

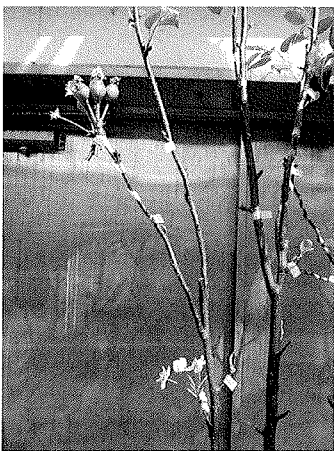
休眠の制御

— 生理活性物質による休眠の打破 —

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 果樹研究所 果樹温暖化研究チーム 朝倉利員

はじめに

落葉果樹は秋から冬にかけて落葉し、冬の間低温に耐えながら発芽・開花の準備を行い、春に暖かくなってから発芽・開花する。冬季においては芽は休眠状態にあり見かけ上、成長を停止した状態にある。この休眠期は、大きく自発休眠期と他発休眠期に分けられる。自発休眠期の芽は、気温などの環境条件が発芽・開花に適しているにもかかわらず内生的な要因によって発芽しない状態にある。一方、他発休眠期の芽は内生的な要因ではなく、低温などの環境条件によって見かけ上成長が停止している状態にある。自発休眠期と他発休眠期は明確に分かれているのではなく、移行期と呼べる生育ステージがあると考えられている。



図－１ 低温量不足で発生したニホンナシ幸水の発芽不良と生育の不揃い

自発休眠は樹種・品種によってある決まった低温量に遭遇しないと覚醒せず、その後の発芽・開花は順調に進まない。低温要求量が満たされないと、発芽・開花の遅延や不揃いが起こる。ひどい場合には発芽・開花せず枯死に至ることもある。ニホンナシを自発休眠が覚醒する前に人工気象室で加温すると図－１のような症状が発生する。枝の先端部では果実が見られるが、全体としてみると不発芽や開花遅れなどにより大幅な生育の不揃い認められる。

低温量不足が問題となる場面と休眠打破の重要性

わが国で、低温の不足が問題になるのは、１）落葉果樹を暖地に導入・栽培する場合（栽培の南限）、２）施設栽培で早期に加温を開始する場合、３）秋冬季的気温が高く休眠覚醒が遅くなり発芽・開花に影響する場合、である。ここでは、これらについて休眠打破の重要性和合わせて紹介する。

１）果樹農業振興基本方針の中では高品質な果実生産を確実に図る観点から、低温要求時間（低温要求量）が重要な要素として取り上げられている（表－１）。低温要求時間は、栽培南限に関係し温暖化すると低温が少ない地域では栽培が難しくなることも考えられる。

世界的に見ると、落葉果樹は南アフリカ、イスラエル、アメリカの南部、メキシコ、ブラジル

表－１ 果樹の栽培に適する自然的条件（温度条件）

果樹の種類	年平均気温（℃）	冬季の最低極温（℃）	低温要求時間
うんしゅうみかん	15℃以上18℃以下	-5℃以上	
りんご	6℃以上14℃以下	-25℃以上	1400時間以上
ぶどう	7℃以上	-20℃以上、欧州種については-15℃以上	巨峰については500時間以上
日本なし	7℃以上	-20℃以上	幸水については800時間以上
もも	9℃以上	-15℃以上	1000時間以上
甘がき	13℃以上	-13℃以上	800時間以上

低温要求時間は、気温が7.2℃以下になる期間の延べ時間

などの暖かい地域においても栽培されている。こうした国では、地域によって低温不足が問題となることがあり、休眠打破は安定生産のための必須のものとなっている。

2) 加温を利用した施設栽培では、低温要求量に関連して加温開始時期の判定が重要である。低温要求量が十分に満足された状態で加温を始めれば、スムーズな発芽・開花が期待できるが、低温要求量が不足した状態では発芽・開花の遅延や不揃いが起こる。そのため、かえって加温期間が長くなったり、早期開花させて早期収穫するという施設栽培のメリットを活かせないことも十分考えられる。また、近年の温暖化傾向は冬季において顕著な地域が多い。冬季に温度が高いことは暖房経費の節減という利点はあるものの、低温量が不足し休眠覚醒の遅延で加温開始時期が遅くなることが考えられる。休眠打破剤は、必要な低温量がある程度代替する効果があり、早期加温栽培では重要な技術となっている。

