

Динамика фенологических показателей некоторых видов сирени в условиях изменения климата

Н. В. ПОЛЯКОВА, З. Х. ШИГАПОВ

Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра РАН
450080, Уфа, ул. Менделеева, 195, к. 3
E-mail: botsad@anrb.ru

Статья поступила 22.09.2022

После доработки 18.10.2022

Принята к печати 20.10.2022

АННОТАЦИЯ

Проанализированы изменения сезонного развития видов сирени коллекции Южно-Уральского ботанического сада-института (Уфа, Россия) по данным за 2005–2010 и 2015–2020 гг. Объектами исследований стали 11 видов сирени, достигших генеративной фазы; все виды сирени выращены из семян, полученных из других ботанических садов в 50–60-е годы прошлого века. Фенологические наблюдения за видами сирени проводятся ежегодно по девяти фенологическим фазам. Наступление начальных (разверзание почек и начало роста побегов) и заключительной (листопад) фаз вегетации в значительной степени зависит от метеоусловий конкретного года. При этом роль видовых (генетических) особенностей в начале сезонного развития незначительна (виды начинают вегетировать дружно), тогда как начиная с фенофазы цветения и до конца вегетации эта роль существенно возрастает. Значение межгодовых различий в середине вегетации при этом уходит на второй план. Такие характеристики феноритмов развития, как длительность цветения и продолжительность периода вегетации, продолжают оставаться зависимыми от колебаний метеоусловий в разные годы. Последовательность прохождения фенофаз различными видами из года в год сохраняется. По сравнению с первым десятилетием XXI в. во втором десятилетии сроки начала вегетации стали более поздними (на 4 дня в среднем), а окончание вегетации стало более ранним (на 8 дней в среднем); сроки начала цветения также сдвинулись на 4 дня в среднем в сторону поздних сроков. Продолжительность цветения видов сирени в 2015–2020 гг. сократилась на 5–6 дней по сравнению с периодом 2005–2010 гг. Длительность периода вегетации сократилась на 12 дней в среднем. Все эти явления вызваны, очевидно, изменениями климатических параметров Башкирского Предуралья.

Ключевые слова: *Syringa*, фенология, климат, продолжительность цветения, продолжительность вегетации, Башкирское Предуралье.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия одним из важнейших вопросов для науки стала проблема глобального изменения климата и возможные последствия его для живых организмов. Изменения климата в первую очередь проявляются в повышении среднегодовой температуры

воздуха. Это явление стало привлекать к себе внимание с середины прошлого века, причем с конца 1970-х годов оно стало проявляться сильнее, а в 1980–1990-е годы уже четко отмечалось увеличение темпов его роста [Винников, 1986; V'untgen et al., 2006; Агафонов, Кукарских, 2008]. Сезонный ритм растений

полностью зависит от климатических параметров региона, поэтому фенологические методы могут использоваться при изучении природных процессов и их динамики во времени и пространстве [Фирсов и др., 2009; Скок, Янцер, 2016; Янцер, 2019]. Установлено, что повышение среднегодовой температуры по-разному влияет на жизнедеятельность растений. Например, в литературе имеются данные, что повышение температуры воздуха может как ускорять наступление некоторых фенофаз растений [Ovaskainen et al., 2013], так и тормозить их [Минин и др., 2017]. Следовательно, изучив закономерности влияния климатических параметров на фазы сезонного ритма растений, можно прогнозировать ход некоторых природных процессов [Янцер, 2015; Корсакова, 2018].

Фенологические наблюдения за родовыми комплексами древесных растений в Южно-Уральском ботаническом саду-институте Уфимского федерального исследовательского центра РАН (далее – ЮУБСИ УФИЦ РАН) планомерно ведутся на протяжении десятилетий. Коллекция рода Сирень (*Syringa* L) в настоящее время одна из наиболее крупных.

Формирование коллекции началось в 40-х годах прошлого века, большое внимание тогда было уделено селекции. Начиная с конца 90-х годов на базе коллекции началось комплексное интродукционное изучение видов и сортов сирени в условиях Башкирского Предуралья, в том числе фенологии [Полякова и др., 2010; Полякова, 2011, 2021].

Цель данного исследования – оценить динамику сезонного ритма видов сирени коллекции ЮУБСИ на протяжении последних двух десятилетий в связи с изменениями климата в пределах Башкирского Предуралья.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами исследований стали 11 видов сирени, достигших генеративной фазы и на протяжении нескольких десятилетий регулярно цветущих и плодоносящих в условиях ботанического сада (табл. 1). Все виды сирени выращены из семян, полученных из других ботанических садов в 50–60-е годы прошлого века; территориально находятся на коллекционном участке сирени – в сирингарии. Изучение сезонного ритма видов проводилось

