモート開催）

- 2020年度秋冬作野菜花き関係除草剤・生育調節剤試験成績検討会

日時：2021年7月1日（木） 13:00～17:00

新型コロナウイルス感染拡大防止対策としてWeb会議形式にて開催いたします。

なお，通信障害リスクの軽減及び会議中の煩雑さ回避のため，参加人数は必要最低限にして行います。

植調第55巻 第3号

■発行 2021年6月21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

SDSの水稲用除草剤有効成分を含有する「新製品」

アシュラ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ/400FG (ベンゾビスシクロン)
 ウィードコア1キロ粒剤 (ベンゾビスシクロン)
 ダンクショットフロアブル (ベンゾビスシクロン/カフェンストロール)
 天空1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ/エアー粒剤 (ベンゾビスシクロン)
 パピリカ1キロ粒剤/フロアブル (ベンゾビスシクロン/テニルクロール)
 イザナギ1キロ粒剤/フロアブル (ベンゾビスシクロン)
 ゲバード1キロ粒剤/ジャンボ/エアー粒剤 (ベンゾビスシクロン/ダイムロン)
 ホットコンビ200粒剤/フロアブル/ジャンボ (ベンゾビスシクロン/テニルクロール)
 レプラス1キロ粒剤/ジャンボ/エアー粒剤 (ダイムロン)
 サスケ粒剤200/サスケ-ラジカルジャンボ/レオンジャンボパワー
 (カフェンストロール/ダイムロン/ベンゾビスシクロン)
 ジカマック500グラム粒剤 (ベンゾビスシクロン)
 ツルギ250粒剤/フロアブル/ジャンボ (ベンゾビスシクロン)
 モーレツ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ (ベンゾビスシクロン)
 アネシス1キロ粒剤 (ベンゾビスシクロン)
 ジャイロ1キロ粒剤/フロアブル (ベンゾビスシクロン)
 テッケン/ニトウリュウ1キロ粒剤/ジャンボ (ベンゾビスシクロン)
 イネヒーロー1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ (ダイムロン)
 ベンケイ1キロ粒剤/豆つぶ250/ジャンボ (ベンゾビスシクロン)
 銀河1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ (ダイムロン)
 月光1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ (カフェンストロール/ダイムロン)



「ベンゾビスシクロン」含有製品

SU抵抗性雑草対策に！アシカキ、イボクサ対策にも！

アールタイプ/シュナイデン (1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ)	スマート (1キロ粒剤/フロアブル)
イッテツ (1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ)	ダブルスターSB (1キロ粒剤/ジャンボ/顆粒)
イネキング/クサバルカン (1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ)	タンボエース (1キロ粒剤/ジャンボ/スカイ500グラム粒剤)
ウエス (フロアブル)	トビキリ (ジャンボ)
オークス (フロアブル)	ナギナタ (1キロ粒剤/豆つぶ250/ジャンボ)
カービー (1キロ粒剤)	ハーディ1キロ粒剤
キクトモ (1キロ粒剤)	ハイカット/サンパンチ1キロ粒剤
クサトリーBSX (1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ)	半蔵1キロ粒剤
クサビ (フロアブル)	フォーカスショットジャンボ/ブレッサフロアブル
サンシャイン (フロアブル)	ブルゼータ (1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ)
忍 (1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ)	フルイニング (ジャンボ/スカイ500グラム粒剤)
ジャイブ (スカイ500グラム粒剤)	プレキープ (1キロ粒剤/フロアブル)
シリウスエグザ (1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ/顆粒)	ピラクロエース/カリュード (1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ)
シリウスターボ (1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ)	ライジンパワー (1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ)
シロノック (1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ)	



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/>



植物成長調整剤

花類の節間伸長抑制に

ビーナイン[®]
(ダミノジッド) 顆粒水溶剤

ぶどうの品質向上、新梢管理の省力に

日曹 フラスター[®] 液剤
(メピコートクロリド)

除 草 剤

イネ科雑草の除草に。

ー8葉期まで使用できますー

たまねぎ・だいず・あずき・ばれいしょ・てんさい
かんしょ・いんげんまめ・やまのいも・にんじん・そば
(他40作物以上に登録)

生育期処理
除草剤 ナブ[®]乳剤
(セトキシジム)

より強く、よりやさしく。
進化した、畑作除草のキラ星

フィールドスター[®]P 乳剤
(ジメテナミドP)

スズメノカタビラを含む
イネ科雑草の防除に

ーたまねぎは2回まで使用できますー

ホーネスト[®] 乳剤
(テプラロキシジム)

強さと、優しさで守る!
飼料用とうもろこし専用除草剤

アルファード[®] 液剤
(トプラメゾン)



日本曹達株式会社

本社 〒100-8165 東京都千代田区大手町2-2-1 ☎ 03-3245-6178
ホームページアドレス <https://www.nippon-soda.co.jp/nougyo/>

これはなんだろう?

みんな農家さんさ
レイミーが
お手伝い!

あれは
去年どこの畑に出たんだっけ?

スマートフォン用アプリ
レイミーのAI病害虫雑草診断

無料!

