

УДК. 582. 677.1

## ФЕНОЛОГИЧЕСКИЙ ОТВЕТ *MAGNOLIA SIEBOLDII* К. КОСН. НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Л.А. Каменева<sup>1</sup>, И.М. Кокшеева<sup>2</sup>, С.П. Творогов<sup>3</sup>, И.Г. Богачёв<sup>4</sup>

Фенология растений – важное направление исследований на стыке ботаники и экологии, позволяющее дать дополнительную информацию о явлениях, происходящих в природе в связи с изменением климата. Интересным примером стали наблюдения за растениями-интродуцентами, находящимися в уязвимом положении за пределами естественного ареала и чутко реагирующими на все изменения среды. Мы проанализировали данные многолетних (1982–2015 гг.) фенологических наблюдений за ценным декоративным интродуцентом *Magnolia sieboldii* в условиях юга Дальнего Востока России и оценили влияние климатических факторов. Показан характер зависимости наступления и продолжительности фенологических фаз от меняющихся климатических факторов. Отмечена высокая зависимость фазы цветения от температуры воздуха: изменяется не только фенодата, но и продолжительность процесса цветения. В 2011–2015 гг., по сравнению с периодом 1982–2001 гг., начало цветения сместилось на более ранние сроки, что можно объяснить изменением температурного фона этих периодов. Продолжительность вегетационного периода с 1982 по 2015 гг. увеличилась в среднем на 14 дней. Увеличение сроков вегетации произошло за счет смещения начала набухания почек на более ранние даты, а листопада – на более поздние. Таким образом, в статье показаны и проанализированы сдвиги фенологического ритма *Magnolia sieboldii*, демонстрирующие характер зависимости от климатических факторов и текущих климатических изменений.

**Ключевые слова:** *Magnolia*, фенологические фазы, фенологический сдвиг, вегетационный период, климат.

В связи с возросшим интересом к проблеме глобального изменения климата работы в области фенологии получили новый импульс к развитию (Семенов и др., 2004, 2006; Парилова и др., 2006; Menzel et al., 2006; Karolewski et al., 2007; Krajmerova et al., 2009; Gaira et al., 2014; Garamszegi, Kern, 2014; Chen et al., 2015 и др.). Фенологию растений рассматривают как самый надежный биоиндикатор изменения климата (Gordo et al., 2010). Весенние фенологические события более чувствительны к климату, чем осенние, поэтому претерпевают наибольшие изменения по сравнению с другими сезонами (Menzel, Fabian 1999; Gordo et al., 2010; Ellowood et al., 2013). Проведенные исследования показали роль температуры в фенологических ритмах (Cook et al., 2012; Fyfe et al., 2013; Luedeling et al., 2013). В последние годы продолжительность вегетационного периода многих растений увеличилась за счет сдвига

фенологических фаз на более ранние сроки (Post, Stenseth, 1999; Menzel, Fabian, 1999; Menzel et al., 2001; Scheifinger et al., 2002; Parmesan, Yohe, 2003; Gaira et al., 2014). Установлено, что очень теплые зимние месяцы могут привести к сдвигу фенологических дат на более поздний срок независимо от повышения температуры весной (Heide, 2003; Dentec et al., 2013; Luedeling et al., 2013). Перед исследователями возникает вопрос: насколько фенология растений связана с изменениями климата?

В качестве объекта исследований интересны представители рода *Magnolia* L. (*Magnoliaceae* Juss.), ареал которых в результате периодических изменений климата в течение последних 100 млн лет сместился в более южные регионы (Azuma et al., 2001; Романов и др., 2005; Казановский и др., 2008; Yan et al., 2008). Степень адаптации вида к новым условиям произрастания определяется тем, насколько успешно и полно растения проходят

<sup>1</sup> Каменева Любовь Анатольевна – науч. сотр. лаборатории интродукции древесных растений ФГБУН Ботанический сад-институт ДВО РАН (kameneval2013@mail.ru); <sup>2</sup> Кокшеева Инна Михайловна – зав. лабораторией интродукции древесных растений ФГБУН Ботанический сад-институт ДВО РАН (koksheeva@yandex.ru); <sup>3</sup> Творогов Сергей Павлович – инженер-исследователь лаборатории интродукции древесных растений ФГБУН Ботанический сад-институт ДВО РАН (vl\_fang@outlook.com); <sup>4</sup> Богачёв Илья Григорьевич – инженер-исследователь лаборатории интродукции древесных растений ФГБУН Ботанический сад-институт ДВО РАН (bogachev@botsad.ru).

