年間を通した高温がナンコウバイの開花、開芽に及ぼす影響

大野拓也^{*1)}・中島敦司²⁾・河野仁美²⁾・大南真緒¹⁾

1) 和歌山大学大学院システム工学研究科 Graduate School of Systems Engineering, Wakayama Univ.

2) 和歌山大学システム工学部 Faculty of Systems Engineering, Wakayama Univ.

摘要: 本研究では、地球温暖化がナンコウバイの開花、開芽フェノロジーにどのような変化を与えるのかを事象的に証明することを目的として、高温環境でナンコウバイの育成実験を行った。2011年5月10日、6月14日、7月19日、8月23日に分けて、2つの条件のグロースチャンパー(外気温区、3℃加温区)にナンコウバイを搬入した。その結果、2年連続で加温区では全体的に開花、開芽時期が早まり、開花可能温度及び開芽可能温度の上昇があった。また、加温区において2011年8月、9月頃に不時落葉する個体が発生し、これらでは2012年の花芽数、開花数が減少した。以降の観測では、加温開始時期による開花、開芽フェノロジーの差異はなくなったが、加温区の一部の個体で2012年の開芽、2013年の開花、開芽が加温区の他の個体に比べて2週間程度遅れた。

キーワード: ナンコウバイ、温暖化、グロースチャンパー、開花、開芽、不時落葉

ONO, Takuya, NAKASHIMA, Atsushi, KOUNO, Hitomi and OMINAMI, Mao: **Effects of high temperature throughout the year on the blooming and sprouting of *Prunus mume* 'Nankou'.**

Abstract: In this research, to prove the actual effects of global warming on the phenology, especially the blooming and sprouting of *Prunus mume* 'Nankou', 'Nankou' was grown in a controlled high temperature experiment. The experiment was divided into 4 parts, May 10, Jun. 14, Jul. 19 and Aug. 23, in the year 2011, with the 'Nankou' being transferred into the growth chamber during these 4 parts under two conditions, outdoor temperature and 3℃ warmer than outdoor temperature. Overall results show earlier blooming and sprouting in the 3℃ warmer treatment chamber for the second consecutive year. In addition, in some individuals pre-season defoliation occurred in August and September 2011 and the number of flower buds and flowers decreased in 2012 of the warming treatment group. In later observations, the difference due to the starting time of warming was no longer relevant on the phenology, especially the blooming and sprouting, but in the sprouting of 2012 and the blooming and sprouting of 2013 was delayed about two weeks in some individuals of the warming treatment group.

Key words: *Prunus mume* 'Nankou', warming, growth chamber, blooming, sprouting, pre-season defoliation

1. はじめに

ウメ (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) は、弥生時代にはすでに栽培が行われていたと推測されていることからわかるように、古くから日本に伝わっていた中国原産の落葉樹である⁵⁾。現在の春の花見はサクラ (*Cerasus* spp.) であるが、特に江戸時代まではウメの花見の方が盛んであり⁵⁾、現在でも庭園樹、街路樹などとしても利用されている¹⁷⁾。近年は、様々な果樹の一大産地では開花期に花が一面に咲き乱れる農村景観が観光資源として利用されるようになってきているが²⁾、ウメもそのひとつとなっている¹⁴⁾。

IPCC は、1986～2005 年を基準とした 2016～2035 年の世界平均地上気温の変化は、0.3～0.7℃上昇する可能性が高く、最悪では 3℃以上も高温化すると予測している⁸⁾。この地球

温暖化による気温上昇によって樹木の生育異常や分布域変動の発生の可能性は、以前より指摘されている^{3, 7, 17, 18)}。ウメでも、温暖化の影響を受けて冬芽の休眠解除に対する低温暴露量が小さくなることが報告されている¹⁾。また、ウメは栽培植物であるため、気温変化が栽培に及ぼす影響を論じた報告もある。例えば、杉浦ら¹⁵⁾は、ウメは開花期が他の果樹よりも早いため、天候(気温)に開花フェノロジーが左右されやすいと報告している。また、暖冬年における開花期の前進とその後の気温低下による訪花昆虫の活動不活発が原因で、ウメの雄蕊の障害が発生し、結実不良となりやすくなることや実止まり後に霜害を受けやすくなることを指摘している。一方、葉芽も気温上昇とともに開芽するが、開芽期が花芽の開花期よりも遅れるので、葉芽は花芽に比べて休眠が深いと整理している報告もある¹⁶⁾。

