

令和 4 年 5 月 23 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K06040

研究課題名(和文)ニホンナシ発芽不良発生における概年リズムの役割の解明とリズム同期による被害軽減策

研究課題名(英文)The role of circa-annual rhythm in the occurrence of flowering disorder in Japanese pear and a possible technique to alleviate the severity by rhythm synchronization

研究代表者

伊東 明子 (Ito, Akiko)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・果樹茶業研究部門・室長

研究者番号：30355383

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、ニホンナシ発芽不良発生における概年リズムの有する役割の解明と、リズム同期による被害軽減策の検討を目的としている。休眠導入効果を有することが報告されているABAを休眠導入期に処理し、これにより概年リズムをリセットすることを構想した。発芽不良発生園(2園地)のナシ「幸水」樹に対しABA処理(2カ年)を行い、翌春の開花を確認するとともに、概年リズムの制御や休眠・開花に関する遺伝子の発現、樹体内炭水化物含量および窒素含量を解析した。その結果、ABA処理により花芽の耐凍性の向上と冬期の花芽生育(成熟)の促進効果が認められるとともに、発芽不良が改善されることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、発芽不良は低温感受性時期が自発休眠覚醒と花芽成熟で異なること、ABA処理により低温感受性時期のリセットまたは低温遭遇時間の補填効果が生じ、耐凍性の向上や花芽成熟の促進により発芽不良発生が軽減されること、を明らかにした。

主に野外で栽培される果樹においては、低温不足を低温処理で補うことはエネルギー効率の点からほとんど不可能である。しかしABA処理などの刺激によって限られた低温量であっても花芽成熟を適切に進行させることが可能となり、発芽不良を改善する可能性が示されたことから、今後、有用な対策技術となり得る。

研究成果の概要(英文)：The warmer autumn - winter temperatures is proposed to disturb endodormancy induction and thus disrupt the subsequent floral organ development and the acquisition of freezing tolerance. To test the idea that the earlier dormancy progression may alleviate the incidence of flowering disorder, we applied ABA to pear trees. Japanese pear 'Kosui' trees grown at two orchards which are locating in the region of frequently occurring flowering disorder. The applications were repeated two seasons. The results demonstrated that the flowering in the following spring became earlier and the floret number per flower bud increased in the ABA applied trees, compared with control (no ABA applications). These results indicate that ABA alleviates the incidence of flowering disorder.

研究分野：園芸学

キーワード：ニホンナシ 休眠 発芽不良 生理活性物質

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

落葉果樹においては、夏に形成された芽は、発育を停止し呼吸などの代謝活性を極端に抑えた「自発休眠」と呼ばれる状態で越冬する。休眠は永年性植物の冬季の生存をかけた重要な生理現象であり、植物は自発休眠の導入と軌を一にして、冬の寒さに耐え得るよう細胞膜脂質の組成や細胞質の内容成分を変化させ、環境耐性を高めてゆく。休眠した植物は、一定期間の低温に遭遇することで冬の終わりを知覚し、休眠から覚醒する。

近年落葉果樹の栽培現場では、気候温暖化やそれに伴う天候不順により、秋から春の気温が比較的高温で推移することが多くなってきた。それに伴い、ニホンナシの栽培現場などでは、発芽後の芽の生育が不齊一となり、甚だしい場合は結実が確保できなくなるような春の『発芽不良』の事例が増えている。また世界的には、温暖な地域において、リンゴやナシ等の開花期がばらつき、花が小型化する、花粉稔性が低下するなど、わが国と同様の現象が顕在化しつつあり、温暖化による発芽・開花不安定の原因解明とその対策技術の確立が急がれている。

発芽不良は比較的温暖な地域での発生が多いため、自発休眠覚醒に必要な低温の不足による休眠覚醒の不良が原因である可能性が早くから指摘されてきた。その一方、発芽不良と休眠との間に必ずしも相関関係が認められない事例も多く、発芽不良の原因は未だ不明のままである。

代表者は 2009 年および 2010 年のわが国の西南暖地における発芽不良の大規模発生を受け、ニホンナシでは自発休眠導入後の一定時期の低温のみが花芽を成熟させるところ、何らかの原因で自発休眠導入が遅れた場合、必要な時期に低温に遭遇できず花芽が未熟となって花芽が生育途中で座死し、発芽不良が発生するのではないかと着想するに至った。実際に自発休眠導入効果が報告されている植物ホルモンのアブシシン酸 (ABA) を落葉前にニホンナシポット樹に処理し、温室で越冬させたところ、休眠導入および覚醒期が前進するとともに、翌春の開花が早まり、かつ開花数が増加した。このことは、ABA により Active Dormant の相転換が前倒しされ得ること、これにより低温遭遇の総量が変化しなくても開花が安定することを示していると考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、自発休眠覚醒と花芽成熟は異なる現象であるにとらえ、花芽成熟の低温感受性は概年リズムにより制御されており、発芽不良は低温感受性の概年リズムが実際の低温遭遇時期とずれたために生じていること、概年リズムの同調因子あるいは同調因子を発動させる要因が ABA であること、の仮説を検証することで発芽不良メカニズムを解明するとともに対策技術を確認し、さらに概年リズムの時計の本体を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 発芽不良発生地帯のニホンナシ「幸水」への ABA 処理が発芽不良発生に及ぼす影響

