

УСТОЙЧИВОСТЬ ОРЕХОВ РОДА *JUGLANS* К ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ЗИМНИМ ТЕМПЕРАТУРАМ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

кандидат сельскохозяйственных наук **Славский В.А.**¹

доктор сельскохозяйственных наук, профессор **Чернышов М.П.**¹

1- Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

Учитывая высокую ценность орехов рода *Juglans*, увеличение их производства должно идти не только за счет выявления и разведения лучших сортов и форм, но и путем смещения сложившейся границы культивирования на север, в «новые» регионы, где орехоплодные культуры не имеют пока широкого распространения. Однако введение теплолюбивых пород в более северные регионы сопряжено с рядом трудностей – в большинстве случаев им требуется больше тепла, чем они получают. В связи с этим основной целью работы является изучение и анализ адаптивных признаков растений в зимний период. Изучены садовые, парковые и полезащитные насаждения, плантации, ландшафтные группы и отдельно стоящие деревья. При определении устойчивости растений к неблагоприятным климатическим факторам использованы общепринятые методики. Растения ореха грецкого проявляет самую слабую устойчивость к низким отрицательным температурам по сравнению с другими изучаемыми видами орехов (морозостойкость и морозоустойчивость менее 2 баллов). Тем не менее, при полном соответствии условиям произрастания, орех грецкий вполне может использоваться в качестве плодовой культуры. Орех маньчжурский может переносить очень низкие отрицательные температуры без существенных повреждений – даже после зим с экстремально низким температурным режимом большинство деревьев вовремя начинали вегетацию. Орех черный способен переносить кратковременные понижения температуры до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и более без значительных повреждений побегов. Более того, местные формы после экстремальных по температурному режиму зим начинают вегетацию вовремя, что еще раз свидетельствует о приспособленности к существующим климатическим условиям. При селекционном улучшении орех черный способен занять полноценное место в ассортименте пород для лесовосстановления и лесоразведения. Орех серый является очень морозоустойчивой и морозостойкой породой (соответственно 1.56 и 1.51 балла). Были выделены формы, которые в данной климатической зоне проявляют «абсолютную» морозоустойчивость. Учитывая высокую морозостойкость, данный вид пригоден для разведения даже в южной зоне тайги и лесостепи Западной Сибири. У ореха сердцевидного обмерзание побегов наблюдается не только в суровые, но и в средние по температурному режиму зимы. Это связано с наименьшим по продолжительности периодом покоя растения. Но поскольку зимы с экстремально низкими температурами в исследуемой климатической зоне бывают не часто, данное обстоятельство не выглядит критичным и орех сердцевидный вполне может быть рекомендован к разведению в качестве плодовой культуры.

Ключевые слова: орехи рода *Juglans*, интродукция, селекция, морозостойкость, морозоустойчивость, холодостойкость.

SUSTAINABILITY OF NUTS OF THE GENUS JUGLANS TO NEGATIVE WINTER TEMPERATURES IN THE VORONEZH REGION

PhD in Agriculture V.A. Slavskiy¹

DSc (Agriculture), Professor M.P. Chernyshov¹

1- Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh state forestry engineering University named after G. F. Morozov», Voronezh, Russian Federation

Abstract

Given the high value of nuts of the genus *Juglans*, the increase of production must come not only by identifying and breeding the best varieties and forms, but also by shifting the limits of cultivation to the North, in "new" regions, where nut culture was not widespread. However, the introduction of thermophilic rocks in the more Northern regions is accompanied by a number of differences – in most cases, they need more heat than they get. In this regard, the main purpose of the work is to study and analyze the adaptive characteristics of plants in winter. Studied garden and field plantings, plantations, landscape group and separately standing trees. In determining the resistance of plants to adverse climatic factors used conventional techniques. The primary limiting factor for walnut is hardiness, hindering its mass deployment in culture to the North of the existing zone distribution. *Juglans regia* exhibits the weakest resistance to low negative temperatures compared to other kind of nuts studies (frost resistance and frost stability less 2 points). However, with full accordance with the growth conditions, *Juglans regia* can be used as a fruit crop. *Juglans manchurica* can tolerate a very low negative temperatures without significant damage, even a winter with extremely low temperatures. Walnut can tolerate short-term temperatures up to -30°C or more without significant damage. Moreover, local forms after extreme temperature conditions of winter begin to grow and bear fruit, which once again indications adaptability to these existing climatic conditions. In the selection of improved black walnut is able to take its rightful place in a number of species for reformation and afforestation. *Juglans cinerea* is a very frost-resistant and frost-stability breed (respectively 1.56 и 1.51 points). Was selected form, which in this climate zone show "absolute" froststability. Given the high frost resistance, this species is suitable for growing in the southern zone of the taiga and forest-steppe of Western Siberia. *Juglans cordiformis* freezing of annual growth observed not only in severe, but also in the average temperature regime in winter. This is due to the shortest the period of rest of plant. But since winters with extremely low temperatures in the studied climatic zone are not often, this fact does not look critical and *Juglans cordiformis* may well be recommended for selection as a fruit crop.