3) サクラは一般に南の暖かい地域から開花する。しかし、鹿児島の開花が東京や静岡に比べて遅れることがある。ソメイヨシノは奄美大島や八丈島にもあるが、年により低温要求量が満たされにくいため、開花日の変動は非常に大き

い。落葉果樹においても、温暖化が進むとそれにつれ開花が早まるが、低温要求量が満足されないようになるとかえって開花が遅くなることが指摘されている。また、自発休眠期の芽は発芽・開花の準備段階にあり、低温が不足すると芽の発育が不十分になることもある。このような場合には、なんらかの休眠打破法によりある程度、発育を促すことができると考えられる。

休眠打破法

休眠を打破する方法には、物理的方法と化学的方法とがある。物理的方法には、人工的に低温処理を行ったり、気化冷却や遮光で芽の温度を下げたり、逆に一時的な高温ショックを与える方法などがある。こうした方法は、一部で行われているものの装備コストや効果が安定しないなどの課題も指摘されている。

化学的方法は、シアナミド、石灰窒素、鉍油、DNOC（dinitro-ortho-cresol）、硝酸カリウム、硝酸アンモニウム、ニンニクペースト、植物ホルモンなどの化学物質を枝や樹体に処理する方法である。散布が可能であれば、処理は比較的簡便である。

物理的方法、化学的方法以外に、低温要求量が少ない果樹を使う方法もある。低温が不足す

る地域では低温要求量の少ない樹種、品種を栽培することにより自然条件で休眠打破されやすくなる。こうしたことから、低低温要求性品種の育種も進められている。

以下には、化学的方法として、シアナミド、石灰窒素、メリット、硝酸アンモニウム、硝酸カリウム、ニンニクペースト、植物ホルモン、過酸化水素について紹介する。

シアナミド、石灰窒素

果樹に対する石灰窒素の休眠打破効果が世界で初めて確認されたのは日本である。黒井ら(1963)は、無加温ガラス室のブドウ樹(甲州、グローコールマン)に石灰窒素(主成分:カルシウム・シアナミド CaCN_2)の5%浸出液を塗布する試験を行い、12月下旬から1月中旬、すなわち自発休眠中期から後期にかけての処理の効果が顕著で、発芽日が15日、収穫期が10日以上早くなることを明らかにした。藤田ら(1977)はハウス栽培の‘デラウエア’に石灰窒素を処理し、12月上旬から下旬処理で効果が高いことを示した。ブドウ以外の樹種についても休眠打破効果が調べられ森元・熊代(1978)は石灰窒素の20%浸出液をリンゴ‘ふじ’、セイヨウナシ‘バートレット’、モモ‘缶桃2号’、ブドウ‘巨峰’に対して処理し休眠打破効果を確認し、有効な処理時期は、チルユニットでリンゴ690~910、セイヨウナシ690~865、モモ865~910、ブドウ545~890であることを明らかにした。

カルシウム・シアナミドは水に溶けにくいこと、また、市販の石灰窒素にはカルシウム・シアナミド以外にグラファイト、酸化カルシウム、少量の硫化物、酸化物、窒素化合物などの不純物が含まれる。そこで、カルシウム・シアナミドが一部加水分解してできたシアナミド(H_2CN_2)に

ついて休眠打破効果が調べられ、顕著な効果が確認された(Shulman et al., 1983; 黒井, 1985)。現在では、使いやすさもあってシアナミドの利用が一般的となっている。

西元ら(2000)は、ニホンナシ‘幸水’の休眠打破剤として石灰窒素20%上澄み液、シアナミド剤10倍液が有効であり、処理時期は7.2℃以下の低温要求時間で550~600時間であることを明らかにした。

広瀬ら(2000)はブドウ‘高墨’、モモ‘あかつき’、ニホンナシ‘幸水’の休眠打破剤の探索試験を行い、いずれもシアナミドの効果が高く、処理時期は低温要求時間でブドウ300~500時間、モモ700~800時間が適することを明らかにした。

