

В.А. Славский, М.П. Чернышов

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЗИМОСТОЙКОСТИ ОРЕХА ГРЕЦКОГО В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Введение. Селекция ореха грецкого (*Juglans regia*, L.) проводится по трем основным критериям: урожайность, качество плодов и толерантность (прежде всего, способность приспосабливаться к неблагоприятным климатическим факторам) [Сухоруких, 1997; Тюрина и др., 2002; Славский и др., 2013, 2017].

Учитывая высокую ценность ореха грецкого, увеличение его производства должно идти не только путем смещения предельной границы культивирования на север, но и за счет выявления лучших существующих сортов и форм в пределах «новых» регионов. Для интродуцированных видов на начальном этапе необходимо определить устойчивость к неблагоприятным условиям окружающей среды, поскольку от этого зависят не только рост и состояние растений, но и урожайность как основной показатель для ореха грецкого. В Воронежской области основным лимитирующим фактором, препятствующим массовому разведению ореха грецкого, является его недостаточная зимостойкость [Славский и др., 2013, 2017]. Поэтому отбор стойких к неблагоприятным условиям среды растений имеет большое значение и является основной целью работы.

О наличии зимостойких растений ореха грецкого сообщают многие ученые [Лапин и др., 1973; Linden, 2002; Славский и др., 2013; Charrier et al, 2013, и др.], но большинство из них в целом отмечают недостаточную его морозоустойчивость и зимостойкость в регионах, расположенных севернее естественного ареала, в частности в Воронежской области [Славский и др., 2013; Charrier et al, 2013].

Объектами исследования являлись садовые, парковые и полезационные насаждения, плантации, ландшафтные группы и отдельно стоящие деревья местных форм ореха грецкого, произрастающие в Воронежской области, возрастом 20–40 лет.

Методика исследования. При проведении исследования использованы общепринятые подходы и методики, базирующиеся на основных селекционных принципах [Лапин и др. 1973; Туманов, 1979; Доспехов, 1985; Ки-

чина, 1993; Palonen et all, 1997; Программа и методика ... 1999; Тюрина и др., 2002; Сухоруких и др., 2007; Gusta, 2013; и др.].

При определении зимостойкости использована глазомерная методика [Лапин, Сиднева, 1973]:

- I – повреждений нет (растение не обмерзает);
- II – обмерзает не более половины длины однолетних побегов;
- III – обмерзают однолетние побеги полностью;
- IV – обмерзают двулетние и более старые части растений;
- V – обмерзает крона до уровня снегового покрова;
- VI – обмерзает вся надземная часть;
- VII – растение вымерзает полностью.

Зимостойкость определяли в период вегетации, и этот показатель включал в себя не только устойчивость к низким температурам, но и к заморозкам, резким понижениям температур после оттепелей и солнечного нагрева, иссушению, ледяной корке, вымоканию и выпреванию корней, т. е. она является комплексным свойством [Кичина, 1993; Программа и методика ... 1999; Резвякова, 2015]. Для того чтобы растения считались устойчивыми к различным повреждающим факторам, все необходимые для региона компоненты зимостойкости должны быть на высоком уровне.

И.И. Тумановым (1979) предложены лабораторные методы ускоренного определения морозоустойчивости. Испытуемые растения после закаливания подвергают воздействию низких критических температур в холодильных камерах, что дает возможность выявить наиболее устойчивые растения [Туманов, 1979].

Степень повреждения древесины при проведении исследований устанавливалась на длинных косых срезах в середине ветвей и определялась по 6-балльной шкале [Программа и методика ... 1999; Резвякова, 2015]:

- 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.

По мнению ряда ученых [Кичина, 1993; Palonen et all, 1997; Программа и методика ... 1999; Тюрина и др., 2002] при оценке сортов и форм на мо-

розостойкость наиболее подходят однолетние побеги, поскольку они наиболее чувствительны к воздействиям низких температур. Для опытов побеги длиной 25–40 см срезали с периферийных частей кроны на высоте около 1,5 м [Тюрина, 1975; Резвякова, 2015]. Искусственное промораживание побегов выполняли по методике М.М. Тюриной и Г.А. Гоголевой [1978] в климатермокамере «Фейтрон – 2101».