* 連絡先著者 (Corresponding author) : E-mail : s154006@center.wakayama-u.ac.jp

〒640-8510 和歌山県和歌山市栄谷 930 930 Sakaedani, Wakayama city, Wakayama Pref. 640-8510, Japan

永田・佐々木¹⁰⁾は、ウメの開花に対する温度反応性を以下のように整理している。まず、ウメの花芽及び葉芽は、開花、開芽前年の腋芽形成後の夏季に花芽分化後⁴⁾、秋季以降の日長短縮によって開花可能最低温度の著しい上昇、すなわち冬休眠に導入される。その後、花芽は低温に暴露されることによって開花可能温度が徐々に低下する、つまり休眠解除されていく。そして、外気温が開花可能温度を上回る条件になると冬芽は内的成長を再開し、開花に至る。北海道を除く日本の全域では、休眠解除と内的成長が、ほぼ同時期に進行する。そして、温暖化による高温化の影響により、開花が早まる地域と遅くなる地域が出てくることを予想している。

以上のように、暖冬などの高温化とウメの開花、開芽フェノロジーの関係を調べた報告はあるが、数年間に及ぶ継続した高温化の影響を検討した研究はみられていない。中島ら^{6, 11, 19)}は、温暖化による高温化が植物の成長に及ぼす影響を明らかにするためには、少なくとも2年間以上の高温化暴露の影響を継続して調べることが重要であると報告している。その上で、気象データを用いた研究や、自身が行ってきた1年間レベルの育成実験で導き出された結果に対し、その不足を指摘している。

そこで、本研究では、ウメの重要な栽培品種であるナンコウバイ (*Prunus mume* 'Nankou') を野外より3℃高い温度条件下で2年間以上育成し、年間を通した高温化がナンコウバイの開花、開芽に及ぼす影響について検討したので報告する。

2. 材料および方法

供試植物のナンコウバイは、和歌山県南部川村で選抜された品種であり、ウメの一大産地である和歌山県ではブランド品種として栽培されている¹³⁾。花は白色一重で、2月上旬～中旬にかけて開花し、果実は約25g程度と大粒で、全国的にその果実の優秀性が認められている⁹⁾。

実験装置には、和歌山県和歌山市(北緯34°16', 東経135°16', 標高80m)に設置した自然採光型のグロースチャンパー(縦1.8m×横1.8m×高さ2.1m)2基を用いた。これらは、実測した野外の気温、湿度のデータを自動的にオンラインで受信し、それらの条件を高精度で再現できる性能を有する他、一定の温度、湿度勾配を設定することができる装置である。チャンパーの設定温度は、常に野外の気温変化と同一にした条件(外気温区)と常に野外の気温より3℃高い条件(加温区)とした。3℃の加温に設定した理由は、IPCCの温暖化予測幅として3℃上昇の可能性が予想、危惧されていることによる⁸⁾。また、人工気象室を使った温帯樹木に関する多くの既存研究^{6, 11, 12, 19)}で、形態やフェノロジーに目立って影響が現れる温度は、取り扱われた11樹種すべてで3℃以上の高温化の時であるという結果が報告されていたことによる。一方、気温以外の条件の影響を避けるため、CO₂濃度、湿度は野外と同じになるように設定した。実験を自然日長条件下で行うため、チャンパーは周辺に夜間照明がなく、周辺建物

の窓などからの漏洩光の影響のない位置に設置した。実験中の水管理は、夏季1日30分を2回、それ以外の時期は1日30分を1回のスプリンクラー灌水を行い、施肥は行わずに貧栄養条件で管理した。

