

ABA の実用的研究 禿 泰雄(バル企画)

Research for practical use of ABA
Yasuo Kamuro(BAL Planning Co., Ltd.)

はじめに

オーキシン、ジベレリン、エチレン、サイトカイニン、ブラシノステロイド、ジャスモン酸、などの植物ホルモン活性物質類が、既に国内外で広く農業に実用化されているが、アブシジン酸(ABA)のみが未だに利用されるに至っていない。その大きな原因の1つは、植物生理学の研究の歴史において、ABAの生理作用が正しく評価されて来ずに、[一面的な評価と誤解が、そのまま一般常識]として今だに信じられていることにあると思われる。即ち、[ABAは発芽や生長を抑える]、[ABAはジベレリンやオーキシンの生長作用を阻害する]、[ABAは葉や果実を落下させる]、さらに、[ABAは光りに不安定であるので農業への利用価値は高くない]など、その存在価値が今まで正当評価されずに、ABAにとっては長年の臥薪嘗胆を未だに強いられていると思われる。本日は、ABAの立場に立って、積年の無念を晴らすべく、弁護してみたい。ところで、ABAの生理作用が正当な理解を受けてこなかったであろう理由には、研究に使用されているABAが、未だに殆どの場合、合成ラセミ体であることに加えて、高価であったため、in vitro levelでの実験結果に基づく考察が独り歩きして、in vivo level(圃場レベル)での実証と考察が不十分なまま、上記の[常識]があまりにも信じられ過ぎたものと思われる。この点の詳細については、総説:アブシジン酸の実用化研究の現状と課題(禿 1994)¹⁾を参照されたい。

ところが、1990年代に入って、それまで長年の研究に使用されてきた合成ラセミ体ABAとは異なる、光学異性体を含まない純粹の天然型ABA[(S)-(+)-ABA: 以後、SABAと略記]が可能となり¹⁾、このサンプルを用いた in vivo levelの試験研究が展開されるようになった。この結果、従来の常識とは全く異なる結果が得られつつある。即ち、[SABAは発芽や成長を促進する]、[SABAはジベレリンやオーキシンの成長作用と相乗効果を示す]、[SABAは葉や果実の落下を防止できる]、さらに、[SABAは直射日光下(圃場作物)での散布利用でも効果は安定しており、農業に高い利用価値が期待できる]ことが実証されつつある¹⁾。以下、最近の知見と農業への実用化試験の展開状況を紹介したい。本稿末尾の引用文献には、1994年以後のものについて記載し、それ以前のものについては総説¹⁾を参照されたい。

種子処理による発芽と生育の促進と抑制

合成ラセミ体ABAやSABAを含む水溶液中や培地での閉鎖系の実験では、通常、種子、塊茎や塊根、球根でも、発芽の抑制(休眠を助長)が見られる。このような発芽抑制作用はSABAの方が強い。ところが、処理後、水浸漬して薬剤を解除したり、土壌(圃場)に播種すると、無処理の種子よりも発芽率の向上や発芽後の生育の促進を示す。この場合の促進作用は、SABAで明瞭にみられるが、ラセミ体での効果は小さい¹⁾。SABA処理した各種の種子類の実際栽培での発芽促進効果の実用性については、総説¹⁾の引用事例の他の報文²⁻⁶⁾も参照されたい。ところで、種子の種類によっては、水溶液に浸漬して催芽させるものや、水浸漬が好ましくないもの、実

用的に大量の種子を浸漬作業できないもの、殺菌剤などの農薬をコーティングするもの、など多様であり、夫れ夫れに適した処理方法と最適処理濃度の選定が必要である¹⁾。水溶液浸漬処理の場合には、0.1ppm程度の低濃度が効果的である。他の植物ホルモンの相乗(助)効果については、ジベレリン^{1),5)}、エチレン¹⁾、ブラシノステロイド¹⁾などとの事例があるが数少なく、今後の実用展開への期待の持たれる検討課題である。これらの無処理区と比較した発芽促進効果は、圃場での低温など環境ストレスのため低発芽率や遅発芽の場合に見られ、発芽に最適な人工条件では明瞭でない¹⁾。なお、穂発芽防止や果樹の休眠芽(花芽)の発芽抑制を目的とした圃場での散布による実用効果は見られない。SABAの散布による各種の成長促進効果は、以後の項目でも紹介するように、50ppm以下の低濃度で実用効果を示すが、成長抑制効果は、1000ppm程度の高濃度でも殆ど見られない。SABAは、in vitro level では、1ppm以下の低濃度でも強い成長阻害を示すが、in vivo level では成長促進作用こそ示すものの、高濃度散布しても阻害作用を示さないことは、従来のABA作用の一般常識からみると、興味を持たれる一面である。

