

植調

第52卷
第10号

JAPR Journal

大気二酸化炭素濃度の上昇がコメの収量に与える影響 酒井 英光

気温からブドウの着色程度を推定する方法について 杉浦 俊彦

機械収穫に対応した年内どり加工用ホウレンソウの雑草混入抑制技術

上村 拓也・本田 真也

摘果や光環境等の栽培条件が赤果肉リンゴの果肉の着色に及ぼす影響 本多 親子



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® ジャンボMX

農林水産省登録
第23867号

動画を
チェック!



アトカラ® 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。



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/>

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。

○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・空袋などは雨場などに放置せず、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。
高葉齢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

登録商標 第4702314号



●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。 ®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



次の時代を考える

公益財団法人 日本植物調節剤研究協会専務理事

横山 昌雄

5月1日には新天皇が即位し、新しい年号になる。東西冷戦が終焉し、都市宗教であるイスラム教が台頭し、中東情勢が不安定に、中国が経済大国に、世の中が目まぐるしく変化した平成が終わる。コンピューターやIT技術など科学技術が急速に発展し、情報通信革命が起こった。

農業では農業基本法から食料・農業・農村基本法に替わり、生産性の効率化だけでなく、農業や農村の持つ役割を高め、国土や環境を保護しつつ、食料自給率を高めることを目的とする法律が施行された。急速に発展したロボット技術や情報通信技術を活用したスマート農業が新しい時代に引き継がれようとしている。スマートフォンを使い、自走式トラクターを走らせ、ドローンを圃場の上に飛ばす。スマート農業は農家の作業負担を軽減し、農業の精密化、効率化、高品質化を進められる。大規模農家だけでなく中山間地などの小規模農家まで享受できることが望まれる。

一方、農業も平成に著しく進化した。薬効に優れ、安全性が高く、環境にも優しくなった。農業はもともとロボット機能を持っている。アイザック・アシモスのロボット工学三原則である人間への安全性、命令への服従、自己防衛を十分に適用している。多くのデータを積み重ねて安全性を確保し、命令通り、標的である病害、害虫、雑草を選択的に防除し、使命を果たすと自己分解し、他者に利用されないよう自己防衛する。中でも、水稲用除草剤であるジャンボ剤は優れたロボット機能を有している。ジャンボ剤は1個で百平米の田んぼの雑草を防除することができる。田んぼに入ったジャンボ剤は除草成分を自己放出する。放出された除草成分は標的とする雑草に向かって自走し、雑草だけを選択的に作用して枯らす。水さえ張ってあれば特別な操縦をすることもなく使命を果たす。自動操縦ソフトやGPSの必要もない。移動するためのエネルギーの必要もない。役目を果たすと水中や土壌中で分解し、プラスチックのように廃棄処分する必要もない。標的に向かう自走性を備えているロボット農業である。すでに20年以上使用され、現在全国の3割の水田で使用されている。フロアブル剤や豆つぶ剤など自己拡散型製剤もロボット機能を持っている。それらを合わせると5割を超え

る水田で使用されている。多くの農家が水田雑草の防除にロボット機能を持つ除草剤を意識することなく使用している。

キャッシュレス決済もコンピューターやIT技術の発展の賜物である。海外ではすでにキャッシュレス決済比率が高まり、日本でも2025年までにキャッシュレス決済を40%まで高めようとしている。

江戸時代では、つけを「掛け売り」と言っ、現金を払わず、帳面につけただけで買物ができた。クレジットカードやスマホなどがない時代でもキャッシュレスだ。支払いは年に2回。盆と暮れに請求される。しかし、「掛け売り」は誰でもできるわけではなく、それなりの収入があり、踏み倒しなどをしていない信用のおける一部の人。落語に出てくるくまさんやはつつあんなどの貧乏連中や馴染みのない客は「掛け売り」はできず、現金払い。

「掛け売り」の返済は大晦日を超えて正月になれば、次の返済はお盆まで半年延長されるので、お金の工面がつかない場合には居留守を使ったり、仮病を使ったり、逃げ廻った。取り立てる方も借金を踏み倒されたのでは商売にならない。支払う方も取り立てる方も必死だったようだ。私の近所にある床屋の老店主によれば、昔は大晦日には借金集めに奔走していた人、借金を返すために大晦日のぎりぎりまで仕事をした人が夜になって散髪に来たそうだ。髪を切り、さっぱりして正月を迎えたい人が大晦日に押し寄せるので、年明けまで大忙しで、床屋は元旦を寝て過ごし、正月は夕方から始まると言っていた。

現在の「掛け売り」はクレジットカード。集金はクレジットカード会社が行ってくれる。支払いは1か月単位。逃げも隠れもできず、銀行口座から引き抜かれる。ハッキングして、支払いを免れようなんて輩もいるようだが、誰にでもできる訳でもないし、犯罪になる。

信用がないと「つけ」が使えないのは今も昔も変わらないが、キャッシュレス決済を広く普及させるにはくまさんやはつつあんでも利用できるようにしないと難しい。スマート農業も大規模農家だけでなく、零細小規模農家への普及が鍵になると考える。

大気二酸化炭素濃度の上昇が コメの収量に与える影響

農研機構農業環境変動研究センター
気候変動対応研究領域

酒井 英光

はじめに

大気中の二酸化炭素 (CO₂) 濃度は長期間 280 ppm で安定していたが、産業革命以後上昇を続け、2015 年には 400 ppm に達した。さらに、今世紀末には 421 ~ 936 ppm にも上昇すると予測されている (IPCC 2013)。CO₂ をはじめとする温室効果ガスの増加は、地球規模の温暖化やそれに伴う降水量変動などを引き起こすと考えられ、作物生産にも大きな影響を及ぼす可能性が高い。予想される気候変動の中でも温暖化は、作物の生育期間短縮による収量の減少や登熟期間の高温による玄米品質の低下など、作物生産への負の影響が懸念されている。一方、大気 CO₂ 濃度の上昇は、CO₂ 自体が光合成の基質であることから、光合成速度を促進させ、作物の成長、収量を増加させる正の影響がある。この効果は施肥効果と呼ばれており、この効果を最大限に活用することは気候変動に対する作物生産の適応策として有効であると考えられる。

開放系大気 CO₂ 増加 (FACE) 実験

大気 CO₂ 濃度の上昇に対する作物の応答については、主に温室や人工気象室などの閉鎖系で研究されてきたが、地球規模の気候変化に対する食糧生産や耕地生態系の応答を明らかにするためには、出来る限り実際の圃場

に近い条件で研究を行う必要性が高まった。このような背景から、屋外で囲いの無い条件で大気 CO₂ 濃度を高める開放系大気 CO₂ 増加 (Free air CO₂ enrichment : FACE) 実験が実施されるようになった。

FACE 実験システムは、八角形から円形に近い試験区 (リングと呼ばれる) の周囲にプラスチックチューブ等を設置し、風上側のチューブから CO₂ を放出し、試験区内の CO₂ 濃度を外気より高めるものである。リング中央の風向、風速、CO₂ 濃度を常にモニターし、CO₂ の放出量をコンピューターで制御している (Nakamura *et al.* 2012)。

イネを対象とした FACE 実験は、1998 年に岩手県雫石町 (北緯 39°) で開始したものが世界で最初である。その後、雫石と同じシステムを用いた FACE 実験が中国江蘇省 (北緯 31°) でも行われるようになった。雫石 FACE は 2008 年で終了したが、実験サイ



図-1 つくばみらい市で実施された FACE (開放系大気 CO₂ 増加) 実験の様子。差し渡し 17m の八角形状区画の中央部に CO₂ 濃度センサーと風向・風速計を設置し、区画内の CO₂ 濃度が対照区に対して 200ppm 高くなるように、周辺部に設置した放出チューブから風向きに応じて CO₂ ガスを放出する。

トをより温暖な茨城県つくばみらい市 (北緯 36°) に移し、2010 年から FACE 実験を実施している (図-1)。

収量および収量構成要素への影響

FACE 実験により、圃場条件においても、大気 CO₂ 濃度の上昇によりイネの収量が増加することが確認された (Kim *et al.* 2003; Yang *et al.* 2006; Hasegawa *et al.* 2013)。雫石とつくばみらいで実施された 11 作期の FACE 実験の結果、大気 CO₂ 濃度が 50 年後に予測されるレベル (現在値 +200ppm) に上昇すると、水稻品種「あきたこまち」の玄米収量は平均で約 11% 増加した (Hasegawa *et al.* 2016; 図-2)。また、収穫期のバイオマスは約 12% 増加したが、収穫指数 (玄米重 / バイオマス) は約 2% 低下した。収量構成要素では、単位面積あたりの穂数および 1 穂モミ数がそれぞれ約 9%、約 3% 増加した結果、単位面積当たりのモミ数は約 12% 増加した (図-2)。一方、登熟歩合および玄米 1 粒重への影響は比較的小さなものであった。これらのことから、大気 CO₂ 濃度の上昇による収量の増加は、穂数およびモミ数の増加が主要因であることが分かった。

高 CO₂ と気温との相互作用

FACE 実験における生育期間中の平均気温は、雫石が 18.4 ~ 21.4°C であったのに対し、つくばみらいで

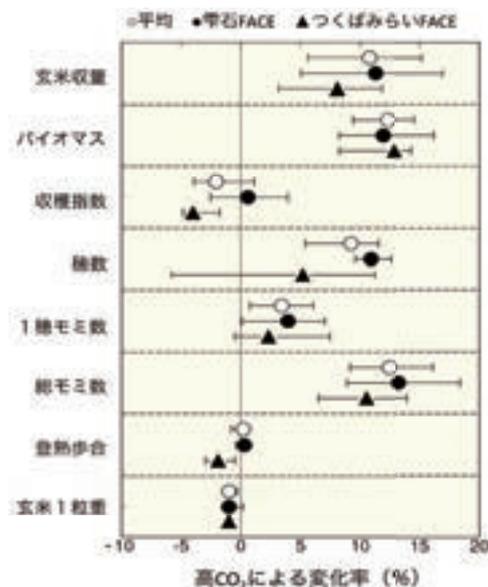


図-2 高 CO₂ による玄米収量および収量構成要素の変化率
 雫石, つくばみらい FACE 実験の結果。品種はあきたこまち。図中のバーは95%信頼区間。Hasegawa *et al.* 2016 より。

は 24.2 ~ 25.2°Cであったことから、幅広い温度条件で高 CO₂ による増収効果を比較することが可能となった。同一品種の高 CO₂ 応答を、複数の FACE 地点で比較したのは、他の植物種を含めても例がない。高 CO₂ による収量への影響は気温条件で異なり、最低気温を記録した冷害年(雫石 2003 年, 生育期間の平均気温 18.4°C)では増収効果は認められず(Shimono *et al.* 2008), その他の年次では増収するものの、その程度は高温になるとともに低下する傾向が認められた(Hasegawa *et al.* 2013; 図-3)。異なる気温条件下での高 CO₂ による増収効果については、さらなる検証が必要であるが、あきたこま치의応答からすると、温暖化した場合には、高 CO₂ 濃度による増収効果が期待どおりに発揮されず、予測よりも低くなる可能性が示唆された。

窒素施肥の影響

雫石, 中国江蘇省およびつくばみらい FACE で、窒素施肥量と高 CO₂ に

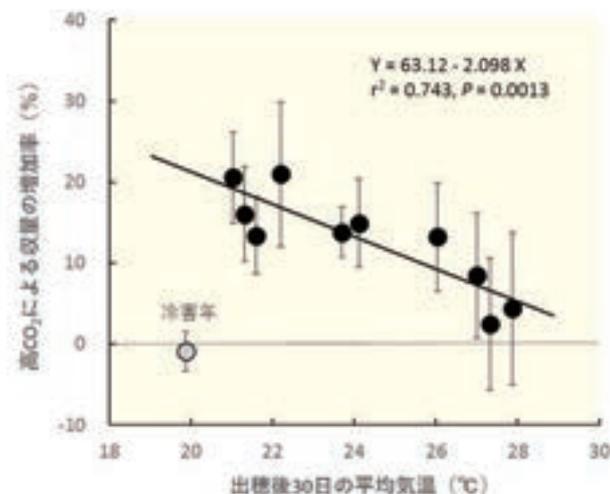


図-3 高 CO₂ による玄米収量の増加率と生育期間中の平均気温との関係
 雫石, つくばみらい FACE 実験の結果。品種はあきたこまち。回帰直線は冷害年(2003年)のデータを除いたもの。Hasegawa *et al.* 2016 より。

よる増収率の関係を調査したところ、窒素施肥量が 80kg ha⁻¹ よりも少ない場合には、高 CO₂ による増収率は施肥量の減少とともに低下し、無窒素施肥ではほとんど増収しないことが分かった。また、高 CO₂ による増収効果は、80kg ha⁻¹ よりも多い場合には、窒素施肥量の増加に対して頭打ち状態を示した(長谷川ら 2018; 図-4)。高 CO₂ による収量増加の主要因は穂数やモミ数の増加であることは上述のとおりである。モミ数は作物の窒素吸収量に大きく依存することが古くから知られており、FACE 実験においても、

CO₂ 濃度に関わらず、幼穂形成期頃までの窒素吸収量とモミ数の関係に強い正の相関が認められた(Kobayashi *et al.* 2006)。窒素施肥量が少ない試験区では、幼穂形成期においても高 CO₂ による窒素吸収量の増加率が小さく、モミ数や収量の高 CO₂ 応答が低くなったものと考えられる。一方、窒素施肥量が 150 ~ 350kg ha⁻¹ と大きかった中国江蘇省では、高 CO₂ による窒素吸収量の増加率は成熟期まで継続したが、モミ数の増加率が変化せずに収量の増加率にも影響しなかったものと考えられる。

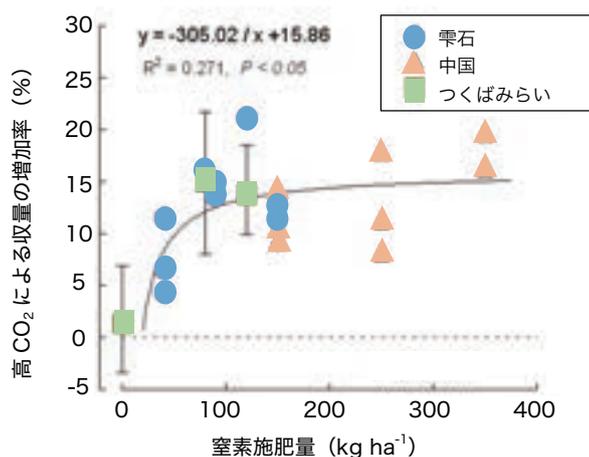


図-4 高 CO₂ による収量増加率と窒素施肥量との関係
 日本(雫石, つくばみらい) FACE と中国(江蘇省) FACE の結果。長谷川ら 2018 より。

