

施肥量の異なるウメ‘南高’に対する開花前の高温が 花器に及ぼす影響

綱木海成・土田靖久・城村徳明¹

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Effect of High Temperature before Flowering on Flower of Japanese Apricot 'Nanko' with Different Amounts of Fertilization

Kaisei Tsunaki, Yasuhisa Tsuchida and Noriaki Jomura¹

Japanese Apricot Laboratory, Wakayama Fruit Tree Experiment Station

緒 言

2020年の和歌山県のウメ収穫量は41,300tと1993年以降で最も少なく（農林水産省，2020），例年になく不作となり，生産現場で大きな問題となった。2019年12月から2020年2月にかけて，東・西日本で記録的な暖冬となり（気象庁，2020），和歌山県でも同期間の気温は平年と比較して平均2℃高温で推移した（和歌山地方气象台，2020，2021）。ウメにおいては近年の温暖化の影響により，結実不良がすでに生じているとされているが（杉浦，2007），これはウメでは暖冬年に早期開花し，受精能力のない不完全花が多くなるためである（渡辺，1984）。

2020年産ウメの不作を受けて，産地の関係機関を構成員とする日高果樹技術者協議会（以下，日果技）が実態把握のため産地ウメ生産者約140名を対象に行った緊急のアンケート調査では，2020年産のウメ生産量が平年比80%以上の生産者は年間窒素施用量が平均で20kg/10aであるのに対し，平年比40%未満の生産者では年間窒素施用量が平均で16kg/10aと少ない傾向がみられ，施肥とウメ生産量との関連性が示唆された。これまでにウメにおいては窒素施用時期と花芽着生量および花質，開花期を調査した報告があるが（高野，1985），暖冬条件下における窒素施用量と花器の関係を調査した報告はほとんどない。

そこで本研究では，年間窒素施用量の異なるウメ‘南高’樹体を開花前に高温条件におき，落葉後から開花期までの高温条件および樹体栄養が花器に与える影響を調査し，暖冬年における樹体栄養と不作の関連を明らかにすることを目的とした。

材料および方法

1. 供試植物

2021年1月に2年生の‘南高’を褐色森林土で20Lポットに植栽し，供試した。試験区は1樹あ

¹現在：和歌山県有田振興局農林水産振興部農業水産振興課

たり年間窒素成分量を 140g とした慣行区と 1 樹あたり年間窒素成分量を 44g とした減肥区とし、各区 9 樹ずつとした。施肥量および施肥時期は表 1 に示すように、南高タブレット (N:P:K=8:5:7, 紀州農業協同組合) を 2021 年 4 月 7 日, 5 月 11 日, 6 月 28 日, 9 月 16 日の 4 回に分けて等量ずつ施用した。

表 1 成分施用量および施肥日(単位: g/樹, 2021 年)

施肥日	慣行区			減肥区		
	N	P	K	N	P	K
4 月 7 日	35	22	31	11	7	10
5 月 11 日	35	22	31	11	7	10
6 月 28 日	35	22	31	11	7	10
9 月 16 日	35	22	31	11	7	10
年間計	140	88	124	44	28	40

肥料は南高タブレット (N:P:K=8:5:7) を施用

樹体栄養状態の指標となる葉中窒素含有率については、岡室ら (2016) の方法に従い、2021 年 8 月 2 日に中果枝中位葉を 1 樹につき 10 枚採取し、80°C で乾熱乾燥後、粉碎したサンプルを有機元素分析装置マイクロコーダー JMI000CN (ジェイ・サイエンス・ラボ社) で測定した。減肥区の葉中窒素含有率の平均値は 2.2% であるのに対し、慣行区の平均値は 2.9% と、Tukey の多重比較検定では 5% 水準で有意に高く、減肥区ではウメの栄養診断基準 (和歌山県農林水産部, 2019) の 2.5% を下回った。

両区の樹体各 9 樹を 3 樹ずつの 3 グループに分け、3 通りの加温処理を行った。すなわち、Meier et al. (1994) が核果類の発生段階の植物学的特徴を系統的に定義した The Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical industry スケール (以下, BBCH スケール) を参考とし、生育ステージが 51-53 (図 1 左) となった 2021 年 12 月 16 日から 2022 年 1 月 5 日まで最低温度 15°C に設定した温室で栽培 (以下, 長期加温), 生育ステージが 54-56 (図 1 右) となった 2022 年 1 月 21 日から 2022 年 1 月 30 日まで温室で栽培 (以下, 短期加温), 露地で栽培 (以下, 無加温) する樹体にそれぞれ 3 樹ずつ振り分けた。なお、各試験樹について、温室に搬入する前に剪定を行い、樹容積を揃えた。また、試験期間中は自記温度計 (おんどとり TR-52, ティアンドデイ社) を地上から高さ 1m に設置し、気温の推移を 1 時間ごとに記録した。