генетически заложенные фазы своего развития. Многолетний опыт интродукции *M. sieboldii* К. Koch. на юге российского Дальнего Востока в Ботаническом саде-институте ДВО РАН (г. Владивосток) позволил накопить массив фенологических наблюдений с 1982 г., анализ которых дает возможность проследить закономерности фенологических событий (Петухова, 2003; Петухова, 2006; Kameneva, Koksheeva, 2013, Каменева, 2015). Цель настоящего исследования – определение временной изменчивости фенологических ритмов *M. sieboldii* и их сопряженности с климатическими условиями.

### Материалы и методы исследований

Исследования выполнены на трех одновозрастных деревьях (44 года) *M. sieboldii* в Ботаническом саде-институте ДВО РАН г. Владивосток (Приморский край, Дальний Восток, Россия, 43°13'27.48'' N, 131°59'36.32'' E).

Фенологические наблюдения проведены по методике П.И. Лапина (1967) с использованием данных за 1982–2001 гг. (Петухова, 2003, 2006) и 2011–2015 гг. (Каменева, 2015). Фиксировали даты наступления и продолжительности каждой фенологической фазы *M. sieboldii*: набухание почек, развертывание листьев, бутонизация, цветение (начало, массовое, конец), созревание плодов и листопад. Для фаз созревания плодов и листопада анализировали только данные по дате наступления фазы.

В работе использованы климатические данные с интернет-ресурса <http://meteo.ru/it/178-aisori>. Анализировали показатели средней, минимальной и максимальной температуры воздуха, относительной влажности воздуха и атмосферного давления за период прохождения каждой фенологической фазы. Использовали также температурные показатели зимнего периода.

Статистический анализ выполнен в программе Statistica 6.0. С помощью непараметрического коэффициента корреляции Спирмена ( $p < 0,05$ ) была определена зависимость между наступлением и продолжительностью фенологических фаз от климатических показателей. Температурные показатели зимнего периода в целом и средние значения температуры декабря, января и февраля использовали в статистическом анализе только для фазы набухания почек. Кроме того, исследовали влияние климатических показателей предшествующего периода на начало каждой анализируемой фенологической фазы.

В целях выявления фенологических сдвигов

проведено сравнение дат наступления фенологических фаз за два периода (1982–2001 и 2011–2015 гг.) с помощью U-теста Манна–Уитни.

### Результаты и обсуждение

Вегетационный период *M. sieboldii* начинается с набухания вегетативных почек в конце апреля при средней температуре воздуха 8,7 °С, развертывание листьев происходит спустя месяц (табл. 1). Фаза бутонизации наступает в конце мая, при этом цветение начинается только в середине июня. Цветение продолжается в среднем один месяц и может смещаться в разные годы либо на начало июня, либо на конец июня. Стоит отметить, что цветочные почки в пределах дерева находятся на разной стадии развития, поэтому к середине сентября происходит повторное цветение (Каменева, 2015). На формирование плодов, начиная с фазы окончания цветения, в среднем уходит два месяца. Вегетационный период завершается листопадом в конце октября (табл. 1).

Известно, что на дату начала фенологических событий могут повлиять климатические факторы предшествующего периода (Chmielewski, Rotzer, 2001; Menzel, 2006). Существуют также исследования, где отмечается зависимость начала вегетационного периода от температур зимнего периода (Jochner, Menzel, 2015). Мы проанализировали температурные показатели до наступления фенологических фаз с 1982–2015 гг.

Исследование зависимости начала вегетационного периода *M. sieboldii* от средней температуры зимнего периода ( $-9,96 \pm 2,3$  °С) в целом, а также от средней температуры за декабрь ( $-13 \pm 2,3$  °С), январь ( $-8,61 \pm 2,4$  °С) и февраль ( $-9,68 \pm 1,9$  °С) показало отсутствие значимых корреляций (табл. 2).

Из полученных результатов следует, что климатические показатели периода, предшествующего началу изучаемой фазы (температура, атмосферное давление, влажность), существенно влияют на дату ее наступления (табл. 2). Установлено, что от температурных показателей зависят только фазы цветения и созревания плодов. При этом повышение температуры во время начала цветения вызывает смещение наступления последующих периодов (массового цветения и конца цветения) на более поздние сроки. Что касается фазы созревания плодов, ее начало сдвигается на более ранние сроки при повышении температурных показателей предшествующей фазы (конец цветения). Фаза созревания плодов зависит также и от атмосферного давления. Данный факт подтвержден в работе Е.А. Нефед

Фенологические фазы развития *M. sieboldii* в условиях Ботанического сада-института ДВО РАН г. Владивосток (1982-2015 гг.)