Т а б л и ц а 1
Происхождение видов сирени коллекции ботанического сада

| № | Таксон | Географическое происхождение | Место получения | Год получения |
|----|---|--|---------------------|---------------|
| 1 | Сирень гималайская <i>Syringa emodi</i> Wall. | Северо-Западные Гималаи | г. Ташкент | 1959 |
| 2 | Сирень Генри <i>Syringa × henryi</i> Schneid. | Гибрид (<i>S. josikaea</i> × <i>S. villosa</i>) | г. Архангельск | 1958 |
| 3 | Сирень венгерская <i>Syringa josikaea</i> Jacq. | Карпаты, Трансильвания | Местная репродукция | 1960 |
| 4 | Сирень Комарова <i>Syringa komarowii</i> Schneid. | Северо-Западный Китай | г. Москва | 1967 |
| 5 | Сирень пушистая <i>Syringa pubescens</i> Turcz. | Северный Китай, Монголия | Германия | 1960 |
| 6 | Сирень сетчатая амурская <i>Syringa reticulata</i> (Blume) H. Hara ssp. <i>amurensis</i> (Rupr.) P. S. Green & M. C. Chang | Приамурье, Приморский край, Северо-Восточный Китай | г. Минск | 1961 |
| 7 | Сирень сетчатая (син. С. японская) <i>Syringa reticulata</i> (Blume) H. Hara ssp. <i>reticulata</i> | Япония (острова Хондо, Хоккайдо, Хонсю) | Польша | 1959 |
| 8 | Сирень Звегинцова <i>Syringa sweginzowii</i> Koehne et Lingelsh. | Китай, Северная Корея | г. Ленинград | 1960 |
| 9 | Сирень Вольфа <i>Syringa wolfii</i> Schneid | Дальний Восток, Северо-Восточный Китай, Корея | г. Ленинград | 1960 |
| 10 | Сирень пушистая отклоненная (син. С. бархатистая) <i>Syringa pubescens</i> ssp. <i>patula</i> (Palib.) M. C. Chang & X. L. Chen | Северный Китай, Корея | Неизвестно | Неизвестно |
| 11 | Сирень обыкновенная <i>Syringa vulgaris</i> L. | Западная и Южная Румыния, Югославия, Болгария | г. Киев | 1941 |

по общепринятым методикам [Минин и др., 2020]. Фенологические наблюдения за видами сирени проводятся ежегодно по девяти фенологическим фазам: разverzание (раскрытие) почек, отрастание вегетативных побегов, начало цветения, окончание цветения, окончание роста вегетативных побегов, начало одревеснения побегов, полное одревеснение побегов, начало созревания плодов, начало листопада. Очевидно, что прохождение каждой фенофазы зависит от условий года, в частности от температурного режима, влажности воздуха и почвы. Поэтому при анализе результатов фенологических наблюдений мы связывали их с данными метеостанции Уфа-Дема, а также из интернет-ресурса [Температура воздуха и осадки., интернет-ресурс].

Климат Башкирского Предуралья, в пределах которого находится ботанический сад, континентальный и характеризуется холодной зимой и теплым летом, большой амплитудой колебаний температуры в течение года, ранними осенними и поздними весенними заморозками. В г. Уфе среднегодовалая температура воздуха составляет +3,4 °С, средняя температура января –13,5 °С, абсолютный минимум достигает –48,5 °С, зимой нередко оттепели, безморозный период длится в среднем 144 дня. Средняя температура июля составляет +19,5 °С, абсолютный максимум зафиксирован на уровне +40 °С. Среднегодовое количество осадков составляет 500–590 мм, в том числе около 350 мм в теплый период (максимум – в июне–июле). Снежный покров устанавливается в ноябре и держится в среднем 155 суток [Путенихин и др., 2017].

При статистической обработке полученных фенологических данных использовались стандартные статистические процедуры: дисперсионный анализ, вычисление средних арифметических M , стандартные отклонения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Изучение фенологических ритмов растений позволяет делать выводы об успешности интродукции и перспективности дальнейшего выращивания данных таксонов в новых условиях. Большую ценность в этом плане имеют многолетние наблюдения. Наши исследования сезонного ритма видов сирени проводились

на протяжении 2005–2020 гг. В данной работе проведено сравнение фенологии двух периодов: 2005–2010 и 2015–2020 гг. (табл. 2 и 3).

Каждая фенологическая фаза любого растения наступает при достижении определенных показателей климатических факторов, в основном это сумма положительных температур на начало фазы и сумма осадков. Для фенофаз видов сирени вычислены такие показатели для обоих сравниваемых периодов (табл. 4–7).

ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнительный анализ данных фенонаблюдений показал, что за последние 5 лет (2015–2020) начало вегетации видов сирени сдвинулось на 4 дня в сторону более поздних сроков по сравнению с началом 2000-х годов, оставаясь дружным и практически одновременным. По данным дисперсионного анализа (см. табл. 4) не установлено влияния видовых особенностей на начало вегетации видов сирени; существенное влияние на эту фазу оказывает фактор года (годовые изменения метеоусловий). Именуемые в литературе данные по срокам начала вегетации некоторых видов сирени в дендрарии Башкирской ЛОС в 1954–1967 гг. [Рябчинский, Халфина, 1973] и Шингаккульском степном дендропарке [Федорако, 1959] свидетельствуют, что в середине XX в. сирени обыкновенная, амурская и венгерская начинали вегетацию в конце апреля – начале мая. Вероятно, этот факт также свидетельствует об изменении климатических условий за последние десятилетия.