Keywords: trees *Juglans* species, introduction, selection, frost resistance, frost stability, cold resistance.

Орехи рода *Juglans* уникальные растения. По совокупности полезных свойств, акад. Ф.Л. Щепотьев [14] называл их одними из самых ценных растений планеты. Подтверждением этого является постоянное увеличение площадей, занимаемых орехами во всех странах мира.

Однако введение теплолюбивых пород в более северные регионы сопряжено с рядом трудностей – в большинстве случаев им требуется больше тепла, чем они там получают. Требовательность в тепле орехов рода *Juglans* различна, но все они в определенной степени страдают от низких температур в зимнее время. Преодоление этих трудно-

стей вполне возможно при грамотном подходе к интродукции орехов путем их «осеверения».

В связи с этим изучение и анализ адаптивных признаков растений в зимний период является актуальным вопросом. Анализ устойчивости культуры орехов необходимо проводить в рамках районирования, а местные формы и сорта следует рассматривать обособленно.

Следует отметить, что в последние годы наблюдается стабильное увеличение среднегодовой температуры воздуха в регионе [6]. Изменения параметров климата характеризуются значительным ростом температуры (прежде всего холодных сезонов) [1, 6, 9]. Важнейшим проявлением потепления

климата является существенное уменьшение повторяемости зим с опасной для орехов минимальной температурой почвы и воздуха (в Воронежской области частота таких зим составляет 7-8 %).

Объектами исследований являлись садовые, парковые и полезащитные насаждения, плантации, ландшафтные группы и отдельно стоящие деревья местных форм ореха грецкого, маньчжурского, серого, черного и сердцевидного, произрастающие в Воронежской области. Наблюдения за устойчивостью растений к зимним холодам проводились на протяжении 9 лет – с 2009 по 2017 гг.

Методика исследований. Тумановым И. И. [10] предложены лабораторные методы ускоренного определения морозоустойчивости различных культурных растений. Испытуемые растения после закаливания подвергают воздействию критических низких температур в холодильных камерах, что дает возможность выявить устойчивые к морозам растения. Такая экспресс-оценка морозоустойчивости имеет большое преимущество перед обычным полевым способом оценки, так как последний требует много времени (иногда нескольких лет).

Степень повреждения древесины в камере устанавливали на длинных косых срезах в середине ветвей по 6-ти балльной шкале [7, 8]:

0 – изменений окраски нет, ткань светло-зеленая;

1 – легкое пожелтение ткани;

2 – древесина светло-коричневая, имеются отдельные участки погибших клеток (от 20 до 40%);

3 – древесина светло-коричневая, погибло не менее половины ткани (от 40 до 60%);

4 – древесина вся коричневая;

5 – древесина погибла.

Важную роль в оценке видов орехов на морозостойкость играет выбор частей растения для промораживания. Чтобы оценить морозоустойчивость вегетативных частей дерева больше подходят однолетние побеги [4, 7, 13], поскольку они более чувствительны к воздействиям низких отрицательных температур. Следует учитывать, практически у всех растений степень повреждения зависит также от скорости промораживания [4, 10, 11].

Однолетние побеги длиной 25-40 см срезали с периферийных частей кроны плодоносящих деревьев на высоте около 1,5 метров [8, 11]. Опытные образцы брались с плодоносящих деревьев, возрастом не менее 20 лет. Эксперименты по искусственному промораживанию выполняли по методике М.М. Тюриной и Г.А. Гоголевой [12] в климатермокамере «Фейтрон – 2101».