Фенологическая фаза	Дата наступления фазы		Продолжительность, дни	Климатические характеристики за период прохождения фенологической фазы				
	ср.	ср./макс.		T, °C		влажность, %	давление, мбар	
				ср.	мин.			макс.
Набухание почек	24.04±5*	18.04/3.05	15±5	8,7±3,7	5±3,3	13,2±4,8	68,6±19,2	988±6,6
Развертывание листьев	18.05±5	07.05/26.05	11±6	10,2±3,03	6,9±2,2	15,8±4,1	76,1±17	927,5±6,2
	27.05±8	22.05/13.06	12±6	10,9±3,6	8,4±2,3	15,9±3,8	76,1±21	988±5,09
Цветение	11.06±4	30.05/18.06	10±3	13,55±2,2	11,12±1,9	18,28±3,7	90,41±9,8	987,11±3,3
	19.06±5	09.06/30.06	36±14	16,38±1,9	14,32±1,8	19,66±2,3	96,62±2	986,08±1,4
	19.08±5	07.07/20.08	68±16	16,95±1,3	14,62±1,7	20,23±1,2	86,21±3,7	990,81±1,7
Созревание плодов	29.09±5	24.09/8.10	63±14	13,3±2,4	11,2±3,4	16,6±3,2	75,8±11,8	994,6±4,7
	22.10±3	18.10/29.10	5±2	8±4,8	5,2±5,1	11,8±4,08	64,4±17,8	993,9±5,8
Общая продолжительность вегетационного периода			181±6	15±0,8	12,3±0,5	18,9±0,8	89,08±2,9	988,46±1,03

\*Средние значения со стандартным отклонением.

дьевой (2015), автор отмечает, что давление оказывает существенное влияние на регуляторные системы растений (табл. 2).

Как показали результаты анализа влияния климатических параметров на фенологические события, начало фазы бутонизации зависит только от атмосферного давления (табл. 2).

Для фазы цветения (начало и конец) значимыми оказались температурные показатели. В частности, увеличение средней и максимальной температуры дня сдвигает начало цветения на более ранние даты, что было отмечено некоторыми исследователями (Гордиенко, 2001; Овчинникова и др., 2011 и др.). Учитывая зависимость фазы цветения от температуры, а также наличие временных сдвигов в наступлении этой фазы, мы провели анализ временной изменчивости с 1982 по 2015 гг., чтобы проследить реакцию *M. sieboldii* на климатические изменения. Анализ фенологических фаз показал, что при увеличении средней температуры на 2 °C начало цветения сместилось в период с 1982 по 2015 г. на более ранние сроки (в среднем на 6 дней) (рис. 1). На сдвиг даты окончания цветения большее влияние оказывает минимальная температура дня, нежели средняя температура. Поэтому более высокие значения минимальной температуры смещают наступление данной фазы на более поздний срок (табл. 2).

Продолжительность фенологических фаз также зависит от температурных показателей. Для периода цветения в целом и для некоторых слагающих его фаз (периода массового цветения и конца цветения) наблюдается удлинение продолжительности за счет повышения температуры, причем значения минимальной температуры играют большую роль, чем значения средней и максимальной температуры. Фаза бутонизации находится в противоположных условиях: ее продолжительность будет короче, если минимальная температура будет достаточно высока и не опустится ниже определенного предела (табл. 3).

Анализ линии тренда начала и окончания вегетации показал, что происходит смещение этих фаз на более ранний период (рис. 2). При этом сдвиг начала вегетации сильнее, чем ее окончания. Кроме того, в разные годы можно наблюдать сокращение периода вегетации за счет смещения его начала на более поздний срок, а окончания – на более ранний. Увеличение сроков вегетации происходит при смещении начала фаз на более ранние даты и окончания на более поздние (рис. 2). Некоторые авторы при исследовании продолжительности вегетационного периода показывают, что для ряда растений он увеличивается за счет сдвига начала

**Зависимость наступления начала фенологических фаз *M. sieboldii* от климатических факторов анализируемых периодов в 1982–2015 гг.**

