

УДК 630*181

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.87

ГЛУБИНЫ ЗИМНЕГО ПОКОЯ ДРЕВЕСНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА *FABACEAE* LINDL., ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.И. Захарова, канд. биол. наук

Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, просп. Гагарина, д. 97, г. Нижний Новгород, Россия, 603107; e-mail: robinia@bk.ru

Холодовая акклиматизация – сложный процесс, который включает в себя обширную модификацию растительного метаболизма. Осенью древесные растения умеренных широт проходят своеобразную подготовку к зимним условиям, благодаря чему становятся более толерантными к отрицательным температурам. Максимальной морозоустойчивости растения достигают в середине зимы, тогда как при повышении температуры весной теряют акклиматизированную устойчивость к замораживанию путем деакклиматизации. Одним из показателей адаптированности растений к новым условиям произрастания является их способность динамично переходить в состояние покоя и выходить из него при определенных изменениях внешних условий. Цель исследования – изучение глубины зимнего покоя у некоторых древесных представителей семейства *Fabaceae* Lindl. (*Robinia pseudoacacia* L., *Amorpha fruticosa* L., *Caragana arborescens* Lam.) в условиях Нижегородской области. Для достижения поставленной цели нами применялся метод регистрации термоиндуцированных изменений внешних условий. Экспериментальный материал был представлен 1-летними побегами изучаемых видов, заготавливаемыми в условиях центральной части Нижегородской области. Исследования проводили с ноября по февраль в течение 5 лет. После срезки побеги помещали в емкости с водой в лабораторных условиях при температуре 20 °С. Ежедневно контролировали фенологическое состояние побегов и температурный режим. Проведенные исследования показали, что сроки прерывания периода покоя у изученных интродуцентов существенно влияют на переход к активному метаболизму. Выявлено, что при установлении стабильных отрицательных температур воздуха в зимний период изучаемые объекты формируют высокую толерантность к замораживанию. Это подтверждается тем, что при искусственном прерывании периода покоя и форсировании потепления с ноября по февраль объектам требуется значительная сумма активных температур для перехода к метаболизму. *Caragana arborescens* Lam. выходит из состояния зимнего покоя при сумме активных температур от 87 до 136 °С (в зависимости от календарных сроков прерывания периода покоя), что соответствует 5...7 дн. нахождения в тепле при средней температуре окружающей среды 24...25 °С. *Amorpha fruticosa* L. переходит к активному метаболизму при сумме активных температур от 255 до 378 °С, *Robinia pseudoacacia* L. – от 198 до 476 °С. Данные, полученные в ходе исследования, дополняют основные положения факториальной экологии демонстрацией адаптаций древесных представителей семейства *Fabaceae* Lindl. и могут быть использованы для предварительной оценки перспективности их широкого культивирования в Нижегородской области.

Ключевые слова: фенология, зимостойкость, состояние покоя, толерантность, *Caragana arborescens* Lam., *Amorpha fruticosa* L., *Robinia pseudoacacia* L.

Для цитирования: Захарова Е.И. Глубины зимнего покоя древесных представителей семейства *Fabaceae* Lindl., интродуцированных в Нижегородской области // Лесн. журн. 2019. № 1. С. 87–95. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.87

Введение

Внедрение древесных видов семейства *Fabaceae* Lindl. в насаждения различного целевого назначения на урбанизированных территориях Нижегородской области, имеющих малоценные земли с бедными песчаными почвами, будет широко использоваться на практике. Большинство видов декоративны, неприхотливы к почве, отличаются высокой устойчивостью к неблагоприятным условиям городской среды, а представители подсемейства *Faboideae* способны решить одну из важнейших проблем в области сельскохозяйственной биологии – биологической фиксации атмосферного азота.

Единственной причиной, способной ограничить использование древесных видов семейства *Fabaceae* Lindl. в Нижегородской области, является их зимостойкость. Исследования показывают, что растения, рано заканчивающие ростовые процессы, своевременно входящие в состояние покоя и проходящие закаливание, отличаются высокой зимостойкостью [3].