В.П. Малеев [5] выделяет морозостойкость при продвижении теплолюбивых пород на север как один из ведущих факторов и предлагает оценивать это качество по пятибалльной шкале:

1. Совершенно морозостойкие, не страдающие ни от осенних и весенних заморозков, ни от зимних морозов.

2. Морозостойкие при благоприятных условиях; иногда обмерзают побеги.

3. Менее выносливые, но еще допускающие их введение в культуру, так как деревья сохраняют ствол.

4. Зябкие, кустарники не цветут, деревья не образуют ствола.

5. Неморозостойкие, поэтому не пригодные для культуры.

В программах STADIA-6.2 и STATISTICA-6.0 определены статистические показатели, проведены корреляционный и регрессионный анализы для определения тесноты связи и взаимовлияния действующих факторов [3]. Климатические показатели приведены по данным наблюдений метеостанции № 34123 «Воронеж» [2].

Результаты исследований и выводы

Устойчивость растений к низким температурам подразделяется на холодостойкость, морозостойкость и морозоустойчивость [11, 13, 15, 20]. При этом под холодостойкостью понимается способность растений переносить положительные температуры от 0 °С до +4 °С. Холодостойкость свойственна всем растениям умеренной полосы.

Для характеристики холодостойкости используют понятие температурный минимум, при котором рост растений прекращается [11, 17, 18 и др.]. Для большой группы растений его величина составляет +4 °С [13, 19].

Морозостойкость – это способность растений противостоять сильным морозам (прежде всего более -35°C). Увеличению морозостойкости содействует накопление к началу зимы большого количества запасных питательных веществ [8, 16, 18].

Под морозоустойчивостью понимают способность растения продолжительный период без повреждения выдерживать отрицательные температуры. Это свойство также не является постоянным и зависит от возраста деревьев, их физиологического состояния, условий произрастания и т.д. [16-19].

В табл. 1 приведены средние показатели морозостойкости и морозоустойчивости для изучаемых видов орехов рода *Juglans* в Воронежской области.

Из таблицы 1 следует, что средние показатели морозоустойчивости ореха грецкого в Воронежской области составляют 2,12 балла и, исходя из этого, нельзя говорить об этом виде в целом, как об очень устойчивой породе. Однако высокий коэффициент варьирования по признаку морозостойкости ($C=45\%$) обуславливает большие селекционные возможности.

Нами выделены морозоустойчивые растения, которые ежегодно плодоносят и могут переносить низкие зимние температуры безболезненно.

Именно они могут и должны составлять основу селекционно-семенного фонда при культивировании. Следует отметить, что местные формы орехов всех рассматриваемых видов сильно варьирует по адаптивным признакам ($C=35-50\%$).

Наиболее приспособленным к зимним условиям Воронежской области является орех серый (морозоустойчивость и морозостойкость варьируют в пределах 1,5-1,6 балла). Длительные понижения температуры воздуха в пределах -20°C не оказывают никакого вреда взрослым растениям. В этом отношении с ним может сравниться только орех маньчжурский. Орех черный также является морозостойкой породой – средний балл 1,58.

На рис. 1 графически показаны средние значения морозостойкости и морозоустойчивости орехов рода *Juglans*.

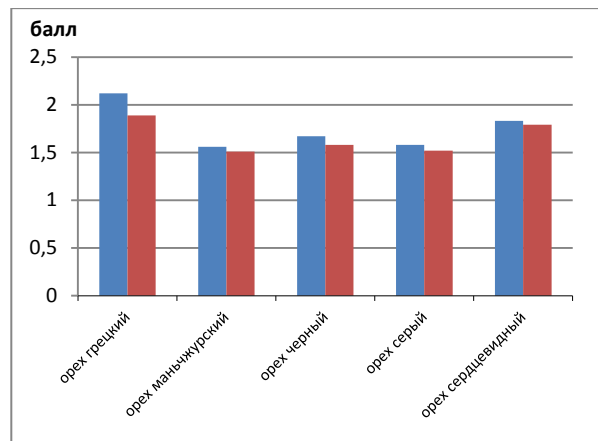


Рис. 1. Морозоустойчивость и морозостойкость орехов рода *Juglans* в Воронежской области

Из диаграммы видно, что орех маньчжурский (наравне с орехом серым) можно отнести к числу древесных пород имеющих исключительную морозоустойчивость и особенно морозостойкость – средний балл устойчивости к низким отрицательным температурам не превышал 1,6 и 1,5, соответственно. В Воронежской области не было зафиксировано ни одного случая гибели плодоносящих растений от морозов, даже в самые суровые зимы. В значительной мере это обусловлено тем, что деревья ореха маньчжурского раньше всех видов рода *Juglans* заканчивают вегетацию и имеют длительный период покоя.