В.П. Малеев при продвижении теплолюбивых пород на север выделяет морозостойкость как один из ведущих факторов и предлагает оценить это качество по пятибалльной шкале [Малеев, 1932]:

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.

Повреждения у растений могут происходить из-за выпревания и вымокания. Для определения степени повреждения делают несколько слабых косых надрезов коры до древесины от корневой шейки на высоте 15–20 см от штамба. Поврежденные ткани имеют бурый или даже темно-бурый цвет. Степень повреждения оценивается по пятибалльной шкале [Бурдасов, 1994]:

0 – здоровые ткани без признаков повреждения;

1 – отдельные бурые мелкие некротичные пятна;

2 – сплошные участки повреждений ткани, охватывающие площадь до половины окружности диаметра штамба;

3 – сплошные участки повреждений ткани, охватывающие площадь до двух третей окружности диаметра штамба;

4 – кольцевое повреждение тканей только с отдельными продольными полосками живой ткани;

5 – сплошное кольцевое повреждение тканей по всему диаметру.

С использованием программ STADIA-6.2 и STATISTICA-6.0 выполнены расчеты статистических характеристик адаптивных признаков. Проведены корреляционный и регрессионный анализы [Доспехов, 1985] для определения тесноты связи и уровня влияния адаптивных признаков на зимостойкость.

Таблица 1

**Основные среднестатистические показатели адаптивных признаков
деревьев ореха грецкого в Воронежской области**

**Main average indicators of adaptive features of walnut trees
in the Voronezh region**

Адаптивный признак	$M \pm m$, баллы	C , %	P	t
Зимостойкость	2,18±0,049	31,9	2,2	44,5
Устойчивость к резким перепадам температур	1,60±0,055	39,5	3,4	29,1
Морозоустойчивость	2,12±0,058	37,2	2,6	37,8
Морозостойкость	1,90±0,062	45,0	3,3	30,5

В таблице: M – среднее значение признака, m – ошибка среднего значения, C – коэффициент варьирования, P – возможная погрешность исследования, t – достоверность.

Результаты исследования. В первые годы жизни растения повреждаются морозами сильнее, чем в старшем возрасте [Кичина, 1993; Linden, 2002; и др.]. Можно предположить, что повышение зимостойкости орехов с возрастом, помимо наследственных свойств, связано с перестройкой ритмики жизненных процессов, а именно – с увеличением продолжительности периода глубокого покоя. Следовательно, в отношении устойчивости к низким температурам орех является очень пластичной культурой, и продолжение селекционной работы может гарантировать хороший результат. Полученные результаты при оценке адаптивных признаков ореха грецкого в зимний период обработаны математически и приведены в табл. 1.

Орех грецкий является теплолюбивым видом, его средняя зимостойкость в Воронежской области составляет почти 2,2 балла. Следует отметить, что орех грецкий довольно устойчив к резким перепадам температур (средний балл 1,6). Важным моментом является высокий коэффициент варьирования для всех адаптивных признаков (32–45%), что обуславливает большие селекционные возможности. Работа выполнена на необходимом уровне точности исследований (P), с погрешностью, не превышающей 5%.

Согласно существующей методике оценка зимостойкости после обычных несуровых зим дает приблизительное представление о степени зимо-

стойкости, поскольку определяется в период вегетации и включает в себя не только устойчивость к низким температурам, но и ко всему комплексу неблагоприятных факторов. Лишь в годы с неблагоприятными климатическими условиями (сильными морозами, длительными оттепелями, чередующимися с резким похолоданием и т. д.) можно дать объективную оценку растениям по их зимостойкости [Лапин и др., 1973; Славский и др., 2013; и др.].

Поскольку зимостойкость следует рассматривать как устойчивость к комплексу факторов, то средний показатель зимостойкости можно представить в виде суммы действующих в это время факторов.

Для установления тесноты связи, степени и силы влияния комплекса действующих факторов на зимостойкость растений проведена математическая обработка результатов исследований при помощи корреляционно-регрессионного анализа. Корреляционная связь среднемесячных показателей температуры воздуха, количества осадков и относительной влажности [www.gismeteo.ru] с зимостойкостью приведена на рис. 1. Уровни значимости адаптивных признаков ореха грецкого в зимний период приведены на рис. 2.