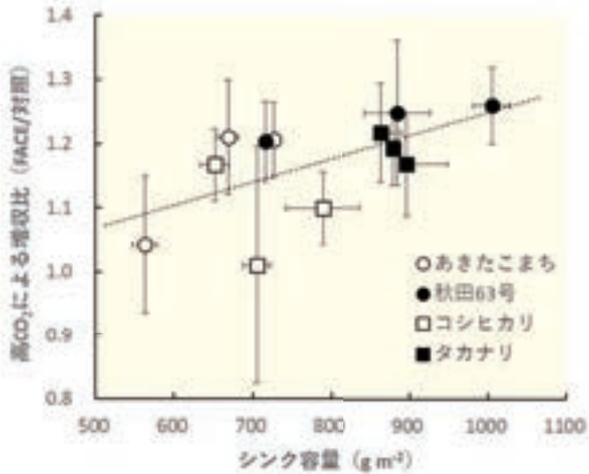


図-5 高 CO₂ による玄米収量の増加率とシンク容量との関係

雫石 (2007, 2008 年), つくばみらい (2010 年) FACE 実験の結果。縦棒は平均値の標準誤差。シンク容量は単位面積あたりのモミ数と成熟時の玄米 1 粒重の積で、全モミが登熟した場合の潜在収量を示す。ここで示したシンク容量は、各品種、各年次の高 CO₂ 区と対照区の平均値。Hasegawa *et al.* 2013 より。

品種による高 CO₂ 応答の差異

高 CO₂ による増収率はイネの品種間で異なった。雫石およびつくばみらいの FACE 実験では、モミ数の多い「タカナリ」と、粒の大きい「秋田 63 号」において増収率が高い傾向にあった。これらの特性は、品種の潜在的な収量を示すシンク容量（すべてのモミが完全に充実した場合に想定される収量で、全モミ数 × 1 粒重で表される）を高める性質である。実際、シンク容量が大きい品種の場合に、高 CO₂ による増収率も高いことが示された (Hasegawa *et al.* 2013; 図-5)。

つくばみらいでの FACE 実験では、さらに多くの品種を用いて高 CO₂ の影響を調査した。その結果、高 CO₂ 濃度による各品種の増収率には、3 ~ 36% の広い範囲で変動することがわかった (Hasegawa *et al.* 2013)。高 CO₂ 応答の品種間差異について、収量構成要素による重回帰分析を行ったところ、穂数や一穂モミ数など、シンク容量に関する構成要素が重要であったが、それらに加えて、登熟の良否が関わる登熟歩合の向上も、増収効果を

高める重要な要素であることがわかった。これらの結果は、高 CO₂ による増収効果を遺伝的に高めるために重要な知見である。

今後の展望

FACE 実験の結果より、高 CO₂ の施肥効果の程度は、CO₂ 濃度のみで一義的に決まるものではなく、気温条件、窒素施肥、水稲品種によっても変動することがわかった。これらの要因を作物モデルに導入することにより、気候変動による作物生産への影響予測において、精緻化および不確実性の低減が期待される。

さらに、高 CO₂ の施肥効果において水稲品種間で大きな差異が認められたことから、高 CO₂ 応答を遺伝的に高める余地があることが示唆された。高 CO₂ に対する収量応答において、穂数、1 穂モミ数などシンク容量に関する構成要素の重要性が示唆されており、高 CO₂ 環境に適応した品種の開発が望まれる。

引用文献

Hasegawa, T. *et al.* 2013. Rice cultivar responses to elevated CO₂ at two free-

air CO₂ enrichment (FACE) sites in Japan. *Functional Plant Biology* 40, 148-159.

Hasegawa, T. *et al.* 2016. Rice free-air carbon dioxide enrichment studies to improve assessment of climate change effects on rice agriculture. in *Improving modeling tools to assess climate change effects on crop response*. Madison, WI USA, 45-68.

長谷川利拡ら 2018. 水稲の CO₂ 増加に対する生育反応からみた窒素施肥の必要性. *日本土壤肥科学雑誌*, 89, 491-496.

IPCC 2013. The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. in *Climate change 2013*. Cambridge, U.K. and New York, U.S.A. Kim, H.Y. *et al.* 2003. Effects of free-air CO₂ enrichment and nitrogen supply on the yield of temperate paddy rice crops. *Field Crops Research* 83, 261-270.

Kobayashi, K. *et al.* 2006. Paddy rice responses to free-air [CO₂] enrichment. in *Managed ecosystems and CO₂: case studies, processes, and perspectives*. Berlin, Germany, 87-104.

Nakamura, H. *et al.* 2012. Performance of the enlarged rice - FACE system using pure CO₂ installed in Tsukuba, Japan. *Journal of Agricultural Meteorology* 68, 15-23.

Shimono, H. *et al.* 2008. Rice yield enhancement by elevated CO₂ is reduced in cool weather. *Global Change Biology* 14, 276-284.

Yang, L. *et al.* 2006. The impact of free-air CO₂ enrichment (FACE) and N supply on yield formation of rice crops with large panicle. *Field Crops Research* 98, 141-150.

気温からブドウの着色程度を推定する方法について

農研機構果樹茶業研究部門
生産・流通研究領域

杉浦 俊彦

はじめに

果樹における温暖化の影響はすでに顕著に現れている。近年の高温傾向はすでに多くの樹種で開花期や収穫期、また、リンゴでは品質 (Sugiura *et al.* 2013) に長期的な変化を及ぼしていることが認められる。ブドウの生育や品質も気候変動は大きな影響を及ぼしており、とくにわが国では着色不良の発生増加が大きな問題になっている (Sugiura *et al.* 2012)。

ブドウ果皮のアントシアニン合成は高温により抑制される着色不良発生の要因であり、黒系の生食用ブドウである‘巨峰’や‘ピオーネ’の着色不良果は、「赤熟れ」と呼ばれ市場価値が低い。そのため、着色不良を克服するために環状剥皮 (藤島ら 2005)、着果制限 (山根ら 2007)、ABA 処理 (Kataoka *et al.* 1982) といった技術が開発されている。しかし、これらの対策にはそれぞれ副作用があり、環状剥皮は新根発生を抑制し (Yamane & Shibayama 2006)、樹勢低下の原因になる。着果制限は減収、ABA 処理は生産コストの増加につながる。しかも、こうした対策は収穫の1ヶ月以上前に講じる必要があり、その時点で着色不良の発生予測は容易ではない。こうしたことが、対策技術の普及を阻害する大きな要因となっている。

もし、収穫期における着色の程度を予測することができれば、着色低下対策を講じる必要がある年のみ対策を講

じることが可能となり、副作用を最小限にとどめられる。果皮の着色と気温の関係を定式化されれば、気温の予測値から着色の予測が可能になり、また将来の気候変動の影響評価にも利用できる。

これまで、果皮の着色と気温の関係は人工気象室における実験 (Shinomiya *et al.* 2015; 苦名ら 1979) で調べられているものの定量化されておらず、また特定の地域の圃場での実測データからの定式化 (内藤ら 1986) が試みられているが、その結果が全国の圃場に適用できる保証がない。

‘巨峰’と‘ピオーネ’は日本の生産量1, 3位の品種であり、‘涼香’は新品種であるが、これらの外観は似て成熟すると黒くなる。本研究 (Sugiura *et al.* 2018) では、日本の多くのブドウ産地において‘巨峰’と‘ピオーネ’、‘涼香’の着色を実測することにより、わが国において広域的に利用可能な果皮の着色と気温の関係式を得た。これにより農家による着色改善策を実施すべきかの判断の一助とすることを目標とする。

材料および方法

(1) 供試材料と圃場調査

‘巨峰’、‘ピオーネ’、‘涼香’について、開花盛期、収穫盛期および収穫盛期における果皮色を2011年から2015年まで5年間、18府県 (茨城、栃木、石川、山梨、長野、三重、京都、

大阪、奈良、鳥取、島根、岡山、広島、徳島、香川、愛媛、福岡、鹿児島) の公設研究機構果樹試験研究機関における調査結果を解析した。

樹は3 (2011) ~ 7 (2015) 年生で、多くは被覆施設 (雨よけ施設、トンネル、無加温ハウスのいずれか) で栽培されたものであるが、一部に露地栽培のものがあり、すべて1~2回のジベレリン処理 (GA₃, 25ppm) による無核栽培とした。土壌管理や着果量は、各県の指針に従った。

満開期は80%以上開花した花穂が全体の80%以上になった日とした。果房の収穫期は主に知覚された香り で判定し、収穫期 (収穫盛期) は累積で50%の果実を収穫した日とした。果皮色 (0 = 緑 ~ 12 = 黒) は収穫期に10果房から10粒ずつサンプリングして、市販の黒・赤系用カラーチャートと比色して求められた。

(2) 果皮のアントシアニン含量の計測

2011年度については各地域から収集した1, 2房について果皮色とアントシアニン含量を測定した。アントシアニン含量の測定は白石らの方法 (Shiraishi *et al.* 2007) を改変して行った。上述の方法で果皮色を調査した後、同じ房の10粒の果皮の赤道部から約0.1gずつの果皮をとり、キムタオルで乾かしたのち、50%酢酸20mLに暗黒下4°Cで12時間浸漬し、濾紙 (No.2) で濾過した。このうち濾液1mLについて分光光度計で

表-1 満開・収穫期について、すべての府県・年次の平均値

	n ^z	満開期 ^y	収穫期 ^x	成熟日数 ^w	果皮色 ^v
'巨峰'	53	149.4±8.0 ^u	241.6±12.3	92.5±9.0	8.6±1.3
'ピオーネ'	47	150.6±8.6	245.4±14.0	95.0±10.2	7.6±1.2
'涼香'	48	149.7±9.7	237.3±13.1	87.6±11.3	9.2±1.3

^z データ数.

^{y,x} 通日 (1月1日を1とする)

^w 満開期から収穫期までの日数

^v 収穫期のカラーチャート値.

^u 平均値 ± SD (標準偏差)

520nm の吸光度を計測し、果皮 1g 当たりの cyanidin-3-monoglucoside 相当量を求めた。

(3) 気候データ

調査圃場の気象データはアメダスメッシュ化データ (清野 1993) のうち調査圃場のあるメッシュの日平均気温を用いた。このデータベースは気象庁のアメダス観測値を空間分解能 1km メッシュ (経度 45" × 緯度 30") に展開したものである。

結果および考察

(1) 3 品種の果皮色の比較

調査結果の概要を表-1 に示した。調査年次や調査地点に品種間差があるため、直接の比較はできないが、満開期の平均は 3 品種とも 5 月の下旬で、品種間差は 1 日程度であった。しかし、成熟日数と収穫期は 1 週間程度異なった。収穫期は '巨峰' と比べ 'ピオーネ' は約 4 日遅く、'涼香' は約 4 日早かった。平均の果皮色は '涼香'、'巨峰'、'ピオーネ' の順に高かった。

'巨峰' の果皮色と収穫前 40 日間の平均気温の関係を図-1A に示した。24°C までは気温と果皮色の間に明確な関係は見られなかったが (白丸)、24°C 以上では高温になるほど果皮色が有意に低下した (黒丸 + 黒四角)。その回帰式の傾きは -1.003 で、気温が 1°C 上がるごとに果皮色は 1 程度低下した。

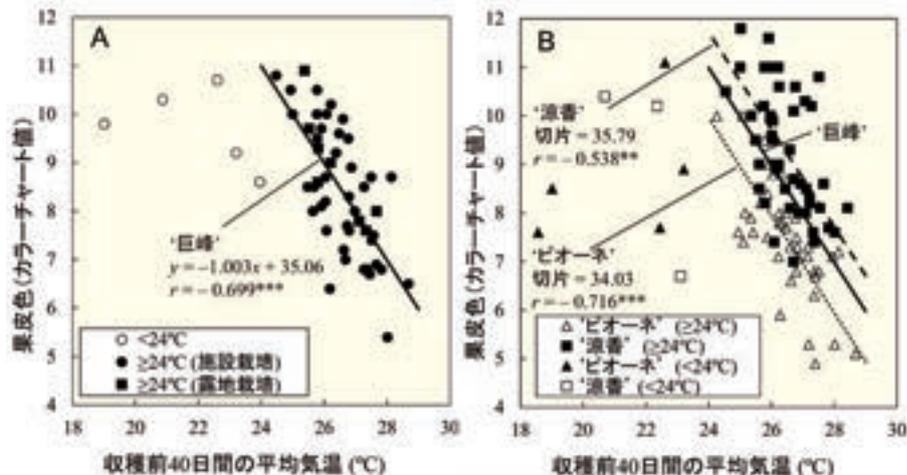


図-1 収穫期の果皮色 (カラーチャート値) と収穫前 40 日間の平均気温との関係 (A) '巨峰'。直線は 24°C 以上の回帰線 (被覆施設栽培と露地栽培は込み) を示す。

(B) 'ピオーネ' と '涼香'。

直線は傾きを '巨峰' の傾き (= -1.003) と一致させたときの 24°C 以上の回帰線と Y 切片を示す。比較のため、(A) の '巨峰' の回帰線も示した。r は相関係数 (***) P < 0.001; ** P < 0.01)。

ブドウは高温ほど着色が劣ることは古くからよく知られており、'巨峰' においても収穫期前 40 日間の気温が高いと着色が低下することが示されている (内藤ら 1986; 苦名ら 1979)。一方で、人工的に温度処理した研究では、気温が低すぎても着色しにくいことが報告されている (Poudel *et al.* 2009)。24°C 以下で果皮色と気温に相関がないのは、気温が低すぎて着色が進まない日が多くなることが原因と考えられた。

露地栽培では回帰線の上側に位置するデータが多く、施設栽培よりも果皮色がよい傾向にあったものの、データ数が少なく、必ずしも明確ではなかった。そこで以下の解析では 24°C 以上のデータはすべて込みで行った。

'ピオーネ' と '涼香' の果皮色も、

収穫期前 40 日間の平均気温が 24°C 以上では、高温になるほど果皮色が低下する傾向が認められ (図-1B)、24°C 以上では有意な負の相関があったが、24°C 未満では相関はなかった。'ピオーネ' (-0.891) と '涼香' (-0.802) の回帰式の傾きは、'巨峰' の傾き (-1.003) とは有意差はなかった (P 値は 'ピオーネ' 0.647, '涼香' 0.390)。