植物体の再生と増殖効果

アブシジン酸が組織培養での不定芽形成や増殖に有効であることについては多数の報告が見られる¹⁾。これら報告の殆どは、使用されたアブシジン酸がラセミ体であるか、SABAであるかの記載がなく、また、効果を比較した報告も無いので断定はできないが、SABAの方がより良い効果を示すのではないかと推定される。挿し木においても、アブシジン酸処理は、カルス形成、発根促進、蒸散と萎凋防止などの効果を示し、慣行使用されているオーキシン物質との併用効果が認められている¹⁾。挿苗の萎れが問題となるものでは、アブシジン酸の蒸散抑制作用も有効な要因と思われる。

蒸散、萎凋抑制効果

アブシジン酸の特徴的な生理作用の一つは蒸散抑制である。苗類や切枝への散布による萎凋抑制、水分不足条件の栽培植物や催芽種子、不定胚の乾燥耐性増強効果や、ブラシノステロイドとの併用が効果の向上を示した多くの知見があり¹⁾、最近では、SABAのセル苗での実用効果に関する報文がある^{7),8)}。苗移植前の散布や、セル苗の輸送前の散布により、苗質の保持や定植後の活着と生育の促進効果が期待できる。切り花の蒸散抑制による花持ち向上効果も、低濃度処理(2ppm)では認められるが⁹⁾、高濃度(10^{-4} mol/L)では逆に日持ち低下が見られ¹⁰⁾、苗類の散布処理でも高濃度では逆効果となるので、評価に当たっての濃度選定が重要である。

莖葉成長の抑制と促進

アブシジン酸は、in vitro level のバイオアッセイでは、オーキシンやジベレリンの作用を強く阻害して成長を抑える。しかし、圃場栽培植物では100ppm以上の高濃度SABA散布で、やっと抑制効果を示す。ナシでは125-250ppmの反復散布で、新梢抑制と花芽増大に実用的な効果が見られ¹¹⁾、イネではエスレルとの100ppm混合散布で相乗的な桿伸長抑制がみられた¹²⁾。ツルニンジンでの10ppmという低濃度散布で伸長が60%も抑制された例もあるが¹³⁾、SABA単独で矮化剤として広範な効果を期待するのは難しい。エスレルなど他剤との相乗効果の検討が期待される。

一方、SABA-50ppm以下の低濃度とジベレリンとの混合散布で、スギ苗¹⁴⁾、クスノキ苗¹⁵⁾、カンキツ苗¹⁶⁾などでの相乗的な伸長成長効果は興味深い。ジベレリンとの混合効果については、以下に紹介する花芽分化や果実肥大の促進効果とともに、今後の農業生産に大きな意義をもたらすものと期待される。

花芽分化の抑制と促進

SABAを花芽分化前に処理すると、花芽分化(開花)時期を遅らせたり、分化(花)数を強く抑制するが、花芽分化誘導後に与えると逆に花芽(開花)数を増大させること、そして、このようなSABAの作用を各種作物(花卉類、果樹類、野菜果菜類、穀類、林木類など)の開花の遅延や着花(穎花)数の増減に利用しようとした試験(1994年以前)の事例については総説¹⁾を参照されたい。ところが、その後、花芽分化時期前の処理でも、20ppm以下の低濃度でGA₃との混合処理すると、花芽分化-開花を誘導し、実用的な効果を示すことが判明した¹⁷⁻²³⁾。このようなSABAとGAによる開花促進の効果は、長日植物のみに認められる。この効果は、自然環境下で生育している短日性植物には今までのところ効果が認められないこと、また、光質の影響を受けること²⁴⁻²⁵⁾、など花芽誘導の生理学上からも興味ある側面と言えよう。

ところが、花芽分化期の処理による花数増加効果は、長日植物のみでなく短日植物においても、SABAとGAの相乗効果が認められ、米麦の着粒増加による増収を目的とする検討が進められている²⁶⁻³⁰⁾。その他の作物類での試験事例は今までのところ無く、今後の利用展開が期待される場面である。

