

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ

Научная статья
УДК 581.543:582.76/77+630*271
DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-33-41



Влияние погодных условий на сезонный ритм развития растений бархата амурского (*Phellodendron amurense* Rupr.) в условиях лесостепи Приобья

Н. Н. Лихенко, Т. Н. Капко, А. П. Епанчинцева, И. Е. Лихенко

Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции, Новосибирская обл., Россия

Автор, ответственный за переписку: Надежда Николаевна Лихенко, lihenko.n@yandex.ru

Актуальность. Бархат амурский – ценное древесное растение, имеющее большое народнохозяйственное значение. Его кора, луб, листья, плоды успешно используются в медицине и косметологии. Кроме того, он весьма декоративен, является хорошим медоносом и источником легкой пористой пробки. Благодаря своим свойствам и относительной неприхотливости может представлять интерес для интродукции. В связи с этим целью исследования было изучение особенностей влияния погодных условий на сезонный ритм развития растений бархата амурского (*Phellodendron amurense* Rupr.) в условиях лесостепи Приобья.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили 32 дерева бархата амурского, интродуцированных в условиях лесостепи Приобья. Фенологические наблюдения для оценки ритма сезонного развития проводили по методическим рекомендациям И. Д. Юркевича с соавторами. Для выявления зависимости ритма сезонного развития от погодных условий использовали коэффициент корреляции Пирсона (r).

Результаты. Результаты проведенных исследований подтверждают, что растения бархата амурского, произрастающие в дендрарии Сибирского научно-исследовательского института растениеводства и селекции – филиала Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, успешно адаптировались к условиям произрастания. Отмечено варьирование сроков прохождения фенофаз, особенно при раннем начале (2020 г.) и нехарактерном завершении (2018 г.) вегетации. Определена зависимость динамики развития от среднесуточной температуры воздуха, количества осадков и суммы эффективных температур.

Заключение. Установлено, что развитие бархата амурского в лесостепи Приобья проходит в соответствии с особенностями развития вида в пределах его естественного ареала.

Ключевые слова: интродукция, адаптация, природно-климатические условия, вегетация, фенофаза

Благодарности: работа поддержана бюджетным проектом ИЦиГ СО РАН № FWNR-2022-0018. Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Лихенко Н.Н., Капко Т.Н., Епанчинцева А.П., Лихенко И.Е. Влияние погодных условий на сезонный ритм развития растений бархата амурского (*Phellodendron amurense* Rupr.) в условиях лесостепи Приобья. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2023;184(1):33-41. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-33-41

STUDYING AND UTILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-33-41

The effect of weather conditions on the seasonal rhythm of plant development of Amur cork tree (*Phellodendron amurense* Rupr.) in the forest-steppe of the Ob region

Nadezhda N. Likhenko, Tatiana N. Kapko, Anastasiya P. Epanchintseva, Ivan E. Likhenko

*Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding, Novosibirsk Province, Russia***Corresponding author:** Nadezhda N. Likhenko, lihenko.n@yandex.ru

Background. Amur cork tree is a valuable woody plant of great economic importance. Its bark, liber, leaves, and fruits are successfully used in medicine and cosmetology. This tree is very ornamental and serves as a good honey plant. It can be a potential source of industrial cork. Due to its properties and relative unpretentiousness, Amur cork tree may be of interest for introduction. In this regard, the aim of the research was to study the peculiarities of the influence of weather conditions on the seasonal rhythm of plant development for Amur cork tree (*Phellodendron amurense* Rupr.) under the conditions of the forest-steppe in the Ob region.

Materials and methods. Thirty two Amur cork trees were used as the material for the study. These trees were successfully introduced in the forest-steppe of the Ob region. Phenological observations to evaluate the rhythm of seasonal growth were carried out according to the methodological recommendations of I. D. Yurkevich and coauthors. The Pearson correlation coefficient (r) was used to identify the dependence of the rhythm of seasonal growth on weather conditions.

Results. The plants of Amur cork tree were found to be successfully adapted to the conditions of the arboretum of the Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding. It was shown that in the year with the highest sum of effective temperatures (2020), the duration of interphase periods was on average 2 days shorter than in other years. At the same time, in the coldest year (2018), the plants did not have time to complete their leaf fall before the snow cover appeared. The vegetation of Amur cork tree was observed to start in mid-May. The completion of the growing season varies greatly from year to year.

Conclusion. It was established that the seasonal development of Amur cork tree in the forest-steppe of the Ob region corresponded to the features specific to the development of this species within its natural range.

Keywords: introduction, adaptation, natural and climatic conditions, vegetation, phenological phase

Acknowledgements: this work was supported by the budgeted project of the Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, No. FWNR-2022-0018.

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Likhenko N.N., Kapko T.N., Epanchintseva A.P., Likhenko I.E. The effect of weather conditions on the seasonal rhythm of plant development of Amur cork tree (*Phellodendron amurense* Rupr.) in the forest-steppe of the Ob region. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2023;184(1):33-41. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-33-41

Введение

Последние десятилетия характеризуются значительными изменениями климата, которые заметно проявляются в атмосферной нестабильности, в частоте и интенсивности экстремальных региональных явлений, что выражается в усилении водного стресса и более высокой пиковой летней жары и имеет решающее значение для прогнозирования реакции сибирских экосистем (Mokhov, 2020; Gorbatenko et al., 2020; Schaphoff et al., 2016).