Что касается фенофазы начала цветения, то необходимо отметить, что последовательность зацветания видов в коллекции ЮУБСИ сохраняется из года в год. Самым ранним сроком начала цветения характеризуется *S. vulgaris* (см. табл. 2 и 3). Позже всех зацветают два дальневосточных вида: *S. reticulata* ssp. *amurensis* и *S. reticulata* ssp. *reticulata*. Естественные ареалы последних располагаются в пределах регионов с муссонным климатом – достаточно влажных и теплых [Воробьев, 1968]. Вероятно, поэтому в условиях Башкирского Предуралья дальневосточные виды зацветают при сумме положительных температур 813–1037 °С и сумме осадков с января до начала цветения 230–297 мм, тогда

Т а б л и ц а 2
Сезонный ритм развития видов сирени в 2005–2010 гг.

| Вид | Разверзание почек | Начало роста побегов | Начало цветения | Окончание цветения | Окончание цветения | Окончание роста побегов | Начало одревеснения | Полное одревеснение | Начало созревания плодов | Начало листопада |
|---|-------------------|----------------------|-----------------|--------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|------------------|
| <i>S. reticulata</i> ssp. <i>amurensis</i> | 19.04 ± 5,1 | 02.05 ± 7,1 | 18.06 ± 6,1 | 29.06 ± 2,4 | 26.06 ± 12,2 | 15.07 ± 30,0 | 13.08 ± 10,0 | 15.09 ± 25,3 | 21.09 ± 3,0 | 27.09 ± 21,2 |
| <i>S. reticulata</i> ssp. <i>reticulata</i> | 20.04 ± 5,6 | 04.05 ± 6,9 | 24.06 ± 6,3 | 05.07 ± 3,3 | 28.06 ± 13,7 | 17.07 ± 33,0 | 08.08 ± 6,4 | 14.09* | 27.09 ± 21,2 | |
| <i>S. emodi</i> | 19.04 ± 5,3 | 04.05 ± 6,1 | 29.05 ± 6,4 | 19.06 ± 4,1 | 23.06 ± 11,6 | 05.07 ± 16,0 | 06.08 ± 4,0 | 12.09 ± 19,9 | 27.09 ± 21,2 | |
| <i>S. × henryi</i> | 20.04 ± 6,0 | 05.05 ± 6,3 | 01.06 ± 5,2 | 22.06 ± 3,6 | 22.06 ± 12,0 | 27.06 ± 4,2 | 12.08 ± 12,0 | 20.09 ± 3,4 | 03.10 ± 14,2 | |
| <i>S. josikaea</i> | 20.04 ± 5,6 | 04.05 ± 5,3 | 30.05 ± 5,2 | 21.06 ± 4,3 | 23.06 ± 11,8 | 22.06 ± 8,3 | 06.08 ± 4,0 | 16.09 ± 2,2 | 27.09 ± 16,9 | |
| <i>S. komarovii</i> | 19.04 ± 5,3 | 05.05 ± 6,2 | 02.06 ± 5,1 | 22.06 ± 4,1 | 23.06 ± 11,7 | 07.07 ± 21,4 | 13.08 ± 10,0 | 21.09 ± 4,6 | 02.10 ± 15,6 | |
| <i>S. pubescens</i> | 20.04 ± 5,9 | 05.05 ± 6,2 | 01.06 ± 4,1 | 21.06 ± 3,0 | 24.06 ± 11,5 | 27.06 ± 11,8 | 12.08 ± 12,0 | 21.09 ± 6,6 | 02.10 ± 15,7 | |
| <i>S. sweginzowii</i> | 20.04 ± 5,9 | 04.05 ± 7,0 | 29.05 ± 3,1 | 21.06 ± 2,8 | 23.06 ± 11,8 | 07.07 ± 18,6 | 12.08 ± 6,0 | 21.09 ± 4,6 | 07.10 ± 16,4 | |
| <i>S. wolffii</i> | 20.04 ± 5,6 | 05.05 ± 6,2 | 02.06 ± 3,2 | 20.06 ± 4,8 | 22.06 ± 12,5 | 08.07 ± 20,5 | 12.08 ± 6,0 | 21.09 ± 4,6 | 07.10 ± 16,4 | |
| <i>S. pubescens</i> ssp. <i>patula</i> | 19.04 ± 5,5 | 05.05 ± 6,5 | 31.05 ± 5,6 | 20.06 ± 3,7 | 26.06 ± 11,8 | 29.06 ± 6,6 | 13.08 ± 5,0 | 23.09 ± 4,5 | 07.10 ± 16,4 | |
| <i>S. vulgaris</i> | 16.04 ± 5,8 | 29.04 ± 7,5 | 18.05 ± 4,3 | 03.06 ± 4,1 | 09.06 ± 16,9 | 07.06 ± 15,8 | 08.07 ± 22,9 | 25.09 ± 0,7 | 13.10 ± 5,0 | |
| М | 19,04 ± 1,9 | 04,05 ± 3,4 | 03,06 ± 20,2 | 21,06 ± 15,9 | 22,06 ± 9,62 | 02,07 ± 22,1 | 08,08 ± 20,8 | 20,09 ± 7,82 | 02,10 ± 12,2 | |

* За период 2005–2010 гг. *Syringa reticulata* ssp. *reticulata* плодоносила один раз, в 2009 г.

Т а б л и ц а 3
Сезонный ритм развития видов сирени в 2015–2020 гг.