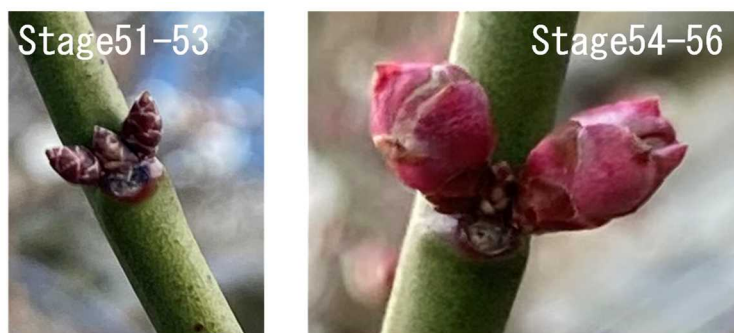


図 1 BBCH スケールに基づいた '南高' 花蕾の発達段階

2. ‘南高’花器および1樹あたり花数の調査

不完全花率および花粉発芽率について、いずれの樹体も満開日（8割開花時点）に調査した。なお、不完全花率については、満開日当日に開花した花を30花採取し、松原ら（1938）の方法を参考に、雌ずいの長さが雄ずいと同等以上である完全花（図2左）と、雌ずいが雄ずいよりも短いまたは欠損した不完全花（図2右）に分類して求めた。また、花粉発芽率については、不完全花率の調査のために採取した30花から葯を採取して、20℃条件下で24時間静置し、得られた花粉を用いて八重垣ら（2002）の方法を参考にショ糖10%を含む1%寒天培地上に花粉を散布した。20℃のインキュベーター内に12時間以上放置後、光学顕微鏡で花粉粒を200粒以上観察し、花粉粒の直径以上に花粉管が伸長している花粉の割合から算出した。1樹あたり花数については、すべての樹体で試験期間中（2021年12月16日～2022年2月8日）の全開花数を調査した。



図2 ‘南高’の完全花（左）と不完全花（右）

3. 統計処理

不完全花率、花粉発芽率および1樹あたり花数のデータに関して、ANOVAで分散分析後、Tukey法によって多重比較検定した。また、各データにおける施肥量と加温期間の交互作用を明らかとするため、二元配置分散分析を行った。

結 果

各処理における日平均気温では、無加温と比較して長期加温では4.6℃高く、短期加温では2.3℃高かった。各区の試験期間中における25℃以上の高温に遭遇した時間は、無加温で0時間であったのに対し、長期加温では42時間、短期加温では19時間であった。また、満開日は無加温と比較して長期加温では34日、短期加温では9日早まった（表2）。

表2 各処理の日平均気温および満開日（2021年12月16日～2022年2月8日）

処理	日平均気温（℃）	高温遭遇時間（h） ²	満開日
長期加温	10.2	42.0	1月5日
短期加温	7.9	19.0	1月30日
無加温	5.6	0.0	2月8日

²25℃以上に遭遇した時間

不完全花率について、長期加温、短期加温、無加温の順に高く、減肥区と慣行区間では差がみられなかった（図3左）。また、花粉発芽率について、減肥区では長期加温で短期加温および無加温よりも低く、慣行区では、長期加温、短期加温、無加温の順に低かった（図3右）。