В связи с этим под действием естественного отбора изучение и рациональное использование новых видов растений представляет большой интерес. Способность растений адаптироваться, в том числе с вступлением в генеративную фазу, дает возможность подбора ассортимента растений, устойчивых к природным условиям места их интродукции.

Анализ фенологических наблюдений с учетом температурного режима может быть применен к различным видам и моделям для изучения пространственных фенологических закономерностей и тенденций, а также для лучшего понимания влияния климата на растительные сообщества (Mehdipoor et al., 2020).

Фенологические наблюдения в зависимости от погодных условий позволяют выявить индивидуальные особенности растительных организмов. Знание температурных требований в развитии растений может использоваться для оценки адаптации и прогноза ряда аспектов в охране редких и обычных видов в практическом использовании (Ushakov, Nedosekina, 2017). Положительные температуры способствуют более активному весеннему развитию и имеют решающее значение в определении продолжительности вегетационного периода (Ren et al., 2020).

При подборе ассортимента видов и внутривидовых форм древесных растений для создания насаждений различного функционального назначения надо учитывать их отношение к конкретным условиям произрастания (Kogorachinskiy et al., 2013). Наиболее перспективными для испытания в Сибири являются виды древесных растений, успешно произрастающие (естественно или искусственно) в областях, более холодных и близких по климату интродукции, с экологическими требованиями, соответствующими новым условиям выращивания. Особое внимание привлекает арборифлора Дальнего Востока, которая включает большое количество видов, характерных для более южных регионов Азии (Китай, Корея, Япония) и представленных в России наиболее северными популяциями, адаптированными к суровому климату (Kogorachinskiy, 2011).

Бархат амурский (*Phellodendron amurense* Rupr.) принадлежит к семейству Рутовых (Rutaceae Juss.). Естественный ареал распространения – Дальний Восток (Приморье и южная часть Приамурья), северо-восточный Китай и Северная Корея (Nechaev, 2019). *Phellodendron amurense* – это вид с сокращающейся численностью, что соответствует категории и статусу 2 (Senchik, Malikova, 2020). Жизненная форма бархата амурского – листопадное дерево, в пределах естественного распространения достигающее высоты 25 м, при этом предельные размеры на юге ареала могут достигать 32 м в высоту и 1 м в диаметре ствола. Ствол и крупные ветки покрыты морщинистым слоем эластичной коры толщиной до 5 см, при этом каждый сантиметр нарастает в среднем за 50 лет (крайне редко – за 15–20 лет) (Makhrova, 2021; Ni-

kitenko, 2017). Листья супротивные, непарноперистосложные. Цветки мелкие, желтовато-зеленые, раздельнополюе, опыляются насекомыми. Плоды – черные блестящие шаровидные костянки. Листья, плоды и внутренний слой коры имеют резкий специфический запах (Nikitenko, 2017). Живет до 200 лет, в плодоношение вступает в зависимости от условий с 7–10 или 20–30 лет (Makhrova, 2021; Nechaev, 2019).

Бархат амурский – это ценнейшее растение, имеющее огромное значение для народного хозяйства. Амурское пробковое дерево является единственным в России дикорастущим пробконосом промышленного значения (Nikitenko, 2017). Все части растения нашли применение как в традиционной, так и в народной медицине (Nechaev, 2019). Внутренняя часть его коры идет на изготовление традиционного и очень востребованного в китайской промышленности желтого красителя (Luo, Zhang, 2021). Кроме того, это ценное нектароносное, пыльценозное, декоративное и кормовое растение (Nechaev, 2019).

В последние десятилетия популяция бархата амурского резко сократилась, а мероприятия по сохранению и увеличению популяции вида, проводимые в настоящее время, не имеют значительных результатов из-за сложного и изменчивого климата (Zhu et al., 2018). В настоящее время бархат амурский включен в перечень древесных пород, заготовка древесины которых не допускается, что делает актуальными создание производственных плантаций и ведение селекционных исследований по отбору наиболее продуктивных форм в естественных насаждениях (Nikitenko, 2017). Известно, что интродукция растений – это один из путей сохранения природных растительных ресурсов, при этом в отдельных случаях введение растений в культуру является не только эффективным, но и единственно возможным методом сохранения редких видов (Zhivchikova, Zhivchikov, 2019).

В связи с этим целью исследования было изучение особенностей влияния погодных условий на сезонный ритм развития растений бархата амурского (*Phellodendron amurense* Rupr.) в условиях лесостепи Приобья.

Материалы и методы

Дендрарий Сибирского научно-исследовательского института растениеводства и селекции – филиала Федерального исследовательского центра Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук (СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН) – расположен на левом берегу реки Оби, в восточной части поселка Краснообск Новосибирского района Новосибирской области. Резко континентальный климат территории обуславливает жесткий отбор интродуцентов. Всего в дендрарии, в искусственно созданных ценозах, произрастают 32 дерева бархата амурского, годы посадки 1984–1987. Изучение закономерностей изменчивости погодных условий в период вегетации растений в 2016–2020 гг. проводили путем анализа показателей среднесуточных температур, суммы эффективных температур и количества осадков. Для исследования ритма сезонного развития проводили фенологические наблюдения, используя методические рекомендации И. Д. Юркевича с соавторами (Yurkevich et al., 1980).