Фенологические фазы	Анализируемый период	Климатические характеристики анализируемого периода на начало фенологической фазы				
		T, °C			влажность, %	давление, мбар
		ср.	мин.	макс.		
Набухание почек	декабрь	0,198	0,248	0,356	–	–
	январь	0,031	0,095	0,011	–	–
	февраль	–0,238	–0,213	–0,240	–	–
	декабрь–февраль	–0,161	–0,180	–0,119	–	–
	день наступления фазы	0,271	0,304	0,184	0,025	0,093
Развертывание листьев	продолжительность предшествующей фазы (18.04–3.05)	0,271	0,304	0,184	0,093	0,032
	день наступления фазы	–0,104	–0,008	–0,167	0,114	–0,171
Бутонизация	продолжительность предшествующей фазы (7.05–26.05)	0,040	0,038	–0,072	0,083	0,124
	день наступления фазы	0,160	0,258	–0,353	0,354	–0,420*
Начало фазы цветения	продолжительность предшествующей фазы (22.05–13.06)	0,044	0,235	0,177	0,059	–0,003
	день наступления фазы	–0,492*	–0,333	–0,522*	0,534*	0,102
Массовое цветение	продолжительность предшествующей фазы (30.05–18.06)	0,446*	0,431*	0,344	0,027	–0,235
	день наступления фазы	0,059	0,090	–0,142	–0,031	–0,197
Конец цветения	продолжительность предшествующей фазы (09.06–30.06)	0,528*	0,539*	0,528*	–0,292	–0,060
	день наступления фазы	0,596*	0,642*	0,360	–0,004	–0,288
Созревание плодов	продолжительность предшествующей фазы (07.07–24.09)	–0,641*	–0,654*	–0,598*	–0,309	0,604*
	день наступления фазы	–0,300	–0,020	–0,228	–0,358	–0,022
Листопад	день наступления фазы	–0,126	–0,127	–0,122	0,252	0,121

\*Значимы при  $p < 0,05$ .

вегетации на более ранние сроки (Парилова и др., 2006; Walther et al., 2002; Овчинникова и др., 2011 и др.). По нашим данным, вегетационный период *M. sieboldii* составляет  $181 \pm 6$  дней. Анализируя продолжительность вегетационного периода с 1982 по 2015 гг., мы обнаружили его увеличение в среднем на 14 дней. U-тест Манна–Уитни демонстрирует достоверные различия между периодами

1982–2001 и 2011–2015 гг. в сроках начала набухания почек и окончания цветения, т.е. существует фенологический сдвиг за счет различий в датах начала данных фаз (табл. 4).

#### З а к л ю ч е н и е

Результаты исследования фенологических событий *M. sieboldii* в условиях культурного ареала