そこで、果皮色と気温の関係の品種間差を求めため、'ピオーネ' と '涼香' について、'巨峰' と同じ傾きを仮定して回帰式を求めた (図-1B)。このときの切片は品種により有意に異なり (P 値は 'ピオーネ' 0.000 '涼香' 0.001)、切片の差から、収穫期前 40 日間の平均気温が同じであれば、'巨峰' に比べて 'ピオーネ' の果皮色

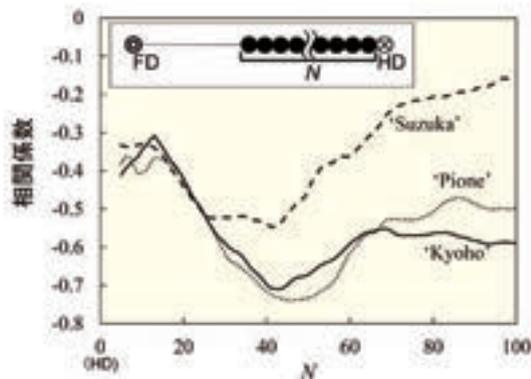


図-2 収穫期の果皮色（カラーチャート値）と収穫前N日間の平均気温との相関係数の変化（挿入図参照）FDは満開期、HDは収穫期。

は1.0低く、‘涼香’は0.7高いことが示された。今回の結果から、‘涼香’、‘巨峰’、‘ピオーネ’の順に着色しやすいと考えられた。

‘涼香’は高温条件下で着色が優れることを目指して育成された品種であり、その目的は達成されていることが示唆された。回帰式（図-1B）から逆算すると、‘涼香’は0.7℃高温でも、‘巨峰’と同程度の果皮色になるといえる。

(2) 果皮色の予測式

もし収穫期とそれまでの気温が予測できれば、図-1に示した回帰式を用いて収穫期の果皮色の予測が可能である。しかしながら、収穫期の予測法は必ずしも確立しているとはいえないため、開花期を基準とした収穫期の着色の予測法を検討した。この分析には上記のデータのうち24℃以上のものを用いた。

まず、平均気温と収穫期の着色の相関が最も強くなる期間（気温感受性がある期間）を品種毎に推定した。この期間を特定するため、収穫前N日間の平均気温と果皮色の関係の相関係数を求めた（図-2）。「巨峰」ではN=43、「ピオーネ」ではN=46、「涼香」ではN=42のときの相関が、最も強くなった。この日の各回帰式の傾きと

表-2 収穫期の果皮色（カラーチャート値）と収穫前N日間の平均気温の関係。相関が最も強いとき（図-2の最小値）の相関係数と回帰式を示す。

	‘巨峰’	‘ピオーネ’	‘涼香’
r^z	-0.710	-0.726	-0.547
	*** y	***	** x
N ^w	43	46	42
傾き ^v	-1.06	-1.01	-0.81
切片 ^v	36.5	34.2	30.7

^z 相関係数。

^y rは0.1%水準で有意

^x rは1%水準で有意

^w rが最小の時のN

^v 回帰係数 ($y = ax + b$, yは収穫期の果皮色, xは収穫前N日間の平均気温, aは傾き, bは切片)。

切片は表-2に示した。

次に、満開期M日後から‘巨峰’では43日間、‘涼香’では42日間、‘ピオーネ’では46日間の気温と果皮色との相関係数を求めた（図-3）。「巨峰」ではM=50、「ピオーネ」ではM=46日するとき相関係数が、最も小さくなった。

‘涼香’の相関係数（図-4）は2つのピーク（52日と65日）があったものの、このうちMが65日では強い相関の終わりが満開後106日となり、平均成熟日数（ 87.6 ± 11.3 日；表-1）よりかなり遅い。そのため、果皮色予測のためのMは52日を採用した。

このときのそれぞれの品種の回帰式の切片と傾きを表-3に示した。この回帰式

は収穫期の果皮色予測に使用できる。この結果から得られた着色推定のための感温期間は、‘巨峰’の場合、満開後50日からの43日間となるが、その期間の終わりは、平均収穫日（満開後92.5日）に近かった。‘ピオーネ’も同様であった。

果皮色に温度が及ぼす影響はベレ

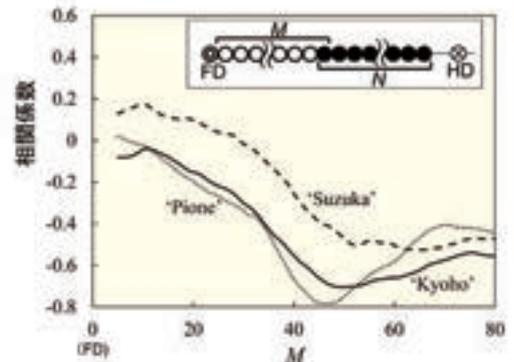


図-3 収穫期の果皮色（カラーチャート値）と満開後M日からN日間（‘巨峰’は43日間、‘ピオーネ’は46日間、‘涼香’は42日間）の平均気温との相関係数の変化（挿入図参照）FDは満開期、HDは収穫期。

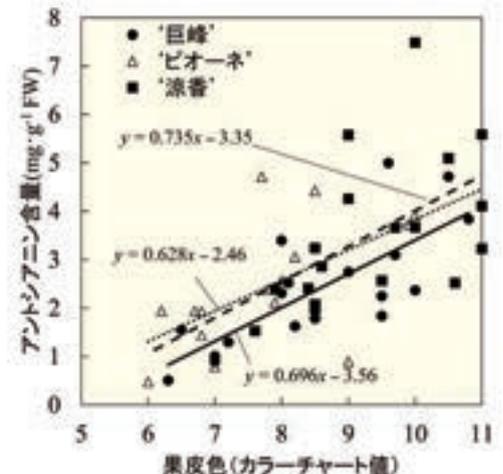


図-4 ブドウの果皮色（カラーチャート値）とアントシアニン含量との関係。直線は回帰線を示す。Rは相関係数（*** P < 0.001; * P < 0.05）。

ゾーン直後からとされる（Barunuud *et al.* 2014）。「巨峰」や「ピオーネ」のベレゾーンは満開後45～50日であるため、本研究で示された着色の感温期間の始め（‘巨峰’で満開後50日、‘ピオーネ’で46日）はベレゾーン期といえる。したがって、着色の感温期間は概ねベレゾーン期から収穫期という

表-3 収穫期の果皮色（カラーチャート値）と満開後M日からN日間（‘巨峰’:N=43、‘ピオーネ’:N=46、‘涼香’:N=42）の平均気温の関係。Mは相関が最も強いとき（図-3の最小値）の値を示す。

	‘巨峰’	‘ピオーネ’	‘涼香’
r^z	-0.705	-0.784	-0.504
	*** ^y	***	** ^x
M ^w	50	46	52
傾き ^v	-0.96	-1.05	-0.65
切片 ^v	33.9	35.3	26.6
RMSE ^u	0.93	0.73	1.09

^z 相関係数。

^y rは0.1%水準で有意

^x rは1%水準で有意

^w ‘巨峰’と‘ピオーネ’は相関係数が最小の時の、‘涼香’は相関係数が最初の負のピークの時のM値。

^v 回帰係数 ($y = ax + b$, yは収穫期の果皮色, xは満開M日後からN日間の平均気温, aは傾き, bは切片)。

^u 回帰式から推定した果皮色の実測値との予測誤差（誤差の二乗平均平方根）。

ことになる。

満開期を観測すれば、それ以降の気温の推定値と表-3の回帰式を用いて収穫期の果皮色予測が可能である。近年、気象庁は向こう28日間の都道府県ごとの気温予報を公式サイトで公表している (<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/probability/index.html>)。28日以降は、日平均気温の平年値(過去30年間平均値)が使える。気象庁による予報と平年値から日平均気温の予測値を1kmメッシュで推定する手法も開発されている(大野ら2016)。

回帰式を得るために使用された感温期間の平均気温はすべて24°C以上だったので、この回帰式は低温の地域(感温期間の平均気温が24°C以下)では精度よく使用できない可能性がある。しかし、寒冷地では着色不良は発生しにくいので、実用上の問題はないと考えられる。

果皮色の予測と実測の予測誤差(RMSE)は0.7~1.1(表-3)であった。これは気温の予測が正確だとしても、果皮色は1前後の誤差が見込まれることを示す。誤差が発生する原因のひとつは、日射と考えられ、日射が多いほど果皮色は高くなる(Shinomiya *et al.* 2015)。本研究では地域年次によって日射量が異なり、また、露地と被覆施設でも異なる。日射量の影響を

モデルに取り込めばより精度の良い予測が可能となるが、今後の課題である。

栽培条件の違いも別の誤差の要因である。とくに着果量は果皮色への影響は大きい。‘涼香’の相関係数は他品種と比べて低く(図-2, 3), RMSEは高い。これは、‘涼香’は新しい品種であり、着果量や収穫基準が明確になっていないことが原因かもしれない。‘涼香’の果皮色予測精度を上げるには、さらなる研究が必要である。

(3) 果皮のアントシアニン含量の推定

3品種の果皮色と果皮のアントシアニン含量は有意な正の相関があった(図-4)。ブドウの果皮の色彩とアントシアニン含量の関係は品種によって異なることが知られているため(Shiraishi *et al.* 2007), 品種別に回帰式を求めた。これらの回帰式と表-2または表-3の回帰式を用いれば、気温からアントシアニン含量を推定することも可能である。気温が1°C上昇した場合、‘巨峰’では果皮色が0.96 (= 0.96 × 1) だけ減り、これはアントシアニン0.67 (= 0.96 × 0.696) mg/gfwの減少に相当する。同じ気温上昇で、‘ピオーネ’は0.66 mg/gfw, ‘涼香’は0.48 mg/gfwだけアントシアニン含量が減少すると推定された。

(4) 結論

以上により、ブドウの収穫期における果皮色およびアントシアニン含量を品種毎の特定の気温から予測する手法を開発した。これは、‘巨峰’では満開後50~92日、‘ピオーネ’では満開後46~91日、‘涼香’では満開後52~93日の平均気温の予測値と、表-3に示した傾き・切片を用いて、収穫期のカラーチャート値を推定するものである。この方法はブドウ農家の着色対策の必要性の有無の判定や研究者が温暖化によるブドウの品質に与える影響を予測するときに利用可能である。

謝辞

この記事は、農研機構生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」の支援を受けて実施した研究に関する論文(Sugiura *et al.* 2018)に基づいて作成しました。当事業にデータをご提供いただいた公設研究機関の関係各位に誌面を借りて御礼申し上げます。

引用文献

- Barnuud, N.N. *et al.* 2014. Berry composition and climate: Responses and empirical model. *Int. J. Biometeorol.* 58, 1207-1223.
- 藤島宏之ら 2005. 環状はく皮処理がブドウ‘ピオーネ’の果実品質に及ぼす影響. *園学研* 4, 313-318.
- Kataoka, I. *et al.* 1982. Effect of abscisic acid and defoliation on anthocyanin

accumulation in Kyoho grapes (*Vitis vinifera* L. × *V. labruscana* Bailey) . *Vitis* 21, 325–332.

内藤隆次ら 1986. ブドウ'巨峰'果実の着色に及ぼす気温および日照の影響. 島根大農研 20, 1–7.

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.

Poudel, P.R. *et al.* 2009. Influence of temperature on berry composition of interspecific hybrid wine grape 'Kadainou R-1' (*Vitis ficifolia* var. *ganebu* × *V. vinifera* 'Muscat of Alexandria') . *J.Japan.Soc.Hort.Sci.* 78, 169–174.

清野裕 1993. アメダスデータのメッシュ化

について. 農業気象 48, 379–383.

Shinomiya, R. *et al.* 2015. Impact of temperature and sunlight on the skin coloration of the 'Kyoho' table grape. *Sci.Hortic.* 193, 77–83.

Shiraishi, M. *et al.* 2007. A rapid determination method for anthocyanin profiling in grape genetic resources. *J.Japan.Soc.Hort.Sci.* 76, 28–35.

Sugiura, T. *et al.* 2013. Changes in the taste and textural attributes of apples in response to climate change. *Scientific Reports* 3, 2418.

Sugiura, T. 2018. Prediction of skin coloration of grape berries from air temperature. *Hort J.* 87, 18–25.

Sugiura, T. *et al.* 2012. Overview of recent effects of global warming on agricultural production in Japan. *JARQ.* 46, 7–13.

苦名孝ら 1979. 樹上果実の成熟に及ぼす温度環境の影響 (第2報) . 園学雑 48, 261–266.

Yamane, T. & K. Shibayama 2006. Effect of trunk girdling and crop load levels on fruit quality and root elongation in 'Aki Queen' grapevines. *J.Japan.Soc.Hort.Sci.* 75, 439–444.

山根崇嘉ら 2007. ブドウ'安芸クイーン'の着色実態および 状態はく皮と着果量の軽減による着色改善. 園学研 6, 441–447.