Математическая обработка выполнена с использованием программы MS Excel. Для выявления зависимости продолжительности фенологических фаз у бархата амурского от климатических факторов, а также взаимного влияния продолжительности фаз использовали коэффи-

коэффициент корреляции Пирсона (r). Критический уровень значимости принимался равным 5%.

Лесостепь Приобья характеризуется резко континентальным климатом, что связано с географическим положением. Характерны неравномерно выраженные сезоны года: зима суровая и продолжительная, лето умеренно жаркое, но довольно короткое. Весна и осень непродолжительные, со свойственной территории неустойчивой погодой. В среднем весенние заморозки заканчиваются в начале третьей декады мая – начале июня. Осенние заморозки начинаются во второй половине сентября, иногда случаются в августе. Среднегодовая температура воздуха $+0,2^{\circ}\text{C}$, средняя многолетняя температура января $-18,8^{\circ}\text{C}$ при абсолютном минимуме -48°C . Среднегодовая температура июля $+19^{\circ}\text{C}$, при максимуме $+32^{\circ}\text{C}$. Снежный покров сохраняется в среднем 162 суток, с колебаниями в отдельные годы от 146 до 184. Средняя высота снежного покрова – 30–34 см. Глубина промерзания достигает по годам от 70–80 см до 120–150 см. Продолжительность вегетационного периода с температурой выше $+5^{\circ}\text{C}$ составляет 158 суток, а продолжительность безморозного периода – в среднем 120 суток. Годовая сумма осадков – 350–400 мм. Характерной особенностью климата является активная ветровая деятельность на протяжении всего года. Нередки засухи с суховеями (Voropina, Gritsenko, 2011). По данным ГМС «Огурцово» Новосибирской области, средняя многолетняя сумма эффективных температур составляет 1546°C .

По данным ГМС «Огурцово», метеорологические условия в 2016–2020 гг. были неоднородны по температурному режиму и количеству выпавших осадков (рисунк).

Теплообеспеченность в 2016 и 2020 г. была достаточной. Сумма эффективных температур в конце сезона превышала средние многолетние значения на 271 и 326°C соответственно.

Годы 2017 и 2019 по сумме эффективных температур различались между собой незначительно, величина показателя составила, соответственно, 1672 и 1666°C .

Май 2018 года был наиболее прохладным, задерживались сроки наступления фенофаз, сумма эффективных температур в третьей декаде мая была 121°C при норме 226°C . Июнь был жарким, со среднемесячной температурой на 2°C выше нормы, которая составляет $+17,1^{\circ}\text{C}$. Температура в июле и августе близка к средним многолетним. Норма среднемесячной температуры сентября – $+10,2^{\circ}\text{C}$, отклонение составило $+0,6^{\circ}\text{C}$. 12 сентября отмечен заморозок. Сумма эффективных температур в 2018 г. была практически равной среднему многолетнему значению, (разница – 14°C).

Распределение осадков по месяцам за период 2016–2020 гг. было неравномерным. С апреля по октябрь в 2016 г. выпало $87,9\%$ осадков от нормы (328 мм). По сумме выпавших осадков 2017 и 2020 г. близки, количество осадков составило соответственно 112 и $113,8\%$ от нормы. В 2019 г. за вегетацию выпало $97,6\%$ осадков от нормы. Наиболее увлажненный год – 2018, сумма осадков была выше среднего многолетнего значения и составила 125% от нормы.

Результаты и обсуждение

Как известно, особенности индивидуального развития растений обусловлены различиями в их требовательности к условиям произрастания, поэтому, зная