Орех сердцевидный занимает промежуточное положение по устойчивости к адаптивным факторам относительно ореха грецкого и группы наиболее устойчивых видов орехов – средние значения морозоустойчивости и морозостойкости соответственно равны 1,83 и 1,79 балла.

Для установления силы действия изучаемых признаков выполнена оценка существенности различий между результатами. Достоверность различий между средними значениями рассчитана при уровне вероятности 0,95 и приведена в табл. 2.

Данные таблицы 2 свидетельствуют о существенности и достоверности различий средних показателей морозоустойчивости и морозостойкости ореха грецкого и остальных исследуемых видов при уровне значимости 0,95. Орех сердцевидный так же имеет существенные различия с наиболее устойчивыми видами. Необходимо отметить, что все виды рода *Juglans* лучше выдерживают кратко-

срочные экстремально низкие температурные колебания по сравнению с устойчивостью к морозам.

Различия между средними показателями морозоустойчивости и морозостойкости орехов маньчжурского, черного и серого не превышают стандартный критерий Стьюдента ($t_{0,05}$) и варьируют от 0,17 до 1,38. Их можно считать случайными.

Между степенью подмерзания растений и морозостойкостью существует тесная связь, но теснота связи в разные по температурному режиму годы различная, и существенно отличается в зависимости от минимальных показателей температуры воздуха. Значения абсолютных температурных максимумов и минимумов, а также средних много-

летних величин показателей температуры воздуха за 1960-2017 гг. приведены в табл. 3.

Для установления корреляционной зависимости в расчет были приняты зимы, когда минимальная температура воздуха опускалась до -20°C (2015 и 2017 гг.), зимы с минимальной температурой примерно равной -25°C ($-26,3^{\circ}\text{C}$) (2011 и 2016 гг.) и годы с минимальной температурой ниже -30°C ($-32,5^{\circ}\text{C}$) (2010 и 2014 гг.). Экстремальных зим, с температурой ниже -35°C , и аномально мягких зимних периодов, когда температура воздуха ни разу не опустилась ниже -15°C в Воронежской области за последнее время не отмечено [1, 2, 6].

Таблица 1

Среднестатистические показатели морозоустойчивости и морозостойкости орехов рода *Juglans*

| Виды орехов | Морозоустойчивость, балл | | | | Морозостойкость, балл | | | |
|--------------|--------------------------|------|-----|------|-----------------------|------|-----|------|
| | M±m | C, % | P | t | M±m | C, % | P | t |
| Грецкий | 2,12±0,058 | 37,2 | 2,6 | 37,8 | 1,90±0,062 | 45,0 | 3,3 | 30,5 |
| Маньчжурский | 1,56±0,045 | 41,0 | 2,9 | 34,7 | 1,51±0,044 | 41,7 | 2,9 | 34,3 |
| Черный | 1,67±0,057 | 49,7 | 3,4 | 29,3 | 1,58±0,046 | 43,0 | 2,9 | 34,4 |
| Серый | 1,58±0,049 | 40,5 | 3,1 | 32,2 | 1,52±0,043 | 41,7 | 2,8 | 35,3 |
| Сердцевидный | 1,83±0,061 | 45,2 | 3,0 | 32,9 | 1,79±0,060 | 34,9 | 3,3 | 31,1 |

Таблица 2

Оценка достоверности различий между средними значениями морозоустойчивости и морозостойкости видов орехов рода *Juglans* в Воронежской области

| Виды орехов | Разности между средними значениями | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|
| | морозоустойчивость | | | | | морозостойкость | | | | |
| | M ₁ | M ₂ | M ₃ | M ₄ | t _{0,05} | M ₁ | M ₂ | M ₃ | M ₄ | t _{0,05} |
| Грецкий (M ₁) | – | – | – | – | 1,96 | – | – | – | – | 1,96 |
| Маньчжурский (M ₂) | 6,22 | – | – | – | 1,96 | 6,00 | – | – | – | 1,96 |
| Черный (M ₃) | 5,49 | 1,38 | – | – | 1,96 | 3,97 | 0,97 | – | – | 1,96 |
| Серый (M ₄) | 5,79 | 0,41 | 1,20 | – | 1,96 | 4,93 | 0,17 | 0,92 | – | 1,96 |
| Сердцевидный (M ₅) | 3,10 | 4,21 | 2,76 | 4,13 | 1,96 | 1,28 | 3,74 | 2,63 | 3,55 | 1,96 |