田畑の草種

葛・国柶・裏見草 (クズ)

(公財)日本植物調節剤研究協会
兵庫試験地 須藤 健一

この夏の猛暑を逃れようと、列車に乗って都会を離れる。窓の外のビル群を抜けると小高い丘や林、田圃と風景が変わる。変わった途端、鉄路の脇や道路の法面を、その脇にある電柱を、手入れの悪い林や竹林を、さらには目の前の山肌まですっぽり覆い尽くす草に出会う。「葛」である。

これはマメ科クズ属の多年生草本。見てのとりの繁茂力で、1年に10m以上蔓を伸ばし、人手の入らない荒地などは瞬く間に覆い尽くされる。大きき10cm～15cmの浅い切れ込みのある丸い葉3枚を1軸につける3出複葉。花は大きな蝶形花で、花卉構造を学ぶにはもってこいである。

その花の美しさで「秋の七草」に上げられ、山上憶良は、
秋の花尾花葛花なでしこの花
をみなへしました藤袴朝顔の花 (巻8)
と詠った。

秋の七草は花を愛でる七草である。が、この葛は食用を始め用途は多い。小学校のウサギ当番で、明日の餌にと子供らが競って摘んだ葉。その根をつぶして澱粉をとり、何度も水に晒して灰汁を取り除いた吉野葛。葛の根を干した葛根。10mにもなる蔓を柔らかい内に切り取り、固くなる前に編み込む籠。煮てから発酵させ、そこから取り出した繊維で編んだ葛布。

とは言え、萬葉人もこんな歌を残している。

赤駒のい行きはばかり真葛原
何の伝て言直にしよけむ (巻12)

下の句は、言伝なんてじれったいことを言っていないでじかに会うのがいいに決まっているのに、というほどの意味だが、上の句は、元気な赤馬の行く手を阻むほどの葛が野を覆っているのですよ、だから言伝にしたのです、と下の句に続く。秋の七草で愛でられてはいるが、繁茂しすぎて邪魔になる草でもあったようである。

徒然草にもこんな一節がある。
「草は、・・・撫子。秋の草は、荻・薄・桔梗・萩・女郎花・藤袴・・・。葛・葛・朝顔。いづれも、いと高からず、さゝやかなる、牆に繁からぬ、よし。」(139段)

葛を除く他の「秋の六草」は吉田兼好をして庭に植えたい草として取り上げられているが、唯一、葛は例外で、背が高くなり垣に繁るからダメだという。万葉の時代から現代に至るまで、いつの時代でも大変な草であるようだ。

ちなみにこの葛、1876年に米国フィラデルフィアに持ち込まれた。飼料作物、庭園装飾、緑化、土留めなどに推奨されたが想像以上に繁茂し、「デビル・プランツ」としてその隆盛を誇っている。

機械収穫に対応した年内どり加工用ホウレンソウの雑草混入抑制技術

熊本県農業研究センター球磨農業研究所

上村 拓也

本田 真也 (現熊本県立農業大学校)



図-2 ニシザワ加工用野菜収穫機 MNSH-1300 (農水省加工プロ開発機)

はじめに

熊本県の加工用ホウレンソウの作付面積は、近年の加工・業務用野菜の需要増加に伴い増加傾向にある。当研究所の位置する熊本県球磨地域では平成19年頃、19ha程度であった作付面積が、平成29年には約52haまで拡大している。一方で、生産者数は減少しており(図-1)、生産者1戸あたりの作付面積が増加している。

このように当地域の加工用ホウレンソウの生産が集約されるなかで、当研究所では年内収穫に適する有望品種と播種適期等、地域に適應した栽培技術の検討を行ってきた。しかし、近年では1戸あたりの栽培面積の増加に伴い収穫にかかる人件費や所要時間等が増加し、作業の集中する収穫時のみの雇用確保が難しいことなどの問題が発生している。

そこで、これらを解決するために省

力化や生産コスト削減を目的として、収穫機による機械収穫導入の検討が行われている。収穫機は小型、大型機が市販化されている。当地域は1筆30a程度の圃場が大部分を占め、小面積多筆化による規模拡大が進んでいる産地であるため、作業性や収穫コンテナのサイズの関係などから図-2のような小型の加工野菜収穫機の利用が適すると考えられる。

MNSH-1300の導入は省力化・軽労化に貢献するものの、設定した高さで総刈りして収穫するため、手収穫に比べ雑草の混入が増加する。収穫物に混入した雑草は一般的な加工場の選別ラインでは主に手作業で除去されることから、雑草混入量の多い収穫物は廃棄せざるを得なくなる。このように加工場での選別による雑草除去には限界があることから、生育段階で発生する雑草量を減らし機械収穫時の雑草混入量を抑制する技術について検討した。

1. 球磨地域における加工用ホウレンソウ栽培の除草体系

球磨地域の加工用ホウレンソウ栽培における除草体系として、播種前、覆土直後および雑草発生初期に除草剤を散布するのが一般的である。その後、雑草の発生具合を見ながら適宜手作業による除草を行う。しかしながら、図-3で示すように雑草の発生程度は圃場ごとに大きく異なる。これはもともと雑草の発生が多い圃場であることや、播種前の耕耘等による埋没種子の減少が不十分であること、天候等により適期に除草剤を散布できないことなどに起因すると考えられる。そのため、除草剤と耕種的な除草方法を組み合わせた対応が必要となる。

2. 試験区の構成

本試験では、雑草混入抑制技術として密植および機械除草と高刈りを組み合わせた検討を行った。

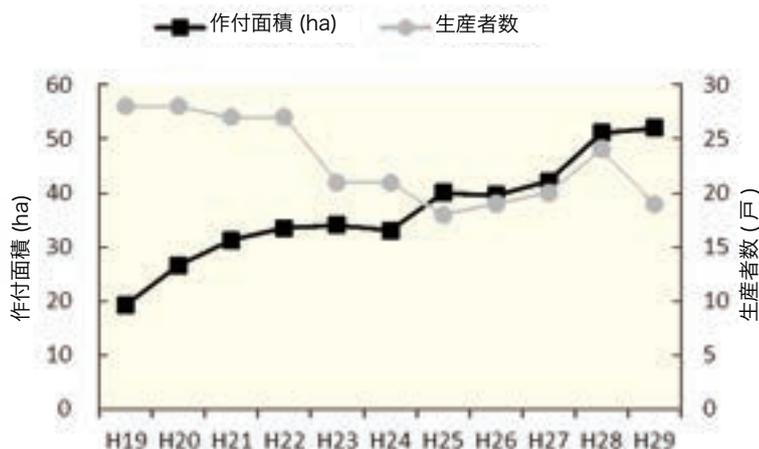


図-1 球磨地域における加工用ホウレンソウの作付面積と生産者数の推移 (出典：(株)クマレイ生産実績より)



図-3 雑草発生の少ない圃場（左）と多い圃場（右）



図-4 目標とする収穫物の葉身：葉柄の比率

供試品種として当研究所が検討した有望品種のクロノス（サカタのタネ）を用い、プライミング処理された種子を播種した。播種日は平成27年9月28日、収穫を同年12月4日に行った。除草剤の処理は前述の地域慣行に準じて行った。

(1) 密植

本稿で示す密植とは、地域慣行の畝幅140cm、条間30cm、株間10cm、4条植えに対し、株間を狭くすることを指す。ハウレンソウを密に生育させることで雑草の発生を抑制することを目的として、株間5cmおよび1cmの区を設けた。

(2) 機械除草

機械除草にはタイン式除草機（商品名：（株）キュウホー社製 狭畦栽培用除草機 HS2-4M+TTM-4）を用い、生育期のハウレンソウの条間の除草を実施する区を設けた。

(3) 高刈り

本稿で示す高刈りとは、一般的に機械収穫で設定される地際部からの刈高5cmより高い位置で収穫することを

指す。刈高を高くすることで機械収穫の際に混入する雑草を減少させることを目的として、刈高10cmの区を設けた。

3. 密植、機械除草による雑草混入抑制効果

(1) 密植による雑草混入抑制効果

密植による雑草混入抑制効果を表-1に示す。収穫は機械収穫を想定した刈高5cmで手作業により総刈りした。本試験で混入した雑草は、アメリカワロ、レンゲソウおよびナズナ等であった。株間10cm（慣行）での雑草混入量は10.5g/m²であったが、株間5cmでは慣行比56%（5.9g/m²）、株間1cmでは同10%（1.0g/m²）となり、密植するほど雑草の混入量を減少させることができた。一方で、密植するほど1株重は軽くなり、株間10cmでは145g/株、株間5cmでは84g/株、株間1cmでは49g/株となった。密植により1株重は減少するものの、栽植本数が増えるため出荷量としては増加することが明らかとなった。

株間1cmにおいてはハウレンソウ

の葉柄部が徒長し、葉身部が極めて短くなることが確認された。一般的に加工ハウレンソウとして求められる規格は葉身部と葉柄部の比が5:5から6:4程度（図-4）であるため、株幅1cmでは規格外となることから、密植における株間は5cmが適すると考えられる。

(2) 機械除草による雑草混入抑制効果

機械除草には麦栽培等で使用されているタイン型除草機（図-5）を用い、ハイクリアタイプの乗用管理機に取り付けて使用した。除草時期は、播種後約1ヶ月とした。

前述の密植栽培（株間5cm）と組み合わせた結果を表-2に示す。密植（株間5cm）と機械除草1回を組み合わせることで雑草混入量は1.7g/m²となり、慣行の株間10cm・機械除草無しの16%まで減少した。



図-5 乗用管理機を利用したタイン型除草機

表-1 密植による雑草混入量と1株重、出荷量への影響

項目	雑草混入量	比	1株重	比	出荷量	比
株間	(g/m ²)	(%)	(g)	(%)	(kg/10a)	(%)
10cm(慣行)	10.5	(100)	145	(100)	2,621	(100)
5cm	5.9	56	84	58	3,092	118
1cm	1.0	10	49	33	3,193	122

注) 条間は各区30cm

表-2 密植における機械除草による雑草混入量と出荷量への影響

項目	雑草混入量 (g/m ²)	比 (%)	出荷量 (kg/10a)	比 (%)
株間×機械除草				
5cm × 無	5.9	56	3,092	118
5cm × 有	1.7	16	3,274	125
10cm × 無 (慣行)	10.5	(100)	2,621	(100)

注：刈高は各区5cm高

表-3 密植と機械除草における刈高による雑草混入量と出荷量への影響

項目	雑草混入量 (g/m ²)	比 (%)	出荷量 (kg/10a)	比 (%)
株間×機械除草×刈高				
5cm × 有 × 5cm	1.7	16	3,274	125
5cm × 有 × 10cm	0.5	5	2,906	111
10cm × 無 × 5cm (慣行)	10.5	(100)	2,621	(100)

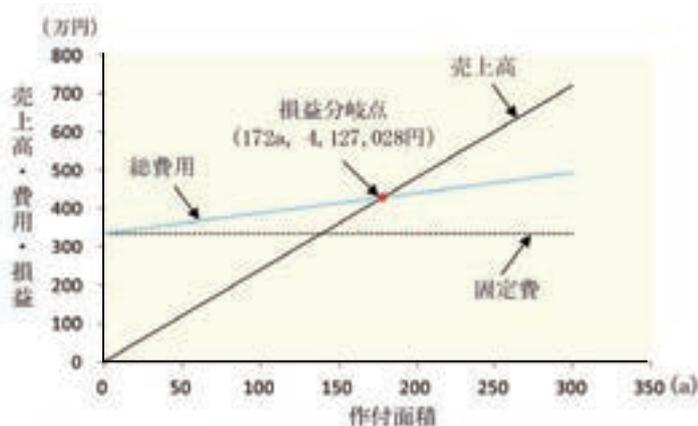


図-6 収穫機、除草機の導入時の損益分岐点分析による下限生産面積

注1) ホウレンソウの単価は80円/kg、出荷量を3,000kg/10aとした。
 注2) 固定費には資本装備(収穫機、除草機を含む)、修繕費、家族労働費が含まれる。また総費用は固定費に種苗費、料費、農薬費、動力光熱費、雇用労働費等を加えたものが含まれる。
 注3) 家族労働費は7,360円/日(熊本県農業経営指標参照)、4人、0日で算出した。

4. 高刈りによる雑草混入抑制効果

密植と機械除草、高刈りの組み合わせを表-3に示す。雑草混入量は株間5cmの密植と機械除草、刈高10cmとすることで雑草混入量は0.5g/m²となり、雑草の混入を大幅に減少させることができた。一方、出荷量は2,906kg/10aとなり、高刈りをしなかった場合(密植+機械除草)の出荷量3,274kg/10aに比べ減少した。

5. 経営試算

収穫機および除草機の導入にかかる

損益分岐点は、ホウレンソウの単価を80円/kg、出荷量を3,000kg/10aとした場合、栽培面積172a、売上4,127千円となる(図-6)。

このことから、生産経費の増加は、作付面積を172aとし、機械収穫に対応した雑草混入技術(密植+機械除草)を導入する場合、10aあたり9,573円となる(表-4)。

6. まとめ

以上のことから、機械収穫に対応した年内どりの加工用ホウレンソウの雑草混入抑制技術として、株間を5cmに播種し1ヶ月後にタイン式除草機による機械除草を行う。出荷物への雑

表-4 雑草混入抑制技術に伴う経費の増加

費目	項目	経費 (円/10a)
種苗費(種子1袋)		3,839
動力光熱費(軽油120円/ℓ, 2ℓ)		240
労働費(920円/時間, 2時間)		1,840
減価償却費(除草機)		3,654
合計		9,573

注1) 減価償却費は、除草機を耐用年数7年、作付面積を172aとして算出した。

注2) 軽油価格、労働費は熊本県農業経営指標を参照。

草混入量を最少とするには収穫時の刈高を10cmとする。この場合、収穫量が約1割減少するため、雑草発生量の少ない圃場では刈高を5cmとすることも可能である。技術導入のための収穫機および除草機を導入する際の生産面積の損益分岐点(下限面積)は、172aとなる。

最後に

本技術の導入においては、播種前の雑草発生を低く抑えておくことが重要となる。播種前の耕耘による埋没種子の減少や、作付け前のダズメット粉粒剤の使用等も組み合わせ、それぞれの圃場に合った雑草発生コントロールを行うことが必要である。

本試験は農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業(実用技術開発ステージ現場ニーズ対応型)「加工ホウレンソウの多収抑草技術の開発による機械収穫生産体系の確立」(H26～H28)により実施した。

参考文献

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖繩農業研究センター 畑作研究領域 畑機械・栽培グループ 2018. 加工・業務用ホウレンソウ機械収穫体系マニュアル。

摘果や光環境等の栽培条件が赤果肉リンゴの果肉の着色に及ぼす影響

東京大学大学院
農学生命科学研究科附属
生態調和農学機構

本多 親子

果皮だけでなく果肉も赤い、赤果肉リンゴの新しい品種の登録が相次いでいる。古くから赤果肉リンゴ品種は存在していたが、酸味が強いこと等もあって、普及するには至っていなかった。最近の新品種では酸味が低だけでなく糖度が高く、食味が改善されていることから、今後はこのような新品種が普及することが期待される。苗木の購入が可能な赤果肉リンゴの品種としては、「ルビースイート」・「ローズパール」(農研機構果樹茶業研究部門育成)、「紅の夢」(弘前大学育成)、「ハニールージュ」・「ハニーレッド」(信州大学育成)、「なかの真紅」・「炎舞」・「ムーンルージュ」(吉家一雄氏育成)等が挙げられる。しかし、赤果肉リンゴでは、果肉の赤さの程度が果実によってばらつくことがあり、外観からは中の果肉の赤さの程度を推定できないことも相まって、生産上の大きな問題となっている。