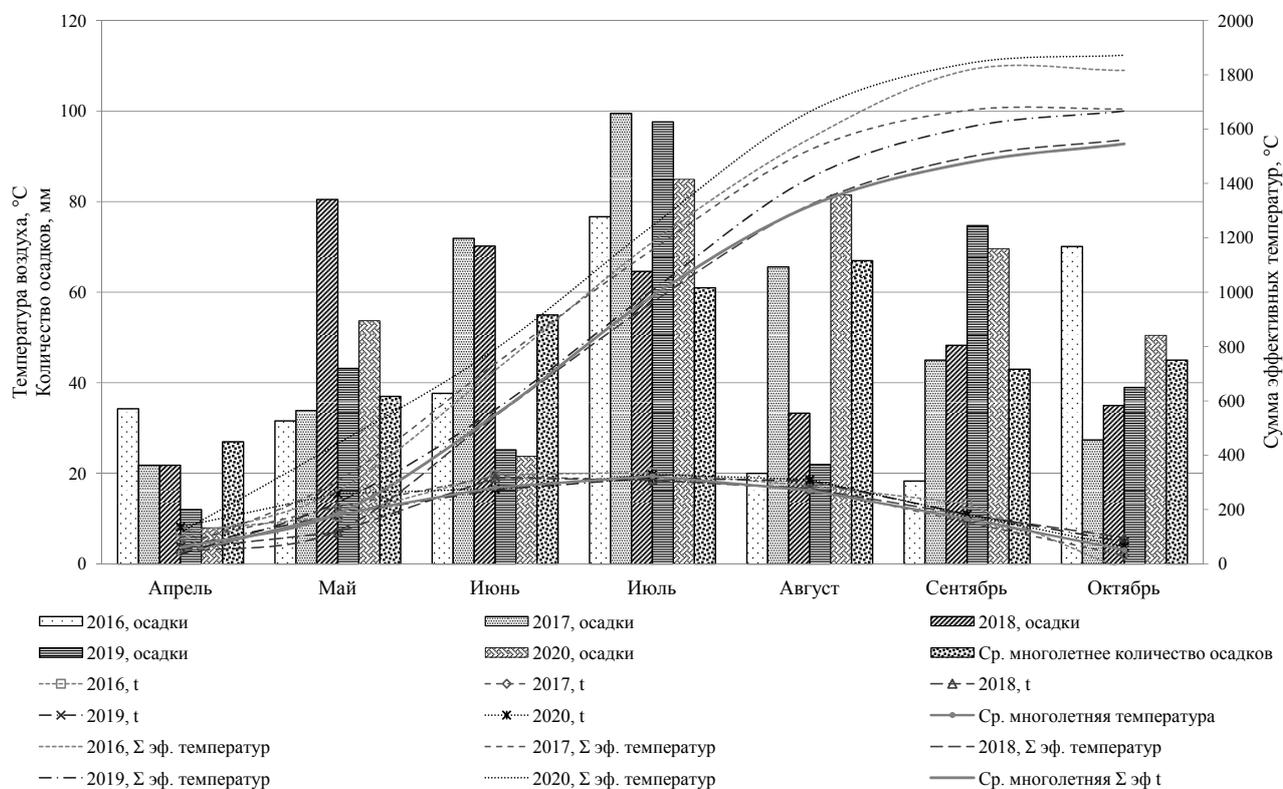


Рисунок. Условия вегетационного периода 2016–2020 гг. (по данным метеорологической станции «Огурцово»)

Figure. Growing season conditions of 2016–2020 (according to Oгурtsovo Weather Station)

диапазон толерантности основных фаз развития к факторам среды, можно судить о степени адаптации вида к климатическим условиям местообитания (Kischenko, Potarova, 2014).

Продолжительность вегетационного периода является важным диагностическим признаком для оценки адаптации древесных растений. Его длительность в значительной степени определяется не только биологическими свойствами вида, но и условиями произрастания. Варьирование дат сезонного развития видов растений, в том числе при нехарактерно раннем начале вегетации, обуславливается особенностями климата территорий произрастания (Kang et al., 2021). Изменения температурного режима и количества осадков в наших исследованиях повлияли на скорость прохождения фенологических фаз (таблица). Примечательно, что самое раннее наступление фенологических фаз наблюдалось в более теплом для всей Сибири 2020 г., который на фоне остальных лет выделялся теплой и стремительной весной, а самое позднее – в 2018 г., который в Новосибирске отличался холодной и затяжной весной.

мате Беларуси этот вид начинает вегетировать в конце апреля (24.04 ± 3) и заканчивает в конце октября (24.10 ± 4) (Kuchuk et al., 2007).

Начало вегетации древесных растений в значительной степени зависит от температуры воздуха, и ранняя, теплая весна способствует более скорому началу вегетации, а поздняя весна, сопровождающаяся низкими значениями среднесуточной температуры воздуха, приводит к запаздыванию развития растений.

Год 2018 представляет собой именно тот случай, когда низкие положительные температуры задерживают сроки наступления фенофаз. Весна этого года в Новосибирске была затяжной и холодной. Несмотря на то что среднесуточная температура воздуха в третьей декаде апреля была на $3,5^\circ\text{C}$ выше многолетних наблюдений и составила $+8,8^\circ\text{C}$, холодный май стал причиной смещения начала вегетации бархата амурского на 1 июня. На протяжении всего мая температура воздуха была ниже относительно средних многолетних значений и среднесуточная температура воздуха составила всего $+7,0^\circ\text{C}$ против «нормы» $+12,9^\circ\text{C}$. Примечательно, что в начале

Таблица. Результаты фенологической оценки бархата амурского в дендрарии Сибирского НИИ растениеводства и селекции, 2016–2020 гг.

Table. The results of phenological assessment of Amur cork tree in the arboretum of the Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding, 2016–2020

Фенофаза	Средняя дата	Самая ранняя дата	Самая поздняя дата	Средняя сумма эффективных температур
Набухание почек	17.05 ± 5	03.05	01.06	$125,2 \pm 4$
Разверзание почек	27.05 ± 4	13.05	09.06	$219,8 \pm 3$
Начало облиствения	01.06 ± 4	17.05	14.06	$275,8 \pm 4$
Цветение, начало	14.06 ± 4	01.06	24.06	$438,4 \pm 3$
Цветение, конец	22.06 ± 4	09.06	02.07	$543,0 \pm 11$
Созревание плодов	15.09 ± 5	31.08	29.09	$1591,6 \pm 29$
Изменение окраски листьев	04.09 ± 3	31.08	12.09	$1558,2 \pm 31$
Опадение листьев	19.09 ± 2	17.09	30.09	$1649,1 \pm 71$