Таблица 3

Многолетние среднемесячные показатели температуры воздуха в г. Воронеж [2]

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | год |
|----------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Средний максимум, °C | -3,4 | -3 | 2,9 | 13,8 | 21,1 | 24,4 | 26,6 | 25,5 | 18,9 | 10,9 | 2,3 | -2,5 | 11,5 |
| Средние значения, °C | -6,1 | -6,5 | -1,0 | 8,3 | 14,8 | 18,5 | 20,5 | 19,2 | 13,3 | 6,9 | -0,4 | -5,0 | 6,9 |
| Средний минимум, °C | -11,8 | -10,1 | -5,2 | 3,6 | 9,3 | 13,2 | 15,2 | 13,7 | 8,7 | 3,6 | -2,6 | -7,6 | 2,9 |

На рис. 2-4 показана зависимость степени подмерзания ореха грецкого от низких зимних температур.

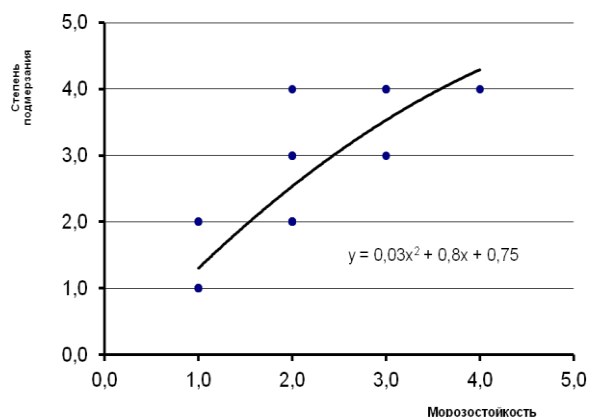


Рис. 2. Зависимость степени подмерзания и морозостойкости ореха грецкого при минимальной температуре воздуха: а) не ниже -20°C (в баллах)

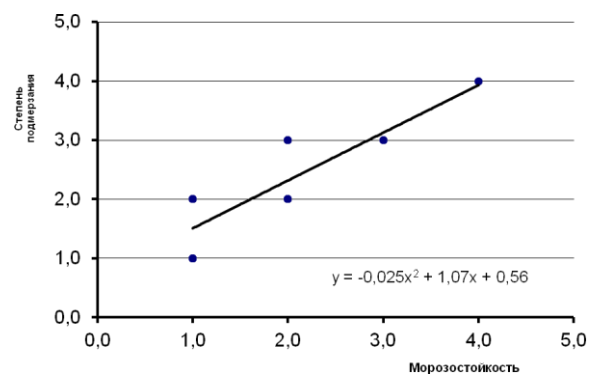


Рис. 3. Зависимость степени подмерзания и морозостойкости ореха грецкого, при минимальной температуре воздуха равной $-25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ (в баллах)

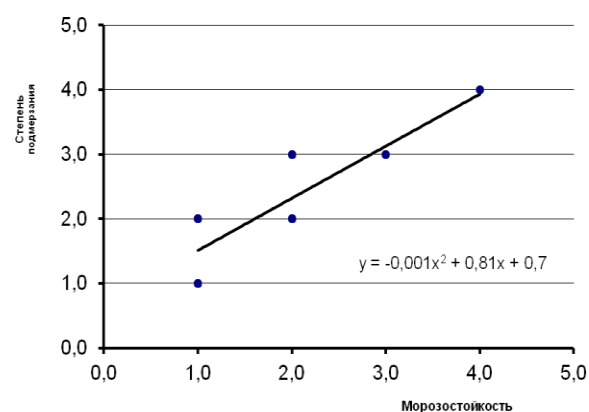


Рис. 4. Зависимость степени подмерзания и морозостойкости ореха грецкого, при минимальной температуре воздуха ниже -30°C (в баллах)

Остальные исследуемые виды рода *Juglans* проявляют схожую динамику изменений, но варьирование менее заметно.