1樹あたり花数について、長期加温の減肥区で短期加温の慣行区および無加温の慣行区に比べて低かった（図4）。

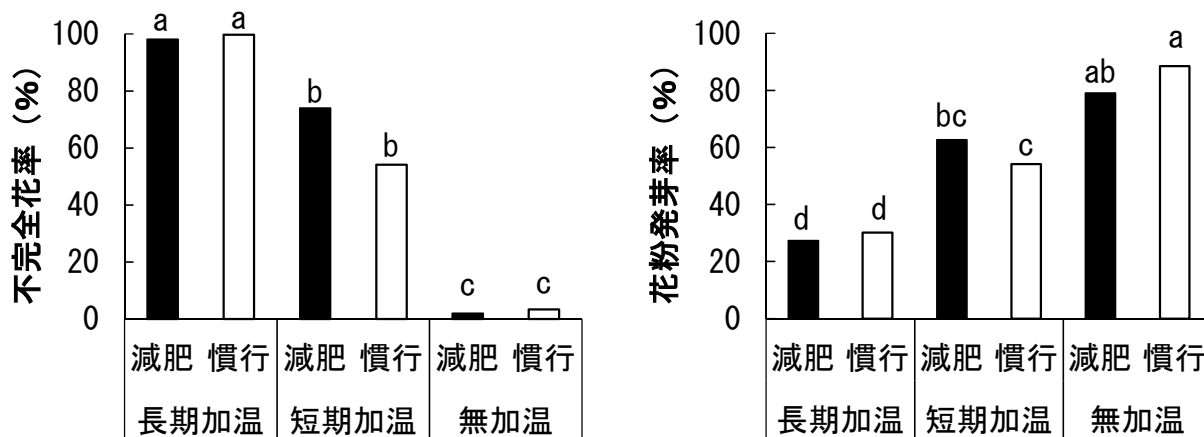


図3 施肥量と加温期間の違いが‘南高’花器に及ぼす影響（左：不完全花率，右：花粉発芽率）
Tukeyの多重比較検定により，異符号間に5%水準で有意差があることを示す（n=3）

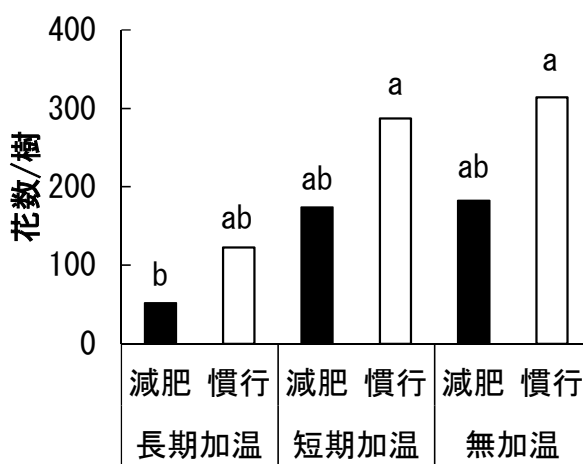


図4 施肥量と加温期間の違いが‘南高’1樹あたり花数に及ぼす影響
Tukeyの多重比較検定により，異符号間に5%水準で有意差があることを示す（n=3）

さらに、不完全花率および花粉発芽率、1樹あたり花数において、施肥量と加温期間の二元配置分散分析を行ったところ、不完全花率では加温期間で有意、1樹あたり花数は施肥量および加温期間で有意であり交互作用はみられなかった。また、花粉発芽率は加温期間で有意であり、施肥と加温期間の交互作用がみられた（表3）。

表3 施肥量および加温期間の違いによる‘南高’花器および1樹あたり花数への影響

要因 ^z	不完全花率 (%)	花粉発芽率 (%)	1樹あたり花数
施肥量	ns	ns	**
加温期間	**	**	**
施肥量×加温期間 ^y	ns	*	ns

^z 二元配置分散分析により，**は1%水準で，*は5%水準で有意差があることを示し，nsは有意差がないことを示す

^y 施肥量と加温期間の間における交互作用を示す

考 察

ウメにおける早期開花と不完全花率の関係を調査した先行研究では，‘南高’をはじめとした複数品種で開花の早い年には不完全花率が高いことが報告されている（土方，1974；高松・鈴木，1995；上野・松山，1969）。また，鈴木ら（1993a）によるウメにおける開花前の高温と不完全花率の関係の調査では，‘南高’においては2月1日から10～25℃の温度処理を開始した場合に，高温になるほど開花までの所要日数が短く，不完全花率が高くなるとされている。これらの結果は本研究の長期加温および短期加温で無加温と比較して，開花が早まり不完全花率が高くなる結果と一致した。ウメと同じくバラ科果樹であるアンズでは，不完全花率と初期の結実数の間に負の相関関係があることが報告されており（青木・山田，1942），‘南高’においても暖冬年に不完全花が増加することにより，不作となることが示唆された。さらに，本研究では施肥量が異なる‘南高’樹体を開花前の高温条件下に置くことで，‘南高’樹体の栄養状態と暖冬条件が花器に与える影響と交互作用の有無を明らかにすることを試みたが，施肥量と加温期間の二元配置分散分析の結果では，‘南高’の不完全花発生には，加温期間のみが有意な影響を与えていると判断された。このことから，暖冬年における‘南高’では，施肥量が多くても不完全花発生抑制は期待できないことが示唆された。