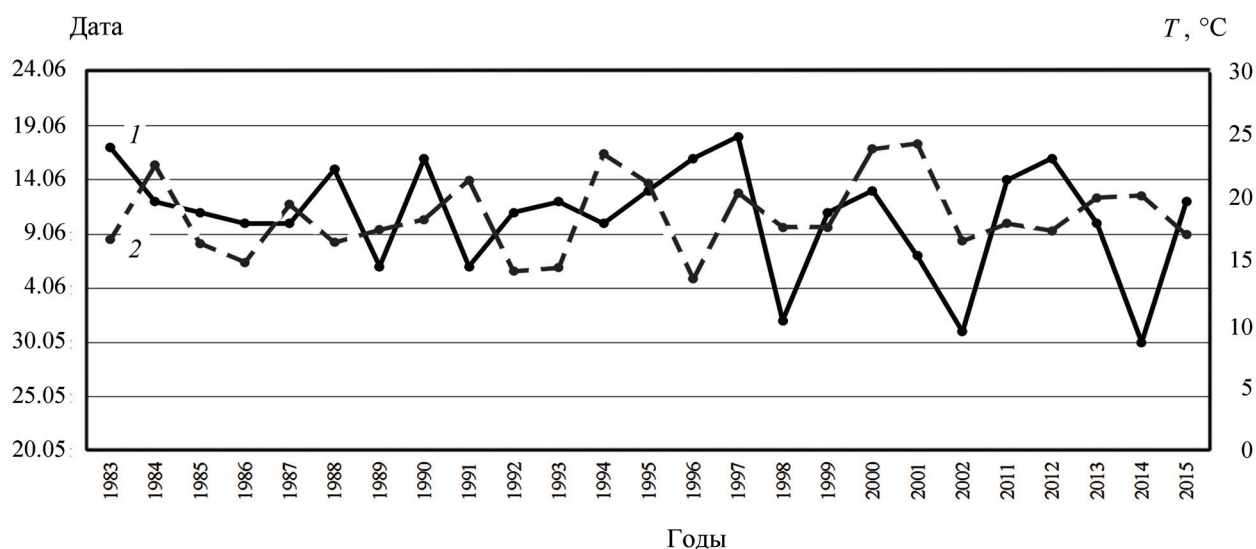


Рис. 1. Сопряженность фазы начало цветения с температурой в 1982–2015 гг.: 1 – начало цветения, 2 – температура, °С

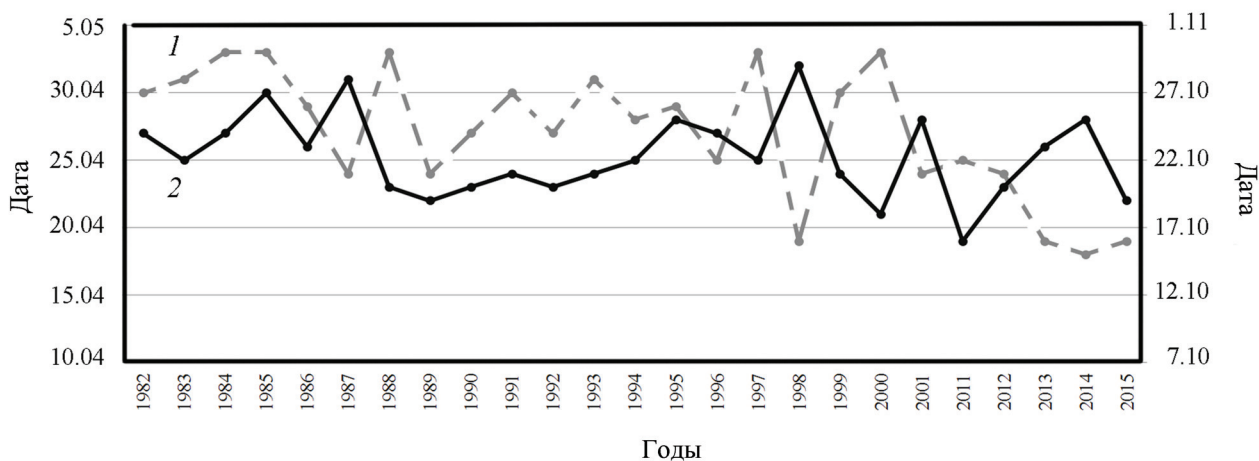


Рис. 2. Продолжительность вегетационного периода в 1982–2015 гг.: 1 – набухание почек, 2 – листопад

Т а б л и ц а 3

**Зависимость продолжительности фенологических фаз *M. sieboldii* от климатических факторов данного периода**

Фенологическая фаза	Климатические характеристики				
	T, °C			влажность, %	давление, мбар
	ср.	мин.	макс.		
Набухание почек	0,050	0,065	0,212	0,072	0,009
Развертывание листьев	-0,064	-0,322	0,088	-0,234	-0,024
Бутонизация	-0,354	-0,476*	-0,250	-0,048	0,097
Начало фазы цветения	-0,043	-0,031	0,057	-0,055	0,125
Массовое цветение	0,479*	0,555*	0,505*	-0,209	-0,295
Конец цветения	0,674*	0,713*	0,497	0,442	-0,708
Полная фаза цветения	0,499*	0,563*	0,505*	-0,076	-0,347

\*Значимы при  $p < 0,05$ .

Т а б л и ц а 4

## Анализ временных сдвигов начала фенологических фаз (U-тест Манна–Уитни)

Фенологические фазы	Rank Sum 1982–2001	Rank Sum 2011–2015	U	Z	p-level
Набухание почек	326,0000	25,0000	10,00000	2,765*	0,0057*
Развертывание листьев	284,5000	66,5000	51,50000	0,065	0,948
Бутонизация	280,5000	44,5000	29,50000	1,393	0,164
Начало цветения	259,5000	65,5000	49,50000	–0,034	0,973
Массовое цветение	283,5000	41,5000	26,50000	1,597	0,110
Конец цветения	211,0000	114,0000	1,00000	–3,329*	0,0009*
Созревание плодов	103,0000	33,0000	18,00000	1,076	0,282
Листопад	254,0000	46,0000	31,00000	1,173	0,241

\*Значимы при  $p < 0,05$ .