| Вид | Разверзание почек | Начало роста побегов | Начало цветения | Окончание цветения | Окончание роста побегов | Начало одревеснения | Полное одревеснение | Начало созревания плодов | Начало листопада |
|---|-------------------|----------------------|-----------------|--------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|------------------|
| <i>S. reticulata</i> ssp. <i>amurensis</i> | 23.04 ± 8,1 | 05.05 ± 9,7 | 16.06 ± 8,9 | 23.06 ± 7,6 | 25.06 ± 10,5 | 05.07 ± 15,9 | 09.08 ± 11,5 | 20.09 ± 17,3 | 15.09 ± 5,2 |
| <i>S. reticulata</i> ssp. <i>reticulata</i> | 23.04 ± 8,6 | 07.05 ± 6,1 | 28.06 ± 12,3 | 05.07 ± 15,9 | 02.07 ± 10,1 | 10.07 ± 20,2 | 13.08 ± 8,3 | 01.10 ± 14,8 | 24.09 ± 18,7 |
| <i>S. emodi</i> | 23.04 ± 7,9 | 06.05 ± 5,8 | 27.05 ± 8,5 | 10.06 ± 3,5 | 19.06 ± 8,9 | 25.06 ± 11,3 | 21.07 ± 8,5 | 18.09 ± 10,8 | 22.09 ± 10,8 |
| <i>S. × henryi</i> | 23.04 ± 7,2 | 07.05 ± 5,3 | 05.06 ± 6,6 | 17.06 ± 5,8 | 20.06 ± 10,3 | 27.06 ± 6,8 | 27.07 ± 13,4 | 22.09 ± 6,7 | 22.09 ± 11,4 |
| <i>S. josikaea</i> | 23.04 ± 7,6 | 04.05 ± 9,1 | 04.06 ± 5,8 | 14.06 ± 6,3 | 19.06 ± 10,6 | 23.06 ± 7,8 | 20.07 ± 6,9 | 22.09 ± 4,7 | 24.09 ± 5,9 |
| <i>S. komarovii</i> | 23.04 ± 7,2 | 06.05 ± 7,9 | 06.06 ± 7,1 | 21.06 ± 4,7 | 20.06 ± 10,1 | 28.06 ± 15,6 | 24.07 ± 8,6 | 24.09 ± 3,9 | 26.09 ± 10,8 |
| <i>S. pubescens</i> | 23.04 ± 7,9 | 07.05 ± 6,7 | 06.06 ± 5,5 | 17.06 ± 4,2 | 20.06 ± 9,3 | 23.06 ± 12,7 | 20.07 ± 14,2 | 24.09 ± 4,6 | 26.09 ± 12,8 |
| <i>S. sweginzowii</i> | 23.04 ± 6,9 | 05.05 ± 7,0 | 03.06 ± 6,1 | 17.06 ± 6,9 | 20.06 ± 5,8 | 27.06 ± 10,7 | 21.07 ± 9,7 | 24.09 ± 6,8 | 24.09 ± 10,2 |
| <i>S. wolffii</i> | 23.04 ± 7,9 | 06.05 ± 7,6 | 06.06 ± 6,5 | 18.06 ± 4,6 | 22.06 ± 10,1 | 26.06 ± 11,8 | 24.07 ± 6,9 | 20.09 ± 7,3 | 27.09 ± 10,1 |
| <i>Syringa pubescens</i> ssp. <i>patula</i> | 23.04 ± 6,9 | 06.05 ± 8,5 | 04.06 ± 7,8 | 17.06 ± 4,9 | 21.06 ± 8,7 | 26.06 ± 10,6 | 22.07 ± 8,0 | 24.09 ± 3,8 | 24.09 ± 11,3 |
| <i>S. vulgaris</i> | 23.04 ± 7,9 | 02.05 ± 7,8 | 17.05 ± 5,7 | 30.05 ± 2,6 | 03.06 ± 5,9 | 28.05 ± 15,8 | 14.06 ± 12,7 | 12.10 ± 10,3 | 15.10 ± 13,6 |
| М | 23,04 ± 7,9 | 06,05 ± 1,9 | 07,06 ± 18,9 | 21,06 ± 14,1 | 24,06 ± 8,5 | 26,06 ± 20,7 | 22,07 ± 18,3 | 22,09 ± 20,8 | 24,09 ± 18,7 |

Т а б л и ц а 4
Средняя сумма положительных температур на начало фенофаз видов сирени, °С (2005–2010 гг.)

| Вид | Развержение почек | Начало роста вегетативных побегов | Начало цветения | Окончание цветения | Окончание роста вегетативных побегов | Начало одревеснения | Полное одревеснение | Начало созревания плодов | Начало листопада |
|---|-------------------|-----------------------------------|-----------------|--------------------|--------------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|------------------|
| <i>S. reticulata</i> ssp. <i>amurensis</i> | 106,7 | 225,9 | 915,8 | 1139,6 | 1061,1 | 1488,4 | 1949,2 | 2643,2 | 2403,8 |
| <i>S. reticulata</i> ssp. <i>reticulata</i> | 106,7 | 236,3 | 1036,8 | 1256,1 | 1106,1 | 1488,4 | 1876,8 | — | 2439,9 |
| <i>S. emodi</i> | 106,7 | 242,9 | 572,9 | 950,5 | 958,6 | 1409,5 | 1949,2 | 2640,9 | 2423,1 |
| <i>S. × henryi</i> | 104,3 | 242,9 | 642,7 | 997,5 | 924,4 | 1465,4 | 1911,9 | 2619,5 | 2508,4 |
| <i>S. josikaea</i> | 106,7 | 231,7 | 614,9 | 981,7 | 936,6 | 1106,7 | 1949,2 | 2604,9 | 2448,5 |
| <i>S. komarovii</i> | 106,7 | 242,9 | 665,2 | 1009,4 | 947,6 | 1465,4 | 1949,2 | 2631,1 | 2500,6 |
| <i>S. pubescens</i> | 106,7 | 245,2 | 655,6 | 992,1 | 998,5 | 1381,8 | 1911,9 | 2635,2 | 2531,4 |
| <i>S. sveginzowii</i> | 104,3 | 238,6 | 599,2 | 996,1 | 936,6 | 1435,6 | 1911,9 | 2636,8 | 2503,0 |
| <i>S. wolffii</i> | 106,7 | 242,9 | 661,1 | 966,5 | 919,5 | 1465,4 | 1911,9 | 2619,6 | 2524,9 |
| <i>S. pubescens</i> ssp. <i>patula</i> | 104,3 | 243,6 | 609,2 | 959,5 | 936,6 | 1437,6 | 1949,2 | 2638,4 | 2530,9 |
| <i>S. vulgaris</i> | 78,9 | 181,9 | 396,3 | 665,1 | 661,6 | 638,0 | 1151,4 | 2685,7 | 2771,1 |