Одним из аспектов сохранения жизнеспособности растений, произрастающих в умеренных широтах, служит их способность входить в состояние покоя в период пониженных температур. Покой определяется как неспособность иницировать рост из меристем (и других органов и клеток, способных возобновить рост) при благоприятных условиях [11, 14]. Глубина покоя – скорость реакции растения на температурное воздействие – зависит от напряженности действующего фактора (интенсивности и продолжительности), генетически обусловленной устойчивости и состояния растения. Физиологическое значение покоя заключается в приспособлении к периодическому наступлению неблагоприятных внешних условий, защите от обезвоживания [4]. У растений различают вынужденный покой, обусловленный факторами внешней среды, и физиологический (органический, глубокий) покой, который регулируется балансом стимуляторов и ингибиторов роста [12, 15]. При вступлении растений в период покоя происходят процессы, повышающие устойчивость их клеток к неблагоприятным факторам среды.

Глубина периода покоя значительно влияет на реакцию растений к изменению температурных факторов среды [5, 8, 18]. Особый интерес изучение данного процесса представляет при интродукции растений. Нередко колебания температур в зимний период в районе интродукции приводят к снижению адаптационных свойств растений. Экспериментальные исследования показывают, что положительные температуры в осенне-зимний период могут замедлять выход растений из состояния покоя весной, задерживая прохождение фенологических фаз [13, 16].

Цель исследования – изучение глубины зимнего покоя у некоторых древесных представителей семейства *Fabaceae* Lindl. в условиях Нижегородской области.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования служили древесные виды семейства *Fabaceae* Lindl. подсемейства *Faboideae*, выращенные в условиях центральной части Нижегородской области: *Robinia pseudoacacia* L., *Amorpha fruticosa* L., *Caragana arborescens* Lam.

Климат района исследования умеренно-континентальный, с годовыми колебаниями температуры 79,4 °С и количеством осадков 600...700 мм. Переход среднесуточных температур воздуха через 0 °С в сторону повышения происходит почти одновременно по всей области в начале апреля. Сход снежного покрова приходится на середину–конец апреля. Вегетационный период

начинается с середины апреля, продолжается 165...175 дн. и практически совпадает с продолжительностью вегетационного периода *Robinia pseudoacacia* L. (178±14 дн.), *Caragana arborescens* Lam. (165±8 дн.) и *Amorpha fruticosa* L. (185±11 дн.). Устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 0 °С в сторону понижения происходит в начале ноября. Абсолютные минимальные температуры воздуха в зимние месяцы достигают –42 °С. В течение зимних месяцев температура может иметь и положительные значения – до +8 °С, продолжительность оттепелей – до 5...7 дн.

Для изучения длительности и глубины состояния покоя у интродуцированных растений применялся метод регистрации термоиндуцированных изменений внешних условий. В качестве экспериментальной единицы использовались 1-летние побеги изучаемых объектов. Исследования зимнего покоя, проводимые рядом авторов, указывают на возможность применения побегов, заготовленных с растений, подвергшихся воздействию отрицательных температур, для изучения глубины покоя. При этом замечено, что ответные реакции срезанных побегов совпадают с таковыми у целых растений [9, 10].

Для опытов 1-летние побеги изучаемых интродуцентов заготавливались в несколько сроков (с ноября по февраль) с периферии среднего яруса хорошо освещенного участка кроны [7]. Исследования проводились в течение 5 лет. Побеги были максимально идентичны друг другу. Каждый из изучаемых видов в эмпирических исследованиях был представлен не менее чем 3 побегами не менее чем с 3 учетных растений. В лаборатории побеги находились в одинаковых условиях (в частично светопрозрачном помещении), они помещались в емкости с водой. Таким образом был реализован принцип единственного логического различия между изучаемыми объектами [11]. Наблюдения за состоянием побегов и температурой в помещении осуществлялись ежедневно. Учитывались следующие показатели: количественные – количество календарных дней с момента начала опыта до фиксируемого изменения фенологического состояния, сумма активных температур за тот же период; качественные – наступление фенологических фаз [1, 2, 6, 17], фенологические состояния побегов (набухание вегетативных почек – начало отхождения кроющих чешуй почек), отрастание побегов (начало удлинения верхушечной части почки).