В ходе пятилетнего наблюдения вегетация *Phellodendron amurense* в дендрарии п. Краснообск начиналась в середине мая (17.05 ± 5 суток) и продолжалась до конца второй декады сентября (19.09 ± 2 суток). Полученные данные позволяют заключить, что начало и конец вегетации бархата амурского в условиях новосибирского Приобья близки к фенологическому интервалу развития растений данного вида, произрастающих в пределах естественного ареала – в Приморском крае, где, по данным Р. И. Живчиковой и А. И. Живчикова, начало вегетации отмечается 18–23 мая, а окончание – уже в середине сентября, и продолжительность периода от распускания листьев до листопада составляет 110–120 суток (Zhivchikova, Zhivchikov, 2019). Если же сравнивать с интродуцированными растениями бархата амурского, произрастающими в Погорельском бору и Академгородке Красноярска, то там начало и конец вегетации сдвинуты на 1–2 недели раньше, и сезонное развитие бархата амурского проходит с 27.04–17.05 по 21.08–16.09 (Sedaeva, 2019). В то же время в умеренно континентальном кли-

третьей декады мая было отмечено кратковременное повышение среднесуточной температуры до $+12,7^\circ\text{C}$, однако затем последовал холодный фронт, и средняя температура воздуха на неделю составила $+7,2^\circ\text{C}$, что не только привело к смещению начала вегетации, но и повлекло более позднее наступление последующих фаз.

Однако жаркий и влажный июнь 2018 г. (сумма осадков превышена в 2 раза) ускорил прохождение фенофаз. В результате продолжительность периодов от набухания почек до начала цветения и от набухания до конца цветения оказались меньше среднего значения на 5 суток. Повышенная влажность во время цветения привела к тому, что опыление проходило слабо. Сумма эффективных температур в конце июня составила $543,4^\circ\text{C}$, почти достигнув среднего многолетнего значения ($575,0^\circ\text{C}$). Период времени от окончания цветения до созревания был больше среднего значения на 4 суток. При этом плодоношение отмечалось незначительным. Ввиду того что начало вегетации задержалось, изменение окраски листьев также было поздним, даже с учетом теплого лета

и начала осени. В результате вступление в фазу совпало с заморозком, который полосой прошел по территории дендрария 12 сентября и местами повредил зеленые и желтеющие листья. Листопад не был завершен нормально.

По-иному складывалась вегетация в температурном режиме, наблюдавшемся в 2020 г., когда высокие весенние температуры способствовали ранней вегетации растений.

Весна в 2020 г. началась стремительно: уже в последних числах марта среднесуточная температура воздуха поднялась выше отметки 0°C, а среднесуточная температура воздуха в третьей декаде апреля составила +13,9°C, что на 8,6°C теплее «нормы». Активное накопление суммы эффективных температур в третьей декаде апреля в последующем определило ранние сроки наступления фенофаз. Ранняя весна ускорила набухание почек, благодаря чему бархат амурский вступил в начало вегетации 3 мая. Разверзание и облиствение были отмечены на две недели раньше в сравнении со средней датой наблюдений за 5 лет. В этот период сумма эффективных температур быстро увеличивалась. Бархат амурский прошел фазу цветения в период с 1 по 9 июня, когда сумма температур выше +5°C составляла 441°C и 530°C соответственно. От окончания цветения до созревания по средним фенологическим датам прошло 85 суток. В 2020 г. созревание плодов завершилось на 2 суток раньше ожидаемых средних сроков за счет более интенсивного нарастания температур. Изменение окраски листьев, разрушение хлорофилла обуславливает прекращение активной вегетации, наступившее в 2020 г. на 4 суток раньше средней даты. В связи с наступлением ранней весны и последующим благоприятным летне-осенним периодом вегетация составила 137 суток, при средней продолжительности за 5 лет 125 ± 6 суток.

Анализируя данные, полученные в проведенном исследовании (см. таблицу), можно отметить, что наступление весенних фенологических фаз наиболее чувствительно к климатическим изменениям, а увеличение минимальных или максимальных температур способствует смещению сроков цветения на более поздние или ранние соответственно. В то же время наблюдается менее устойчивая тенденция увеличения продолжительности осенних фаз, которая связана с тем, что начало осени постепенно откладывается с годами. Эта информация согласуется с результатами ранее опубликованных исследований (Gaira et al., 2014; Graborov, Shoshin, 2014; Kameneva et al., 2018).

В результате 5-летних наблюдений, проведенных на бархате амурском, отмечен ряд зависимостей, позволяющих в той или иной мере судить о темпах индивидуального развития деревьев в течение вегетации. При этом нужно принимать во внимание тот факт, что направление и сила корреляций между динамикой прохождения фенофаз и проявлениями эколого-климатических условий могут значительно меняться в зависимости от вида растения, фазы его развития и фактора среды (Kischenko, Potarova, 2014). Так, например, установлена достоверная сильная отрицательная зависимость от среднесуточной температуры воздуха продолжительности таких межфазных периодов, как «набухание – разверзание почек» ($r = -0,97$, $t_{\phi} = 7,02$), «разверзание почек – начало облиствения» ($r = -0,88$, $t_{\phi} = 3,27$) и «конец цветения – созревание плодов» ($r = -0,88$, $t_{\phi} = 3,25$). Таким образом, увеличение среднесуточной температуры в течение одного из этих периодов сокращает его продолжительность.