Т а б л и ц а 5
Средняя сумма осадков с января на начало фенофаз видов сирени, мм (2005–2010 гг.)

| Вид | Развержение почек | Начало роста вегетативных побегов | Начало цветения | Окончание цветения | Окончание роста вегетативных побегов | Начало одревеснения | Полное одревеснение | Начало созревания плодов | Начало листопада |
|---|-------------------|-----------------------------------|-----------------|--------------------|--------------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|------------------|
| <i>S. reticulata</i> ssp. <i>amurensis</i> | 161,5 | 191,6 | 274,8 | 301,8 | 301,0 | 347,9 | 364,9 | 466,0 | 410,8 |
| <i>S. reticulata</i> ssp. <i>reticulata</i> | 161,5 | 191,6 | 296,7 | 328,1 | 303,4 | 347,9 | 364,9 | — | 419,2 |
| <i>S. emodi</i> | 161,5 | 191,8 | 225,6 | 288,1 | 299,9 | 336,7 | 364,9 | 464,3 | 419,2 |
| <i>S. × henryi</i> | 161,5 | 191,8 | 238,8 | 294,0 | 299,9 | 346,7 | 364,9 | 463,3 | 465,9 |
| <i>S. josikaea</i> | 161,5 | 188,0 | 236,4 | 286,8 | 299,9 | 251,2 | 364,9 | 463,6 | 450,8 |
| <i>S. komarovii</i> | 161,5 | 191,8 | 241,5 | 291,9 | 299,9 | 346,7 | 364,9 | 463,6 | 457,8 |
| <i>S. pubescens</i> | 161,5 | 191,8 | 240,3 | 292,9 | 299,9 | 347,2 | 364,9 | 463,3 | 465,9 |
| <i>S. sveginzowii</i> | 161,2 | 191,6 | 232,8 | 294,6 | 299,9 | 346,7 | 364,9 | 464,3 | 460,6 |
| <i>S. wolffii</i> | 161,5 | 191,8 | 245,7 | 292,2 | 299,9 | 346,7 | 364,9 | 463,3 | 467,3 |
| <i>S. pubescens</i> ssp. <i>patula</i> | 161,2 | 191,8 | 233,6 | 291,9 | 299,9 | 345,7 | 364,9 | 464,3 | 465,9 |
| <i>S. vulgaris</i> | 152,98 | 183,7 | 212,6 | 240,4 | 187,6 | 179,6 | 314,9 | 467,0 | 487,9 |

Т а б л и ц а 6
Средняя сумма положительных температур на начало фенофаз видов сирени, °С (2015–2020 гг.)

| Вид | Развержение почек | Начало роста вегетативных побегов | Начало цветения | Окончание цветения | Окончание роста вегетативных побегов | Начало одревеснения | Полное одревеснение | Начало созревания плодов | Начало листопада |
|---|-------------------|-----------------------------------|-----------------|--------------------|--------------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|------------------|
| <i>S. reticulata</i> ssp. <i>amurensis</i> | 140,1 | 221,3 | 813,4 | 985,3 | 1143,1 | 1337,2 | 1898, 7 | 2572,2 | 2482,8 |
| <i>S. reticulata</i> ssp. <i>reticulata</i> | 140,3 | 256,1 | 925,5 | 1130,1 | 1027,4 | 1796,6 | 2061,5 | 2672,1 | 2462,5 |
| <i>S. emodi</i> | 140,0 | 232,0 | 682,2 | 733,8 | 953,3 | 1188,5 | 1742,4 | 2509,8 | 2610,1 |
| <i>S. × henryi</i> | 140,4 | 228,8 | 720,1 | 938,4 | 960,2 | 1201,3 | 1864,1 | 2610,5 | 2610,5 |
| <i>S. josikaea</i> | 140,1 | 210,5 | 717,8 | 845,3 | 953,5 | 1019,9 | 1790,4 | 2610,8 | 2631,4 |
| <i>S. komarovii</i> | 140,2 | 232,7 | 723,1 | 969,1 | 960,0 | 1224,1 | 1803,3 | 2631,1 | 2642,1 |
| <i>S. pubescens</i> | 140,4 | 228,1 | 723,5 | 969,4 | 960,4 | 1020, 1 | 1790,3 | 2631,4 | 2642,3 |
| <i>S. sweginzowii</i> | 140,1 | 221,6 | 716,3 | 969,5 | 960,1 | 1201,2 | 1742,5 | 2631,3 | 2631,4 |
| <i>S. wolffii</i> | 140,4 | 232,2 | 723,7 | 995,8 | 975,2 | 1208,1 | 1803,3 | 2572,1 | 2658,0 |
| <i>S. pubescens</i> ssp. <i>patula</i> | 140,4 | 232,1 | 717,1 | 969, 2 | 969,3 | 1208, 3 | 1771,8 | 2631,3 | 2631,4 |
| <i>S. vulgaris</i> | 140,0 | 217,3 | 448,4 | 693,5 | 716,4 | 691,1 | 845,5 | 2736,0 | 2780,5 |

Т а б л и ц а 7
Средняя сумма осадков с января на начало фенофаз видов сирени, мм (2015–2020 гг.)