他方，‘南高’の品種特性として，花粉量が多く花粉発芽率も高いことが報告されており（八重垣ら，2002），県内産地における‘南高’は主力品種であると同時に‘古城’や‘露茜’といった他品種の授粉樹としての側面もある。先行研究では，ウメと同じ核果類のモモ3年生ポット苗を落葉後から開花直前まで20℃，25℃，30℃，35℃条件下に置いた場合に，温度が高い区ほど花粉発芽率が劣り，モモで結実を安定させるためには優良な花粉を生産することが前提とされている（吉田ら，1990）。‘南高’については20℃および25℃で生育させた樹体から採取した花粉は15℃で生育させた樹体から採取した花粉と比較して，花粉管伸長量が劣ることが報告されているため（鈴木ら，1993a），本研究では‘南高’の花粉発芽率についても併せて調査した。施肥量と加温期間の二元配置分散分析の結果で，花粉発芽率に対しては加温期間の影響が大きいものの，施肥量と加温期間に交互作用がみられたため，暖冬年においては‘南高’樹体栄養状態の悪化も花粉発芽率の低下を助長することが示唆された。別府（2020）の報告では，地球温暖化が果樹に与える影響として，ウメでは自家不和合性品種や花粉不稔品種における受粉樹との開花期のずれによる結実不良を挙げているが，これに加えて，‘南高’の花粉発芽率の低下は暖冬年における‘南高’以外の品種の不作を助長している可能性が考えられた。

1樹あたり花数は減肥区長期加温で慣行区短期加温および慣行区無加温よりも少なくなったが，バラ科果樹においては，ニホンナシで調査したいずれの品種でも窒素の施用濃度が高いほど花芽形

成が優れる傾向がみられたとの報告がある（伴野ら，1984）。加えて，ニホンナシにおける開花前の高温による生産阻害要因として花芽異常現象（Floral Bud Abortion, 花ボケ）が知られており，花芽異常となった蕾では，生育が停止し，樹体から脱落することが明らかとなっている（Kingston et al., 1990 ; Petri et al., 2002）。ウメにおいても，水挿しした‘南高’切り枝を15°Cと25°Cにおき，開花の有無を調査した試験では25°C区では花蕾の肥大が認められず，すべての芽が乾燥して枯死したとの報告があり（鈴木ら，1993b），本研究でも長期加温および短期加温を行った樹体では，開花に至らずそのまま乾燥して枯死する花蕾がみられた。一方で，施肥量と加温期間の二元配置分散分析の結果から，1樹あたり花数においては施肥量と加温期間に交互作用はなく，それぞれ独立して影響を与えていることが示された。これらのことから，樹体栄養の悪化による花芽減少と暖冬条件下における花芽異常はそれぞれ独立して発生すると推察された。

以上から，日果技が行った2020年産ウメ作況に関するアンケート調査において，生産量が多かった園地で施肥量も多い傾向がみられたのは，十分な施肥を行うことで樹体の栄養状態が改善され，開花数が増加したことで，暖冬年でも受粉機会が確保され，ウメ生産量が維持されたためと考えられた。

摘 要

本研究は，年間窒素施用量の異なるウメ‘南高’樹体を開花前の高温におき，落葉後から開花期までの高温条件および樹体栄養が花器に与える影響を調査し，暖冬年の不作の要因を明らかにすることを目的とした。

- 1) ‘南高’の不完全花発生には，加温期間の影響が施肥量による影響よりも大きいと考えられた。
- 2) ‘南高’の花粉発芽率には，加温期間の影響が施肥量による影響よりも大きいものの，施肥量の不足による樹体栄養状態の悪化により花粉発芽率低下が助長されると考えられた。
- 3) ‘南高’の1樹あたり花数については，加温期間と施肥量がそれぞれ独立して影響していると考えられた。

以上から，2020年産のウメ生産量が多かった園地で施肥量も多い傾向がみられたのは，十分な施肥を行うことで樹体の栄養状態が改善され，開花数が増加したことで，暖冬年でも受粉機会が確保され，ウメ生産量が維持されたためと考えられた。