Результаты исследования и их обсуждение

Способность побегов выходить из состояния зимнего покоя при его искусственном прерывании демонстрировали все изучаемые виды независимо от календарных сроков форсирования потепления. Средние данные, полученные в ходе 5-летних исследований (по месяцам), показывают, что рассматриваемые интродуценты неодинаково реагируют на повышение температуры в зимний период (рис. 1–4).

Наиболее глубоким покоем в начале зимы характеризуется *Robinia pseudoacacia* L. (рис. 1). Для выхода из состояния покоя побегам данного вида потребовалась сумма активных температур ($\Sigma t > +5$ °С), равная 476 °С, что соответствовало содержанию при средней температуре окружающей среды 25 °С в течение 24 дн. У *Caragana arborescens* Lam. набухание зимующих почек произошло на 7-й день, что соответствовало сумме активных температур, равной 136 °С. Форсирование потепления в ноябре вызвало набухание почек *Amorpha fruticosa* L. в среднем на 13-й день, или при сумме активных температур 259 °С.

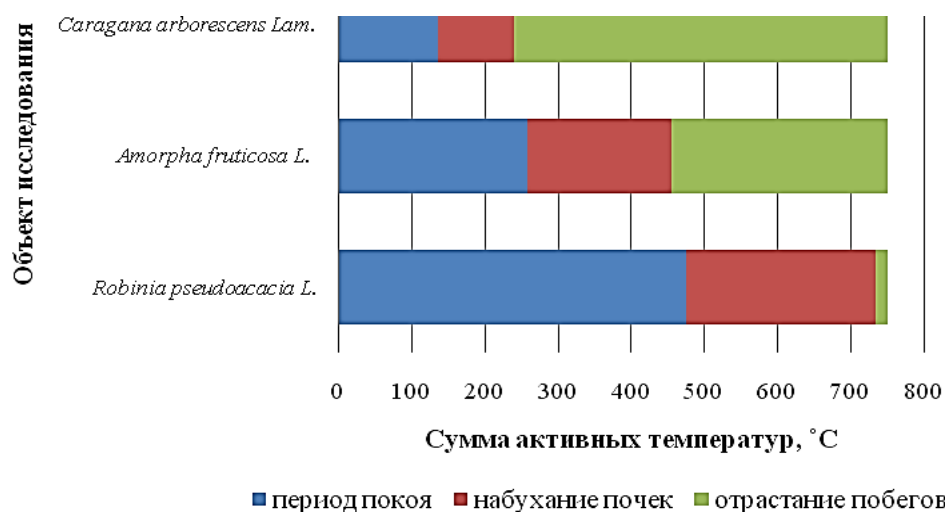


Рис. 1. Феноспектры выхода побегов древесных представителей семейства *Fabaceae* Lindl. из состояния покоя (прерывание покоя в ноябре)

Fig. 1. Phenological spectra of shoot yield of *Fabaceae* Lindl. family woody species out of dormancy (dormancy interruption in November)

Для перехода в следующую фенологическую фазу – отрастание побегов, *Robinia pseudoacacia* L. потребовалась сумма активных температур в 735 °С, или 37 дн. с момента начала опыта; *Caragana arborescens* Lam. – 240 °С, или 12 дн.; *Amorpha fruticosa* L. – 455 °С, или 23 дн.

При прерывании периода покоя в декабре (рис. 2) зимующим почкам *Robinia pseudoacacia* L. для перехода к активному метаболизму потребовалась