В свою очередь на продолжительность периода от созревания плодов до опадения листьев в значительной степени влияют количество осадков и сумма эффективных температур во время его прохождения (соответственно $r = 0,99$, $t_{\phi} = 16,85$ и $r = 0,92$, $t_{\phi} = 4,06$). Помимо этого, установлена сильная достоверная корреляция между продолжительностью периода от изменения окраски до опадения листьев и суммой эффективных температур за это время ($r = 0,92$, $t_{\phi} = 4,05$), что согласуется с данными, полученными А. В. Граборовыми В. И. Шошиным в исследовании сезонного развития дуба черешчатого (Graborov, Shoshin, 2014). Бархат амурский достигает своей максимальной декоративности, когда его листья приобретают ярко-желтую осеннюю окраску и созревают плоды. Таким образом, можно резюмировать, что в осенний период изучаемый вид дольше сохраняет свои декоративные качества при более теплой погоде, сопровождающейся достаточным количеством осадков.

Учитывая полученные результаты, можно с большой долей уверенности говорить о том, что скорость прохождения той или иной фазы развития бархата амурского в разной степени зависит от климатических условий среды. В 2018 и 2020 г. погодные условия, предшествовавшие началу вегетации вида, в значительной степени сместили начало вегетации и повлияли на развитие бархата амурского. Принимая во внимание этот факт, стоит отметить, что в дальнейшем изучение особенностей сезонного развития этого вида будет продолжено.

Выводы

Растения бархата амурского (*Phellodendron amurense*) в дендрарии СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН вступили в генеративную фазу, что свидетельствует о том, что они адаптировались к сложному комплексу природно-климатических условий сибирской лесостепи.

Потребность растений в положительной температуре является одним из определяющих факторов, влияющих на сроки наступления фенофаз. Средняя дата начала вегетации в 2016–2020 гг. приходилась на конец второй декады мая: 17.0 5 ± 5 суток. В этот период средняя сумма эффективных температур составляла 125,2 ± 4°C. Средняя дата на начало и конец цветения проходила на 14.06 и 22.06, при этом средняя сумма эффективных температур достигала 438,4 ± 3°C и 543,0 ± 11°C соответственно. Завершение периода вегетации наблюдалась, когда сумма эффективных температур составляла 1649,1 ± 71°C.

Наступление фенологических фаз проходило в зависимости от погодных условий, сложившихся в годы исследований. При этом достижение заключительных фенофаз сопровождалось накоплением сопоставимых количеств температур, особенно в весенний период вегетации.

Вегетационный период бархата амурского в 2020 г. был наиболее продолжительным: 137 суток за счет сдвига начала вегетации на более ранние сроки – 3 мая.

В 2018 г. недобор эффективных температур сдвинул начало вегетации на более поздние сроки, набухание почек отмечено 1 июня. Обильные осадки в июне 2018 г. в период цветения привели к уменьшению завязываемости плодов. Осенний заморозок вызвал раннее отмирание листьев, сократив период вегетации до 103 суток.

Скорость прохождения той или иной фазы развития бархата амурского в разной степени зависит от климатических условий среды. Установлена корреляция между продолжительностью межфазных периодов и среднесуточными и эффективными температурами, а также количеством осадков. Выявлена достоверная сильная зависимость продолжительности вегетации бархата амурского от суммы эффективных температур ($r = -0,87$, $t_{\phi} = 3,03$).

Определено отрицательное взаимное влияние продолжительности таких межфазных периодов, как «начало облиствения – начало цветения» и «конец цветения – изменение окраски листьев» ($r = -0,88$, $t_{\phi} = 3,14$), а также «конец цветения – созревание плодов» и «изменение окраски – опадение листьев» ($r = -0,88$, $t_{\phi} = 3,25$).

Интродуцированные растения бархата амурского развиваются в соответствии с особенностями развития вида в пределах его естественного ареала.

