



## Защитное лесоразведение Protective afforestation

DOI 10.22363/2312-797X-2022-17-3-350-359  
УДК 631.53.011.2

Научная статья / Research article

### Исследования всхожести желудей и роста однолетних сеянцев дуба черешчатого в почвенно-климатических условиях Волго-Ахтубинской поймы Астраханской области

А.А. Баканева 

Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук,  
Астраханская область, Российская Федерация  
✉ [solnce5508@mail.ru](mailto:solnce5508@mail.ru)

**Аннотация.** Проведены исследования всхожести семян (желудей) и роста дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в первый год жизни в почвенно-климатических условиях Волго-Ахтубинской поймы (ВАП) Астраханской области. В настоящее время пойменные леса Астраханской области испытывают очень высокую нагрузку от выпаса сельскохозяйственных животных и «дикого» туризма. Поэтому необходимо проводить восстановление деградированных лесных фитоценозов для увеличения видового разнообразия. Цель исследования — изучение влияния длительности затопления на всхожесть дуба черешчатого в почвенно-климатических условиях Волго-Ахтубинской поймы севера Астраханской области. При посеве семенного материала использовалась методика Сукачева (1961). По результатам исследования трех лет (2019—2021 гг.) было выявлено: всхожесть семян (желудей) дуба черешчатого составила в среднем 31 % от всего посеянного материала. В 2019 и 2021 гг. всхожесть дуба на незаливных участках была выше на 5 % по сравнению с другими вариантами опыта (краткопоемные и долгопоемные участки), вследствие выппада посевного материала из-за продолжительного половодья. В 2020 г. в результате короткого периода половодья всхожесть имела несущественную разность по вариантам. Высота однолетних сеянцев дуба черешчатого на варианте длительного затопления существенно отличалась (выше на 3...5 см) от других вариантов.

**Ключевые слова:** желуди, *Quercus robur* L., дуб черешчатый, пойменные леса, всхожесть семян, Волго-Ахтубинская пойма

© Баканева А.А., 2022



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

**Заявление о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**История статьи:** поступила в редакцию 9 февраля 2022 г., принята к публикации 13 мая 2022 г.

**Для цитирования:** *Баканева А.А.* Исследования всхожести желудей и роста однолетних сеянцев дуба черешчатого в почвенно-климатических условиях Волго-Ахтубинской поймы Астраханской области // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2022. Т. 17. № 3. С. 350—359. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-350-359

## Germination of acorns and growth of one-year common oak seedlings in conditions of the Volga-Akhtuba floodplain, Astrakhan region

Anna A. Bakaneva 

Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,  
Astrakhan region, Russian Federation  
✉ solnce5508@mail.ru

**Abstract.** Seed germination and development of common oak (*Quercus robur* L.) during the first year of growing under conditions of the Volga-Akhtuba floodplain, Astrakhan region, were studied in the research. Currently, the floodplain forests of the Astrakhan region are experiencing a very high load from the grazing of farm animals and ‘wild’ tourism. Therefore, it is necessary to restore degraded forest phytocenoses to increase species diversity. The aim of the study was to study the effect of flooding duration on oak germination of in the soil and climatic conditions of the Volga-Akhtuba floodplain in the north of the Astrakhan region. Sowing seeds were carried out according to the Sukachev method (1961). According to the results of the three-year research (2019—2021), it was revealed: the germination of seeds (acorns) of common oak (*Quercus robur* L.) averaged 31 % of the total sown seeds. In 2019 and 2021, germination of oak in non-flooded areas was 5 % higher compared to other variants of the experiment (short-term and long-term flooding), resulted from seed loss due to prolonged flooding. In 2020, as a result of short flooding period, germination had an insignificant difference in variants. The height of annual seedlings of common oak in the variant of prolonged flooding differed significantly (3...5 cm higher) from other variants.

**Keywords:** acorns, *Quercus robur* L., common oak, floodplain forests, germination, Volga-Akhtuba floodplain

**Conflicts of interest.** The author declares that there is no conflict of interest.

**Article history:** Received 9 February 2022. Accepted 13 May 2022.

**For citation:** Bakaneva AA. Germination of acorns and growth of one-year common oak seedlings in conditions of the Volga-Akhtuba floodplain, Astrakhan region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022; 17(3):350—359. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-350-359

### Введение

Астраханская область расположена в природной зоне полупустыни [1, 2]. Мониторинговые исследования лесов Астраханской области были проведены сотрудниками ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»). Результат показал, что