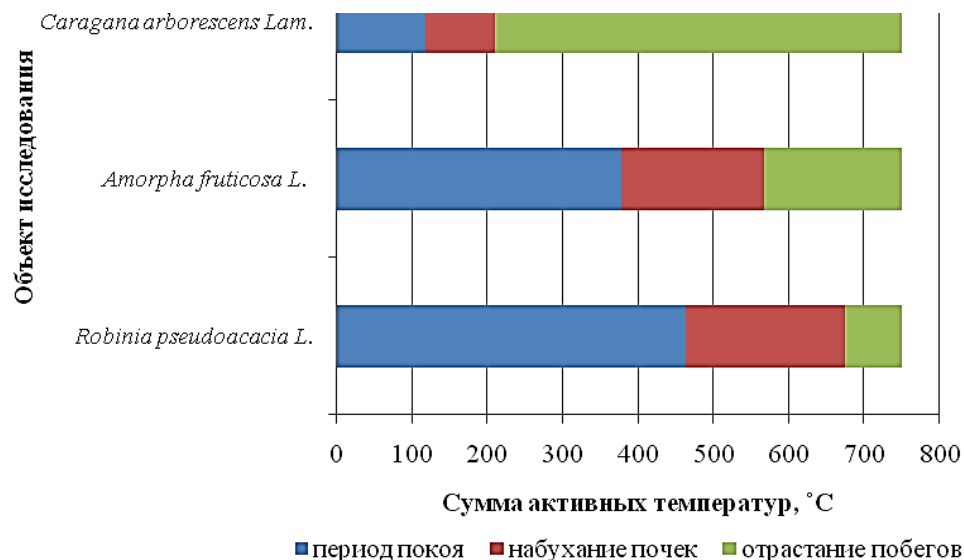


Рис. 2. Феноспектры выхода побегов древесных представителей семейства *Fabaceae* Lindl. из состояния покоя (прерывание покоя в декабре)

Fig. 2. Phenological spectra of shoot yield of *Fabaceae* Lindl. family woody species out of dormancy (dormancy interruption in December)

сумма активных температур в 464 °С, или 24 дн. при средней температуре воздуха 24 °С; *Caragana arborescens* Lam. – соответственно 119 °С, что на 17 °С меньше, чем при прерывании зимнего покоя в ноябре; *Amorpha fruticosa* L. – соответственно 378 °С, что на 119 °С больше чем в начале зимы, или 14 дн.

При прерывании периода покоя в декабре отрастание побегов у *Robinia pseudoacacia* L. отмечалось на 36-й день от даты начала наблюдений (сумма активных температур 675 °С); у *Caragana arborescens* Lam. – на 9-й день (211 °С); у *Amorpha fruticosa* L. – на 26-й день (568 °С).

Прерывание периода покоя в январе и феврале имело тенденции к сокращению количества дней (суммы активных температур) для достижения фиксируемых фенологических фаз у всех изучаемых объектов.

Так, при прерывании покоя в январе (рис. 3) *Robinia pseudoacacia* L. для набухания почек потребовалась сумма активных температур 396 °С, или 21 дн. при средней температуре окружающей среды 24 °С, а для отрастания побегов – 608 °С, или 34 дн. Вегетативные почки *Caragana arborescens* Lam. начали набухать при сумме активных температур 87 °С, или на 6-й день; *Amorpha fruticosa* L. – соответственно – 353 °С, или на 13-й день.

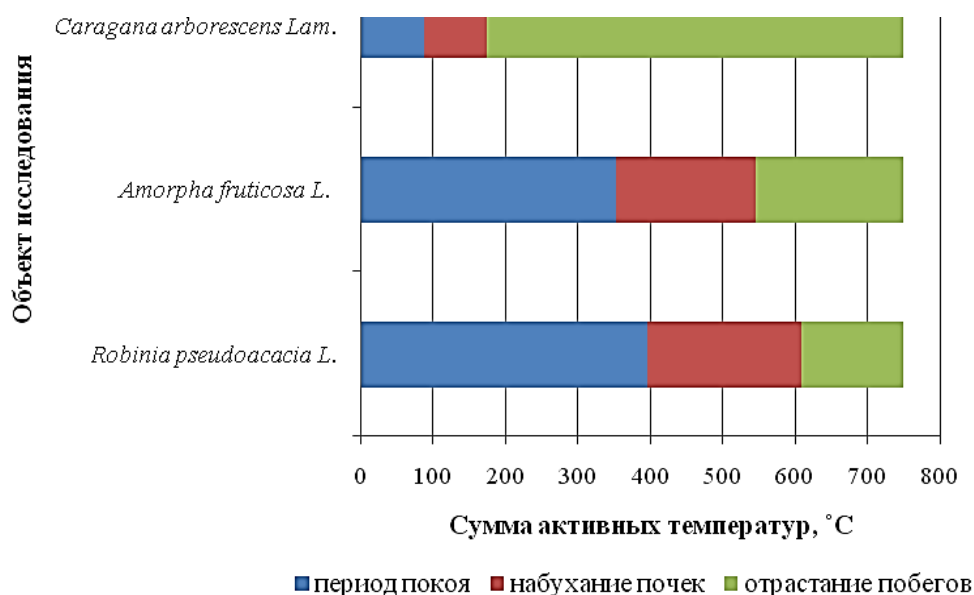


Рис. 3. Феноспектры выхода побегов древесных представителей семейства *Fabaceae* Lindl. из состояния покоя (прерывание покоя в январе)