SABA処理が着花の雌雄比率に影響する作用も認められている。カキ³¹⁾やキウリ(禿:未発表)では雄性が強まり雌花の減少が見られ、キウリでは、エスレル(エチレン作用)による雌花増大効果を抑えた。一方、クリ³²⁾ではSABA処理で雌花増大が見られ、GA₃処理では雌花が減少した。SABAの雌雄発現に及ぼす影響については、試験事例が少なく、応用研究は今後の課題である。

離層形成(落花, 落果, 落葉)作用

アブジン酸は離層形成促進物質であると理解されている。事実、バイオアッセイでは、極めて低濃度(1ppm以下)で離層形成(組織離脱)を促進する。しかし、栽培作物に散布した場合には、数百ppmの高濃度で、やっと有意性を示す程度であり、幼蕾(ナシ、リンゴ、カキ)や、老化期の果叢葉(リンゴ)での効果事例があるが¹⁾、成長期の果実や葉での効果は殆ど無い。SABAによる離層形成作用はエスレル(エチレン作用)との併用で高まることから、利用効果を高める方法として検討の価値があろう。一方、SABAが落花果(ブドウ¹⁾、マメ³³⁾)を抑制して増収効果を示す報告もある。アブジン酸は「離層形成を促進する」との一面を強調した理解が一般的であるが、in vivo level では、逆の重要な生理機能をも果たしているのではないかと思われる。

果実・根茎・塊茎の肥大と成熟の促進

本項に関する効果は1994年以前においても多種の果実類、カンショ、バレイショ、タマネギなどでの報告が見られる¹⁾。その後も、このようなSABAの機能に関する報告は、カンキツ³⁴⁾、メロン³⁵⁾、モモ³⁶⁾、ブドウ³⁷⁾、イネ³⁸⁻³⁹⁾、マメ⁴⁰⁾など多数見られる。SABAの肥大促進効果は、GA₃との併用で相乗(助)的に高まることが見出され⁴¹⁾、前述の栄養成長や花芽分化などでも見られるように、GAとSABAとの相乗効果の利用展開は、今後の農業生産に大きなインパクトを与え得るものと思われる。肥大や成熟成長において、GA以外の植物ホルモンとの併用効果についての知見は無く、今後の興味ある検討課題である。

環境(乾, 寒, 暑, 塩)耐性の増強

アブジン酸の環境耐性ホルモンとしての機能については広く知られており、SABAの効果事例(1994年以前)については総説¹⁾を、また、耐乾(蒸散抑制)効果については前項を参照されたい。その後、実用効果事例として、耐冷耐寒増強効果につ

いてイネ⁴²⁻⁴³⁾での報告がある。SABAの効果発現は、総説¹⁾の事例にもあるように即効性であるので、低温(霜)注意報など不時的な不良環境に対する対策としての利用なども今後の検討が望まれる。

おわりに

以上のように、SABAは、作物の発芽から結実成熟に至る、広範な生育現象に対して生育調節剤としての実用が期待される。未だ、他の植物ホルモンとの相互(併用)効果についての検討(知見)は少なく、今後の検討により、農業生産に大きく寄与し得るものと思われる。そのためには、[アブシジン酸はオーキシンやジベレリンの作用を阻害して生育を抑制する、また、物理化学的に不安定であるので実用に適さない]という一般的概念の払拭と、SABAの生理機能の見直しも必要であろう。植物ホルモンの中のアブシジン酸のみが未だに農業に実用されるに至っていないが、近い将来に大きく農業に貢献しうるものと思われる。