| Вид | Развержение почек | Начало роста вегетативных побегов | Начало цветения | Окончание цветения | Окончание роста вегетативных побегов | Начало одревеснения | Полное одревеснение | Начало созревания плодов | Начало листопада |
|---|-------------------|-----------------------------------|-----------------|--------------------|--------------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|------------------|
| <i>S. reticulata</i> ssp. <i>amurensis</i> | 137,3 | 156,4 | 230,7 | 247,1 | 252,5 | 277,6 | 336,7 | 390,1 | 378,7 |
| <i>S. reticulata</i> ssp. <i>reticulata</i> | 137,3 | 160,4 | 233,3 | 277,6 | 269,7 | 290,3 | 350,5 | 435,3 | 399,2 |
| <i>S. emodi</i> | 137,4 | 158,2 | 186,0 | 224,1 | 233,3 | 252,7 | 306,8 | 388,6 | 395,0 |
| <i>S. × henryi</i> | 137,2 | 160,4 | 212,2 | 232,0 | 234,1 | 260,5 | 314,9 | 395,5 | 395,0 |
| <i>S. josikaea</i> | 137,3 | 149,5 | 210,5 | 228,2 | 233,3 | 247,7 | 306,8 | 395,5 | 399,2 |
| <i>S. komarovii</i> | 137,3 | 158,2 | 217,4 | 239,1 | 234,5 | 264,1 | 312,5 | 399,7 | 404,4 |
| <i>S. pubescens</i> | 137,3 | 160,2 | 217,4 | 232,0 | 234,5 | 247,7 | 306,8 | 399,7 | 404,4 |
| <i>S. sweginzowii</i> | 137,2 | 156,6 | 206,5 | 232,0 | 234,5 | 260,5 | 306,8 | 399,7 | 399,2 |
| <i>S. wolffii</i> | 137,3 | 158,2 | 217,4 | 233,3 | 241,1 | 255,7 | 312,6 | 390,9 | 406,5 |
| <i>S. pubescens</i> ssp. <i>patula</i> | 137,4 | 158,2 | 210,9 | 232,0 | 239,6 | 255,7 | 307,5 | 399,7 | 399,2 |
| <i>S. vulgaris</i> | 137,1 | 151,0 | 175,4 | 196,2 | 206,5 | 193,7 | 228,9 | 432,1 | 447,4 |

как для зацветания *S. vulgaris* достаточно суммы температур 396–448 °С и суммы осадков 175–213 мм (см. табл. 4–7). Кроме того, по нашим наблюдениям, цветение дальневосточных видов (особенно *S. reticulata* ssp. *reticulata*) бывает нерегулярным. Возможно, связано это с различиями климата Дальнего Востока и Южного Урала. По результатам дисперсионного анализа, начало цветения сиреней, в отличие от двух предыдущих фенофаз, не зависит от фактора года, но связано с видовыми особенностями (табл. 8). В 2005–2020 гг. начало цветения видов сирени по сравнению с периодом 2005–2010 гг. стало более поздним (на 4 дня в среднем).

Изучение продолжительности цветения показывает значительную изменчивость данного показателя по годам. Согласно данным, полученным в результате антэкологических исследований [Полякова и др., 2010], установлено, что сроки и продолжительность цветения сирени зависят от температуры и влажности воздуха: чем выше эти климатические параметры, тем быстрее протекает период цветения. Следовательно, за последние годы изменения некоторых климатических показателей в регионе привели к сокращению продолжительности цветения сирени коллекции ботанического сада в среднем на 5–6 дней по сравнению с периодом 2005–2010 гг. Дисперсионный анализ выявил значимое влияние на продолжительность цветения как метеоусловий года ($F = 979,0$; $p < 0,001$), так и видовых особенностей ($F = 528,3$; $p < 0,001$). Из этого следует, что климатические условия разных лет, не оказывая существенного влияния на сроки цветения сиреней, вместе с тем в значитель-

ной степени определяют продолжительность цветения в те или иные годы [Полякова, 2018]. Подобная зависимость длительности цветения от температурных условий года отмечена и для интродуцированных видов сирени в условиях Среднего Поволжья [Розно, 2005].

Фаза полного одревеснения у древесных растений свидетельствует о готовности растения к зимовке. В период 2005–2010 гг. побегов видов сирени полностью одревесневали в первой половине августа. За последние 5 лет (2015–2020) эта фаза у большинства видов сместилась на конец июля (см. табл. 3).

О начале созревания плодов у сиреней можно судить по растрескиванию створок коробочки и их окраске: из зеленых они становятся желто-коричневыми. Созревание плодов происходит во второй половине сентября, причем сдвигания сроков практически не произошло (см. табл. 2 и 3). Это соответствует результатам дисперсионного анализа, показавшего зависимость наступления фазы только от видовых особенностей (см. табл. 4). У *S. reticulata* ssp. *reticulata* плоды образуются даже реже, чем происходит цветение: за 6 лет наблюдений в период 2005–2010 гг. у данного вида плодоношение отмечалось один раз, в 2009 г. (см. табл. 2), хотя цветение было ежегодным и обильным. В 2020 г. оба дальневосточных вида не цвели и не плодоносили. Возможно, различие климата естественных местообитаний этих видов и района интродукции негативно влияет на репродуктивную функцию растений.