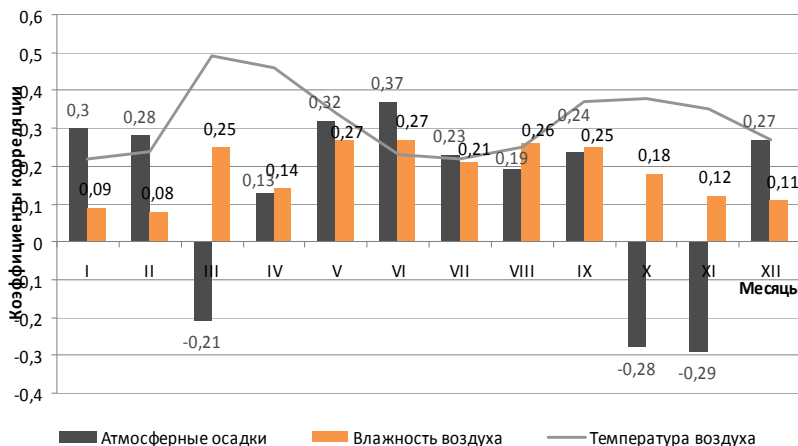


Рис. 1. Варьирование коэффициентов корреляции климатических факторов и зимостойкости ореха грецкого

Fig. 1. Variation of correlation coefficients of climatic factors and winter hardiness of walnut

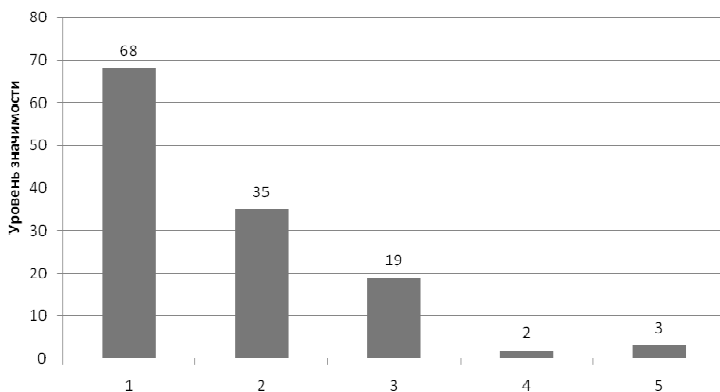


Рис. 2. Уровень значимости адаптивных признаков ореха грецкого
 1 – морозостойкость; 2 – морозоустойчивость; 3 – устойчивость к резкому перепаду температур; 4 – выпревание, вымокание и ледяная корка;
 5 – другие факторы

Fig. 2. Significance level of the adaptive features of walnut

1 – frost resistance; 2 – frost stability; 3 – resistance to sudden temperature changes;
 4 – depletion, flooding and ice crust; 5 – other factors

Из рис. 1 следует, что ни один среднемесячный климатический показатель в отдельности не проявляет высокой тесноты связи (коэффициент корреляции находится в пределах от $-0,29$ до $0,48$) с зимостойкостью ореха грецкого. Следовательно, влияние лимитирующих факторов необходимо рассматривать как комплексное.

Уровень значимости (F) морозостойкости имел максимальное значение ($68,2$). Для ореха грецкого довольно значима устойчивость растений к температурным перепадам в течение зимнего периода ($F = 18,9$).

В ходе проведения регрессионного анализа найдено уравнение связи зимостойкости с другими признаками устойчивости. Уровень точности полученного уравнения связи максимально увеличен при помощи пошаговой множественной регрессии, когда адаптивные признаки, не оказывающие существенного влияния на зимостойкость, исключались из анализа. Полученные регрессионные модели оказались адекватны экспериментальным данным. В результате вычислений образовано уравнение, очень близко выражающие общую картину:

$$y = -0,255 + 0,426x_1 + 0,585x_2 + 0,259x_3, \quad (1)$$

где y – зимостойкость растений; x_1 – морозоустойчивость; x_2 – морозостойкость; x_3 – устойчивость к перепадам температуры. Все в баллах.