Так же увеличивается теснота корреляционной связи при уменьшении температуры: $t > -20^{\circ}\text{C}$, $t = -25^{\circ}\text{C}$ и $t < -30^{\circ}\text{C}$: корреляционное отношение η равняется соответственно 0,75; 0,88 и 0,89.

Из рис. 2-4 следует, что зависимость между степенью подмерзания (зимостойкостью) и морозостойкостью ореха грецкого по мере снижения минимальных среднесуточных температур приобретает более четкий линейный характер: при $t > -20^{\circ}\text{C}$ получена зависимость, выраженная уравнением второго порядка ($y=0,03x^2+0,8x+0,75$), а при $t < -30^{\circ}\text{C}$ наблюдается зависимость, близкая к линейной ($y=-0,001x^2+0,81x+0,7$).

Орех грецкий проявил по сравнению с другими видами рода *Juglans* самую низкую устойчивость к низким отрицательным температурам. Тем не менее, при полном соответствии условиям произрастания, древесная порода вполне может использоваться в качестве плодовой культуры.

Орех маньчжурский может переносить очень низкие отрицательные температуры без существенных повреждений – даже после зим с экстремально низким температурным режимом большинство деревьев вовремя начинали вегетацию. Морозоустойчивость ореха маньчжурского сопоставима с кленом остролистным и ясенем, являющимися основными лесообразующими породами региона.

Долговременное зимнее понижение температуры может оказать определенный ущерб ореху черному, но многие взрослые деревья, вступившие в стадию плодоношения способны переносить температуру до -30°C без значительных повреждений. Более того, местные формы после экстремальных по температурному режиму зим начинают вегетацию вовремя, что свидетельствует о приспособленности к климату Воронежской области. При селекционном улучшении орех черный способен занять полноценное место в ассортименте пород для лесовосстановления и лесоразведения.

Орех серый является очень морозоустойчивой и морозостойкой породой, как в условиях естественного произрастания, так и в Воронежской области. Нами были выделены формы, которые в

данной климатической зоне проявили «абсолютную» морозоустойчивость, когда в очень суровые зимы незначительно обмерзают однолетние побеги. Благодаря раннему окончанию вегетации и длительному периоду покоя, орех серый выдерживает кратковременные понижения температуры до -40°C . без видимых повреждений побегов. Учитывая высокую морозостойкость, данный вид пригоден для разведения в лесостепной зоне европейской части РФ. Также его можно выращивать в южной зоне тайги и лесостепи Западной Сибири.

Необходимо отметить особенности морозостойкости и морозоустойчивости ореха сердцевид-

ного. Обмерзание побегов наблюдается не только в суровые, но и в средние по температурному режиму зимы. Однолетние побеги иногда могут обмерзать на половину своей длины. Это связано с небольшим по длительности периодом покоя растения среди всех изученных видов ореха. Но поскольку зимы с экстремально низкими температурами в Воронежской области бывают не часто, данное обстоятельство не выглядит критичным и орех сердцевидный вполне может быть рекомендован к разведению в качестве плодовой культуры.