на юге российского Дальнего Востока показали наличие временной фенологической изменчивости с 1982 по 2015 гг. В частности, за время исследования наблюдались сдвиги начала и окончания вегетационного периодов как на более ранние, так и на более поздние сроки. Линия тренда начала вегетационного периода с 1982 г. демонстрирует значительный сдвиг фенологических фаз на более ранний срок. Корреляционный анализ между началом фенологических фаз и температурными пока-

зателями выявил зависимости только для генеративных фаз. Высокая зависимость от температуры выявлена у фаз цветения, которые сместились на более ранние сроки. Продолжительность вегетационного периода в 2011–2015 гг. по сравнению с 1982–2001 гг. увеличилась за счет сдвига фенологических фаз на более ранний срок. Изменение температурного режима культурного ареала приближает *M. sieboldii* к его естественным условиям произрастания, открывая новые возможности для дальнейших интродукционных исследований.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

## [REFERENCES]

- Гордиенко Н.С., Леванова Т.А. Анализ многолетних феноклиматических изменений природы Ильменского заповедника // Влияние изменения климата на экосистемы. Русский университет. 2001. Ч. II. С. 9–16. [Gordienko N.S., Levanova T.A. Analiz mnogoletnikh fenoklimaticheskikh izmenenii prirody Il'menskogo zapovednika // Vliyanie izmeneniya klimata na ekosistemy. Russkii universitet. 2001. Ch. II. S. 9–6].
- Казановский С.Г., Моложников В.Н., Воронин В.И. Динамика растительности и флоры Прибайкалья в кайнозое // Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле. 2008. № 1. С. 383–400. [Kazanovskii S.G., Molozhnikov V.N., Voronin V.I. Dinamika rastitel'nosti i flory Pribaikal'ya v kainozoe // Razvitie zhizni v protsesse abioticheskikh izmenenii na Zemle. 2008. №1. S. 383–400].
- Каменева Л.А. Биологические особенности цветения и плодоношения интродуцированных представителей рода *Magnolia* L. (*Magnoliaceae* Juss.) в условиях Российского Дальнего Востока // Комаровские чтения. 2015. Вып. LXIII. С. 199–213 [Kameneva L.A. Biologicheskie osobennosti tsveteniya i plodonosheniya introdutsirovannykh predstavitelei roda *Magnolia* L. (*Mag-*
- noliaceae* Juss.) v usloviyakh Rossiiskogo Dal'nego Vostoka // Komarovskie chteniya. 2015. Вып. LXIII. S. 199–213].
- Лапун П.И. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции // Бюл. ГБС. 1967. Вып. 65. С. 13–18 [Lapin P.I. Sezonnii ritm razvitiya drevesnykh rastenii i ego znachenie dlya introduktsii // Byul. GBS. 1967. Вып. 65. S. 13–18].
- Нефедьева Е.А. Давление как фактор регуляции у растений. Сб. статей. М.; Берлин, 2015. 301 с. [Nefed'eva E.A. Davlenie kak faktor regulyatsii u rastenii. Sb. statei. M.; Berlin, 2015. 301 s.].
- Овчинникова Т.М., Фомина В.А., Андреева Е.Б., Н.П. Должковая, В.Г. Суховольский. Анализ изменений сроков сезонных явлений у древесных растений заповедника столбы // Хвойные бореальной зоны. 2011. Вып. XXVIII. № 1–2. С. 54–59 [Ovchinnikova T.M., Fomina V.A., Andreeva E.B., Dolzhkovaya N.P., Sukhovol'skii V.G. Analiz izmenenii srokov sezonnykh yavlenii u drevesnykh rastenii zapovednika stolby // Khvoynye boreal'noi zony. 2011. Вып. XXVIII. № 1–2. S. 54–59].