Таблица 2

**Корреляционная матрица устойчивости растений ореха грецкого
к зимним адаптивными признакам**

Correlation matrix of stability of walnut plants to winter adaptive characteristics

Адаптивный признак	Коэффициент корреляции признаков			
	зимостой- кость	морозо- устойчивость	морозо- стойкость	устойчивость к перепадам температур
Зимостойкость	1	0,78	0,85	0,71
Морозоустойчивость	0,78	1	0,88	0,71
Морозостойкость	0,85	0,88	1	0,62
Устойчивость к перепадам температур	0,71	0,71	0,62	1

Для полученного уравнения рассчитаны значения Дарбина–Уотсона (DW) и сериальная корреляция остатков (SK), которые равняются: DW = 1,623, SK = 0,248. Значения Дарбина–Уотсона [Anatolyev, 2003] попадают в диапазон 1,5–2,5. Это является одним из подтверждений высокой точности полученного уравнения регрессии. Корреляционная связь оценочных признаков устойчивости растений с адаптивными признаками, проявляемыми в зимний период, приведена в табл. 2.

Таким образом, в ходе вычислений (по табл. 2) установлено, что наибольшая теснота связи – между зимостойкостью и морозостойкостью ($r = 0,85$) растений.

Остальные адаптивные признаки также имеют высокую корреляционную связь ($r > 0,70$) и с определенной точностью могут служить диагностическими признаками. Ковариации признаков зимней устойчивости растений в виде матричного распределения представлены в табл. 3.

Из данных табл. 3 следует, что приведенные значения ковариационных коэффициентов имеют положительные значения, и это свидетельствует о прямой связи между всеми изучаемыми показателями.

Для апробации полученных уравнений расчета зимостойкости проведено сравнение вычисленных (теоретических) результатов с практически данными, полученными при использовании стандартной общепринятой методики [Лапин и др., 1973], что отражено на графике (рис. 3).

Таблица 3

Матрица ковариационных адаптивных признаков устойчивости ореха грецкого

Matrix of the covariance adaptive traits stability of walnut

Адаптивные признаки	Коэффициент корреляции признаков			
	зимостой- кость	морозо- устойчивость	морозо- стойкость	устойчивость к перепадам температур
Зимостойкость	1,0	0,59	0,67	0,49
Морозоустойчивость	0,59	0,56	0,50	0,35
Морозостойкость	0,67	0,50	0,61	0,31
Устойчивость к перепадам температур	0,49	0,35	0,31	0,49

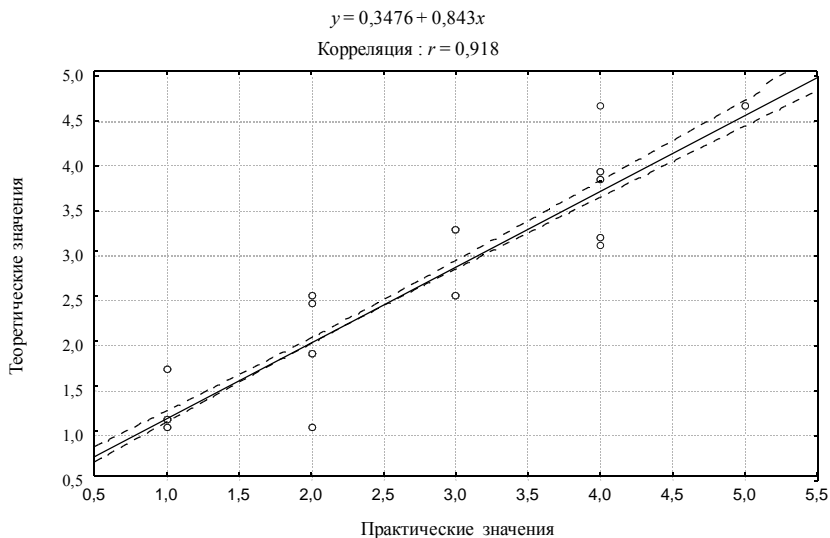


Рис. 3. Сравнение практических и теоретических результатов определения зимостойкости ореха грецкого (баллы)

Fig. 3. Comparison of practical and theoretical results of determination of winter hardiness of walnut (score)

При сравнении практического и теоретического распределений следует, что показатели зимостойкости ореха грецкого имеют несущественные различия и проявлено большое сходство между опытными и аппроксимированными результатами зимостойкости (критерий согласия Пирсона превышает стандартное значение $\chi^2 = 12,6$).

Выявлено, что теоретические абсолютные величины зимостойкости незначительно превышали практические. Это, в первую очередь, связано с приспособленностью к климатическим условиям Воронежской области и высокой восстановительной способностью большинства растений.