Библиографический список

1. Гисметео [Электронный ресурс]: Электрон. данные. – Режим доступа: <https://www.gismeteo.ru>
2. Погода и Климат [Электронный ресурс]: Электрон. данные. – Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/34123.htm>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) [Текст] / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Кичина, В. В. Современные представления о зимостойкости плодовых культур (концепция и генетические аспекты) [Текст] / В. В. Кичина // Селекция на зимостойкость плодовых и ягодных культур. М., 1993. – С. 3-16.
5. Малеев, В.П. Теоретические основы акклиматизации [Текст] / В.П. Малеев. – М.: Всесоюз. Акад. с-х. наук, 1932. – 168 с.
6. Метеорологический архив [Электронный ресурс], 2017 / URL: <http://www.meteoblue.com/ru/погода/прогноз/archive/>, свободный. – Загл. с экрана.
7. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [Текст] / Под ред. Е.Н.Седова и Т.П. Огольцовой. – Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999.
8. Резвякова, С. В. Теоретические и практические основы повышения биоресурсного потенциала устойчивости садовых культур к температурным факторам: Дис. докт. с.-х. наук. / С. В. Резвякова // 03.02.14: Орел, 2015. – 385с.
9. Славский, В.А. Интродукция, селекция и культивирование орехов рода *Juglans* в Центральном Черноземье: монография [Текст] / В.А. Славский, Е.А. Николаев, В.Н. Калаев. – Воронеж, изд-во «Роза ветров», 2013. – 262 с.
10. Туманов, И. И. Физиология закаливания и морозостойкость растений [Текст] / И. И. Туманов – М.: Наука., 1979. – 352с.
11. Тюрина, М. М. Морозоустойчивость растений в состоянии вегетации и покоя / М. М. Тюрина: дис. ... докт. биол. наук. – Л., 1975. – 417 с.
12. Тюрина, М. М. Ускоренная оценка зимостойкости плодовых и ягодных растений [Текст] / М. М. Тюрина, Г. А. Гоголева / Методические рекомендации. – М., 1978.–38с.
13. Тюрина, М. М. Определение устойчивости плодовых и ягодных культур к стрессорам холодного времени года в полевых и контролируемых условиях [Текст] / М. М. Тюрина, Г. А. Гоголева, Н. В. Ефимова, Л. К. Голоулина, Н. Г. Морозова, Й. Й. Эчеди, Ф. А. Волков, А. П. Арсентьев, Н. А. Матяш. – М., 2002. – 120 с.

14. Щепотьев Ф.Л. Орехоплодные лесные и садовые культуры [Текст] / Щепотьев Ф.Л. [и др.]. – М.: Лесная промышленность, 1969. – 366 с.
15. Thapa B. Applying Freezing Test to Quantify Cold Acclimation in *Medicago truncatula* [Text] / B. Thapa, R. Arora, D. Allen, Ch. Brumme J. - AMER. SOC. HORT. SCI. 2008, 133(5): p. 684–691.
16. Charrier, G. Frost acclimation in different organs of walnut trees *Juglans regia* L.: how to link physiology and modelling [Text] / G. Charrier, M. Poirier, M. Bonhomme, A. Lacoïnte, T. Améglio // *Tree Physiol.*, 2013. – № 33. – pp. 1229- 1241.
17. Gusta, L. V. Understanding plant cold hardiness: an opinion [Text] / L. V. Gusta, M. Wisniewski // *Physiologia Plantarum.*, 2013. – vol. 147. – pp. 4-14.
18. Linden, L. Measuring cold hardiness in woody plants [Text] / L. Linden // PhD thesis, Univ Helsinki, Dept Applied Biology. – 2002. – 58 p.
19. Palonen, P. Current state of cold hardiness research on fruit crops [Text] / P. Palonen, D. Buszard // *Can. J. Plant Sci.* 1997. – №77. – pp.399-420.
20. Sakai, A. Frost survival of plants [Text] / A. Sakai, W. Larcher // SpringerVerlag, Series Ecological Studies, 1987. – 321 p.