本稿では、最初にリンゴ果実における着色の遺伝的な要因について説明し、次に栽培面での赤果肉リンゴの果肉の着色の変動要因について、現在までに得られている知見を紹介する。さらに、赤果肉リンゴの新品種である「ローズパール」および「ルビースイート」の特性についても紹介する。

1. 着色を決める遺伝的要因

リンゴ果実の果皮や果肉の赤い着色は、アントシアニン(主としてシアニン 3-ガラクトシド)が各組織で合

成され蓄積することによって生じる。果皮または果肉でアントシアニンが生成され組織が赤くなるかどうかは遺伝的に決まっており、その原因遺伝子が単離されている。すべて、MYB様転写因子をコードする遺伝子である(表-1)。

果皮に関しては、*MdMYBA* または *MdMYB10* (後述) が着色の原因遺伝子であることがわかっている。市販されている一般的なリンゴのほとんどは *MdMYBA* を持っているが、果皮でアントシアニンが生成されるかどうかは、その *MdMYBA* の遺伝子型で決まる。着色性の *MdMYBA* は優性で、着色性の対立遺伝子をホモ(AA)またはヘテロ(Aa)で持つと果皮が赤くなる。一方、果皮は黄色いリンゴ品種は非着色性の *MdMYBA* をホモ(aa)で持っているが、通常の条件下では *MdMYBA* はほとんど発現していないため、果皮にはアントシアニンはわ

ずかしか蓄積されない。しかし、カビに感染したとき等に一過的に感染部位が赤くなることがあり、非着色性の *MdMYBA* もアントシアニン生成を誘導する機能自体は有していることがわかる。

果肉に関しては、*MdMYB10* または *MdMYB110a* を持つと果肉が赤くなる。*MdMYB10* を持つ品種・系統(タイプ1)では、果皮や果肉だけではなく、葉や茎など樹全体が赤くなる。一方、*MdMYB110a* を持つリンゴ品種(タイプ2)では、果肉だけが赤くなり、他の外観は通常のリンゴと同じである。したがって、「Pink Pearl」のように、果皮については非着色性の *MdMYBA* を持ち、果肉を赤くする *MdMYB110a* を持つリンゴでは、果皮は黄色く果肉は赤くなる(表-1)。

表-1 リンゴの果皮および果肉でのアントシアニン生成を誘導する MYB 様転写因子遺伝子

果実の様子	果皮	果肉	第9染色体	第17染色体
	赤	白	<i>MdMYBA</i> (AA or Aa)	なし
	黄	白	<i>MdMYBA</i> (aa)	なし
	赤	赤	<i>MdMYBA</i> (AA or Aa)	<i>MdMYB110a</i>
	黄	赤	<i>MdMYBA</i> (aa)	<i>MdMYB110a</i>
	赤	赤	<i>MdMYB10</i>	なし

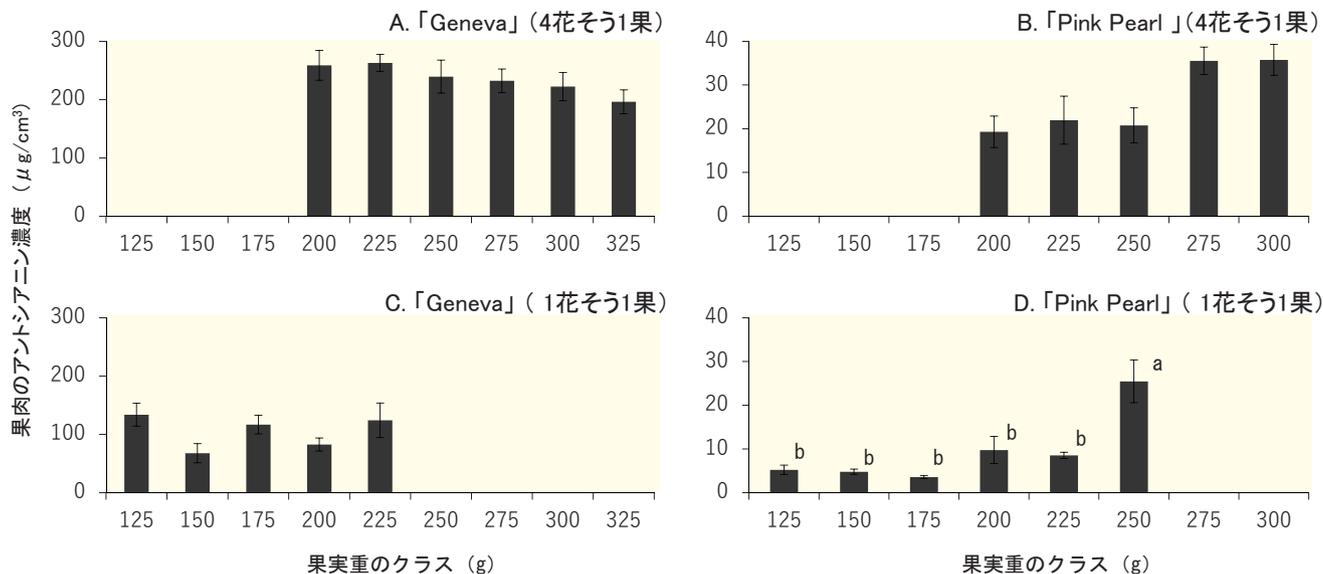


図-1 着果負担の異なる樹における果実の果肉のアントシアニン濃度
 岩手県盛岡市で収穫された果実で2014年に調査。図の値は、平均値±標準誤差を表す。
 果実中のクラスで例えば150と表示されているクラスには126-150gの果実が含まれる。
 異なるアルファベット文字はTukey法により5%水準で有意差あり、アルファベットなしは有意差なしを表す。

2. 着果負担の影響 —ならせ過ぎは禁物—

リンゴでは一つの花そうに四つから六つほどの花が咲く。この花をすべて結実させると、着果負担が大きくなり、販売には向かない小さくて糖度の低い果実が数多くなってしまいます。そこで、実際の栽培では、花または幼果の段階で摘花・摘果を行い、着果数を減らして一つの果実を大きくするのが慣例である。一般的には、4花そう1果（一つの花そうの中の果実を一つだけ残し、残り三つの花そうの果実はすべて落とす）が標準な着果基準である。着果負担の差が赤果肉リンゴの赤さにどのように影響するかを調べるため、原因遺伝子の異なる2品種、「Geneva」（タイプ1）および「Pink Pearl」（タイプ2）を用いて、着果負担が4花そう1果（一般的な着果基準）の樹と1花そう1果（着果数が4倍多い）の樹を作り、果肉のアントシアニン濃度を比較した。その結果、一般的な着果

基準の樹の果実の方が、1花そう1果の樹よりも果実が大きくなるだけでなく、果肉のアントシアニン濃度が数倍高くなることが明らかとなった（図-1）。したがって、果肉が赤い果実を生産するためには、ならせ過ぎは禁物で、標準的な着果基準で栽培することが重要であることがわかった。また、両品種ともに、一般的な着果基準の樹では、1花そう1果と比較して、果実の糖度に差はないが、酸度は高くなる傾向が観察された（データ略）。

3. 光環境の影響 —陽が当たると赤くなる—

次に、着果基準によって果肉の赤さが異なることから、一般的な着果基準で着果させた場合に陽当たりが果肉の着色にどのように影響するかを調べた。「Geneva」および「Pink Pearl」の樹から日向と日陰の果実をそれぞれ分けて収穫し、果肉のアントシアニン濃度を比較した結果、両品種ともに、よく陽の当たった果実の方が日陰

の果実よりも果肉が約1.6倍赤くなることがわかった（図-2）。一方で、果実を完全二重袋で収穫時まで被覆しておくと、両品種の果実で約60%程度のアントシアニンが蓄積されることもわかった（データ略）。通常の果皮が赤いリンゴ（着色性の*MdMYBA*を持つ）では、果実に光が当たらないと果皮は全く着色しないことが知られている。果実を着色開始前に完全二重袋で被覆しておくと、果皮でアントシアニンが合成されず、果実は青いままである。したがって、果皮とは異なり、果肉では光が当たらなくても一定レベルのアントシアニンが生成されることがわかる。しかし、より果肉が赤くなるためには果実に十分な光が当たることが重要で、赤果肉リンゴの果肉におけるアントシアニン生合成に光は補完的な役割を果たしているということができる。

なお、前項2.の着果負担の調査は2014年に実施し、この光環境の調査は2015年に実施したが、「Geneva」では2015年の方が全般的に着色が悪

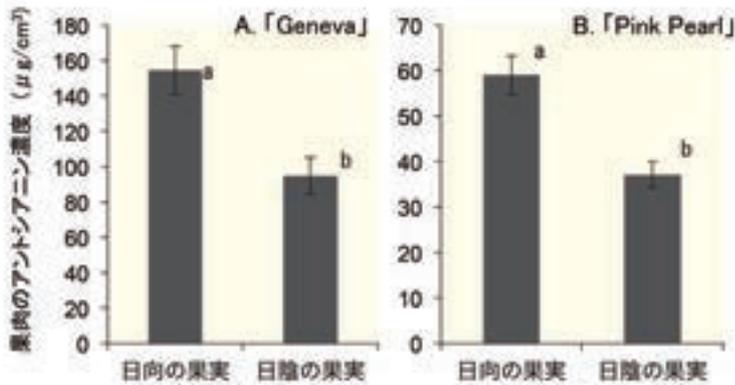


図-2 光環境の異なる果実のアントシアニン濃度
岩手県盛岡市で収穫された果実で2015年に調査。図の値は、平均値±標準誤差を表す。異なるアルファベット文字はt検定により5%水準で有意差ありを表す。

長野県須坂市



岩手県盛岡市

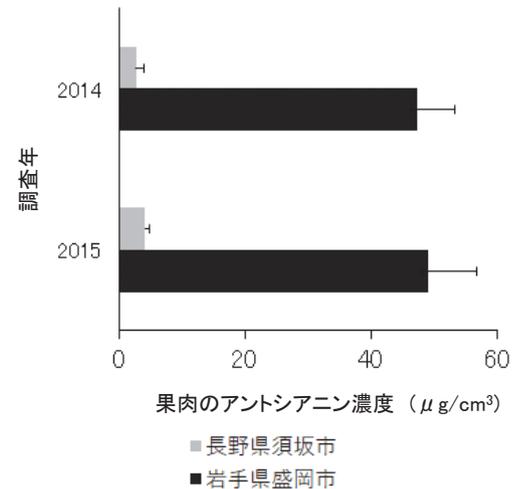


図-3 長野県須坂市および岩手県盛岡市で収穫された「Pink Pearl」の果実
左：写真は2015年の果実を撮影したもの、右：果肉のアントシアニン濃度の比較

く、図-2Aのアントシアニン濃度の値が図-1Aの値よりも低くなっている。一方で、「Pink Pearl」については、両年で果肉の着色に大きな差は見られなかった。

4. 気温の影響 —低温で赤くなる—

赤果肉リンゴの果肉の着色が生育地によってどの程度異なるのかを、岩手県盛岡市（年平均気温10.2℃）および長野県須坂市（同11.9℃）で収穫された「Pink Pearl」を用いて比較した。その結果、岩手県盛岡市で収穫された果実の果肉のアントシアニン濃度は長野県須坂市のものよりも10倍以上高いことがわかった（図-3）。長野

県須坂市での「Pink Pearl」の収穫期は、例年8月下旬であり、岩手県盛岡市の方が1週間ほど遅い。さらに、開花直後から収穫期までの間、岩手県盛岡市の方が気温が低く推移する。したがって、生育期間中の気温の低さが果肉でのアントシアニン合成を促進すると考えられる。

5. 赤果肉リンゴ新品種の紹介

農研機構果樹茶業研究部門で育成された「ローズパール」および「ルビースイート」は、いずれもタイプ2の赤果肉リンゴ品種で、片親が「ふじ」となっている。赤果肉リンゴ側の親品種は、それぞれ「Pink Pearl」と「JP114069」（遺伝資源の系統）であ

る。この新品種の果実形質を「Pink Pearl」および「ふじ」のものと比較した結果が表-2である。いずれも、「ふじ」と一代交配することで糖度が上がり滴定酸度が下がり、食味が大幅に改善されていることがわかる。「ルビースイート」の滴定酸度は0.36で、「ふじ」の0.42よりも低い。したがって、「ルビースイート」は生食向きであるといえる。「ローズパール」は、滴定酸度が0.52であり適度な酸味を有していることから、生食だけでなくジュースやジャム等の加工にも向いている。ただし、「ルビースイート」については、成熟期の気温が高い場合には着色が劣る可能性が指摘されており、この点について今後さらに調査を進める必要があると考えられる。

表-2 赤果肉リンゴの果実形質の比較

品種	果実重 (g)	硬度 (lbs)	糖度 (°Brix)	滴定酸度 (g・100mL ⁻¹)
Pink Pearl	312	14.2	12.2	1.20
ローズパール	407	15.0	14.3	0.57
ルビースイート	472	13.8	14.7	0.36
ふじ	352	16.9	15.2	0.42

「Geneva」および「Pink Pearl」を用いた研究により、赤果肉リンゴの果肉をより赤くするためには、通常の果皮の赤いリンゴと同様に、摘果を行った上で果実によく陽を当てること、生育期間中の気温が低い地域で栽培することが重要であることが明らかとなった。今回紹介した「Geneva」および「Pink Pearl」は、いずれも早生品種であり、リンゴとしてはまだ気温が高いうち収穫期を迎えるため、特

にその年の夏期の気温の影響を受けやすいと考えられる。気温が下がってから収穫期を迎える他の中生品種や晩生品種では、生育地の違いによってどの程度果肉の着色に差が生じるのか等、今後試験研究が進み新たな知見が得られることを期待したい。

参考文献

阿部和幸ら 2017. リンゴ新品種‘ローズパール’. 農研機構研究報告果樹茶業研究部門

(1) 9-17.

阿部和幸ら 2018. リンゴ新品種‘ルビースイート’. 農研機構研究報告果樹茶業研究部門 (2) 9-18.

Honda, C. and S. Moriya 2018. Anthocyanin biosynthesis in apple fruit. The Horticulture Journal. 87, 305-314.

Honda, C. et al. 2017. Thinning and bagging treatments and the growing region influence anthocyanin accumulation in red-fleshed apple fruit. The Horticulture Journal. 86, 291-299.