References / Литература

- Gaira K.S., Rawal R.S., Rawat B., Bhatt I.D. Impact of climate change on the flowering of *Rhododendron arboretum* in central Himalaya, India. *Current Science*. 2014;106(12):1735–1738.
- Gorbatenko V.P., Kuzhevskaya I.V., Pustovalov K.N., Chursin V.V., Konstantinova D.A. Assessment of atmospheric convective potential variability in Western Siberia in changing climate. *Russian Meteorology and Hydrology*. 2000;45(5):360–367. DOI: 10.3103/S1068373920050076
- Graborov A.V., Shoshin V.I. Peculiarities of the seasonal development of the northern oak in the Bryansk region. *Forestry Engineering Journal*. 2014;4(4):83–92. [in Russian] [Граборов А.В., Шошин В.И. Особенности сезонного развития дуба северного в Брянской области. *Лесотехнический журнал*. 2014;4(4):83–92]. DOI: 10.12737/8444
- Kameneva L.A., Koksheeva I.M., Tvorogov S.P., Bogachev I.G. Phenological response *Magnolia sieboldii* K. Koch to climate change. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series*. 2018;123(1):57–64. [in Russian] [Каменева Л.А., Кокшеева И.М., Творогов С.П., Богачев И.Г. Фенологический ответ *Magnolia sieboldii* K. Koch на климатические изменения. *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. 2018;123(1):57–64].
- Kang J., Jiang S., Tardif J.C., Liang H., Zhang S., Li J. et al. Radial growth responses of two dominant conifers to climate in the Altai Mountains, Central Asia. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2021;298–299:108297. DOI: 10.1016/j.agrformet.2020.108297
- Kischenko I.T., Potapova M.N. The seasonal rhythm of introduced *Fraxinus* species (Oleaceae) development under the conditions of Karelia. *Rastitelnye resursy = Plant Resources*. 2014;50(2):184–194. [in Russian] [Кищенко И.Т., Потапова М.Н. Сезонный ритм развития интродуцированных видов *Fraxinus* (Oleaceae) в условиях Карелии. *Растительные ресурсы*. 2014;50(2):184–194].
- Koropachinskiy I.Y. Problems of Russian dendrology in the XXI century. *Contemporary Problems of Ecology*. 2011;4(6):684–698. DOI: 10.1134/S199542551106018X
- Koropachinskiy I.Yu., Vstovskaya T.N., Tomoshevich M.A. Modern problems of the introduction of woody plants in Siberia (Sovremennyye problemy introduktsii drevesnykh rasteniy v Sibiri). Novosibirsk: GEO Academic Publishers; 2013. [in Russian] [Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н., Томошевич М.А. Современные проблемы интродукции древесных растений в Сибири. Новосибирск: Академическое издательство «ГЕО»; 2013].
- Kuchuk S.N., Dishuk A.L., Efremov A.L., Garanovich I.M. Assessment of the state of Amur cork tree and Manchurian walnut plantings at the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (Otsenka sostoianiya nasazhdeniy barkhata amurskogo i orekha manchzhurskogo v posadkakh tsentralnogo botanicheskogo sada NAN Belarusi). *Vestnik BSU. Series 2: Chemistry. Biology. Geography*. 2007;(2):82–87. [in Russian] [Кучук С.Н., Дишук А.Л., Ефремов А.Л., Гаранович И.М. Оценка состояния насаждений бархата амурского и ореха маньчжурского в посадках центрального ботанического сада НАН Беларуси. *Вестник БГУ. Серия 2: Химия. Биология. География*. 2007;(2):82–87].
- Luo Y., Zhang X. Effects of yellow natural dyes on handmade Daqian paper. *Heritage Science*. 2021; 9(1):85. DOI: 10.1186/s40494-021-00560-x
- Makhrova T.G. Amur cork tree as a promising introduction plant for urban green spaces in Moscow and the Moscow region. *Problems of Botany of Southern Siberia and Mongolia*. 2021;20(1):298–300. [in Russian] [Махроva Т.Г. Бархат амурский как перспективный интродуцент для городских зеленых насаждений Москвы и Подмосковья. *Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии*. 2021;20(1):298–300]. DOI: 10.14258/pbssm.2021058
- Mehdipoor H., Zurita-Milla R., Augustijn E.W., Izquierdo-Verdiguier E. Exploring differences in spatial patterns and temporal trends of phenological models at continental scale using gridded temperature time-series. *International Journal of Biometeorology*. 2020;64(3):409–421. DOI: 10.1007/s00484-019-01826-7
- Mokhov I.I. Russian climate research in 2015–2018. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2020;56(4):325–343. DOI: 10.1134/S0001433820040064
- Nechaev A.A. Fruiting of Amur velvet in the south of Far East. *Plodovodstvo, semenovodstvo, introduktsiya drevesnykh rasteniy = Fruit-Growing, Seed Production, and Introduction of Woody Plants*. 2019;22:141–144. [in Russian] [Нечаев В.А. Плодоношение бархата амурского на юге Дальнего Востока. *Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений*. 2019;22:141–144].
- Nikitenko E.A. Cultivated Amur cork tree in the south of the Far East and in introduction (Kulturny barkhata amurskogo na yuge Dalnego Vostoka i v introduktsii). *Plodovodstvo, semenovodstvo, introduktsiya drevesnykh rasteniy = Fruit-Growing, Seed Production, and Introduction of Woody Plants*. 2017;20:126–129. [in Russian] [Никитенко Е.А. Культуры бархата амурского на юге Дальнего Востока и в интродукции. *Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений*. 2017;20:126–129].
- Ren P., Liang E., Raymond P., Rossi S. Phenological differentiation in sugar maple and responses of bud break to an experimental warming. *Forests*. 2020;11(9):929. DOI: 10.3390/f11090929
- Schaphoff S., Reyer C.P.O., Schepaschenko D., Gerten D., Shvidenko A. Tamm Review: Observed and projected climate change impacts on Russia's forests and its carbon balance. *Forest Ecology and Management*. 2016;361:432–444. DOI: 10.1016/j.foreco.2015.11.043
- Sedaeva M.I. *Phellodendron amurense* in dendrological collection of Sukachev Institute of Forest SB RAS. *Plodovodstvo, semenovodstvo, introduktsiya drevesnykh rasteniy = Fruit-Growing, Seed Production, and Introduction of Woody*