福岡県における発芽不良発生履歴が同等な補助加温ハウス園 (A 園および B 園) のニホンナシ「幸水」を供試した。いずれの園地でも、ABA 処理および無処理 (対照) の 2 処理区を設定した。

1 年目は、各処理に 2 樹を割り当て、11 月 8 日に 500ppm ABA を葉面散布した。11 月中旬から翌年 3 月上旬にかけ、供試樹の充実した新梢から腋花芽および枝切片を採取し、腋花芽は休眠および開花制御関連遺伝子の解析に、新梢は細断して炭水化物 (全糖およびデンプン) 含量の測定に供した。また、12 月中旬および 1 月下旬には腋花芽の耐凍性を調査した。開花期には発芽不良発生状態を樹ごとに調査した。

2 年目も同じ園地の異なる樹を対象に、ABA 処理と無処理区を設定した。各処理に 3 樹を割り当て、11 月 6 日に ABA 処理を実施した。その他調査は 1 年目と同様とした。

(2) ABA 処理時期が開花に及ぼす影響

茨城県つくば市で栽培しているニホンナシ「幸水 (低温要求量: 中)」および「新高 (同: 高)」ポット樹を供試し、9 月 24 日、10 月 8 日、11 月 5 日のそれぞれに ABA 濃度 500ppm の溶液を散布し、翌年の開花状況を調査した。

4. 研究成果

(1) 発芽不良発生地帯のニホンナシ「幸水」への ABA 処理が発芽不良発生に及ぼす影響

いずれの年次においても、両園とも腋花芽の耐凍性 (半数致死温度) は、12 月または 1 月のいずれかの調査において ABA 処理により 2.0 程度低下し、耐凍性が向上したことが確認できた (表 1)。

また、翌春の開花状況は年次によりばらつきが認められ、1 年目は A 園では ABA 処理による開花率の上昇と不開花芽率の減少が、B 園では芽当たり小花数の増加 (データ略) および開花率の上昇が認められた。一方 2 年目は、ABA 処理により A 園では開花の早期化、開花率の向上、および 1 花芽当たりの開花小花数の増加が認められた。一方、B 園では ABA 処理による開花の促進効果は認められなかった (表 2)。

腋花芽における開花・休眠関係遺伝子の発現解析で、両園で共通して確認された特徴は、1 年目は ABA 散布による開花関連の *FT1a* (図 2 左) と *FLC-like1* (データ略) および耐乾性関連の *Dehydrin* (図 2 右) の 12 月中旬頃の増加と、開花関連の *FLC-like2* (データ略) の 12

月下旬～1月下旬にかけての増加であった。休眠関連遺伝子である *DAM* (*Dormancy Associated MADs-box*) 遺伝子の発現には一定の傾向は認められなかった。2年目は、ABA 散布による開花関連の *FLC-like2* の12月下旬～1月下旬にかけての増加は共通して認められたものの、前年度認められた開花関連の *FT1a* と *FLC-like1*、および耐乾性関連の *Dehydrin* の12月中旬頃の増加は顕著ではなかった。

また一方、枝中の炭水化物含量、および窒素含量には処理による一定の傾向は見られなかった。

(2) ABA 処理時期が発芽不良発生程度に及ぼす影響

2品種を供試し、異なる3回の時期に ABA 処理を行ったが、発芽不良軽減効果は判然としなかった(データ略)。おそらく、供試樹がポット植えの小型な樹であったため、樹体の養分蓄積が十分でなく、ABA 処理によって引き起こされる早期落葉の影響が強く表れ、全体的に開花が抑制されたのではないかと考えられた。

以上より、発芽不良発生地域のニホンナシに対する秋季の ABA 処理は、腋花芽耐凍性の向上、開花期の前進、および芽当たり小花数の増加効果を示したが、その効果には年次変動が認められた。このことの原因の一つは、発芽不良発生程度を左右する最も大きな要因である低温時間(冬の寒さ)に年次変動があったためと考えられる。ABA 処理には低温遭遇時間そのものを変動させる効果がないため、発芽不良は低温感受性の概年リズムが実際の低温遭遇時期とずれたために生じているとの仮説と矛盾はない。一方、異なる時期に ABA 処理を行った実験の結果が判然としなかったことから、本仮説が十分に検証できたとは言えない。

その一方、ABA 処理により発芽不良症状を緩和できる可能性が示された。このときの遺伝子発現の変動の変化から、ABA 処理は耐凍性の増加と花芽発育の促進、すなわち冬に向けた耐性整備と花芽の発達それぞれの要因を通じて翌春の開花に影響を及ぼすものと考えられた。