При построении регрессионной модели получены следующие итоги для зимостойкости ореха грецкого: $F = 318,5$; погрешность оценки – 0,31 балла.

Выводы. На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

– установлена зависимость между зимостойкостью и комплексом адаптивных признаков растений в зимний период (морозостойкость – x_1 , морозоустойчивость – x_2 , устойчивость к резким температурным перепадам – x_3), которая выражается регрессионным уравнением вида:

$$y = -0,255 + 0,426x_1 + 0,585x_2 + 0,259x_3;$$

– предложен комплексный подход к определению зимостойкости, заключающийся в интегральной оценке основных компонентов, проводимой на основе учета взаимовлияния адаптивных признаков, параметры которых устанавливаются лабораторными методами. Он имеет преимущество перед обычным полевым способом оценки, так как последний требует много времени (иногда нескольких лет);

– проявлено большое сходство между опытными и аппроксимированными результатами зимостойкости (критерий согласия Пирсона $\chi^2 = 12,6$), при этом теоретические абсолютные величины зимостойкости незначительно превышали практические.

Библиографический список

Бурдасов В.М. Вызревание плодовых и других древесных растений под снегом: дис. ... д-ра с.-х. наук. Мичуринск, 1994. 48 с.

Климатические итоги года / Гисметео. URL: <https://www.gismeteo.ru/news/klimat/> (дата обращения: 27.01.2018).

Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами стат. обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Кичина В.В. Современные представления о зимостойкости плодовых культур (концепция и генетические аспекты) // Селекция на зимостойкость плодовых и ягодных культур. М., 1993. С. 3–16.

Латин П.И., Сиднева С.В. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений. М., 1973. С. 7–63.

Малеев В.П. Теоретические основы акклиматизации. М.: Всесоюз. акад. с.-х. наук, 1932. 168 с.

Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н.Седова и Т.П. Огольцовой. Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999.

Резвякова С.В. Теоретические и практические основы повышения биоресурсного потенциала устойчивости садовых культур к температурным факторам: дис. ... д-ра с.-х. наук. Орел, 2015. 385 с.

Славский В.А., Николаев Е.А., Калаев В.Н. Интродукция, селекция и культивирование орехов рода *Juglans* в Центральном Черноземье: моногр. Воронеж: Роза ветров, 2013. 262 с.

Славский В.А., Тимащук Д.А., Мироненко А.В. Районирование ореха грецкого в Воронежской области по зонам устойчивости к неблагоприятным факторам // Лесотехнический журнал. 2017. Т. 7, № 3 (27). С. 143–150. DOI: 10.12737/article_59c224b73817f1.05901224

Сухоруких Ю.И. Орех грецкий: биология, селекция, разведение // Майкоп: МГТИ, 1997. 235 с.

Туманов И.И. Физиология закаливания и морозостойкость растений. М.: Наука, 1979. 352 с.

Тюрина М.М. Морозоустойчивость растений в состоянии вегетации и покоя: дис. ... д-ра биол. наук. Л., 1975. 417 с.

Тюрина М.М., Гоголева Г.А. Ускоренная оценка зимостойкости плодовых и ягодных растений : метод. рекомендации. М., 1978. 38 с.

Тюрина М.М. и др. Определение устойчивости плодовых и ягодных культур к стрессорам холодного времени года в полевых и контролируемых условиях. М., 2002. 120 с.

Anatolyev S. Durbin–Watson statistic and random individual effects // Econometric Theory (Problems and Solutions). 2002–2003.

Charrier G., Poirier M., Bonhomme M., Lacointe A., Améglio T. Frost acclimation in different organs of walnut trees *Juglans regia* L.: how to link physiology and modelling // Tree Physiol. 2013. No. 33. P. 1229–1241.

Gusta L.V., Wisniewski M. Understanding plant cold hardiness: an opinion // Physiologia Plantarum. 2013. Vol. 147. P. 4–14.

Linden L. Measuring cold hardiness in woody plants / PhD thesis, Univ Helsinki, Dept Applied Biology, 2002. 58 p.

Palonen P., Buszard D. Current state of cold hardiness research on fruit crops // Can. J. Plant Sci. 1997. No. 77. P. 399–420.