渡辺ら(2006)は、オウトウの加温栽培での休眠打破剤について検討し、シアナミド1.0%液剤を‘佐藤錦’に低温遭遇時間1350時間に処理すると効果が高く4月に収穫可能であることを報告している。

Erez(2000)はシアナミドの効果について以下のようにまとめている。シアナミド(H_2CN_2)は、ブドウとキウイでもっとも顕著な効果があり、その他、リンゴ、スモモ、アンズ、高低温要求性のモモ、オウトウ、セイヨウナシ、イチジクなど多くの落葉果樹でその効果が確認されている。葉芽についてはシアナミドに反応しやすいが、花芽については障害を受ける場合がある。ブドウ、キウイ、オウトウで効果が高いのは障害を受けにくい組織構造であることが関係している。効果の程度が年度や地域によって異なるのは、自発休眠期における処理ステージが異なっているのが大きな要因である。処理時期が早すぎると効果は少なく、低温要求量の約30%までの低温量を補う効果がある。

シアナミドは世界的にはDormexとして熱帯や亜熱帯の低温量が不足する地域においては、なくてはならない剤として幅広く使われている。休眠打破としての効果だけでなく、発芽・開花を揃えたり、開花・成熟の前進を目的に使用されている。

メリット, 硝酸アンモニウム, 硝酸カリウム

葉面散布剤のメリット (原液: 窒素 7%, リン酸 5%, カリ 3%) の 2 倍液や硝酸アンモニウム (NH_4NO_3) の 10% 液はブドウの発芽促進に対して効果があることが報告されている (浜地・恒遠, 1977; 赤井ら, 1978; 望月ら, 1981)。処理時期はシアナミドや石化窒素より遅い移行期頃であり休眠打破剤というより発芽促進剤として位置づけられる。これらの薬剤は、ブドウ以外の樹種には効果が少ないかはっきりしないようである。

望月・米山ら (1993) は、 N_{15} のトレーサー実験により、石灰窒素と硝酸アンモニウムの窒素成分の芽への取り込みを調べ、硝酸アンモニウムではアミノ酸に速やかに取り込まれるのに対して、石灰窒素では取り込みは行われるがアミノ酸代謝活性は抑制傾向であることを認めている。硝酸アンモニウムと石灰窒素では休眠に対して異なる作用があり、硝酸アンモニウムは発芽に対して栄養的な作用があり、石灰窒素は一種のストレスとして作用していることが考えられる。

海外では硝酸カリウム (KNO_3) が休眠打破剤として使われている。硝酸カリウムは休眠打破効果はそれほど強くないが、植物体への浸透性を高める作用のある剤と混用すると効果が高まるとされている (Erez, 2000)。このような剤は、硝酸カリウムの処理濃度を低くすることができ

るため、休眠打破剤の使用量を下げ、葉害の危険性をを少なくすることができる。

ニンニク

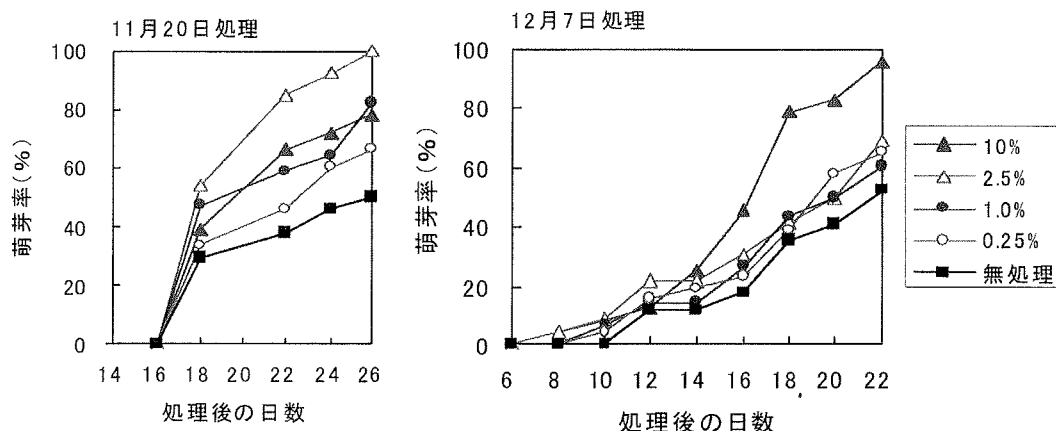
久保田ら (1992, 1999) はニンニクのペーストやニンニクに含まれる揮発性物質がブドウの休眠打破に効果があり、揮発性物質では 11 月のような芽の休眠が深い時期に効果が高いことを報告している。