Fig. 3. Phenological spectra of shoot yield of *Fabaceae* Lindl. family woody species out of dormancy (dormancy interruption in January)

При исследовании степени глубины покоя у изучаемых видов было выявлено, что скорость пробуждения их зимующих почек прямо пропорциональна глубине органического покоя. В начале зимы, когда глубина покоя максимальна, почкам нужна большая сумма активных температур для прохождения соответствующих фенофаз, а в конце зимы, когда глубина покоя снижена, им требуется меньшая сумма активных температур (рис. 4).

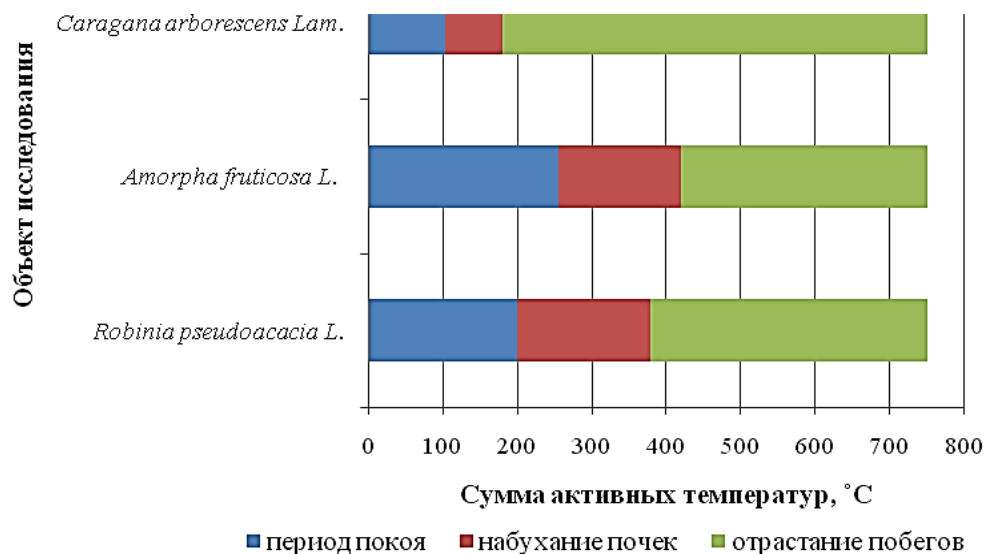


Рис. 4. Феноспектры выхода побегов древесных представителей семейства *Fabaceae* Lindl. из состояния покоя (прерывание покоя в феврале)

Fig. 4. Phenological spectra of shoot yield of *Fabaceae* Lindl. family woody species out of dormancy (dormancy interruption in February)

Однако отмечено, что на выход растений из состояния зимнего покоя, кроме температурных показателей, влияет и фотопериод. Фотопериодическая реакция растений на выход из состояния зимнего покоя обусловлена увеличением продолжительности светового дня, а вступление растений в состояние покоя зависит от его сокращения. Так, наибольшую глубину зимнего покоя изучаемые виды демонстрируют в декабре–январе, когда продолжительность светлого времени суток минимальна (средняя долгота дня 7 ч 07 мин), наименьшую – в феврале (9 ч 38 мин).