- Парилова Т.А., Кастрикин В.А., Бондарь Е.А. Многолетние тенденции сроков наступления фенофаз растений в условиях потепления климата (Хинганский заповедник, Среднее Приамурье) // Влияние изменения климата на экосистемы бассейна реки Амур. М., 2006. С. 47–51 [Parilova T.A., Kastrikin V.A., Bondar' E.A. Mnogoletnie tendentsii srokov nastupleniya fenofaz rastenii v usloviyakh potepeniya klimata (Khinganskii zapovednik, Srednee Priamur'e) // Vliyanie izmeneniya klimata na ekosistemy basseina reki Amur. M., 2006. S. 47–51].
- Петухова И.П. Магнолии в условиях юга российского Дальнего Востока. Владивосток, 2003. 100 с. [Petukhova I.P. Magnolii v usloviyakh yuga rossiiskogo Dal'nego Vostoka. Vladivostok, 2003. 100 s.].
- Петухова И.П. Магнолии для Вашего сада. Владивосток, 2006. 102 с. [Petukhova I.P. Magnolii dlya Vashego sada. Vladivostok: Dal'nauka, 2006. 102 s.].
- Романов М.С., Карпун Ю.Н., Бобров А.В. Итоги и перспективы интродукции представителей *Magnolia* L. (*Magnoliaceae* Juss.) в России // Общие вопросы ботаники. 2005. С. 29–51. [Romanov M.S., Karpun Yu.N., Bobrov A.V. Itogi i perspektivy introduktsii predstavitelei *Magnolia* L. (*Magnoliaceae* Juss.) v Rossii // Obshchie voprosy botaniki. 2005. S. 29–51].
- Семенов С.М., Кухта Б.А., Гельвер Е.С. О нелинейности климатогенных изменений сроков фенологических явлений у древесных растений // Докл. РАН. 2004. Т. 396, № 3. С. 427–429 [Semenov S.M., Kukhta B.A., Gel'ver E.S. O nelineinosti klimatogennykh izmenenii srokov fenologicheskikh yavlenii u drevesnykh rastenii // Dokl. RAN. 2004. T. 396, № 3. S. 427–429].
- Семенов С.М., Ясюкевич В.В., Гельвер Е.С. Выявление климатогенных изменений. М., 2006. 324 с. [Semenov S.M., Yasyukevich V.V., Gel'ver E.S. Vyyavlenie klimatogennykh izmenenii. M., 2006. 324 s.].
- Azuma H., Garsia-Franco J.G., Rico-Gray V., Their L.B. Molecular phylogeny of the *Magnoliaceae*: the biogeography of tropical and temperate disjunction // Amer. J. Bot. 2001. Vol. 88. № 12. P. 2275–2285.
- Chen F., He Q., Yu S.L., Zhang R.B. Climatic signals in tree rings of *Juniperus turkestanica* in the Gulcha River Basin (Kyrgyzstan), reveals the recent wetting trend of high Asia // Dendrobiology. 2015. Vol. 74. P. 35–42.
- Chmielewski F.-M., Rotzer T. Response of tree phenology to climate change across Europe // Agricultural and Forest Meteorology. 2001. Vol. 108. P. 101–112.
- Cook B.I., Wolkovich E.M., Parmesan C. Divergent responses to spring and winter warming drive community level flowering trends // Proc. Natl. Acad. Sci. 2012. Vol. 109. P. 9000–9005.
- Dentec C.F., Vitasse M., Bonhomme, Louvet J., Kremer A., Delzon S. Chilling and heat requirements for leaf unfolding in European beech and sessile oak populations at the southern limit of their distribution range // J. Biometeorol. 2013.
- Elwood E.R., Temple S.A., Primack R.B., Bradley N.L., Davis C.C. Record-breaking early flowering in the Eastern United States // PLoS ONE. 2013.
- Fyfe J. C., Gillett N.P., Zwiers F.W. Overestimated global warming over the past 20 years // Nat. Clim. Change. 2013. Vol. 3. P. 767–769.
- Gaira K.S., Rawal R.S., Rawat B., Bhatt I.D. Impact of climate change on the flowering of *Rhododendron arbo-reum* in central Himalaya, India // Current Science. 2014. Vol. 106. P. 1735–1738.
- Garamszegi B., Kern Z. Climate influence on radial growth of *Fagus sylvatica* growing near the edge of its distribution in Bükk Mts., Hungary // Dendrobiology. 2014. Vol. 72. P. 93–102.
- Gordo O., Jose Sanz J. Impact of climate change on plant phenology in Mediterranean ecosystems // Global Change Biology. 2010. Vol. 16. P. 1082–1106.
- Heide O.M. High autumn temperature delays spring bud burst in boreal trees, counterbalancing the effect of climatic warming // Tree Physiol. 2003. Vol. 23. P. 931–936.
- Jochner S., Menzel A. Urban phenological studies-past, present, future // Environ. Pollut. 2015. Vol. 203. P. 250–261.
- Kameneva L.A., Koksheeva I.M. Reproductive biology of the seven species of the genus *Magnolia* L. in conditions of culture in the Russian Far East // Bangladesh J. Plant Taxon. 2013. Vol. 20. №2. P. 163–170.
- Karolewski P., Grzebyta J., Oleksyn J., Giertych M.J. Temperature affects performance of *Lymantria dispar* larvae feeding on leaves of *Quercus robur* // Dendrobiology 2007. Vol. 58. P. 43–49.
- Krajmerova D., Longauer R., Pacalaj M., Gomory D. Influence of provenance transfer on the growth and survival of *Picea abies* provenances // Dendrobiology. 2009. Vol. 61. P. 17–23.
- Luedeling E., Guo L., Dai J., Leslie C., Blanke M.M. Differential responses of trees to temperature variation during the chilling and forcing phases // Agric. For. Meteorol. 2013. Vol. 181. P. 33–42.
- Menzel A., Fabian P. Growing season extended in Europe // Nature. 1999. Vol. 397. P. 659.
- Menzel A., Estrella N., Fabian P. Spatial and temporal variability of the phenological seasons in Germany from 1951 to 1996 // Global Change Biology. 2001. Vol. 7. P. 657–666.
- Menzel A., Sparks T. H., Estrella N. et al. European phenological response to climate change matches the warming pattern // Global Change Biology. 2006. Vol. 12. P. 1969–1976.
- Parmesan C., Yohe G. A global coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems // Nature. 2003. Vol. 421. P. 37–42.
- Post E., Stenseth N.C. Climatic variability, plant phenology, and northern ungulates // Ecology. 1999. Vol. 80. P. 1322–1339.
- Scheifinger H., Menzel A., Koch E., Peter C., Ahas R. Atmospheric mechanisms governing the spatial and temporal variability of phenological phases in central Europe // International Journal of Climatology. 2002. Vol. 22. P. 1739–1755.
- Walther G.-R., Post E., Convey P. et al. Ecological responses to recent climate change // Nature. 2002. Vol. 416. P. 389–395.
- Yan S.-X., Li Y.-H., Wei F.-Y. Distribution of *Magnoliaceae* Plants in China // J. of Wuhan Botanical Research. 2008. Vol. 26. № 4. P. 379–384.