видовой состав лесов в этом районе не богат, в основном преобладают вяз, ветла, груша, лох серебристый, ясень, тополь, дуб встречается редко [3, 4], хотя является ценной и долгоживущей породой [5, 6]. Дубравы являются удивительным компонентом средообразующей экосистемы [7—9]. Дуб ценен не только техническими качествами древесины [10], его применяют и в медицине (кора дуба) [11]. Единственный его недостаток — медленный рост [12]. Для увеличения видового разнообразия региона исследования (южная часть Черноярского района), где в лесных фитоценозах Волго-Ахтубинской поймы дуб отсутствует полностью, и улучшения деградированных пойменных лесов Астраханской области был выбран самый распространенный из видов дуба — черешчатый (*Quercus robur*) [13]. Условия его произрастания соответствуют условиям данной местности, он может расти на разных почвах, тем самым защищая ее от эрозии [14, 15]. По результатам исследований было выявлено, что посадки дуба черешчатого благоприятно влияют на почвенное плодородие, так как увеличивают гумус до 6 %.

**Цель исследования** — изучить влияние длительности затопления на всхожесть желудей дуба черешчатого в почвенно-климатических условиях Волго-Ахтубинской поймы севера Астраханской области.

## Материалы и методы исследования

Посев семян дуба черешчатого в Волго-Ахтубинской пойме производился сотрудниками ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» 10—25 октября ежегодно в течение 2018—2020 гг. Были выбраны участки в правобережной части Волго-Ахтубинской поймы в районе с. Соленое Займище Астраханской области, с вариантами длительности затопления, в т. ч. незаливной, краткопоемный (заливается на срок до 15 дней) и долгопоемный (заливается на срок более 15 дней).

Посевной материал собирали в естественных дубравах села Вязовка Черноярского района Астраханской области. Сроки сбора семян дуба: конец сентября — начало октября. Отбирали наиболее крупные желуди, которые не имели внешних признаков повреждений или заселения грибами (трещинки, погрызы, нетипичные изменения окраски, плесень, гнили) [16]. При отборе семенного материала проводили тест: собранные в лесу желуди помещали в сосуды с водой. Пригодные для посева отбирали из категории «утонувшие» [17].

Посадку желудей проводили способом «конверт» со сторонами 1 м, 5 лунок по 4 шт. желудей в каждой лунке [18]. Повторность опыта пятикратная. Всего высаживали по 300 шт. желудей каждый год.

## Результаты исследования и обсуждение

В период исследования перед посевом семян проводился агрохимический анализ почв опытных участков (табл. 1). Механический состав почв — тяжелосуглинистый. На территории поймы в пределах Черноярского района преобладают аллювиаль-

ные лесолуговые и луговые почвенные разности. Эти почвы имеют выраженную зернисто-комковатую структуру и темно-серую окраску гумусового горизонта.

Таблица 1

**Результаты агрохимического анализа почв опытных участков Волго-Ахтубинской поймы в пределах с. Соленое Займище по годам исследования**

Показатели	Варианты длительности затопления участков								
	Незаливной			Краткопоемный			Долгопоемный		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
рН водный, ед. рН	7,1	7,0	7,1	7,9	8,0	8,0	7,7	7,6	7,7
Органическое вещество (гумус),%	1,90	1,92	1,94	1,86	1,93	1,94	2,62	2,60	2,63
Азот щелочногидролизуемый, мг/кг	55	56	56	60	56	56	89	90	91
Фосфор подвижный, мг/кг	67	64	67	63	65	64	70	75	74
Калий подвижный, мг/кг	488	487	486	356	352	350	415	419	420

Table 1

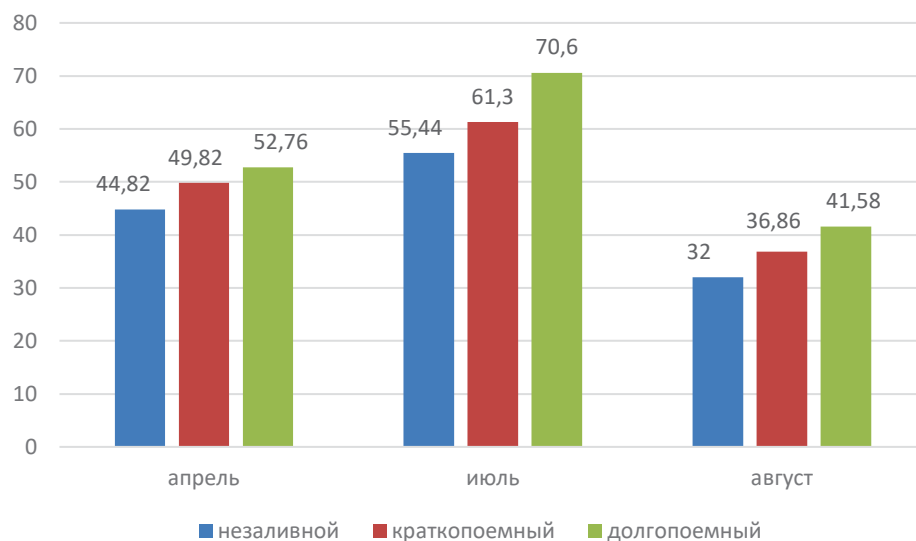
**Results of agrochemical analysis of soils from experimental plots in the Volga-Akhtuba floodplain, Solenoe Zaymishche village**