統計データから

平成 30 年産水稲の都道府県別の田植の状況

農林水産省が8月15日現在で取りまとめた平成30年産水稲の田植の状況を表に示した。

表中の田植期の始期、最盛期、終期とは、田植の面積割合がそれぞれ5%、50%、95%に達した期日である。わが国の田植は、2月18日の沖縄県の一期作の始期から、7月4日の熊本県の終期まで、約5カ月に渡って行われている。

この表から田植の時期の大まかな傾向を見ると、3月に田植の終期を迎えた沖縄県から順次、南九州の宮崎県、鹿児島県、四国の太平洋側の高知県、徳島県の早期作と進み、千葉県、三重県が4月中旬に最盛期を迎えている。

そして、5月上～中旬にかけ、北陸、関東、東北と順次北上し、5月23日には北海道で最盛期を迎える。その後は逆に、近畿、中国、九州へと南下する。最盛期が5月中のところが全体の約半数の51%、6月中が35%を占めている。

田植の始期から終期まで田植期間が40日以上に及んでいるところは、東日本の栃木、埼玉、静岡、愛知、岐阜、西日本の和歌山、岡山、山口、香川、徳島(普)、愛媛と、九州の福岡、佐賀、大分、熊本の各県である。一方、田植期間が20日以内に集中しているところは北海道に、東北の青森、秋田、岩手、宮城、山形、北陸の新潟、富山各県と、宮崎県の早期作となっている。(K.O)

平成 30 年産水稲の都道府県別の田植の状況 (8月15日現在)

都道府県	田植期(月・日)			都道府県	田植期(月・日)			都道府県	田植期(月・日)		
	始期	最盛期	終期		始期	最盛期	終期		始期	最盛期	終期
沖縄(一)	2.18	3.8	3.27	島根	5.1	5.16	6.3	山口	5.11	6.1	6.22
宮崎(早)	3.20	3.25	4.5	岩手	5.10	5.17	5.23	愛媛	4.23	6.1	6.22
				福島	5.8	5.17	5.26	神奈川	5.18	6.2	6.12
鹿児島(早)	3.18	4.3	4.16	広島	5.4	5.18	6.5	兵庫	5.12	6.3	6.15
高知(早)	4.2	4.11	4.21	山形	5.14	5.19	5.27	和歌山	5.2	6.3	6.17
徳島(早)	4.6	4.16	5.2	静岡	4.27	5.19	6.11	岡山	5.11	6.7	6.20
千葉	4.18	4.27	5.11				大阪	5.17	6.8	6.20	
三重	4.17	4.30	5.19	青森	5.15	5.21	5.28	奈良	5.7	6.8	6.14
				埼玉	4.28	5.21	6.25	東京	5.28	6.10	6.26
石川	4.29	5.4	5.23	京都	5.5	5.22	6.6				
茨城	4.26	5.5	5.24	長野	5.12	5.22	6.2	大分	5.16	6.12	6.28
栃木	5.1	5.6	6.14	北海道	5.18	5.23	5.30	群馬	5.21	6.13	6.26
滋賀	4.30	5.8	5.29	秋田	5.15	5.23	5.30	長崎	4.21	6.13	6.28
新潟	5.4	5.10	5.20	愛知	4.30	5.23	6.10	熊本	4.22	6.14	7.3
宮城	5.3	5.11	5.22	徳島(普)	5.2	5.23	6.13	香川	4.28	6.15	6.28
富山	5.1	5.12	5.18	鳥取	5.6	5.26	6.7	宮崎(普)	5.30	6.15	6.27
福井	5.1	5.15	5.27	高知(普)	5.17	5.27	6.13	福岡	5.15	6.16	6.27
				山梨	5.13	5.28	6.18	佐賀	5.5	6.19	6.29
				岐阜	5.2	5.28	6.10	鹿児島(普)	6.10	6.20	7.1

注：田植期の始期、最盛期、終期とは、田植の面積割合がそれぞれ5%、50%、95%に達した期日。
注：表中の地域区分は気象庁の区分に従い色分けした。

- 北日本は北海道、東北
- 東日本は関東、北陸、東海(三重県を除く)
- 西日本は九州、四国、中国、近畿、三重県

住友化学株式会社 健康・農業関連事業研究所 加西試験農場 (加西編)

前号で紹介した住友化学(株)の健康・農業関連事業研究所(宝塚)から西に60km, 高速利用で約1時間の距離にある加西試験農場(兵庫県加西市)を8月29日に訪問した。こちらは宝塚地区とは対照的に、農村地帯のなかにあり、緑に取り囲まれている。

この加西地区には、神戸大学大学院農学研究科附属食資源研究センター(農牧場)、兵庫県立農林水産技術総合センター、当協会の兵庫試験地など、農業関係の試験研究機関が集中している。

加西試験農場は1981年4月の開設で、2012年5月に本館(2階建; 図-1)が建設された。農場というより、研究所にふさわしい充実した施設である。

加西試験農場の3つの役割

その1は、農業事業のグローバルリサーチセンターとして、特に、新規除草剤開発に関してのグローバルの中心的な役割を担う。ここを拠点に、国内外の試験データが一元的に管理され、開発の方向付けが行われる。宝塚の研究所本体や海外拠点とのコミュニケーションは、テレビ会議を通じて円滑に行われ、離れているデメリットはないという。

また、新しい農業技術の基盤研究も担う。例えば、ドローンを活用した撮影画像解析による除草効果評価への応用、ハイパースペクトルカメラによる波長分析による植物体のストレス解析、さらにはマルチデータロガーによる圃場の温度や湿度、日照データのリモートセンシング

などの研究を行っている。

その2は、国内向けの農業・肥料に関する実用評価を行う研究拠点であり、技術面からの営業普及支援や農業技術教育も行う。

その3は、西日本における社内試験圃場としての役割である。東日本は2007年に開設された真壁試験農場(茨城県桜川市)が担当する。水稻の作型でいうと、真壁は5月田植え、加西は6月田植えと、時期が異なる。また、水稻に対する薬害の出方は、加西の方が強く出る傾向にあるという。

試験圃場の概況

敷地は水田・畑4.8ha(うち借地が農場の前の道路を挟んで2.2ha)、果樹園1.3ha、池、建物他4.0haである。施設は温室10棟23a、ハウス26棟31a。建物は本館(実験棟)、作業舎3棟、栽培準備室、乾燥収納舎、農機庫などである。

ここでは、農業用殺虫・殺菌剤や、肥料・資材(灌水チューブ、農業用フィルム)、有用昆虫に関する実用評価の圃場試験を行うため、水稻、トウモロコシ、ダイズ、棉、コムギ、サトウキビ等の主要作物が11種以上、タバコ、イタリアンライグラス、バラ、レンコン等の工芸・飼料作物、野菜類が12種以上、ブドウ、モモ、リンゴ、温州みかん、茶、ナシ等の果樹類など、様々な試験用作物を栽培する。リンゴなど立地条件からして品質の良い果実の収穫は無理でも、病害虫の試験には十分

公益財団法人日本植物調節剤研究協会
顧問

小川 奎



図-1 加西試験農場の本館(実験棟)

供試できるという。これらの栽培管理等は、同じ本館内にある子会社の住化テクノサービスに委託している。

農機庫(図-2)には、レーザーレベラーを搭載できるキャタピラトラクター、収量計測コンバイン、最新鋭の田植機等、多くの大型農機類が格納され、その充実振りに驚く。農作業はなるべく人手に頼らないよう機械化を進めているという。

ここで働くスタッフは総勢57名である。住友化学の研究員が29名、研究補助を担う住化テクノサービスが28名である。

2階建の本館は床面積2,503㎡で、1階は会議室、休憩室、薬剤調製室、散布室、2階は執務室、TV会議室、殺虫剤実験室、殺菌剤実験室、除草剤実験室などである。

1階の実験室の配列は、薬剤処理作



図-2 農機庫

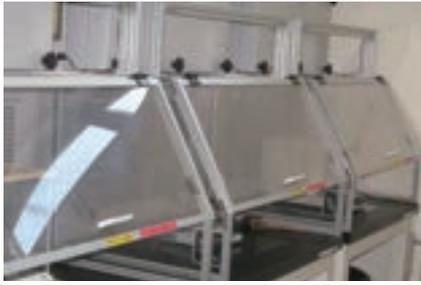


図-3 薬液秤量用ドラフト

業の動線に沿った設計となっている。まず、暗証番号で開閉する農薬サンプル保管庫を出発点に、それに隣接して6台のドラフト(図-3)を備えた薬剤秤量室、そして薬剤調製室と続き、ここからは薬液を手でもって運ぶことから、自動ドアを通じて薬剤散布室に向かう。廊下を通らずに済む合理的な配置である。

散布室では、ベルトコンベヤーを備えたチェンバー内の自動薬液散布装置(図-4)を稼働させ、連続的に供試植物への薬剤処理を行う。本装置は濃度や化合物の違うサンプルも連続的に処理できる。処理が終了する度に散布器具は水で洗浄され、チャンバーのなかにも洗浄液が散布され、コンタミ防止の工程も組み込まれている。

散布室は2棟の温室と直接繋がっており、処理済みの供試植物はそのまま温室に直行し、所定のベンチに置かれる。

その他、分析室には高速液体クロマトグラフィーや、CCD顕微鏡、穀粒判別機その他、PCRも整備されている。PCRは抵抗性雑草の判別に使用され、研究者全員が使いこなすという。

また、実験棟の屋上には、ソーラーパネル486枚が設置され、全体の使用電気量の1/3を賄う能力がある。

新農薬の開発ステージ短縮の鍵を握る生物評価

新農薬の開発過程とそれに要する年数は、一般的には次のようである。第1ステージの新規化合物の分子設計、



図-4 自動薬液散布装置

合成、生物評価からなるスクリーニングにX年、第2ステージの効力・作物薬害をみる小規模圃場試験と、製剤の初期検討、安全性・環境予備調査から、特許出願、市場調査を含める実用性評価に2~3年を要する。そしてこの段階で開発が決定されると、次に開発登録申請のためのデータ取得のステージに入る。ここで、長期安全性や環境試験データをはじめ、製剤処方・工業的製法の確立、大規模圃場試験による効力・作物薬害試験と施用基準のすべてが揃うのに3~5年を要し、その後、登録申請、審査の2~3年を経て登録となり、上市、製造、販売へと展開する。

このような新農薬の開発ステージのなかで、実用評価以降は一定の年数がどうしても必要となる。ある程度特性が分かっている化合物については、スクリーニングの初期段階をスキップし進めるが、第1ステージの生物評価に要するX年の短縮が基本的な命題である。その大きな鍵を、生物評価系の効率的・効果的なスクリーニングが握っている。

除草剤のスクリーニング

(1) 1次スクリーニング

合成された新規化合物から、そのリード化合物の最適化が図られ、候補化合物が選ばれる。1次スクリーニング(図-5)の生物評価に供される化合物は、研究所オリジナルの合成化合



図-5 1次スクリーニング

物に加え外部からの導入化合物および購入化合物も対象となる。初期の探索過程における微量な試験化合物は、宝塚でのマイクロスクリーニングに供される。広葉雑草およびイネ科雑草を用いて初期の除草活性を評価する。

ここから舞台は、11名のスタッフが担当する加西試験農場に移り、小型植物体を用いた1次スクリーニング系にて評価する。1次ではイネ、ムギ、ダイズの雑草に対する除草活性について、1~3薬量を設定し、生育期(POST)および出芽前土壌(PRE)処理効果を同時に評価する。畑作は海外向け、水田は国内向けを狙いに、それに応じた雑草種を供試する。POST処理では畑作の各種のイネ科草種、広葉雑草種、水田雑草種、PRE処理でも各種のイネ科・広葉雑草種を供試する。

(2) 2次スクリーニング

2次スクリーニングでは、1次から1/10程度に絞られた化合物について、作物薬害と除草活性を評価する。ここからは作物に対する選択性の評価も加わり、対象作物は冬作、夏作、水田作ごとに選ばれる。処理薬量は濃度の幅を設け、低薬量での優劣を評価のポイントにする。ここから担当者の分担が明確になる。

冬作の対象作物はコムギで、ヨーロッパでの栽培品種を供試する。ここでは、海外で問題となっている雑草や抵抗性雑草を含め、複数種の冬雑草を供試する。低温に制御された温室だけでなく、一部はインキュベーター内で



図-6 2次スクリーニング(POST および PRE)もスクリーニングする。

夏作では、ダイズ、トウモロコシを対象作物として、冬作と同様にグローバルに問題となる複数種の夏雑草を供試する。国内の水稲用では、わが国の主要な水田雑草を複数種を供試し、湛水滴下または茎葉処理を行う(図-6)。

(3) 高次スクリーニング

1次、2次スクリーニングは固定された条件で定期的に行うものであるが、5~20の化合物に絞られてくる高次スクリーニングでは、ポット試験を中心に適応性に繋がるより幅広い条件での評価を行う。そこでは難防除雑草や抵抗性雑草を含む殺草スペクトラム、散布タイミング(処理葉齢)、残効性、セイフナー(薬害軽減剤)との混用、展着剤との混用、製剤検討、さらには屋外でのポット試験などが実施され、除草剤としての開発の可能性や方向性が明確になる。

このなかで、抵抗性雑草種に対する評価を重視している。世界各地の研究拠点のグローバルネットワークを通じ、国内外から除草剤の作用機構に基づく分類の各種薬剤に対する感受性が低下した薬剤抵抗性雑草などを収集、プロファイリングしている。それらはケースに応じてスクリーニングに供試される。このような海外からの導入種子は特定外来生物には指定されていないが、逸散しないよう自主規制を設けて、その取扱いは厳重にしている。

その後、社内(加西、真壁試験農場)での圃場試験をはじめ、アメリカ、フ



図-7 勤所を説明する定由直 主席研究員
ランス、ブラジル、日本(借地・非公開委託)での社外試験を実施する。

なお、年間使用する雑草種子は前年の秋に使用計画を立て、購入も含めて自前で揃え、低温の種子保管庫(図-8)に保存している。また、試験用の培土は用途に合わせたものを購入して使用している。

新剤開発は、このような膨大なスクリーニングを10年繰り返してやっと一つ上市できるかどうかという気の遠くなる作業の繰り返しである。社会的貢献という遣り甲斐や、これまでの開発の成功ストーリーに勇気づけられながら、目の前の一つ一つの貴重な発見を積み重ねて乗り越えて行くという。