供試植物には、2010年3月に15cm黒色ビニールポットに植え付けた接ぎ木苗を使用した。2011年5月10日に、樹高100cm程度で樹高が揃った供試植物25個体を用意し、気温以外の条件を同じにする目的で全個体を外気温区に搬入した。それらを5個体ずつの5つのグループに分け、2011年5月10日、6月14日、7月19日、8月23日(以下、順に5月区、6月区、7月区、8月区とする)の5週おきに、5個体ずつを加温区に移した。なお、処理の開始時には用意した25個体の他に予備25個体を準備し、外気温区に置いたが、それらを各加温区の補充に使うことはなかった。その結果、保管中に生育不良となった6個体をのぞく19個体は外気温区の個体として扱い、外気温区は24個体となった。

全供試個体から6本の枝を無作為に選定し、調査枝とした。2012年と2013年のそれぞれ1月上旬に、調査枝の腋芽から分化したすべての花芽数、葉芽数を記録した。その後、各枝の写真を2～4日おきに撮影した。開花、開芽がみられた際には、その日を芽ごとに記録した。開花の定義として、開花日を花弁が開き雄蕊を確認できた日とし、開花の初見日は、最初の花ではなく2個目の花を確認した日とした。また、開花日から花弁がすべて散った日までの日数を開花日数とした。開芽の定義として、開芽日を最初の葉の開葉開始を確認できた日とした。撮影は5月上旬まで継続し、開花期間、伸長期間を芽ごとに特定した。また、開花せずに落下した未開花の花芽、葉芽の数を記録し、その年の最終的な開花率と開芽率を算出した。

次に、花芽、葉芽の50%が開花、開芽した日から1週間前までと1ヶ月前までの日平均気温の平均値を計算し、それぞれを指標とした開花、開芽可能温度を計算した。1週間前までと1ヶ月前までの2種類の温度を計算した理由は、永田・佐々木¹⁰⁾の報告で、1月の平均気温が5℃以上の地域では、ウメの花芽の内的成長による開花に最高気温の影響が少なくなるという報告があったことと、ウメの花芽、葉芽では休眠解除と内的成長が同時進行する場合もあるために内的成長開始日の特定が難しいこと、さらに、開花、開芽可能温度についての明確な定義がないためである。なお、和歌山市の1月の外気温の平均気温は、2012年が5.63℃で2013年は5.32℃であった。

また、秋～冬季の落葉期間の変動が、翌年の花芽の開花や葉芽の開芽に及ぼす影響を調べる目的で、春～冬季の1週間に1度の頻度で調査枝ごとの着生葉数の測定を行った。

3. 結果および考察

2012年の外気温区、5月区、6月区、7月区、8月区の各処理区における開花初見日は、外気温区、5月区が2月24

日で、6月区が2月17日で、7月区、8月区が2月21日であった(表-1)。図-1(左段)に、個体別の開花率の変化を整理した。これによると、加温区では加温開始時期に関わらず開花が開始してから短期間で開花期を終える個体が多く、個体別の開花期間の平均値を調べると、外気温区で24日間、加温区では17日間であり、有意差が認められた(Tukey-Kramer test, $p < 0.05$)。また、区全体としても外気温区よりも早期に開花期を終える開花曲線となった。6月区、7月区には緩やかに開花数を増やした個体がみられたが、それでも外気温区よりも開花期は短縮されていた。

表-1に、両年の各区における調査枝ごとの開花、開芽についての結果を整理した。これによると、2011年から実施した加温処理によって2012年では外気温区よりも花芽数が増加した。特に7月区では外気温区の4倍もの花芽を着生した。ウメの花芽の分化時期は8月中～下旬であることが知られているが⁴⁾、加温区のうち8月区をのぞいて花芽分化期に高温条件に十分に晒されていたことになる。しかしながら、5、6月区では7月区ほどは花芽分化が促進されなかった。また、加温開始が遅かった8月区でも花芽分化は特に促進されなかった。その後、高温条件が2年間継続すると、2年目の花芽数は外気温区では増加し、加温区では減少した。このように、高温化が継続するとウメの花芽分化は抑制される可能性が考えられた。