表1 福岡県の発芽不良発生現地園から12月上旬に採取した枝の腋花芽における耐凍性

		1年目		2年目	
		12月上旬	1月下旬	12月上旬	1月下旬
A園	無処理	-13.59	-8.24	-8.43	-13.87
	ABA処理	-15.27	-10.03	-10.30	-13.65
B園	無処理	-15.34	-7.62	-8.05	-12.20
	ABA処理	-15.96	-9.10	-10.19	-12.87

z: 腋花芽の半数致死温度()として表示

表2 福岡県の発芽不良発生現地園における休眠導入期のABA処理が翌春の開花に及ぼす影響

			開花指数		不開花率(%)		小花数	開花率(%)	
			長果枝	短果枝	長果枝	短果枝		長果枝	長果枝
1年目	A園	無処理	5.98 a	8.42 a	52.0 b	0 ns	-	4.9 a	
		ABA処理	6.57 b	8.88 b	31.9 a	0	-	15.6 b	
	B園	無処理	4.18 a	-	15.1 ns	-	6.97 a	64.4 a	
		ABA処理	4.91 b	-	17.9	-	7.32 b	77.6 b	
2年目	A園	無処理	8.73 a	9.94 ns	9.6 b	2.1 ns	7.31 a	78.7 a	
		ABA処理	9.00 b	9.90	0.0 a	4.3	8.36 b	99.0 b	
	B園	無処理	6.19 ns	6.66 ns	16.7 ns	11.3 ns	9.00 ns	51.6 ns	
		ABA処理	6.05	6.36	23.8	6.9	8.85	43.3	

異英文字は同一園地・同一調査日内で有意差(P=0.05)のあることを示す。

不開花芽率は、その花芽から発生した小花が調査時点で1輪も開花していない割合(枯死芽含む)

1芽当たり小花数は、調査時未開花の芽を除く(1芽当たり開花小花数には含む)。

開花率は逆正弦変換後に統計解析を行った。

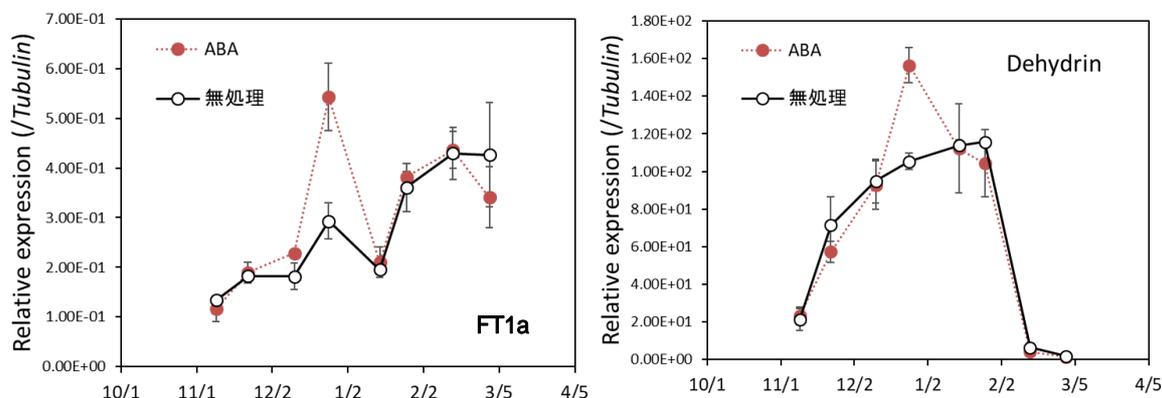


図2 ABA処理が現地A園のニホンナシ腋花芽の遺伝子発現の動態に及ぼす影響(処理1年目)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2件)

伊東明子・阪本大輔・杉浦俊彦・森口卓哉(2021)道管液糖含量を指標とした冬季のニホンナシ腋花芽の耐凍性の評価.園学研.(Hort. Res. (Japan)) 20:207-215.

Akiyoshi Tominaga, Akiko Ito, Toshihiko Sugiura and Hisayo Yamane (2022) How Is Global Warming Affecting Fruit Tree Blooming? "Flowering (Dormancy) Disorder" in Japanese Pear (*Pyrus pyrifolia*) as a Case Study. *Frontiers in Plant Science*. doi:10.3389/fpls.2021.787638

〔学会発表〕(計 2件)

伊東明子(2019)西南暖地におけるニホンナシ発芽不良の原因と対策.園学研(別2)18:38-39.

古澤典子・瀬戸山安由美・渡邊辰彦・藤島宏之・伊東明子(2019)ニホンナシ'幸水'に対する秋季のABA処理が耐凍性および開花に及ぼす影響.園学研(別2)18:325.

〔図書〕(計 1件)

伊東明子(2020)西南暖地におけるニホンナシ発芽不良の原因と対策.農業技術大系・果樹編『追録35号』:温暖化 67-74.

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕なし

6. 研究組織 該当無し

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	喜多 正幸 (Kita Masayuki) (10343972)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・果樹茶業研究部門・上級研究員 (82111)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関