Заключение

Установлено, что в условиях интродукции Нижегородской области для изученных нами видов характерно нахождение в состоянии органического покоя в течение всей зимы. Это является положительной адаптацией, поскольку при появлении кратковременных оттепелей в зимний период почки данных растений не трогаются в рост и не испытывают неблагоприятного воздействия при последующем снижении температуры. Наименьшую способность инициировать ростовые процессы при благоприятных условиях изученные древесные виды проявляют в конце осени–начале зимы; показатель глубины покоя в этот период в 1,5–2,5 раза выше, чем в конце зимы. Повреждения у древесных видов в условиях Нижегородской области вызываются ранними осенними или весенними заморозками, когда растения еще не вошли в состояние зимнего покоя или уже вышли из него. Данное обстоятельство можно скорректировать, используя агротехнические приемы повышения морозостойкости, например внесением удобрений в предзимний период.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Новосибирск: Наука, 1974. 156 с.
2. Иваненко Б.И. Фенология древесных и кустарниковых пород. М.: Изд-во с.-х. лит., 1962. 184 с.
3. Кищенко И.Т. Сезонный рост и развитие *Juniperus communis* L. в таежной зоне // Лесн. журн. 2017. № 3. С. 31–39. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.3.31
4. Лебедева В.П., Сорокина Г.А., Гаевский Н.А. Применение флуоресцентных методов в фитоиндикации // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: сб. науч. ст. по материалам XV междунар. науч.-практ. конф. (Барнаул, 23–26 мая 2016 г.). Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2016. С. 480–485.
5. Либберт Э. Физиология растений. М.: Мир, 1976. 582 с.
6. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР // Методики интродукционных исследований в Казахстане. Алма-Ата: Наука, 1987. С. 4–10.
7. Прохоров И.А., Потапов С.П. Практикум по селекции и семеноводству овощных и плодовых культур. М.: Колос, 1975. 304 с.
8. Радченко С.И. Температурные градиенты среды и растения. М.; Л.: Наука, 1966. 390 с.
9. Arias O., Crabbe J. Les gradients morphogenetiques du rameau dun an des vegetaux ligneux en repos apparent. Donnees complementaires fournies par letude de *Prunus avium* L. // *Physiol.* 1975. Vol. 13. Pp. 69–81.
10. Arora R., Rowland L.J., Tanino K. Induction and Release of Bud Dormancy in Woody Perennials: A Science Comes of Age // *HortScience*. 2003. Vol. 38(5). Pp. 911–921.
11. Dennis F.G.Jr. Problems in Standardizing Methods for Evaluating the Chilling Requirements for the Breaking of Dormancy in Buds of Woody Plants // *HortScience*. 2003. Vol. 38(3). Pp. 347–350.
12. Longstroth M. Winter Dormancy and Chilling in Woody Plants / Michigan State University Extension. 2013. Режим доступа: Available at: https://www.canr.msu.edu/news/winter_dormancy_and_chilling_in_woody_plants (дата обращения: 16.01.2013).
13. Luedeling E., Girvetz E.H., Semenov M.A., Brown P.H. Climate Change Affects Winter Chill for Temperate Fruit and Nut Trees // *PLoS ONE*. 2011. Vol. 6(5), article no. e20155. Pp. 1–13. DOI: 10.1371/journal.pone.0020155
14. Marafon A.C., Citadin I., do Amarante L., Herter F.G., Hawerroth F.J. Chilling Privation during Dormancy Period and Carbohydrate Mobilization in Japanese Pear Trees // *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*. 2011. Vol. 68, no. 4. Pp. 462–468.
15. Pagter M., Andersen U.B., Andersen L. Winter Warming Delays Dormancy Release, Advances Budburst, Alters Carbohydrate Metabolism and Reduces Yield in a Temperate Shrub // *AoB Plants*. 2015. Vol. 7, article no. plv024. Pp. 1–15. DOI: 10.1093/aobpla/plv024
16. Pletsers A., Caffarra A., Kelleher C.T., Donnelly A. Chilling Temperature and Photoperiod Influence the Timing of Bud Burst in Juvenile *Betula pubescens* Ehrh. and *Populus tremula* L. Trees // *Annals of Forest Science*. 2015. Vol. 72, iss. 7. Pp. 941–953. DOI: 10.1007/s13595-015-0491-8
17. Saure M.C. Dormancy Release in Deciduous Fruit Trees // *Horticultural Reviews*: Vol. 7 / ed. by J. Janick. Westport, CT: Avi Publishing Company, Inc., 1985. Pp. 239–300. (In Eng.)
18. Way D.A. Tree Phenology Responses to Warming: Spring Forward, Fall Back? // *Tree Physiology*. 2011. Vol. 31, iss. 5. Pp. 469–471. DOI: 10.1093/treephys/tpr044