一方、開花可能温度については、いずれの加温区とも、外気温区よりも2年連続で開花可能温度と開芽可能温度が上昇した。これは、開花1週間前と1ヶ月前どちらで計算しても同様であった。特に、2013年は2012年より、加温区の開花可能温度の上昇幅が大きくなった。2013年の加温区の1週間で計算した開花可能温度は、2月上旬であるにも関わらず11℃を越えたが、直前に異常高温の時期があったためと判断され、1ヶ月間の計算も行った。その結果、数値は変わったものの、傾向は変わらなかった。なお、加温区の一部の個

体では、2012年の開芽、2013年の開花、開芽が加温区の他の個体よりも2週間～3週間遅れた。このため、加温開始時期を区別せずに、外気温区より開花が早まった15個体を促進タイプ、それ以外の5個体を遅延タイプとして再計算したところ、遅延タイプでは、開花可能温度が低く、開芽可能温度は逆に高くなった(表-1)。

次に、開花日と開花日数の関係をみると(図-1右段)、2012年の開花日数は、外気温区は3～26日間で、加温区では1～28日間であった。平均開花日数を求めると、外気温区は11日間で、加温区は9日間となり有意差が認められた(Tukey-Kramer test, $p < 0.05$)。加温区では開花日数の長い花が少なかったことが、前述の個体別の開花期間の短縮につながったと考えられた。また、外気温区と加温区では開花時期としては著しい違いがなかったが、その時の温度条件では加温区は3℃の高温条件であったことになり、花の老化が進みやすくなったことで開花日数が短くなったと考えられた。

以上のように、3℃の加温処理によって加温1年目の花芽分化は促進されたものの、翌春の開花開始時期は外気温区とほぼ同時期となった(表-1)。しかし、冬季の低温不足によって開花可能温度は外気温区ほど下降しなかった(表-1)。開芽可能温度でも同様となった。また、加温開始時期の違いは、花芽の分化数には影響したが、翌年の開花時期に影響することにはなかった。したがって、ウメの開花時期は前年の夏季ではなく秋季以降の温度の影響をより強く受けるものと考えられた。

一方、加温区では、加温開始時期に関わらず2011年の夏季の高温期に不時落葉が認められ、このことが2012年の開花率に影響した可能性が考えられた。そこで、図-2に、加温区全体の前年の落葉の状態と翌年の開花の状態を整理した。これによると、シュートあたりの花芽数、開花数は、通常の落葉個体ではそれぞれ6.7個、3.8個で、不時落葉個体では2.8個、1.2個と少なくなり、これらの個体では最終開花率も

表-1 年間を通した3℃の加温がナンコウバイの開花、開芽に及ぼす影響(外気温区:24個体、5月区～8月区:2011年の各処理区で5個体ずつ、促進タイプ:外気温区より開花が早期化した加温区の15個体、遅延タイプ:加温区の他の個体よりも開花、開芽が遅れた加温区の5個体、花芽数、葉芽数はシュートあたり)

Table 1 Effects of the warming treatment of 3℃ throughout the year on the blooming and sprouting of *P. mume* 'Nankou'