作業者の安全管理の徹底

スクリーニング初期の化合物は、安全性が明らかになっていないため、その扱いには注意が払われている。

薬剤散布は、人手が関わらない自動薬液散布装置を用い、閉鎖空間で行う。さらに、作業する研究員は防護用の眼鏡、ゴム手袋や白衣を着用し、薬剤に触れないよう細心の注意が払われている。

圃場で薬剤散布する際には、急性毒性等はクリアされているもののデュポン製のタイベックス(Tyvex)の防護服を着用する。これは散布者だけでなく、ドリフトを防ぐ囲いを持つ補助者を含めて着用する。さすがに暑い夏場には、涼しい早朝に散布作業するという。また、外来者のために、現在どのエリアで薬剤散布が行われているかを示す掲



図-8 種子保管庫

示板を、玄関ホールに設置している。

特に、この夏は猛暑の日が続いているが、その熱中症対策も取られている。水分補強は勿論であるが、各人が温度と湿度が計測できる小型のモニターを携帯する。モニターの熱中症危険度を示す警告ランプが点灯すると、作業を一時中断し、休憩をとるようにしている。車が傍にある場合は、エンジンを始動し冷房を作動して、休憩することも認められている。また、圃場の各所に日影となるパラソルを配置し、一時の休憩場所を確保している。

研究員の執務室は本館2階で、部署ごとの仕切りのない大部屋であるが、社員の出入を示す電子掲示板が設置されている。すべての氏名が表示され、在室は青色、会議は橙色、出張は桃色、圃場は緑色、退社は灰色のランプが点灯し、社員全員の勤務状況を全体で把握でき、社員の安全管理に役立つという。このように、この職場での社員の安全管理に対する意識は高い。

最後に、宝塚でお世話になった用具広幸氏、棕本藤夫氏、叶治氏に加え、加西試験農場テーマリーダー(主席研究員)定由直氏には、除草剤のスクリーニングについて、特に詳細に説明をしていただき、今後の水稲除草剤開発を心強く感じた訪問であった。ここに心より感謝したい。また、2日間に亘る健康・農業研の訪問、取材であったが、その機能を十分に表現し切れていないことが心残りである。

注) 同行者:(公財)日本植物調節剤研究協会
野村卓史, 仮谷道則

関東以西の水田での問題雑草

ホソバヒメミソハギ

協友アグリ株式会社 普及営業部
徐 錫元

近年、ダイズ畑では帰化アサガオ類等が、また、ムギ畑ではネズミムギやカラスムギ（浅井 2015; 清水ら 2001）が問題となりその防除に苦慮している。一方、水田でも熊本県等の九州地方ではナガボノウルシ、関東以西ではヒレタゴボウやホソバヒメミソハギ (*Ammannia coccinea* Rottb.) 等が問題となっている（浅井 2015; 森田ら 1992; 徐 2017, 2018; 清水ら 2001）。これらは、海外からの飼料・藁等の輸入に際して混入してきたものと考えられる。

その中、ホソバヒメミソハギはミソハギ科ヒメミソハギ属の熱帯アメリカ原産の一年生草本で、南北アメリカ、北アフリカ、南ヨーロッパ、アジアの熱帯から温帯にかけて帰化している（浅井 2015; 清水ら 2001）。日本では 1952 年に長崎県佐世保市で見いだされ、現在では関東以西の水田・休耕田・沼地に広がっている。同科同属の雑草としては、在来種のヒメミソハギや、北アメリカ原産で 1968 年に鹿児島県で確認された後、西日本に広がったナンゴクヒメミソハギがある。また、同科キカシグサ属にはキカシグサがある。

形態的特徴

草高は 50cm から 100cm。葉はやや革質、細い披針形で無柄、長さ 3～8cm、幅は 0.4～1cm、基部は耳状で断面の四角い茎に交互に対生する（清水ら 2001, 図-1,2）。上から見ると、十字形に見える。水中の茎下部は白い。夏期に葉腋から出た花序柄（0～2mm）に淡紫色の 4 弁花を数個つける。類似種のヒメミソハギは、花弁は 4 枚、赤紫でごく小さく、また、ナンゴクヒメミソハギは花序柄（3～10mm）が長い点等から種の区別がつく。これらの形態的な違いについては早川ら（2018）や森田ら（1992）の詳細な報告がある。

水田での発生と雑草害

ホソバヒメミソハギは、十分な湛水下では発生はほとんど見られないが、田面が露出する中干頃から見られる。また、同一圃場でも耕起・代掻きが不十分で田面が高くなった部分や畦畔際で発生してくる。この傾向は、同様に問題となっているヒレタゴボウ、ナガボノウルシ、さらにはクサネム等でも見られ、圃場によっては、これらと混在している（図-2 左）。また、三重県松阪市の 8 月中旬収穫の早期栽培圃場では稲

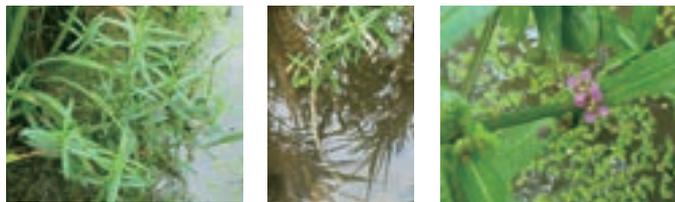


図-1 ホソバヒメミソハギの成植物（左）、茎下部（中）および花（右）
注）岡山市，2015年9月上旬



図-2 黄色花のヒレタゴボウと混在するホソバヒメミソハギ（左）と稲刈り後に発生したホソバヒメミソハギ（右）
注）左：岡山市，2018年9月上旬，
右：三重県松阪市，2018年10月中旬

刈り後に発生し、10月中旬頃の観察では草高が 10cm に満たないものでも着蕾・開花している（図-2 右）。西日本では、スクミリンゴガイ（ジャンボタニシ）による被害が深刻な問題になっている。この防除に浅水管理を行うため田面が露出しやすくなる点も、その多発の一因と考えられる。多発した場合、減収被害だけでなく、茎が太く硬いためにコンバインの故障原因ともなる。

防除

ホソバヒメミソハギに対する除草剤の効果は、薬剤や散布時期によっても異なるので（協友アグリ 2017; 伊藤 2018）、本種が問題となる地域では事前に、使用薬剤が適正であることを確認しておく必要がある。また、本種には SU 抵抗性バイオタイプが報告されている。防除は基本的にはこれに活性のある初期剤や一発剤を使用するが、中干頃から発生するため一発剤だけでは防除できないこともあり、ペンタゾン等の中・後期剤の散布、更には手取り除草が必要となってくる。手取りしたものは、種子が圃場内や畦畔に落下しないように、圃場周辺外に持ち出すことも重要である。

参考文献

- 浅井元朗 2015. 「雑草大鑑」. 全国農村教育協会, 東京, pp.17-336.
- 早川宗志ら 2018. 徳島県博物館研究報告 28,7-10.
- 伊藤雅仁 2018. 雑草と作物の制御 13,41-45
- 協友アグリ株式会社 2015. ピラクロニル NEWS7.
- 森田弘彦ら 1992. 雑草研究 37,74-77.
- 徐 錫元 2017. 植調 51(8), 29.
- 徐 錫元 2018. 植調 51(11), 6.
- 清水矩宏ら 2001. 「日本帰化植物写真図鑑」. 全国農村教育協会, 東京, pp.9-448.

「植調」には、これまで連続エッセイとして「植物の不思議を訪ねる旅」を寄稿してきましたが、2018年に私が公益社団法人日本植物学会より大賞をいただいたことを知った編集部より、それらの内容紹介の記事を書いたらどうかというお申し出をいただきました。それで、お言葉に甘えて大賞の内容に沿った稿を紹介させていただきます。内容は、今回の表題のとおり「植物の分化の全能性」と次回の表題「モデル植物細胞系」の2つの話題です。

植物の分化の全能性

植物の分化の全能性は、iPS細胞の出現により動物細胞でも全能性が論じられるようになってきている今日でも、植物の特徴的な性質であることには異論がないかと思いますが、私の研究はその基本概念の樹立に関するものです。そもそも、植物体を構成する体細胞を培養しようとするアイデアは1902年のハーバーランド (Gottlieb Haberlandt) の論文に遡り、それが実現するまでには多くの条件が達成される必要がありました。とりわけ、葉の細胞の培養に関する限り、1963年の時点でも否定的で、細胞組織培養の先駆者であるホワイト (Philip R. White) の著名なモノグラフでもそのように書かれていました (White 1963)。

私は大学院へ入って研究として志したのは、当時単離法が提出されたばかりのタバコ葉肉プロトプラストの培養でした。その動機は、細胞壁をもたないプロトプラストでは植物ホルモンの効果を直接的に見ることができるであろうという期待からでした。しかしながら、取りかかってみると、その時点では培養法が全く確立されていませんでしたので、まずは培養に取りかかり、その目途をつける必要があるということで研究を開始しました。それは大学院に入ったばかりの学生にとっては難問であったかもしれませんが、当時余り気にもならず挑戦しました。挑戦とは若者の特権であると、今にして思われる感慨です。当初は基本的な技術の一つずつ解決する必要があり、例えばプロトプラスト調製には酵素の使用が不可欠でしたが、その無菌化すら自ら解決する必要があり

ましたが、その他多くの乗り越える課題もありました。そして、しばらくの助走期間の後に、1969年の11月2日～5日の実験で、初めて葉肉プロトプラストの再現性ある培養法確立の手がかりが得られましたが、50年前のことです。要は実験材料とする植物体をいかに良く育てるかという基本的なことでしたが、それまで誰もそれを達成できていなかったのです。その途次に、なかなかうまくいかない先輩諸氏に相談すると、即座に「それは無理だよ」と異口同音で言われましたが、今や懐かしい思い出です。

タバコ葉肉プロトプラストの培養

その概要を示しますと、タバコ葉肉プロトプラスト (図-1) をオーキシンとサイトカイニンを加えた適当な培地に置くと、高率の細胞分裂の誘導 (図-2) を見ることができました。特に、寒天培地に埋め込むと高頻度のコロニー形成を達成することができ、あたかも微生物のように取り扱うことができました (図-3)。全てのコロニーは、再分化培地へ移すと茎葉分化が達成され、全て個体再生が可能でした (図-4,5,6)。

ところで、植物細胞の分化全能性は1960



図-1 タバコ葉肉プロトプラスト



図-2 タバコ葉肉プロトプラストで観察された細胞分裂

タバコ葉肉プロトプラストは培養に移すと細胞壁を再生し、細胞分裂を開始する。

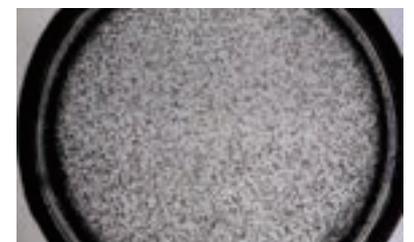


図-3 タバコ葉肉プロトプラストのコロニー形成

タバコ葉肉プロトプラストを寒天培地に埋め込むと、高頻度でコロニーを形成する。

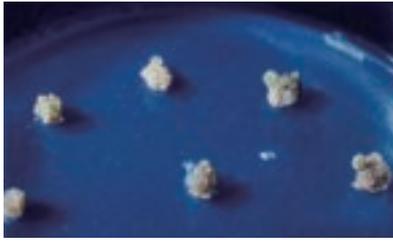


図-4 プロトプラスト由来コロニーよりの器官形成

図-3 で得られたコロニーを器官形成培地に移すと器官を形成する。この場合茎葉分化。



図-5 幼植物体の形成



図-6 プロトプラストより再生させたタバコ

年前後にスチュワード (F.C. Steward) 他により発表されていましたが、基本的な設問である一体組織を構成する細胞が、どの程度の頻度で分裂するかという問いに対してはほとんど情報がありませんでした。スチュワードらのニンジン根の培養報告では、分裂するのはたかだか5~8%であるとされていますので、残りの92~95%の細胞は分裂しないのかという疑問があります。しかし、私の葉肉プロトプラストの研究で明らかになったことは、葉のほとんど全ての細胞が分裂し、そのそれぞれから植物体が再生できるということで、分化の全能性は組織を構成するほとんど全ての細胞にあることを示したことでした。葉には、柵状細胞、海綿状細胞、表皮細胞がありますが、それらが分裂するという事です。なお、後に、オランダのグループが孔辺細胞でも分裂するという事を観察していますので、葉の全てといえるかと思いません。私どもの論文は、1970年と1971年に発表されましたが (Nagata & Takebe 1970, 1971), この「全ての細胞に分化全能性がある」という重要な論点はそこへ盛り込むことができませんでした。それから14~18年ほどして、それらの論文が Citation Classics に選定された時点では、エッセイも付けられるということで、そこにこの論点を含めることができました。これらの論文は、幸いなことに現在でもいわずば古典として引用され続けています。その上に、細胞融合や形質転換が加わり植物の体細胞工学へと発展して、一研究領域を形成し、植物バイオテクノロジーの重要なコアとなっていきました。

ただし、なお未解明の点もあり、その後の分子生物学手法の発展により、解決できる可能性が高くなっている点もありますので、それらの内の2点を以下に記します。

脱分化の機構

葉肉プロトプラストを用いて、新たに解決可能性が生じた課題とは、脱分化の初期過程の機構解明です。タバコ葉肉プロトプラストはオーキシシンとサイトカイニンの存在下で細胞分裂が誘導され、培養開始後72時間以内にG₀-G₁-S-M期の

進行が観察されています。今日細胞周期の進行に関わる遺伝子の発現機作は、次回紹介するタバコBY-2細胞のところでも述べるように詳細に明らかになってはいますが、G₀-G₁期への転換、即ち分化して細胞分裂を停止した細胞が、新たに分裂を再開することである脱分化については未だ明らかになっていません。この点、葉肉プロトプラストの培養系は均質細胞の集団であり、また進行が同調的であり、DNA合成は15時間目に観測され、細胞分裂は30時間までには観測されています。この過程を最近の分子生物学的解析手法を適用して解析すれば、その過程に関わる遺伝子群を網羅的に把握でき、機構解明が可能であると予想されますが、これはまだ達成されていません。

オーキシシンとサイトカイニンの役割

葉肉プロトプラストの培養にはオーキシシンとサイトカイニンが必須ですが、その役割については実は未だ明らかになっていない点があります。従来オーキシシンが主役でサイトカイニンは補助的であると考えられてきましたが、最近の私自身の調査によると、サイトカイニン単独である程度細胞周期の進行が起こり、部分的にDNA合成が開始し、その後の周期の完結と更なる進行にオーキシシンが必要とされるというデータが得られています。これらの興味ある点の解明が今後に持ち越されています。

この様に、タバコ葉肉プロトプラストの培養系は、なお、研究対象として魅力的な素材ですが、問題点はプロトプラストの調製と培養法の基本が複雑で、それを習得した人がほとんどいないことで、その点が私にとって最も悩ましい点です。

文献

- Nagata, T. and I. Takebe 1970. *Planta* 92, 201-208.
 Nagata, T. and I. Takebe 1971. *Planta* 99, 12-20.
 White, P.R. 1963. *The cultivation of animal and plant cells.* Ronald Press.