Окончание вегетации (начало листопада) в 2015–2020 гг. зафиксировано на 8 дней в среднем раньше, чем в предыдущий период

Т а б л и ц а 8

Влияние видовых особенностей и фактора года (годовых изменений метеоусловий) на прохождение фенологических фаз сиреней

| Фенологическая фаза | Влияние видовых особенностей | | Влияние фактора года | |
|--------------------------|------------------------------|------------------|----------------------|------------------|
| | <i>F</i> | <i>p</i> | <i>F</i> | <i>p</i> |
| Начало вегетации | 0,06 | 0,99 | 643,1* | <0,001 |
| Начало роста побегов | 0,3 | 0,97 | 114,1 | <0,001 |
| Начало цветения | 21,5 | <0,001 | 1,42 | 0,24 |
| Окончание цветения | 33,6 | <0,001 | 0,45 | 0,77 |
| Окончание роста побегов | 7,9 | <0,001 | 1,87 | 0,13 |
| Начало созревания плодов | 2,13 | 0,048 | 0,8 | 0,53 |
| Начало листопада | 4,35 | <0,001 | 7,54 | <0,001 |

* Жирным шрифтом выделены значимые значения.

наблюдений. Связано это, очевидно, с погодными условиями этих лет, когда ранние заморозки и установление холодной и дождливой погоды в сентябре способствовали завершению вегетации. Длительность вегетационного периода при этом, учитывая поздние сроки начала вегетации, сокращалась в среднем на 12 дней.

При анализе данных по средней сумме положительных температур и средней сумме осадков на начало фенофаз видов сирени за два исследуемых промежутка времени (см. табл. 4–7) можно отметить некоторую тенденцию в связи этих двух климатических параметров и их влияния на начало фенофаз. В 2005–2010 гг. на начало практически всех фаз приходилась меньшая сумма температур и большая сумма осадков по сравнению с 2015–2020 гг. То есть последнее десятилетие по комплексу климатических параметров было более жарким и сухим, чем первое десятилетие XXI в. Между этими климатическими параметрами существует обратно пропорциональная связь в отношении накопления факторов, необходимых для начала той или иной фазы развития видов сирени. В связи с этим наступление фенофаз в 2015–2020 гг. запаздывало на несколько дней по сравнению с более ранним периодом.

Таким образом, наступление начальных (развержение почек и начало роста побегов) и заключительной (листопад) фаз вегетации в значительной степени зависит от метеоусловий конкретного года. При этом роль видовых (генетических) особенностей в начале сезонного развития незначительна (виды начинают вегетировать дружно), тогда как начиная с фенофазы цветения и до конца вегетации эта роль существенно возрастает. Значение межгодовых различий в середине вегетации при этом уходит на второй план. Такие характеристики феноритмов развития, как длительность цветения и продолжительность периода вегетации, продолжают оставаться зависимыми от колебаний метеоусловий в разные годы. Последовательность прохождения фенофаз различными видами из года в год сохраняется. По сравнению с первым десятилетием XXI в. во втором десятилетии сроки начала вегетации стали более поздними (на 4 дня в среднем), а окончание вегетации стало более ранним (на 8 дней в среднем); сроки начала цветения также сдвинулись на 4 дня

в среднем в сторону поздних сроков. Продолжительность цветения видов сирени в 2015–2020 гг. сократилось на 5–6 дней по сравнению с периодом 2005–2010 гг. Длительность периода вегетации сократилась на 12 дней в среднем.

ВЫВОДЫ

При сравнении сезонного ритма развития видов сирени коллекции Южно-Уральского ботанического сада-института в период 2005–2010 и 2015–2020 гг. отмечена определенная динамика фенологических показателей, связанная с изменением метеорологических условий в г. Уфе. За последний период наблюдений начало вегетации и начало цветения сдвинулись в сторону более поздних сроков на 4 дня в среднем. Продолжительность цветения и длительность вегетации сократились в среднем на 5 и 12 дней соответственно, причиной чему послужило очевидное изменение климатических условий последнего десятилетия – этот период был более жарким и сухим по сравнению с началом века.

Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН “Биоразнообразие природных систем и растительные ресурсы России: оценка состояния и мониторинг динамики, проблемы сохранения, воспроизводства, увеличения и рационального использования” и в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН по теме № FMRS-2022-0072.

ЛИТЕРАТУРА

- Агафонов Л. И., Кукарских В. В. Изменение климата прошлого столетия и радиальный прирост сосны в степи Южного Урала // *Экология*. 2008. № 3. С. 173–180.
- Винников К. Я. Чувствительность климата. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 223 с.
- Воробьев Д. П. Дикорастущие деревья и кустарники Дальнего Востока. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1968. 277 с.
- Корсакова С. П. Реакция феноиндикаторов умеренных широт на изменение климата в сухих субтропиках: моделирование и прогноз // *Уч. зап. Крымского фед. ун-та им. В. И. Вернадского. Биология. Химия*. 2018. Т. 4 (70), № 3. С. 109–124.
- Минин А. А., Ананин А. А., Буйволов Ю. А., Ларин Е. Г., Лебедев П. А., Поликарпова Н. В., Прокошева И. В., Руденко М. И., Сапельникова И. И., Федотова В. Г., Шуйская Е. А., Яковлева М. В., Янцер О. В. Рекомендации по унификации фенологических наблюдений в России // *Nature Conservation Research. Заповедная наука*. 2020. Т. 5, № 4. С. 89–110. doi: 10.24189/ncr.2020.060