植物ホルモン

ジベレリン、サイトカイニン は休眠打破に効果があることが報告されている (Erez, 2000)。しかし、有効濃度は比較的高く、コスト面から実用的でない。合成サイトカイニンであるチジアズロン (TDZ) は比較的低い濃度で有効であるとされ (Costa ら, 2004)、南アフリカ、メキシコなどで使われているようである。

過酸化水素

落葉果樹の自発休眠は低温だけでなく、高温、凍結、機械的傷害、無酸素、シアナミドなどのストレス要因によって覚醒される。一方、植物はストレスにさらされると、活性酸素を生成する。活性酸素は酸素が水へと還元される過程で生じる過酸化水素 (H_2O_2)、スーパーオキシドアニオンラジカル (O_2^-)、ヒドロキシラジカル ($\cdot\text{OH}$) などである。黒田ら (2002) は、ニホンナシ花芽中の過酸化水素含量は自発休眠の発育ステージに伴って増加しその後減少すること、25℃の高温処理によって自発休眠覚醒を阻害すると過酸化水素含量が低く推移すること、さらにシアナミドを塗布すると過酸化水素の増加が認められることを明らかにした。これらのことは過酸化水素が休眠覚醒に重要な役割を果たしていること、



図－2 過酸化水素処理によるニホンナシの発芽促進

休眠打破剤としての可能性があることを示すものである。黒田ら(2005)は自発休眠期のニホンナシの切り枝を使い花芽に過酸化水素を塗布する実験を行い、自発休眠覚醒が早まることを報告している(図－2)。

日本で登録されている休眠打破剤

日本で登録されている休眠打破剤は、シアナミド液剤であるCX-10とヒット α 13であり、シアナミドの含有率はそれぞれ10%と13%である。これら剤の使用基準は表－2のとおりであり、果樹ではブドウ、オウトウ、ニホンナシに使用可能である。処理濃度は使用薬剤により希釈倍率が異なるので注意が必要である。

ブドウでは、超早期加温、早期加温、普通加温、無加温、雨よけ、露地、二度切り、二期作というように多くの作型があり、使用時期は休眠期に限らず収穫後発芽前となっている。休眠期処理では地域や作型によって異なるが、11月から1月処理となる。通常の施設栽培では7℃以下の低温遭遇時間500時間以上を目安に処理する。二度切り栽培は、早期加温栽培において収穫後の6月に新梢を切り落とし、新たに次の年の結果母枝をつくりなおす栽培法である。二期

作栽培では、1年に2回剪定し二回収穫する栽培法である。こうした栽培では、速やかで十分な発芽が確保されることが重要であり、シアナミド液剤が利用されている。

オウトウでは、低温遭遇時間1000～1600時間、ナシでは600時間以上を目安に処理する。

シアナミドは誤った使い方をすると、効果が出なかったり、薬害が出たり、人体にも影響する可能性があるため、使用基準を十分に守って使うことが重要である。

おわりに

休眠打破剤は、温暖化が進むにつれますますます重要な技術となることが考えられる。現在使われている剤はブドウに対しては効果が高いものの、他の果樹についてはブドウに比べ効果が低い傾向にある。今後、休眠覚醒や休眠打破の生理的メカニズムを解明するとともに、さらに安全で効果の高い休眠打破剤の開発が必要である。

引用文献

- 赤井昭雄・柴田精治・中川正視. 1978. 徳島果試研報. 7: 23-31.
Costa, C., P. J. C., Stassen and J. Mudzunga.