References

Burdasov V.M. Vyprevanie plodovih i drugih drevesnih rasteniy pod snegom [The rot of fruit and other woody plants under snow]: dis. ... d-ra s.-h. nauk. Michurinsk, 1994. 48 p. (In Russ)

Klimaticheskie itogi goda [Climatic results of the year]. Gismeteo. URL: <https://www.gismeteo.ru/news/klimat/>

Dospehov 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 Russ)

Kichina V.V. Sovremennye predstavleniya o zimostoikosti plodovih kultur (konceptia i geneticheskie aspekti) [Modern ideas about winter hardiness of fruit crops (concept and genetic aspects)]. *Selekcia na zimostoikost plodovih i yagonih kultur* [Selection for winter hardiness of fruit and berry crops]. Moscow, 1993, pp. 3–16. (In Russ)

Lapin P.I., Sidneva S.V. Ocenka perspektivnosti introdukcii drevesnikh rastenii po dannym vizualnih nabludeniy [Assessment of the prospects of introduction of woody plants according to visual observations]. *Opyt introdukcii drevesnikh rastenii* [Experience of the introduction of woody plants], 1973, pp. 7–63. (In Russ)

Maleev V.P. Teoreticheskie osnovi akklimatizacii [Theoretical foundations of acclimatization]. Moscow, Vses. akad. s.-h. n, 1932. 168 p. (In Russ)

Programma i metodika sortoizucheniya plodovih, yagodnih i orehoplodnih kultur [Program and methodology of variety study of fruit, berry and nut crops]. Orel: Izd-vo VNNIISPK, 1999. (In Russ)

Rezvyakova S.V. Teoreticheskie i prakticheskie osnovy povisheniya bioresusnogo potentsiala ustoychivosti sadovih kultur k temperaturnim faktoram [Theoretical and practical bases of increase of bioresource potential of sustainability of horticultural crops to temperature factors]: dis. ... d-ra s.-h. nauk. Orel, 2015. 385 p. (In Russ)

Slavskiy V.A., Nikolaev E.A., Kalaev V.N. Introdukcyia, selekcyia and kultivirovanie 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 Russ)

Slavskiy V.A., Timaschuk D.A., Mironenko A.V. Rayonirovanie orekha gretskogo v Voronezhskoy oblasti po zonam ustoychivosti k neblagopriyatnim faktoram [Zoning of Juglans regia in the Voronezh region in the zones of resistance to the adverse factors]. *Forestry engineering journal*, 2017. vol. 7, no. 3 (27), p. 143–150. (In Russ)

Sukhorukih Y.I. Orekh gretskiy: biologiya, selekcyia, razvedenie [Walnut: biology, selection, breeding]. Maykop, MGCI, 1997. 235 p. (In Russ)

Tumanov I.I. Fiziologiya i morozostoykoost rasteniy [Physiology of hardening and frost resistance of plants]. Moscow: Nauka, 1979. 352p. (In Russ)

Tyrina M.M. Morozoustoichivost rasteniy v sostoyanii vegetacii i pokoya [Frost resistance of plants in the state of vegetation and rest] : dis. ... d-ra biol. nauk, 1975. 417 p. (In Russ)

Tyrina M.M., Gogoleva G.A. Uskorennaya ocenka zimostoykosti plodovih i yagodnih rasteniy [rapid estimation of winter hardiness of fruit and berry plants] : metodicheskie rekomendacii. Moscow, 1978. 38 p. (In Russ)

Tyrina M.M. et al. 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 Russ)

Anatolyev S. Durbin–Watson statistic and random individual effects. *Econometric Theory [Problems and Solutions]*. 2002–2003.

Charrier G., Poirier M., Bonhomme M., Lacoite A., Améglio T. Frost acclimation in different organs of walnut trees *Juglans regia* L.: how to link physiology and modeling. *Tree Physiol.*, 2013, no. 33, pp. 1229–1241.

Gusta L.V., Wisniewski M. Understanding plant cold hardiness: an opinion. *Physiologia Plantarum*, 2013, vol. 147, pp. 4–14.

Linden L. Measuring cold hardiness in woody plants. PhD thesis, Univ Helsinki, Dept Applied Biology, 2002. 58 p.