Поступила 14.05.18

UDC 630*181

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.87

Winter Dormancy Depths in Some Woody Species of the *Fabaceae* Lindl. Family Introduced in Nizhny Novgorod Region*E.I. Zakharova, Candidate of Biological Sciences*

Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, pr. Gagarina, 97, Nizhny Novgorod, 603107, Russian Federation; e-mail: robinia@bk.ru

Cold acclimatization is a complex process that involves extensive modification of plant metabolism. Woody plants of temperate latitudes undergo a kind of preparation for winter conditions in autumn; as a result they become more tolerant to negative temperatures. Plants reach the maximum frost hardiness in the middle of winter, while they lose the acclimatization hardiness by deacclimatization with the increase of temperature in spring. One of the indicators of plant adaptation to the new growth conditions is their ability to dynamically move into a state of dormancy and leave it under the certain changes of external conditions. The research purpose was to study winter dormancy depth in some woody species of the *Fabaceae* Lindl. family (*Robinia pseudoacacia* L., *Amorpha fruticosa* L., *Caragana arborescens* Lam.) in Nizhny Novgorod region. We used detection method of thermally-induced environmental changes to achieve this purpose. The experiment material was represented by annual shoots of the studied species harvested in the central part of Nizhny Novgorod region. The studies were being carried out from November to February for 5 years. After cutting, the shoots were transferred to laboratory conditions ($t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$), where they were placed in the containers with water. The phenological state of shoots and temperature mode were daily recorded. The studies have shown that the interruption timeframe of dormancy significantly influence the transition of the studied introduced species to active metabolism. It was found that, when the steady negative air temperatures are established in winter, the studied objects form high frost hardiness. This is confirmed by the fact that with the artificial interruption of dormancy and warming acceleration from November to February the objects require a significant amount of active temperatures for transition to metabolism. *Caragana arborescens* Lam. leaves winter dormancy under growing degree-day of 87...136 $^{\circ}\text{C}$ (depending on the calendar periods of dormancy interruption) that is equivalent to 5...7 days of being in warm conditions at an average ambient temperature from 24 to 25 $^{\circ}\text{C}$. *Amorpha fruticosa* L. turns to active metabolism in growing degree-day of 255...378 $^{\circ}\text{C}$; the same happens with *Robinia pseudoacacia* L. under 198...476 $^{\circ}\text{C}$. The data obtained during the research update the fundamental principles of factorial ecology through the demonstration of woody species adaptations of the *Fabaceae* Lindl. family. They can be used for perspective preliminary assessment of their wide cultivation in Nizhny Novgorod region.

Keywords: phenology, hardiness, dormancy, tolerance, *Caragana arborescens* Lam., *Amorpha fruticosa* L., *Robinia pseudoacacia* L.

REFERENCES

1. Beydeman I.N. *Metodika izucheniya fenologii rasteniy i rastitel'nykh soobshchestv* [Methodology for the Study of Phenology of Plants and Plant Communities]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1974. 156 p. (In Russ.)
2. Ivanenko B.I. *Fenologiya drevesnykh i kustarnikovykh porod* [Phenology of Tree and Shrub Species]. Moscow, Izdatel'stvo sel'skokhozyaystvennoy literatury, 1962. 184 p. (In Russ.)

For citation: Zakharova E.I. Winter Dormancy Depths in Some Woody Species of the *Fabaceae* Lindl. Family Introduced in Nizhny Novgorod Region. *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal], 2019, no. 1, pp. 87–95. DOI: 10.17238/ issn0536-1036.2019.1.87