表-2 シアナミド剤の使用基準

CX-10

作物名	使用目的	希釈倍数	使用液量	使用時期	使用回数	使用方法	シアナミドを含む農薬の総使用回数
ぶどう	休眠打破による新梢の萌芽促進及び発芽率の向上	10~20倍	150~200L/10a	収穫後発芽前	1回	結果母枝への散布又は塗布	2回以内
		15~20倍			2回以内		
おうとう	休眠打破による発芽促進	10~20倍	300~400L/10a	休眠期	1回	立木全面散布	1回
なし	休眠打破による萌芽促進及び発芽率の向上	10倍	150~200L/10a	収穫・落果後~発芽前	1回	立木全面散布	1回
		15倍	—			新梢に塗布	

ヒットα13

作物名	使用目的	希釈倍数	使用液量	使用時期	使用回数	使用方法	シアナミドを含む農薬の総使用回数
ぶどう	休眠打破による新梢の萌芽促進及び発芽率の向上	15~30倍	150~200L/10a	収穫後発芽前	2回以内	結果母枝への散布	2回以内
			—			結果母枝への塗布	
おうとう	休眠打破による発芽促進	15~30倍	300~400L/10a	休眠期	1回	立木全面散布	1回

2004. Acta Hort. 636: 295-302.
- Erez, A. 2000. Temperate Fruit Crops in Warm Climates. 17-48.
- 藤田武夫・倉中将光・竹下 修. 1977. 島根農試研報. 15: 47-57.
- 浜地文雄・恒遠正彦. 1977. 農業及び園芸. 1127-1130.
- 広瀬正純・加来靖英・藤田義明・渡辺久能・安野智江・小関洋介・中尾英夫. 2000. 大分農技センター研報. 30: 1-13.
- Kubota, N. and M. Miyamuki. 1992. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117: 898-901.
- Kubota, N., M. Miyamuki, Y., Yamane, A. 2004. Acta Hort. 636: 295-302.
- Kobayashi and F. Mizutani. 1999. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 68: 927-931.
- Kuroda, H., T. Sugiura and D. Ito. 2002. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 71: 610 - 616.
- Kuroda, H., T. Sugiura and H. Sugiura. 2002. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 74: 255 - 257.
- 黒井伊作・白石義行・今野 茂. 1963. 園学雑. 32: 175-180.
- 黒井伊作. 1985. 園学雑. 54: 301 - 306.
- 望月 太・青木幹雄・佐久間信夫. 1981. 山梨果試研報. 5: 34-41.
- 望月 太・米山忠克. 1993. 土肥誌. 64: 62-70.

森元福雄・熊代克己, 1978, 信州大農紀要, 15
(1): 1-18.

西元直行・木崎賢哉・佐野憲二, 2000, 九農研,
248.

Shulman, Y., N. Fanberstein and S. Lavee.

1983, Scientia Hort. 19: 97-104.

渡辺 伸・須藤佐蔵・佐々木恵美・我孫子裕樹・
野口協一・佐藤健治・工藤 信, 2006, 山形
園芸研報, 18: 49-57.

選べる3剤型!! 早めにつかって長く効く!

安心がプラス!
アゼナ、ホタルイ等への効果をプラス。

トレディプラス[®] 顆粒

トレディプラス[®] ジャンボ

トレディプラス[®] 1キロ 粒 剤

**水稲用一発
処理除草剤**

**水稲に長く効く
M4-100
含有**

トレフィちゃん

JAグループ
農 協 | **全農** | 経済連

登録商標 第1902445号

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

2007年版

〈最新〉除草剤・生育調節剤解説

企画・編集／(財)日本植物調節剤研究協会

最近の水田除草剤25剤、畑地除草剤3剤を集め、最新情報に基づいて、特長、使い方、性質などを解説するほか、登録における試験の成績も紹介。使用基準についてでもできるだけ、最新情報を収録。

B5判 203頁 本体5,000円(税別)

全国農村教育協会
〒110-0016 東京都台東区台東1-26-6
Tel.03-3833-1821 Fax.03-3883-1665
(出版部直通Tel.03-3839-9160 Fax.03-3839-9172)
<http://www.zennokyo.co.jp>