Palonen P., Buszard D. Current state of cold hardiness research on fruit crops. *Can. J. Plant Sci.*, 1997, no. 77, pp. 399–420.

Материал поступил в редакцию 12.03.2018 г.

Славский В.А., Чернышов М.П. Комплексная оценка зимостойкости ореха грецкого в Воронежской области // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. Вып. 224. С. 37–50. DOI: 10.21266/2079-4304.2018.224.37-50*

Широкому введению ореха грецкого в культуру севернее зоны существующего ареала распространения, в частности, в Воронежскую область, препятствует ряд причин, наиболее значимой из которых является недостаточная его зимостойкость. В связи с этим выявление, отбор и улучшение свойств зимостойких сортов и форм ореха грецкого, способных к росту и полноценному плодоношению севернее зоны естественного ареала, являются главными задачами селекционной работы. Эти задачи вполне решаемы с учетом высокого уровня индивидуальной изменчивости адаптивных признаков у отобранных растений ореха грецкого в исследуемом регионе. Изучены садовые, парковые и полезащитные насаждения, плантации, ландшафтные группы и отдельно стоящие деревья. При определении устойчивости растений к неблагоприятным климатическим факторам использованы общепринятые методики. Для оценки зимостойкости разработан новый подход к определению

комплексной устойчивости растений в зимний период, состоящей из суммарных показателей морозостойкости, морозоустойчивости и устойчивости к резким перепадам температур, поскольку эти адаптивные признаки имели наибольшие уровни значимости. Предложенная ускоренная комплексная оценка зимостойкости имеет большое преимущество, по сравнению со стандартной методикой, для достоверного определения которой требовались наблюдения за несколько лет. Выявлены значительные сходства между опытными и аппроксимированными результатами зимостойкости (критерий согласия Пирсона = 12,6). При этом выровненные абсолютные величины зимостойкости незначительно превышали практические. Это связано, в первую очередь, с приспособленностью к климатическим условиям Воронежской области и высокой восстановительной способностью большинства растений.

Ключевые слова: орех грецкий, зимостойкость, адаптивные признаки, интродукция, селекция.

Slavskiy V.A., Chernyshov M.P. Comprehensive assessment of walnut winter hardiness in the Voronezh region. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*, 2018, is. 224, pp. 37–50 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2018.224.37-50

Wide introduction of walnut in culture to the North of the zone of the existing area of distribution, in particular in the Voronezh region, is hampered by a number of reasons, the most significant of which is insufficient winter hardiness. In this regard, the identification, selection and improvement of the properties of winter-hardy varieties and forms of walnut, capable of full valuable growth and fruiting outside the natural area, is the main breeding task. This problem looks quite solvable, taking into account the high level of individual variability of adaptive features in the selected walnut forms in the studied region. 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. For the assessment of winter hardiness the new approach to determination of complex stability of plants in the winter period consisting of total indicators of frost resistance, frost resistance and resistance to sharp changes of temperatures is developed, since these adaptive features had the highest levels of significance. The proposed accelerated complex assessment of winter hardiness has a great advantage compared to the standard methodology, for the reliable determination of which it was necessary to observe for several years. Discovered significant similarities between the experienced and the approximable results of winter hardiness (assessment criterion Pirson = 12.6). At the same time, the theoretical values of winter hardiness were slightly higher than the practical ones. This is due, first of all, to the adaptability to the climatic conditions of the Voronezh region and the high regenerative capacity of most plants.

Key words: walnut, hardiness, adaptive feature, introduction, selection.

СЛАВСКИЙ Василий Александрович – доцент кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 9723-5247.

394087, ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Россия. E-mail: slavskiyva@yandex.ru

SLAVSKIY Vasily A. – PhD (Agriculture), associate professor of forestry, forest taxation and forest management department of the «Voronezh state forestry engineering University named after G.F. Morozov». SPIN-code: 9723-5247.

394087. Timiriazeva str. 8. Voronezh. Russia. 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. SPIN-код: 9297-6664.

394087, ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: lestaks53@mail.ru

CHERNISHOV Mikhail P. – DSc (Agriculture), Senior Researcher, forest taxation and forest management department of the «Voronezh state forestry engineering University named after G.F. Morozov». SPIN-code: 9297-6664.

394087. Timiriazeva str. 8. Voronezh. Russia. E-mail: lestaks53@mail.ru.