引用文献

1. 禿泰雄 1994. アブシジン酸の実用化研究の現状と課題. 植物の化学調節 29(2): 155-165
2. Heon Sang-Min, Hoon Kang, In-Sup So and Dong-IL Kim 1995. The effect of ethephon, ABA, BA and NAA soaking treatment of seed germination of cool season turfgrasses. Kor. Turfgrass Sci. 9(3):213-223
3. 中嶋泰則 1996. 水稻におけるアブシジン酸の処理効果. 植調. 30(7):9-15
4. 渡辺肇, 高橋清 1997. ABAの利用に関する研究—天然型ABAが湛水直播イネの生長に及ぼす影響. 日作紀. 66(別1):278-279
5. 渡辺肇, 田代卓, 三枝正彦 1998. 植物生長調節物質が不耕起無覆土直播栽培イネの生長に及ぼす影響. 日作紀. 67(別2):154-155
6. 高橋久光, 増岡彩子, 李玲子 1999. アブシジン酸, ブラシノステロイド, およびジャスモン酸の種子発芽に対する実用効果と作用性について. 植物の化学調節. 34(1):97-105
7. 山崎博子 1996. 植物の蒸散制御とアブシジン酸. 植物の化学調節. 31(1):59-67
8. Takashi Ikeda, Masayuki Oda and Shigeo Imada 1999. Water status of tomato plugs sprayed with (+)-S-abscisic acid and stored in the dark at room temperature. Environ. Control in Biol. 37(2):109-114
9. Kim H. J., K. Ohkawa, Y. Kuda and J. N. Suh 1998. Effects of combined pretreatments of preservative and stem recutting on cut rose flowers after post harvest transport simulation: transportability of aluminium ion. Suppl. J. Japan Soc. Hort. Sci. 67(1):287(Ornamentals)
10. R. Wang, C. R. Wang, L. Sh. Duan, B. W. Han, H. L. Xe, M. A. U. Mridha and H. Umemura 1998. Effect of exogenous ethylene and ABA on senescence of rose petals. 日作紀. 67(別2):388-389
11. 平田尚美, 香田智, 松井弘之, 小原均, 禿泰雄 1993. 天然型アブシジン酸がニホンナシの新梢生長と花芽形成に及ぼす影響. 園学雑.
12. 太田保夫, 禿泰雄 1993. アブシジン酸の生理機能とその利用. (財)農水漁村文化協会 農業技術大系 土壤施肥編 追録第4号第2巻 作物栄養4, 24:24-32
13. 金学炫, 尾崎行生, 大久保敬 1995. 天然型ABA処理がツルニンジンの生育及び収量におよぼす影響. 園学雑 54(別2):382-383

14. Tamaki Honma, Yasuo Ota, Isomaru Yamaguchi, Noboru Murohushi and Kazuo Migita 1996. Effects of gibberellins and (+)-2-cis, 4-trans-abscisic acid on growth of *Cryptomeria japonica* seedlings. Proc.:PGRSA-JSCRP joint meeting. pp70
15. 禿泰雄, 守谷栄樹, 松井鑄一郎 1996. 天然型アブシジン酸とジベレリンの混合処理が生育と開花に及ぼす相乗効果. 岐阜大学地域共同研究センター研究成果報告書 第6号:100-106
16. 湯浅一充, 野田勝二, 増田幸直, 成瀬博規, 禿泰雄, 岩垣功 1999. カンキツ実生におけるABA処理及び内生ABAについて. 園芸学会東海支部発表要旨(投稿中)
17. 禿泰雄, 鄭新淑, 松井鑄一郎 1996. 天然型アブシジン酸とジベレリンの混合処理がハウレンソウ及び二十日大根の生育と抽台に及ぼす効果. 園学雑65別1. 310-311
18. 禿泰雄, 鄭新淑, 松井鑄一郎 1997. 天然型アブシジン酸とジベレリンの混合処理が生育と開花に及ぼす影響. (第2報)パンジー, ペチュニア, カニハサボテンの秋期栽培における処理効果. 園学雑 66別1:480-481
19. 禿泰雄, 鄭新淑, 松井鑄一郎 1997. 天然型アブシジン酸とジベレリンの混合処理が生育と開花に及ぼす影響. (第3報)春化と長日条件が抽台と開花を促す要因であるダイコンでの処理効果. 園学雑 66別1:304-305
20. 禿泰雄, 鄭新淑, 松井鑄一郎 1997. 天然型アブシジン酸とジベレリンの混合処理が生育と開花に及ぼす効果. (第4報)プリムラ, ローダンセ, フロックスの秋期栽培における処理効果. 園学雑 66別2:600-601
21. 禿泰雄, 村木尚司, 鄭新淑, 松井鑄一郎 1999. 天然型アブシジン酸とジベレリンの混合処理が生育と開花に及ぼす効果. (第6報)トルコキキョウの生育と開花に及ぼす効果. 園学雑 68別1:292
22. 鄭新淑, 禿泰雄, 松井鑄一郎 1998. 天然型アブシジン酸とジベレリンの併用処理がシンビジュウムの生育開花及び体内窒素, リン, カリウムの含量に及ぼす影響. 植物工場学会誌 10(1):27-33
23. 市村勉, 本岡竹司, 高城誠志 1999. 花卉類の優良品種の導入と生育特性の検定. 4)トルコキキョウの冷蔵育苗を利用した作型における品質改善(3)植物生育調節剤と開花品質. 平成10年度茨城県農業総合センター園芸研究所試験成績書:371-372
24. 石井征亜, 禿泰雄 1999. 光質制御と植物ホルモン処理による開花調節に関する研究(第2報)青色光, 緑色光, 赤色光と植物ホルモン(GA+SABA)の組合せ処理が短日植物と長日植物の開花に及ぼす影響. 植物化学調節学会第34回大会要旨(投稿中)
25. 禿泰雄, 石井征亜 1999. 光質制御と植物ホルモン処理による開花調節に関する研究(第3報)光質変換被覆資材と植物ホルモン(GA+SABA)の組合せ処理が短日植物と長日植物の開花に及ぼす影響. 植物化学調節学会第34回大会要旨(投稿中)
26. 禿泰雄, 鄭新淑, 松井鑄一郎 1996. 天然型アブシジン酸とジベレリンの組合せ処理による生育と開花の促進効果(第2報)水稻と小麦について. 植物化学調節学会第31回大会要旨:75-76
27. 武岡洋治, 稲垣泰英, 三宅博, 禿泰雄 1997. イネの穂及び穎果発達に及ぼす低濃度ジベレリン, 天然型アブシジン酸及びジャスモン酸関連化合物の影響. 日作紀 66(別1):284-285
28. 稲垣泰英, 武岡洋治, 三宅博, 禿泰雄 1997. 水稻小穂の器官形成に及ぼす低濃度ジベレリン及び天然型アブシジン酸の影響. 日作紀 66(別2):247-248
29. 本多一郎, 和田道宏, 禿泰雄 1997. 天然型アブシジン酸とジベレリンの混合処理に対する種々の国内小麦品種の反応. 植物化学調節学会第32回大会要旨:153-154
30. 本多一郎, 和田道宏, 禿泰雄 1999. 天然型アブシジン酸とジベレリンの混合処理