- Минин А. А., Ранькова Э. Я., Рыбина Е. Г., Буйволов Ю. А., Сапельникова И. И., Филатова Т. Д. Феноиндикация изменений климата за период 1976–2005 гг. в Центральной части европейской территории России: береза бородавчатая (повислая) (*Betula verrucosa* Ehrh. (*Betula pendula* Roth.)), черемуха обыкновенная (*Padus avium* Mill.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.) // Проблемы экол. мониторинга и моделирования экосистем. 2017. Т. 2, № 1. С. 73–90.
- Полякова Н. В. Биология семян видов сирени в ботаническом саду г. Уфы // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2011. Т. 14, № 3-1 (98). С. 56–60.
- Полякова Н. В. Продолжительность цветения видов и сортов сирени в г. Уфа // Самарский науч. вест. 2018. Т. 7, № 1 (22). С. 102–105.
- Полякова Н. В. Интродукция охраняемого вида сирень венгерская (*Syringa josikaea* Jacq.) на Южном Урале // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2021. № 1. С. 122–126.
- Полякова Н. В., Путенихин В. П., Вафин Р. В. Сирени в Башкирском Предуралье: интродукция и биологические особенности. Уфа: Гилем, 2010. 170 с.
- Путенихин В. П., Путенихина К. В., Шигапов З. Х. Кедр сибирский в Башкирском Предуралье и на Южном Урале: биологические и лесоводственные особенности при интродукции. Уфа: Башк. энцикл., 2017. 248 с.
- Розно С. А. Эколого-биологический анализ итогов интродукции древесных растений в лесостепи Среднего Поволжья: дис. ... канд. биол. наук. Самара, 2005. 234 с.
- Рябчинский А. Е., Халфина Л. И. Итоги фенологических наблюдений за древесными и кустарниковыми породами в дендропарке Башкирской ЛОС за 1954–1967 гг. // Сб. тр. по лесному хоз-ву Башк. лесн. опытн. станции. Уфа: Баш. кн. изд-во, 1973. Вып. IX. С. 78–88.
- Скок Н. В., Янцер О. В. Изучение динамики ландшафтных геокомплексов методами фенологических исследований // Физико-географическое районирование и ландшафты Свердловской области. Екатеринбург, 2016. С. 239–262.
- Температура воздуха и осадки по месяцам и годам: Уфа (Башкирия, Россия). URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/28722.htm> (дата обращения: 01.07.2022).
- Федорако Б. И. Основные фенофазы древесных пород и кустарников в лесостепной зоне Башкирской АССР // Фенологические наблюдения в Башкирии. Уфа, 1959. С. 50–54.
- Фирсов Г. А., Фадеева И. В., Булыгин Н. Е. Парк и дендрарий Санкт-Петербургской лесотехнической академии как научный центр биологической и экологической фенологии // Пром. ботаника. 2009. Т. 9. С. 48–55.
- Янцер О. В. Общая фенология и перспективные направления ее развития // Наука и образование: современные тренды. 2015. № 3 (9). С. 71–80.
- Янцер О. В. Биоклиматические показатели как индикаторы изменения климата на Среднем Урале // География и современные проблемы географического образования: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения Почетного члена Рус. Геогр. о-ва, д-ра геогр. наук, проф. Василия Ивановича Прокаева. 2019. С. 158–163.
- B'untgen U., Frank D. C., Nievergelt D., Esper J. Summer Temperature Variations in the European Alps, A. D. 755–2004 // J. Climate. 1 November 2006. Vol. 19.
- Ovaskainen O., Skorokhodova S., Yakovleva M., Sukhov A., Kutenkov A., Shcherbakov A., Meyke E., Delgado M. del Mar. Community-level phenological response to climate change // Proc. Nat. Acad. Sci. 2013. Vol. 110, N 33. P. 13434–13439.

Dynamics of phenological indicators of some lilac species under climate change

N. V. POLYAKOVA, Z. Kh. SHIGAPOV

*South-Ural Botanical Garden-Institute – a separate structural unit of the Federal State Budget Scientific Institution Ufa Federal Re-search Center of the Russian Academy of Sciences
450080, Ufa, Mendeleeva str., 195, bldg. 3
E-mail: botsad@anrb.ru*

Changes in the seasonal development of lilac species in the collection of the South Ural Botanical Garden-Institute (Ufa, Russia) are analyzed according to data for 2005–2010 and 2015–2020. The objects of research were 11 species of lilacs that have reached the generative phase; all types of lilacs are grown from seeds obtained from other botanical gardens in the 50–60s. last century. Phenological observations of lilac species are carried out annually in 9 phenological phases. The onset of the initial (opening of the buds and the beginning of the growth of shoots) and the final (leaf fall) phases of the growing season largely depends on the weather conditions of a particular year. At the same time, the role of species (genetic) features at the beginning of seasonal development is insignificant (species begin to vegetate together), while, starting from the

flowering phenophase until the end of the growing season, this role increases significantly. The significance of interannual differences in the middle of the growing season fades into the background. Such characteristics of development phenorhythms as the duration of flowering and the duration of the growing season continue to be dependent on fluctuations in weather conditions in different years. The sequence of the passage of phenophases by different species from year to year is preserved. Compared with the first decade of the 21st century, in the second decade, the start of the growing season became later (by 4 days on average), and the end of the growing season became earlier (by 8 days on average); the timing of the beginning of flowering also shifted by 4 days on average towards late dates. The duration of flowering of lilac species in 2015–2020 decreased by 5–6 days compared to the period of 2005–2010. The duration of the growing season was reduced by 12 days on average. All these phenomena are caused, obviously, with changes in the climatic parameters of the Bashkir Cis-Urals.

Key words: *Syringa*, phenology, climate, flowering time, the duration of the growing season, Bashkir Cis-Urals.