		2012 年						2013 年					
		花芽数	開花日		開花可能温度		開花率	花芽数	開花日		開花可能温度		開花率
			初見日	50 %	1 週間前	1 ヶ月前			初見日	50 %	1 週間前	1 ヶ月前	
花芽	外気温区	4.4	2/24	3/05	8.7 °C	6.1 °C	71.2 %	5.4	2/05	2/26	5.0 °C	6.0 °C	69.0 %
	5 月区	8.9	2/24	2/29	9.7 °C	8.0 °C	52.7 %	5.0	2/05	2/18	8.4 °C	9.3 °C	55.7 %
	6 月区	8.4	2/17	2/27	9.9 °C	7.8 °C	57.5 %	4.3	2/01	2/08	11.2 °C	9.3 °C	71.2 %
	7 月区	17.8	2/21	3/02	10.0 °C	8.4 °C	47.9 %	3.6	2/01	2/08	11.2 °C	9.3 °C	64.0 %
	8 月区	5.7	2/21	2/24	8.9 °C	7.8 °C	59.8 %	4.3	2/01	2/05	12.4 °C	9.3 °C	87.7 %
	促進タイプ	8.9	2/17	2/29	9.7 °C	8.0 °C	53.0 %	4.2	1/28	2/08	11.2 °C	9.3 °C	79.1 %
	遅延タイプ	—	—	—	—	—	—	6.8	2/14	2/28	9.1 °C	9.3 °C	34.7 %
葉芽		葉芽数	開芽日		開芽可能温度		開芽率	葉芽数	開芽日		開芽可能温度		開芽率
	初見日		50 %	1 週間前	1 ヶ月前	初見日			50 %	1 週間前	1 ヶ月前		
	外気温区	10.6	3/26	4/06	11.8 °C	9.6 °C	80.1 %	9.1	3/19	4/01	11.9 °C	11.4 °C	89.3 %
	促進タイプ	7.6	3/21	4/04	15.0 °C	12.6 °C	77.6 %	8.9	3/19	3/27	13.2 °C	13.6 °C	81.9 %
	遅延タイプ	8.6	4/12	4/23	19.7 °C	17.9 °C	84.5 %	12.8	4/08	4/14	15.0 °C	15.7 °C	61.3 %

図-1 3 °Cの加温開始時期の違いがナンコウバイの累積開花率、開花日別の開花日数に及ぼす影響（左段：2012年の個別累積開花率、右段：2012年の開花日別の開花日数）＊左段の開花率は花芽数に対する開花数の割合、点線は2011年の夏季に落葉した個体を示す。右段の円は中心が開花日別の開花日数を示し、円の大きさは処理区あたりの開花数（最少1個、最大40個）を模式的に表現した。

Fig. 1 Effects of different started timing of the warming treatment of 3 °C on the accumulated blooming rate(left) and relationship between initiation date and period on blooming(right) of *P. mume* 'Nankou'

低下した。不時落葉した個体はすべての処理区でみられ、外気温区では1個体、加温区の5月区2個体、6月区1個体、7月区2個体、8月区3個体が発生した（図-1左段の点線）。

図-2 3 °Cの加温で発生した前年の不時落葉がナンコウバイのシュートあたりの花芽数、開花数に及ぼす影響（左：2012年の平均花芽数、右：2012年の平均開花数）

($a > b$, $p < 0.05$, by Tukey-Kramer test)

Fig. 2 Pre-season defoliation in one year ago by the warming treatment of 3 °C on the number of flower buds(left) and flowers(right) per shoot of *P. mume* 'Nankou'

さらに、興味深いことに、前年に不時落葉した個体では、花芽形成したもののまったく開花しなかった個体が2個体あった。このように、前年の夏季に不時落葉することで、翌年の開花は影響を受けると考えられた。

また、シュートあたりの花芽数、開花数は、通常の落葉個体ではそれぞれ8.1個、6.4個で、不時落葉個体では9.5個、7.5個であり、有意差はなかったものの、いずれも不時落葉個体の方で大となる傾向があった。永田・佐々木¹⁰⁾は不時落葉により、花芽の発育を途中で停止し、葉芽に戻る現象を確認しているが¹⁰⁾、本実験における一部の不時落葉個体でも、腋芽が花芽分化せず葉芽化した可能性が考えられた。

図-3に、加温開始から2年間の個別別の開花曲線、開芽曲線を整理した。これによると、開花の遅延タイプでは2年とも開花率が高いレベルとなる個体がみられなかった。また、加温区では遅延、促進タイプの違いによらず、0%や10%レベルの開花率で開花を終えた個体の割合が高くなった。一方、開芽における遅延タイプでは、2013年に開芽率が高くまで達しない個体がみられるようになった。しかし、加温処理によって開花、開芽の傾き、つまり増加速度が外気温区より小さくなることはなかった。このように加温処理によって、展開できない花芽、葉芽が発生したことになり、年間を通した高温化は、ウメの花芽、葉芽の発育に促進的に作用しない可能性が高いと判断された。