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。

対応作物

水稲

キャベツ

レタス

はくさい

ブロッコリー

ねぎ

アプリのダウンロードはこちら

日本農業ホームページから
日本農業 検索

日本農薬株式会社

※スマホ画面は開発中のもののため実際と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と日本農薬(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。

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

日本農薬株式会社は持続可能な開発目標(SDGs)を支援しています

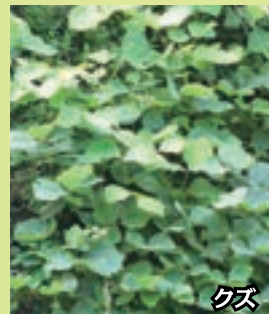
草刈りの回数を減らしましょう!

雑草の生育を長期間抑制し、草刈りの労力を軽減します。



グラスショット散布26日後の抑草効果 (ヨモギ、スギナ、セイタカアワダチソウ等)

やっかいなクズやイボクサは枯らします。



クズ



イボクサ

雑草を「枯らす」のではなく、「抑える」ことで、理想的な畦畔管理を実現!

抑草剤 **グラスショット**® 液剤

●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。●防除日誌を記載しましょう。



©クミアイ化学工業(株)の登録商標



豊かな稔りに貢献する 石原の水稲用除草剤



湛水直播の除草場面で大活躍!

非SU系水稲用除草剤

プレキープ® 1キロ粒剤 フロアブル

- ・は種時の同時処理も可能!
- ・非SU系の2成分除草剤
- ・SU抵抗性雑草に優れた効果!



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

セゾー® MX 1キロ粒剤 / ジャンボ®

フルパグ® MX 1キロ粒剤 / ジャンボ®

スーパ® A 1キロ粒剤

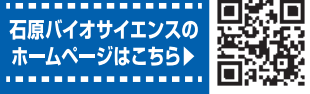
ヒュー® A 1キロ粒剤

フルチア® ジャンボ®

フルニ® ジャンボ®

タイズ® 1キロ粒剤

乾田直播専用 **ハード**® 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>

私たちの多彩さが、
この国の農業を豊かにします。

®は登録商標です。

〒104-8260 東京都中央区新川1丁目27番1号 お客様相談室 ☎0570-058-669 農業支援サイト 農力 <https://www.i-nouryoku.com>

●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。●小児の手の届く所には置かないでください。●空袋・空容器は廃棄等し適切に処理してください。



大粒のあぐり、まっすぐくへ
sco GROUP

住友化学

大好評の除草剤ラインナップ

新登場! **ゼータジャガー** 1キロ粒剤
シヤンボ フロアフル

新登場! **バットウZ** 1キロ粒剤
シヤンボ フロアフル

新登場! **ゼータプラス** 1キロ粒剤
シヤンボ フロアフル

マスラオ 1キロ粒剤
シヤンボ フロアフル

ゼータタイガー 1キロ粒剤
シヤンボ フロアフル 300Fg

ズエモン 1キロ粒剤
シヤンボ フロアフル

メガゼータ 1キロ粒剤
シヤンボ フロアフル 400Fg

オサキニ 1キロ粒剤

忍 1キロ粒剤
シヤンボ フロアフル

イッテツ 1キロ粒剤
シヤンボ フロアフル

ドニチS 1キロ粒剤

畑作向け除草剤

アタックショット 乳剤 **ムギレンジャー** 乳剤
丸和 **ロックス**®

果樹向け除草剤

シンバー® **リバー**®

芝生向け除草剤

アトラクティブ® **ユニホッフ**®
サベルDE ハーレイ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

サファゾントWK 丸和 **サファゾント30**

MBC 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
☎03-5296-2311 <http://www.mbc-g.co.jp/>

農耕地から緑地管理まで
雑草防除に貢献します。

第55巻 第3号 目次

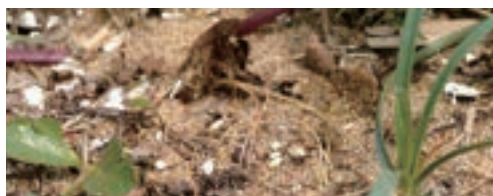
- 1 巻頭言 種苗法(品種登録)と種子法
横山 幸徳
- 2 水稻乾田直播栽培におけるヒメタイヌビエの埋土種子数と必要な防除回数
橘 雅明
- 6 植物ウイルスベクターによる花きの形質改変
棚瀬 幸司
- 11 (田畑の草種) 根無葛(ネナシカズラ)
須藤 健一
- 12 除草剤の薬効・薬害の観察調査におけるスコア化
與語 靖洋
- 20 「農薬に該当しない除草剤の使用実態」について(その3)
清水 悟
- 25 2020年度リンゴ・落葉果樹関係除草剤・生育調節剤試験判定結果
(公財)日本植物調節剤研究協会 技術部
- 30 (連載) 雑草のよもやま 第24回
九州地方の水田でのコヒメビエと関東地方の市街地でのインドビエ
森田 弘彦
- 32 広場

No.74

表紙写真 《ネナシカズラ》



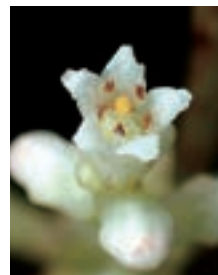
全国の河原、海岸、道ばたなどの草地に生育する。寄生植物で葉緑素を持たず、寄生根を出して宿主から水や養分を取り込む。黄褐色針金状の茎を左巻きに伸ばし、宿主にからみつく。(写真は©浅井元朗, ©全農教)



土中の種子から出芽した幼芽。基部は白色、先端は淡褐色。



茎。黄褐色の斑点がある。



萼。5裂する。