- に対する小麦の反応(第2報). 植物化学調節学会第34回大会要旨(投稿中)
31. 松村博行, 松井鑄一郎, 新川猛, 禿泰雄 1995. 天然型アブシジン酸(SABA)がカキの着蕾(雌花)数に及ぼす影響(第2報)温度とSABAの関係. 園学雑64(別1):682.
 32. 平田尚美, 松井弘之ら(私信:未発表)
 33. ムハマド.カマル, 高橋久光, 御子柴晴夫, 太田保夫 1996. アブシジン酸がダイズの収量におよぼす効果. 日作紀 65(別1):274-275
 34. Kiyohide Kojima, Yoshio Yamada and Masashi Yamamoto 1995. Effects of abscisic acid injection on suger and organic acid contents of citrus fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 64(1):17-21
 35. John Ofusu-Anim, Yoshinori Kanayama and Shohei Yamaki 1998. Changes in suger uptake by excised discs and its stimulation by abscisic acid and indoleacetic acids during melon fruit development. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 67(2):170-175
 36. Kenji Kobashi, Hiroshi Gemma and Shuichi Iwahori 1999. Suger accumulation in peach fruit affected by abscisic acid treatment in relation to some suger metabolizing enzymes. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 68(3):465-470
 37. 伴琢也, 山口雅篤, 望岡亮介, 塩崎修志, 尾形凡生, 堀内昭作 1999. 植物生長調節物質及び遮光処理がブドウ巨峰果皮中のアントシアニン組成に及ぼす影響. 園学雑 68(別1):189
 38. 中村貞二, 中嶋孝幸 1997. イネにおけるABAの登熟促進作用について. 日作紀 66(別1):286-287
 39. 中村貞二, 松中仁 1997. ABA処理が穂上位置を異にするイネ穎果の初期生長, 乾物蓄積および胚乳細胞数に及ぼす影響. 日作紀 66(別2):249-250
 40. 野島博, 妹尾幸子, 磯田昭弘, 高橋康夫 1998. ラッカセイの莢実へのホルモン処理が子実の肥大におよぼす影響. 日作紀 67(別2):36-37
 41. Yasuo Kamuro, Shuichiro Matsui, Hiroki Kuriyama and Hiroshi Fujisawa 1997. Synergistic effects of GA₃/ABA-derivative on growth and flowering of plant. Proc. PGRSA meeting:48-53
 42. 中嶋泰則 1996. 水稻におけるアブシジン酸の処理効果. 植調 30(7):9-15
 43. 中嶋泰則, 井上正勝, 禿泰雄 1997. 低温条件下における水稻の生育に及ぼす植物ホルモン(SABA, TS303, PDJ)の効果. 愛知総農試研報 29:33-38