図-4に、2年間の開花日と開花日数の関係を整理した。これによると、開花開始が遅い花ほど開花日数は短くなる傾向があった。これは、開花している時の温度が高かったことによると考えられた。前述の通り2年目の2013年2月前半に高温が継続する時期があり、開花、開芽のいずれも開始時期が早くなった（図-3、図-4）。また、2年目には、1年目と同時期に開花、開芽を経過した個体も出現したため、開花、開芽期間は加温区、外気温区ともに長期化した（図-3）。この理由としては、2月中旬からの気温が平年通りに戻ったことで、

図-3 年間を通した 3 °C の加温がナンコウバイの累積開花率、開芽率に及ぼす影響 (上群: 個体別の累積開花率, 下群: 個体別の累積開芽率, 左段: 2012 年, 右段: 2013 年, Outdoor: 外気温区, +3 °C-Accelerated type: 外気温区よりも開花が早まった加温区の個体, +3 °C-Delayed type: 加温区以外の個体よりも開花、開芽が遅れた加温区の個体) * 開花率は花芽数に対する開花数の割合, 開芽率は葉芽数に対する開芽数の割合

Fig. 3 Effects of the warming treatment of 3 °C throughout the year on the accumulated blooming rate (top group) and sprouting rate (under group) of *P. mume* 'Nankou' in 2012 (left) and 2013 (right)

図-4 年間を通した 3 °C の加温がナンコウバイの開花日別に開花日数に及ぼす影響 (左: 2012 年, 右: 2013 年, Outdoor: 外気温区, +3 °C-Accelerated type: 外気温区よりも開花が早まった加温区の個体, +3 °C-Delayed type: 加温区以外の個体よりも開花が遅れた加温区の個体) * 円は、中心が開花日別の開花日数を示し、大きさで処理区あたりの開花数 (最少 1 個, 最大 40 個) を模式的に表現した

Fig. 4 Effects of the warming treatment of 3 °C throughout the year on relationship between initiation date and period on blooming of *P. mume* 'Nankou' in 2012 (left) and 2013 (right)

高温に反応できなかった芽が遅れて展開したためと考えられたが、詳細は不明であった。

4. おわりに

年間を通した 3 °C の加温処理により、ウメの品種ナンコウバイで確認された影響は以下のように整理される。

- (1) 加温処理によって、多くの個体で開花や開芽の時期は早まったが、それぞれの芽が展開する開花、開芽可能温度は上昇した。このことから、休眠解除に対する低温不足があり、冬芽の温度反応性は鈍くなると考えられた。また、この傾向は 2 年目で解消されることはなかった。
- (2) 加温処理によって、個体ごとの開花期間は短縮される傾向があった。
- (3) 加温処理によって、1 年目では花芽分化に促進的に働いたが、前年の 5 月、6 月からの加温開始よりも 7 月から

の方が促進された。その一方で、2年目の開花では、花芽分化が抑制された可能性があった。

- (4) 加温処理によって、夏季に不時落葉する個体が出現し、これらの個体では、翌年の花芽数、開花数が減少、開花率が低下されるなど、花芽分化、開花が阻害された。
- (5) 加温処理によって、外気温区より開花が早まった促進タイプと、開花、開芽が加温区の他の個体よりも2週間～3週間遅れた遅延タイプが出現した。
- (6) 促進タイプでは、以下のことが確認された。
 - ① 開花時期は外気温区と比べて1年目より2年目の方が大きく早まったが、開芽時期には違いがなかった。
 - ② 2年連続で開花、開芽可能温度の上昇があり、2年目の開花可能温度は大きく上昇した。
 - ③ 1年目は夏季に不時落葉した個体があったため開花率が低下したが、2年目は外気温区と比べて開花率に大きな違いがなかった。
- (7) 遅延タイプでは、以下のことが確認された。
 - ① 2年目の開花時期は外気温区と変わらず、開芽時期は2年連続で2週間程度遅れた。
 - ② 外気温区よりも、2年目の開花可能温度が上昇し、2年連続で開芽可能温度の大きな上昇があった。
 - ③ 1年目では、外気温区と比べて開芽率には違いがなかったが、2年目では開花率、開芽率のいずれも低下した。