引用文献

- 青木二郎・山田四郎. 1942. 杏の花と自然状態に於ける結實に就て. 園学雑. 13 : 277-280.
- 伴野潔・林真二・田辺賢二. 1984. ニホンナシの花芽形成と窒素栄養との関係. 園学雑. 53 : 265-270.
- 別府賢治. 2020. サクラ属果樹の栽培における温暖化に伴う障害の発生とその対策. 園学雑. 19 : 219-228.
- 土方智. 1974. ウメの開花・結実に関する生態的研究（第1報）. 園学要旨. 昭49秋 : 58-59.
- Kingston, C.M., D.J. Klinac, and C.W. van Epenhuijse. 1990. Floral bud disorders of nashi (*Pyrus serotina*) grown in New Zealand. *Journal of Crop and Horticultural Science*. 18: 157-159.
- 気象庁. 2020. 令和2年報道発表資料. 冬（12～2月）の天候.

- 〈<https://www.jma.go.jp/jma/press/2003/02b/tenko201202.html>〉 .
- 松原茂樹・飯田 章・徳永信八郎. 1938. 梅の不完全花發生並に稔性に關する實驗. 園学雑. 9 : 187-211.
- Meier, U., H. Graf, H. Hack, M. Hess, W. Kennel, R. Klose, D. Mappes, D. Seipp, R. Stauss, J. Streif und T. Van Den Boom. 1994. Phänologische Entwick-lungsstadien des Kernobstes (*Malus domestica* Borkh. und *Pyrus communis* L.), des Steinobstes (Prunus-Arten), der Johannisbeere (Ribes-Arten) und der Erdbeere (*Fragaria x ananassa* Duch.). Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 46: 141-153.
- 農林水産省. 2020. 農林水産統計. 令和 2 年産うめの結果樹面積, 収穫量及び出荷量 (近畿) . 〈<https://www.maff.go.jp/kinki/press/toukei/toukeikikaku/attach/pdf/201127-1.pdf>〉 .
- 岡室美絵子・土田靖久・城村徳明. 2016. リン酸あるいはカリ肥料の無施用がウメ‘南高’樹体に及ぼす影響. 和農林水研報. 4 : 85-96.
- Petri, J.L., G.B. Leite, and Y. Yasunobu. 2002. Studies on the causes of floral bud abortion of Japanese pear (*Pyrus pyrifolia*) in Southern Brazil. Acta Horticulturae. 587: 375-380.
- 杉浦俊彦. 2007. 地球温暖化が日本各地の果樹生育に及ぼしている影響. 農業および園芸. 82 : 845-851.
- 鈴木登・王心燕・片岡郁雄・井上宏. 1993a. ウメ‘南高’の開花と花粉発芽の温度条件. 園学雑. 62 : 539-542.
- 鈴木登・王心燕・井上宏. 1993b. 温度条件の相違がウメの冬芽の発達と新梢生長に及ぼす影響. 園学雑. 62 : 527-531.
- 高松善博・鈴木登. 1995. ウメにおける開花期の早晚による雌ずいの発達の違いについて. 近畿大農紀要. 28 : 21-30.
- 高野隆志. 1985. ウメの樹体生長と生産力に及ぼす窒素施用時期の影響. 福井園試研報. 4 : 1-16.
- 上野晴久・松山良樹. 1969. ウメの生産安定に関する研究 (第 1 報) 花および果実について. 和歌山果試研報. 2 : 1-8.
- 和歌山地方気象台. 2020. 和歌山県の気象. 年報 (2019) . 〈https://www.jma-net.go.jp/wakayama/bousai/paper/wakayama_kishou/2019.pdf〉
- 和歌山地方気象台. 2021. 和歌山県の気象. 年報 (2020) . 〈https://www.jma-net.go.jp/wakayama/bousai/paper/wakayama_kishou/2020.pdf〉
- 和歌山県農林水産部. 2019. 土壌肥料対策指針 (改訂版) . P.73. 〈https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/072000/ecofamar/shishin/d00216389_d/fil/shishinzenbun.pdf〉
- 渡辺進. 1984. ウメの生産安定と品質改善. 農業技術. 39 : 363-368.
- 八重垣英明・土師岳・山口正己. 2002. ウメにおける花粉の量, 染色率および発芽率の品種間差異. 果樹研報. 1 : 47-53.
- 吉田智也・芝田展幸・古原剛二・武内直之・小出聖・板井隆・松本誠司. 1990. モモの施設栽培. 大分農技セ研報. 20 : 55-57.