References

1. Gismeteo [El. resurs]: Rezhim dostupa: <https://www.gismeteo.ru>.
2. *Pogoda i Klimat Voronezha* [Weather and Climate of Voronezh]. <http://www.pogoda.ru.net/climate>. (2017)
3. Dospheov B.V. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy) [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results)] / Moscow: Agropromizdat, 1985. – 351 p. (in Russian).
4. Kichina V.V. *Sovremennye predstavleniya o zimostoïkosti plodovih kultur (konceptia i geneticheskie aspekti)* [Modern ideas about winter hardiness of fruit crops (concept and genetic aspects)] *Selekcïa na zimostoïkost plodovih i yagonih kultur* [Selection for winter hardiness of fruit and berry crops]. Moscow, 1993. – pp. 3-16. (in Russian).
5. Maleev V.P. *Teoreticheskie osnovi akklimatizacii* [Theoretical foundations of acclimatization] / – Moscow, Vses. Akad. s.-h. n, 1932. – 168 p. (in Russian).
6. *Meteorologicheskiiy archive* [Meteorological archive], [Electronic resource]2017 / URL: <http://www.meteoblue.com/ru/pogoda/prognoz/archive/>
7. *Programma i metodika sortoizuchenya plodovih, yagodnih i orehoplodnih kultur* [Program and methodology of variety study of fruit, berry and nut crops] / Orel: izd-vo VNNIISPK, 1999. (in Russian).
8. Rezvyakova S.V. *Teoreticheskie i prakticheskie osnovy povisheniya bioresusnogo potenciala ustoychivosti sadovih kultur k temperaturnim faktoram* [Theoretical and practical bases of increase of bioresource potential of sustainability of horticultural crops to temperature factors] diss. dokt. s.-h. nauk. [Dis. doctor. of agricultural Sciences] / 03.02.14: Orel, 2015. – 385p. (in Russian).
9. Slavskiy V.A., Nikolaev E.A., Kalaev V.N. *Introdukcyia, selekcyia and kultivirovaniye orekhov roda Juglans v Centralnom Chernozemii* [Introduction, selection and cultivation of nuts of the genus *Juglans* in the Central Chernozem region] Voronezh, Wind Rose, 2013. 262 p. (in Russian).
10. Tumanov I.I., *Fiziologia i morozostoykocst rasteniy* [Physiology of hardening and frost resistance of plants] / Moscow: Nauka, 1979. – 352p. (in Russian).
11. Tiyrina M. M. *Morozoustoïchivost rasteniy v sostoyanii vegetacii i pokoya* [Frost resistance of plants in the state of vegetation and rest] / diss. dokt. biol. nauk. [dis. doctor. biol. sciences], 1975. – 417 p. (in Russian).
12. Tiyrina M. M., Gogoleva G.A. *Uskorennaya ocenka zimostoykosti plodovih i yagodnih rasteniy* [rapid estimation of winter hardiness of fruit and berry plants] / Metodicheskie rekomendacii [guidelines]. – Moscow, 1978.–38 p. (in Russian).

13. Tiyrina M. M., Gogoleva G.A., Efimova N. V., Goloulina L. K., Morozov N. G., Achadi Th. Th., Volkov A. F., Arsent'ev A. P., Matyas N. A. Opredelenie ustoichivosti plodovih i yagodnih kultur k stressoram holodnogo vremeni goda v polevih i kontroliruemih usloviyah [Determination of resistance of fruit and berry crops to stressors coldest time of the year in field and controlled conditions] / Moscow, 2002. – 120 p. (in Russian).
14. Schepotiev F.L. Orekhoplodnie lesnye i sadovie kultury [Nut forest and garden culture] / Moscow, 1969. – 366 p. (in Russian).
15. Thapa B., Arora R., Allen D., Brumme Ch. J. Applying Freezing Test to Quantify Cold Acclimation in *Medicago truncatula* / AMER. SOC. HORT. SCI. 2008, 133(5): p. 684–691.
16. Charrier, G. Poirier M., Bonhomme M., Lacoïnte A., Améglio T. Frost acclimation in different organs of walnut trees *Juglans regia* L.: how to link physiology and modelling // *Tree Physiol.*, 2013. – № 33. – pp. 1229- 1241.
17. Gusta, L. V. Wisniewski M. Understanding plant cold hardiness: an opinion / *Physiologia Plantarum.*, 2013. – vol. 147. – pp. 4-14.
18. Linden, L. Measuring cold hardiness in woody plants / PhD thesis, Univ Helsinki, Dept Applied Biology. – 2002. – 58 p.
19. Palonen, P., Buszard D. Current state of cold hardiness research on fruit crops / *Can. J. Plant Sci.* 1997. – №77. – pp.399-420.
20. Sakai, A., Larcher W. Frost survival of plants / SpringerVerlag, Series Ecological Studies, 1987. – 321 p.

Сведения об авторах

Славский Василий Александрович – доцент кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат сельскохозяйственных наук, Россия, г. Воронеж; e-mail: slavskiyva@yandex.ru

Чернышов Михаил Павлович, профессор кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: lestaks53@mail.ru.

Information about authors

Slavskiy Vasily Aleksandrovich – associate Professor of forestry, forest taxation and forest management of the «Voronezh state forestry engineering University named after G. F. Morozov», PhD in Agriculture, Voronezh, Russian Federation; e-mail: slavskiyva@yandex.ru

Chernyshov Mikhail Pavlovich, DSc (agriculture), Senior Researcher, forest taxation and forest management of the «Voronezh state forestry engineering University named after G. F. Morozov», Voronezh, Russian Federation; e-mail: lestaks53@mail.ru.