- Plants*. 2019;22:172-175. [in Russian] (Седаева М.И. Бархат амурский в дендрологической коллекции Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. *Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений*. 2019;22:172-175).
- Senchik A.V., Malikova E.I. (eds). Red Book of the Amur Region: rare and endangered species of animals, plants and mushrooms (Krasnaya kniga Amurskoy oblasti: redkiye i nakhodyashchiesiya pod ugrozoy izcheznoventiya vidy zhivotnykh, rasteniy i gribov). Blagoveshchensk: Far East State Agrarian University; 2020. [in Russian] (Красная книга Амурской области: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов / под ред. А.В. Сенчика, Е.И. Маликовой. Благовещенск: Дальневосточный ГАУ; 2020). URL: <http://www.amurohota.ru/files/RedBookAmur2020.pdf> [дата обращения: 03.08.2022].
- Ushakov M.V., Nedosekina T.V. Method for the evaluation of thermal requirements for development based on phenological observations. *Russian Journal of Ecology*. 2017;48(5):409-416. DOI: 10.1134/S1067413617050137
- Voronina L.V., Gritsenko A.G. Climate and ecology of Novosibirsk Province (Klimat i ekologiya Novosibirskoy oblasti). Novosibirsk: SSGA; 2011. [in Russian] (Воронина Л.В., Гриценко А.Г. Климат и экология Новосибирской области. Новосибирск: СГГА; 2011).
- Yurkevich I.D., Golod D.S., Yaroshevich E.P. Phenological studies of woody and herbaceous plants (Fenologicheskiye issledovaniya drevesnykh i travyanistykh rasteniy). Minsk: Nauka i Tekhnika; 1980. [in Russian] (Юркевич И.Д., Голод Д.С., Ярошевич Э.П. Фенологические исследования древесных и травянистых растений. Минск: Наука и техника; 1980).
- Zhivchikova R.I., Zhivchikov A.I. Experience of cultivation of Amursky velvet (*Phellodendron amurense* Rupr.) and Eleuterococcus prickly (*Eleutherococcus senticosus* Maxim.) in the South of the Primorsky Region. *Agrary vestnik Primorya = Agrarian Bulletin of Primorsky Territory*. 2019;1(13):26-29. [in Russian] (Живчикова Р.И., Живчиков А.И. Опыт культивирования бархата амурского (*Phellodendron amurense* Rupr.) и элеутерококка колючего (*Eleutherococcus senticosus* Maxim.) на юге Приморского края. *Аграрный вестник Приморья*. 2019;1(13):26-29).
- Zhu L., Wang X., Pederson N., Chen Z., Cooper D.J., Zhang Y., Li Z. Spatial variability in growth-climate relationships of Amur cork tree (*Phellodendron amurense*) and their connections with PDO in Northeast China. *JGR Biogeosciences*. 2018;123(5):1625-1636. DOI: 10.1029/2017JG004292

Информация об авторах

Надежда Николаевна Лихенко, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал ИЦиГ СО РАН, 630501 Россия, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р. п. Краснообск, ул. С-200, зд. 5/1, а/я 375, lihenko.n@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0422-2682>

Татьяна Николаевна Капко, научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал ИЦиГ СО РАН, 630501 Россия, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р. п. Краснообск, ул. С-200, зд. 5/1, а/я 375, tatjanakapko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1573-1618>

Анастасия Павловна Епанчинцева, агроном 1 категории, Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал ИЦиГ СО РАН, 630501 Россия, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р. п. Краснообск, ул. С-200, зд. 5/1, а/я 375, chudnayaanastasiya@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0112-5126>

Иван Евгеньевич Лихенко, доктор сельскохозяйственных наук, руководитель филиала, Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал ИЦиГ СО РАН, 630501 Россия, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р. п. Краснообск, ул. С-200, зд. 5/1, а/я 375, lihenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0305-1036>

Information about the authors

Nadezhda N. Likhenko, Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding, branch of the IC&G SB RAS, P.O. Box 375, bldg. 5/1 S-200 St., Krasnoobsk, Novosibirsky District, Novosibirsk Province 630501, Russia, lihenko.n@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0422-2682>

Tatiana N. Kapko, Researcher, Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding, branch of the IC&G SB RAS, P.O. Box 375, bldg. 5/1 S-200 St., Krasnoobsk, Novosibirsky District, Novosibirsk Province 630501, Russia, tatjanakapko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1573-1618>

Anastasiya P. Epanchintseva, Agronomist of Category 1, Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding, branch of the IC&G SB RAS, P.O. Box 375, bldg. 5/1 S-200 St., Krasnoobsk, Novosibirsky District, Novosibirsk Province 630501, Russia, chudnayaanastasiya@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0112-5126>

Ivan E. Likhenko, Dr. Sci. (Agriculture), Head of the Branch, Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding, branch of the IC&G SB RAS, P.O. Box 375, bldg. 5/1 S-200 St., Krasnoobsk, Novosibirsky District, Novosibirsk Province 630501, Russia, lihenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0305-1036>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 22.02.2022; одобрена после рецензирования 14.10.2022; принята к публикации 02.03.2023.
The article was submitted on 22.02.2022; approved after reviewing on 14.10.2022; accepted for publication on 02.03.2023.