3. Kishchenko I.T. Sezonnnyy rost i razvitiye *Juniperus sommunis* L. v tayezhnoy zone [Seasonal Growth and Development of *Juniperus communis* L. in the Taiga Zone]. *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal], 2017, no. 3, pp. 31–39. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.3.31
4. Lebedeva V.P., Sorokina G.A., Gayevskiy N.A. Primeneniye fluorestsentnykh metodov v fitoindikatsii [The Use of Fluorescent Methods in Phytoindication]. *Problemy botaniki Yuzhnoy Sibiri i Mongolii: sb. nauch. st. po materialam XV mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Barnaul, 23–26 maya 2016 g.)* [Problems of Botany in Southern Siberia and Mongolia: A Collection of Scientific Papers Based on the Materials of the 15th Int. Sci. and Pract. Conf.]. Barnaul, ASU Publ., 2016, pp. 480–485.
5. Libbert E. *Fiziologiya rasteniy* [Plant Physiology]. Moscow, Mir Publ., 1976. 582 p. (In Russ.)
6. Metodika fenologicheskikh nablyudeniy v botanicheskikh sadakh SSSR [Technique of Phenological Observing in Botanical Gardens of the USSR]. *Metodiki introduktsionnykh issledovaniy v Kazakhstane* [Techniques of Introduction Research in Kazakhstan]. Alma-Ata, Nauka Publ., 1987, pp. 4–10. (In Russ.)
7. Prokhorov I.A., Potapov S.P. *Praktikum po seleksii i semenovodstvu ovoshchnykh i plodovykh kul'tur* [Workshop on Selection and Seed Production of Vegetable and Fruit Crops]. Moscow, Kolos Publ., 1975. 304 p. (In Russ.)
8. Radchenko S.I. *Temperaturnyye gradiyenty sredy i rastiya* [Temperature Gradients of the Environment and Plant]. Moscow, Nauka Publ., 1966. 390 p. (In Russ.)
9. Arias O., Crabbe J. Les gradients morphogenetiques du rameau dun an des vegetaux ligneux en repos apparent. Donnees complementaires fournies par letude de *Prunus avium* L. *Physiol.*, 1975, vol. 13, pp. 69–81.
10. Arora R., Rowland L.J., Tanino K. Induction and Release of Bud Dormancy in Woody Perennials: A Science Comes of Age. *HortScience*, 2003, vol. 38(5), pp. 911–921.
11. Dennis F.G.Jr. Problems in Standardizing Methods for Evaluating the Chilling Requirements for the Breaking of Dormancy in Buds of Woody Plants. *HortScience*, 2003, vol. 38(3), pp. 347–350.
12. Longstroth M. *Winter Dormancy and Chilling in Woody Plants*. Michigan State University Extension. 2013. Available at: https://www.canr.msu.edu/news/winter_dormancy_and_chilling_in_woody_plants (accessed 16.01.2013).
13. Luedeling E., Girvetz E.H., Semenov M.A., Brown P.H. Climate Change Affects Winter Chill for Temperate Fruit and Nut Trees. *PLoS ONE*, 2011, vol. 6(5), article no. e20155, pp. 1–13. DOI: 10.1371/journal.pone.0020155
14. Marafon A.C., Citadin I., do Amarante L., Herter F.G., Hawerth F.J. Chilling Privation during Dormancy Period and Carbohydrate Mobilization in Japanese Pear Trees. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 2011, vol. 68, no. 4, pp. 462–468.
15. Pagter M., Andersen U.B., Andersen L. Winter Warming Delays Dormancy Release, Advances Budburst, Alters Carbohydrate Metabolism and Reduces Yield in a Temperate Shrub. *AoB Plants*, 2015, vol. 7, article no. plv024, pp. 1–15. DOI: 10.1093/aobpla/plv024
16. Pletsers A., Caffarra A., Kelleher C.T., Donnelly A. Chilling Temperature and Photoperiod Influence the Timing of Bud Burst in Juvenile *Betula pubescens* Ehrh. and *Populus tremula* L. Trees. *Annals of Forest Science*, 2015, vol. 72, iss. 7, pp. 941–953. DOI: 10.1007/s13595-015-0491-8
17. Saure M.C. Dormancy Release in Deciduous Fruit Trees. *Horticultural Reviews: Volume 7*. Ed. by J. Janick, Westport, CT, Avi Publishing Company, Inc., 1985, pp. 239–300.
18. Way D.A. Tree Phenology Responses to Warming: Spring Forward, Fall Back? *Tree Physiology*, 2011, vol. 31, iss. 5, pp. 469–471. DOI: 10.1093/treephys/tpr044

Received on May 14, 2018