以上のように、3℃の高温化によって、ナンコウバイでは、開花可能温度の上昇や、遅延タイプの出現、夏季の不時落葉の発生などの影響があると考えられた。これらの影響は、加温処理の1年目よりも2年目で大きくなった。また、開花期間は2年間ともに短縮され、温暖化の進行により自然受粉が困難になる可能性が考えられる。その理由は、花粉媒介者のフェノロジーとのミスマッチが生じるからである³⁾。さらに、遅延タイプのような温度感受性の低い個体が出現することで、高温化の継続によって成長系全体が抑制されていくことも危惧される。

引用文献

- 1) 青野靖之・佐藤和美(1996) 休眠解除過程を考慮した西日本におけるウメの開花日の推定, 農業気象, 52(2): 125-134.
- 2) 浅井崇俊・久保陽平・村松美紗子・仁平尊明(2007) 山梨県一宮町における果樹生産地域の特性, 地域研究年報, 29: 81-97.
- 3) 土井秀幸・高橋まゆみ(2010) マクロスケールからみる温暖

化の植物フェノロジーへの影響: 気象庁・生物季節データセットによる解析, 日本生態学会誌, 60(2): 241-247.

- 4) 五井正憲(1982) 温帯花木の花芽形成ならびに開花調節に関する研究, 香川大学農学部紀要, 38: 1-120.
- 5) 飛田範夫(1998) 日本庭園の植栽史, 京都大学学術出版会, 435 pp.
- 6) 平田真智子・山本将功・青木まどか・中島敦司(2011) 秋季の加温処理が狭い範囲で産地の異なるアカマツ苗の成長に及ぼす影響, 日本緑化工学会誌, 37(1): 32-37.
- 7) 本條均(2007) 気候温暖化が落葉果樹の休眠、開花現象に及ぼす影響, 園芸学研究, 6(1): 1-5.
- 8) 気象庁(2013) 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第5次評価報告書第1作業部会報告書(自然科学的根拠)の公表について,
http://www.jma.go.jp/jma/press/1309/27a/ipcc_ar5_wg1.pdf (2014.2.10 参照)
- 9) 松本紘斉(1980) カラーブックス 梅百科, 保育社, 151 pp.
- 10) 永田洋・佐々木恵彦(2002) 樹木環境生理学, 文英堂出版, 250 pp.
- 11) 中島敦司・中尾史郎・山田宏之・山田和司・養父志乃夫(2002) 年間を通じた気温上昇がサザンカの開花に及ぼす影響, ランドスケープ研究: 日本造園学会誌, 65(5): 471-474.
- 12) 中島敦司・山本将功(2006) 年間を通じた気温の上昇がアカマツの成長におよぼす影響, 日本緑化工学会誌, 32(1): 127-130.
- 13) 大江孝明・桑原あき・根来圭一・山田知史・菅井晴雄(2006) ウメ‘南高’の開花時期、採取時期と果実成分の関係およびそれらを原料として製造した梅酒品質への影響, 園芸学研究, 5(2): 141-148.
- 14) 小野佐和子(1991) 月瀬梅林の名所化, 造園雑誌, 54(5): 31-36.
- 15) 杉浦俊彦・住田弘一・横山繁樹・小野洋(2005) 農業に対する温暖化の影響の現状に関する調査, 農業・生物系特定産業技術研究機構総合企画調整部: 研究調査室小論集, (7),
<http://www.naro.affrc.go.jp/fruit/contents/files/ondanka.pdf> (2014.2.10 参照)
- 16) 鈴木登・王心燕・井上宏(1993) 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, 園芸學會雑誌, 62(3): 527-531.
- 17) 梅田直樹(2005) まちかど植物園, 文芸社, 166 pp.
- 18) 渡邊定元(1994) 樹木社会学, 東京大学出版会, 450 pp.
- 19) 山本将功・中島敦司・上田丁輔(2007) 異なる標高に生育するコナラとクスギの離層発達と落葉に関する研究, ランドスケープ研究: 日本造園学会誌, 70(5): 471-474.

(2014.6.18 受理)