暖地の直播栽培における漏生イネ防除体系の実証試験

小荒井晃 (農研機構 中央農業研究センター)

総合討論

参加申し込み

所定の参加申込書にて、平成31年2月18日(月)必着

植調協会事務局 企画課 村岡(下記)宛に申込下さい。

TEL 03-3832-4188 FAX 03-3833-1807

研究会等

平成30年度植調関東支部雑草防除研究会・関東雑草研究会
合同研究会

日時:平成31年3月15日(金) 10:00-17:00

場所:東京農業大学世田谷キャンパス アカデミアセンター
横井講堂

東京都世田谷区桜丘1-1-1

内容:

10:00-12:00 関東雑草研究会講演会「薬用植物と雑草」

雑草のアレロパシー活性と薬用植物

藤井義晴(東京農工大学)

身近な薬用植物

倪 斯然(東京農業大学)

カラスビシャク(生薬「半夏」)の栽培研究について(仮題)

尾崎和男(大阪薬科大学)

カンゾウの国内栽培を目指した除草技術の開発(仮題)

五十嵐元子(医薬基盤・健康・栄養研究所 薬用植物
資源研究センター)

13:45-17:00 植調関東支部雑草防除研究会「雑草イネ・

漏生イネ防除の最近の話題」

イノベ強化事業28020Cの紹介と雑草イネ・漏生イネ防除
技術マニュアル

内野 彰(農研機構 中央農業研究センター)

雑草イネ・漏生イネ防除に有効な除草剤と利用方法

橋本仁一(日本植物調節剤研究協会 研究所 千葉支所)

雑草イネ・漏生イネ発生圃場の広域検出技術の開発

渡邊 修(信州大学 農学部)

宮城県の直播栽培における漏生イネ防除体系の実証試験

大川茂範(宮城県古川農業試験場)

茨城県の乾田直播栽培における雑草イネ防除体系の実証
試験

大橋俊子(茨城県農業総合センター 農業研究所)

長野県の雑草イネ発生地域における防除技術体系の実証
試験

青木政晴(長野県農業試験場)

編集後記

平成も最後となった2019年は、東京では年明けから
ずっと好天が続いています。天変地異の連続であった
平成が終わり、新しい年となり、天気の良い日が続く
と心がうきうきしてきます。このような日が続くこと
を願うばかりです。

1月号では、環境変動に関する記事が並びました。大
気中の二酸化炭素濃度が上昇している環境下ではコメ
の収量にどのように影響しているのかという記事のほ
か、ブドウの着色の及ぼす気温の影響や、最近増えて
きた赤果肉リンゴの栽培に及ぼす光環境に関する記事
が掲載されています。

その他、ハウレンソウの機械収穫に影響する雑草混入
の抑制技術の記事も掲載しました。

また、先月号に続き、研究所訪問の記事を掲載しま
した。昨年、住友化学の宝塚研究所を訪問したのにつ
づき、加西試験農場も訪れておりますが、今月は加西
試験農場の訪問記となります。初回に取り上げた日産
化学株式会社生物科学研究所とはまた異なる風土があ
りました。この訪問記はさらなる進化を遂げていくも
のと信じております。(編集子)

植調第52巻 第10号

■ 発行 平成31年1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 宮下 清貴

■ 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)
- ツルギフロアブル(ベンゾピシクロン)
- ニトウリュウ/テッケン1キロ粒剤/ジャンボ(ベンゾピシクロン)
- モーレツ1キロ粒剤/ジャンボ(ベンゾピシクロン)
- クサビフロアブル(ベンゾピシクロン)
- ゲパード1キロ粒剤(ベンゾピシクロン/ダイムロン)
- 天空1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾピシクロン)
- メルタス1キロ粒剤(ベンゾピシクロン)
- レプラス1キロ粒剤(ダイムロン)
- 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(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(ダイムロン)
- ベンケイ1キロ粒剤/豆つぶ250/ジャンボ(ベンゾピシクロン)
- オオワザ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾピシクロン)
- ザンテツ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)
- 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)
- ホットコンビフロアブル(テニルクロール/ベンゾピシクロン)



「ベンゾピシクロン」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!

- | | |
|--------------------------------|--|
| 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) | テラガード(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ/250グラム) |
| ウエスフロアブル | トビキリ(ジャンボ/500グラム粒剤) |
| オークス(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) | 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 |
| キチット(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) | 半蔵1キロ粒剤 |
| クサスイープ1キロ粒剤 | フォーカード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) | フォーカスショットジャンボ/プレッサフロアブル |
| サスケ-ラジカルジャンボ/レオンジャンボパワー | プラスワン(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) |
| サンシャイン(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) | 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/ジャイブ/タンボエース(1キロ粒剤/ジャンボ/スカイ500グラム粒剤) |
| シリウスエグザ(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ/顆粒) | プレキープ(1キロ粒剤/フロアブル) |
| シリウスターボ(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) | ビッグシュアZ1キロ粒剤 |
| シロノック(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) | ピラクロエース/カリユード(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) | ライジンパワー(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/>



水稲用一発処理除草剤

除草効果、安全性、使い勝手で選ぶなら…

バッチリ 1キロ粒剤
フロアブル
ジャンボ

バッチリ効果にノビエへの
持続性をさらに強化!!

バッチリ
LX 1キロ粒剤
フロアブル
ジャンボ



水稲用一発処理除草剤「公益財団法人 日本植物調節剤研究協会(日植調)」調べ
平成30年度普及面積1位133,578ha(平成29年10月～平成30年6月)
過去の日植調調べから、平成23年度～平成30年度8年連続普及面積1位
※普及面積はバッチリブランド(バッチリ、バッチリLX、デルタアタック)の合計です。
※バッチリLXとデルタアタックは同じ成分です。

®は協友アグリ(株)の登録商標です。

JAグループ
農 協 | 全農 | 経済連

協友アグリ株式会社
東京都中央区日本橋小網町6-1
http://www.kyoyu-agri.co.jp

- 使用前にはラベルをよく読んでください。
- ラベルの記載以外には使用しないでください。
- 本剤は小児の手の届く所には置かないでください。
- 空容器・空袋は圃場などに放置せず、適切に処理してください。



省カタイプの高性能
水稲用初・中期
一発処理除草剤

問題雑草を
一掃!!

この一本が
除草を変える!

日農 **イッポン**®
1キロ粒剤75・フロアブル・ジャンボ



<写真はイメージです>



日農 **イッポンD**®
1キロ粒剤51・フロアブル・ジャンボ



DN協議会

事務局 日本農薬株式会社

AVH-301

ホクコーのテフリルトリオン混合剤

新登場!! 水稲用一発処理除草剤

キマリテ

その雑草 待たなし! 先手必勝!!



1キロ粒剤



フロアフル



ジャンボ

水稲用中・後期除草剤

ワイドショット

1キロ粒剤



湛水散布可能な
中後期剤。
SU抵抗性雑草・
多年生雑草に有効!

JAグループ
農協 | 全農 | 経済連
登録商標 第4702316号

北興化学工業株式会社

®は北興化学工業株式会社の登録商標

待望の新刊

全農教
観察と発見
シリーズ



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



新規有効成分フェノキサスルホンは発生前～2.5葉期までのノビエにしっかりと、長く効果を発揮し、一年生広葉雑草の後発生も抑えます。

フェノキサスルホン含有の新しい除草剤を、ぜひお試しください。

フェノキサスルホン含有除草剤ラインナップ

ガンガン

クサビ
(北海道のみ)

クサコ

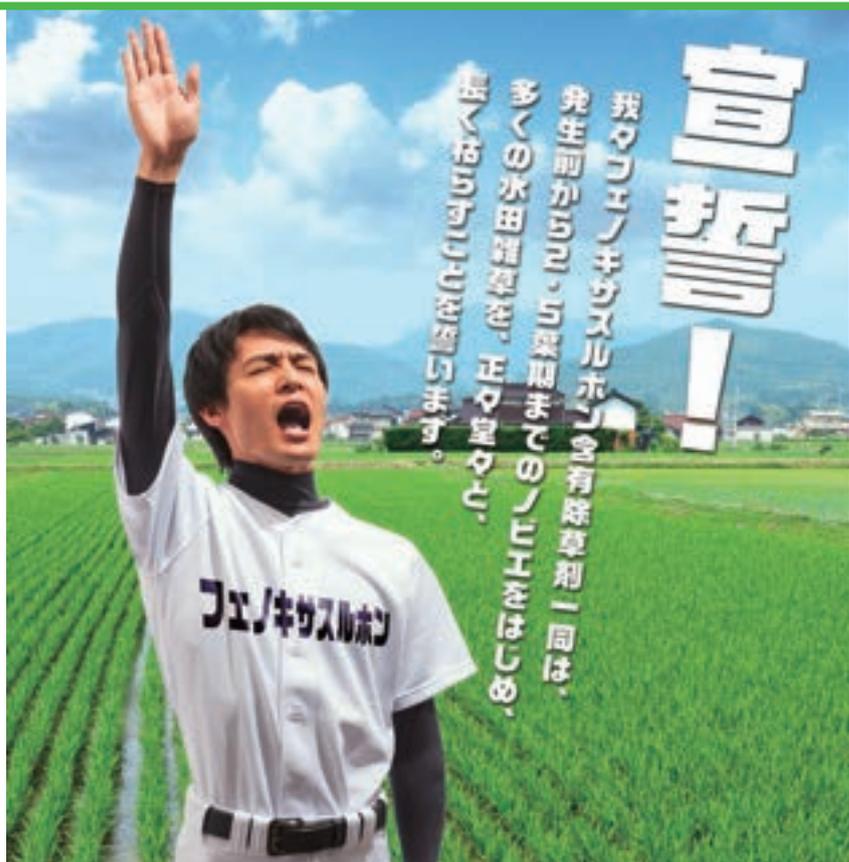
ベンケイ

ヤブサメ

- 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。●防除日誌を記録しましょう。



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 TEL03-3822-5036
ホームページ <http://www.kumiai-chem.co.jp>



我々フェノキサスルホン含有除草剤一同は、発生前から2.5葉期までのノビエにしっかりと、長く効果を発揮し、一年生広葉雑草の後発生も抑えます。

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

ブレキープ® 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

ゼンイチ® MX 1キロ粒剤/ジャンボ®

フルパワー® MX 1キロ粒剤/ジャンボ®

スゲイチ® A 1キロ粒剤

ヒエカッパ® A 1キロ粒剤

フルパワー® ジャンボ®

フルニンガ® ジャンボ®



フルセトスルフロロン剤
ラインナップ

ナイスドリル® 1キロ粒剤

乾田直播専用 **ハードパンチ**® DF

石原産業株式会社

販売 石原バイオサイエンス株式会社

ホームページ アドレス
<http://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。

- 大好評の除草剤ラインナップ
- ゼータタイガー[®] 1キログラム シャンボフロアブル
 - ゼータハンマー[®] 1キログラム シャンボフロアブル
 - ズエモン[®] 1キログラム シャンボフロアブル
 - カットダウン[®] 1キログラム 粒剤
 - ゼータワン[®] 1キログラム シャンボフロアブル
 - メガゼータ[®] 1キログラム シャンボフロアブル
 - ゼータファイヤ[®] 1キログラム シャンボフロアブル
 - ブルゼータ[®] 1キログラム シャンボフロアブル
 - オサキニ[®] 1キログラム 粒剤
 - シヨクリョクS[®] 粒剤
 -  1キログラム シャンボフロアブル
 - イッテリ[®] 1キログラム シャンボフロアブル
 - シヨクリョク[®] ジャンボ
 - ドニチS[®] 1キログラム 粒剤
 - クラッシュEX[®] ジャンボ

〒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  <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・空容器は廃棄等に放置せず適切に処理してください。



大塚のあふみ、まっぴんへ
scc GROUP

 住友化学



農耕地から緑地管理まで
雑草防除に貢献します。

畑作向け除草剤

アタックショット[®] ムギレンジャー[®]
乳剤 乳剤
丸和
DロックS[®]

果樹向け除草剤

シンバー[®] リーバー[®]

芝生向け除草剤

アトラクティブ[®] ユニホック[®]
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

サファゴントWK[®] 丸和 サファゴント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
☎03-5296-2311 <http://www.mbc-g.co.jp/>

第52巻 第10号 目次

- 1 巻頭言 次の時代を考える
横山 昌雄
- 2 大気二酸化炭素濃度の上昇がコメの収量に与える影響
酒井 英光
- 5 気温からブドウの着色程度を推定する方法について
杉浦 俊彦
- 9 〔田畑の草種〕 葛・国柶・裏見草(クズ)
須藤 健一
- 10 機械収穫に対応した年内どり加工用ハウレンソウの雑草混入抑制技術
上村 拓也・本田 真也
- 13 摘果や光環境等の栽培条件が赤果肉リンゴの果肉の着色に及ぼす影響
本多 親子
- 16 〔統計データから〕平成30年産水稻の都道府県別の田植の状況
- 17 研究所訪問記3. 住友化学株式会社健康・農業関連事業研究所加西試験農場(加西編)
小川 奎
- 20 〔こんな雑草こんな問題〕 ホソバヒメミソハギ
徐 錫元
- 21 〔連載〕植物の不思議を訪ねる旅・第17回
50年前の出来事:植物の分化全能性の確立
長田 敏行
- 23 広場

No.46

表紙写真 〔クズ〕



道ばた、空き地、土手、林縁、樹園地などに生育し、旺盛につるを伸ばし樹木を覆う。秋の七草の一つで、塊茎のデンプンは薬用、食用とされる。土壌侵食防止のために北アメリカに導入され、強害草となっている。(植調雑草大鑑より。写真は©浅井元朗, ©全農教)



子葉。楕円形で先は円く無毛。



成葉。大型で長さ幅とも10~15cmになる。



花序。総状花序を出し、紅紫色の蝶形花を密生する。



根。肥大した塊根状となる。