**PHENOLOGICAL RESPONSE *MAGNOLIA SIEBOLDII* K. KOCH.  
TO CLIMATE CHANGE**

*L.A. Kameneva*<sup>1</sup>, *I.M. Koksheeva*<sup>2</sup>, *S.P. Tvorogov*<sup>3</sup>, *I.G. Bogachev*<sup>4</sup>

Plant phenology is an important research area at the intersection of Botany and Ecology, which allows to show more completely the changes in nature due to the climate changes. Interesting results we can get observing introduced plants. They are in a vulnerable position within the cultural area, and have a very sensitive reaction to any changes in the environment. Our study based on phenological and meteorological data collected in 1982–2015 in a southern Russian Far East. The object of this research is a valuable ornamental exotic species, *Magnolia sieboldii*. We discussed effects caused by changing climatic conditions on the occurrence and duration of phenological phases. There is a high dependence of the flowering on the temperature; it changes not only the dates of the phase beginning, but also its duration. In comparison with the period of 1982–2001, in the period 2011–2015 start of flowering shifted to an earlier date, we also explain this by changes in temperature of these periods. During the whole studied period the vegetation season increased by an average of 14 days due to the movement of the leaf buds swelling phase to an earlier date, and leaf fall – to later. Thus, the article shows and analyzes phenological rhythm of *Magnolia sieboldii*, demonstrating the peculiarities of its dependence on climatic factors and the current climate changes.

**Key words:** *Magnolia*, phenological phases, phenological shear, vegetation period, climate.

<sup>1</sup> Kameneva Lyubov' Anatol'evna, Botanical Garden-Institute FEB RAS (kameneval2013@mail.ru);  
<sup>2</sup> Koksheeva Inna Michailovna, Botanical Garden-Institute FEB RAS (koksheeva@yandex.ru); <sup>3</sup> Tvorogov Sergey Pavlovich, Botanical Garden-Institute FEB RAS (vl\_fang@outlook.com); <sup>4</sup> Bogachev Ilya Grigorievich, Botanical Garden-Institute FEB RAS (bogachev@botsad.ru).