Indicators	Duration of flooding of the sites								
	Dry			Short-term			Long-term		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
pH aqueous	7.1	7.0	7.1	7.9	8.0	8.0	7.7	7.6	7.7
Organic substance (humus),%	1.90	1.92	1.94	1.86	1.93	1.94	2.62	2.60	2.63
Alkaline hydrolyzable nitrogen, mg/kg	55	56	56	60	56	56	89	90	91
Mobile phosphorus, mg/kg	67	64	67	63	65	64	70	75	74
Mobile potassium, mg/kg	488	487	486	356	352	350	415	419	420

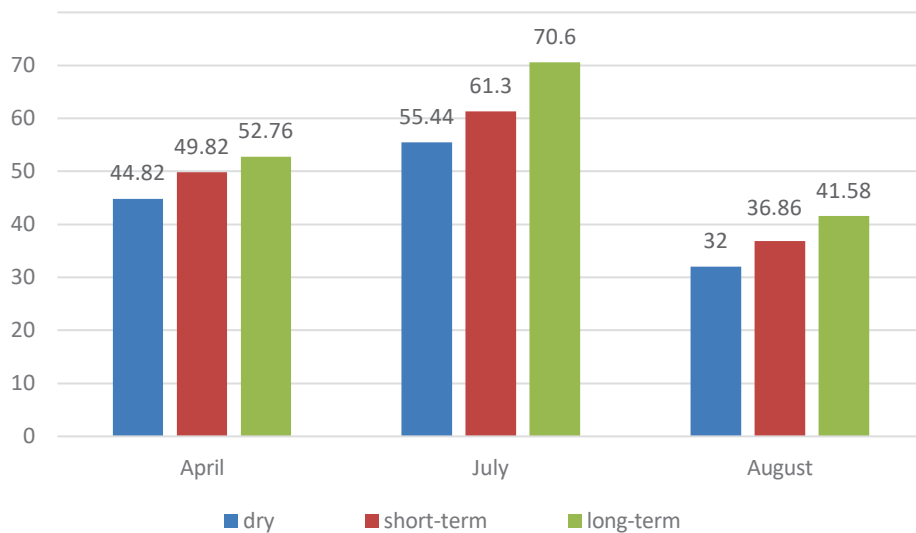
По результатам анализа выявлено, что почвы участков независимо от года и места проведения исследования в основном идентичны. Почвы опытных участков являются слабощелочными, по содержанию гумуса они разделились на среднеплодородные (незаливные и краткопоемные участки) и плодородный (долгопоемный).

Метеоусловия при посадке желудей: температура воздуха — 16...19 °С, температура почвы — 10...14 °С.

В период проведения опыта (2019—2021 гг.) отслеживали динамику продуктивной влаги в слое почвы 0—0,5 м, ниже приведены средние данные (рис.).



Динамика продуктивной влаги, мм, в слое почвы 0—0,5 м, по вариантам опыта, среднее 2019—2021 гг.



Dynamics of productive moisture, mm, in 0—0.5 m soil layer, according to the variants of the experiment, 2019—2021

Результаты исследования показали, что в период всходов дуба черешчатого запас продуктивной влаги в почве был хороший и составил в среднем 55...70 мм.

В первый год исследования — 2019 г. — всходы были отмечены 3 июня (посев 2018 г.). На конец октября 2019 г. выявлено 92 сеянца — 30,7 % от всего посеянного семенного материала. Первые всходы посева 2019 г. отмечены 5 июня 2020 г. На конец октября 2020 г. насчитали 89 сеянца — 29,7 %. В посеве 2020 г. первые всходы были 3 июня 2021 г. На конец октября 2021 г. выявлено 95 сеянцев — 31,7 % от всего посеянного семенного материала. Результаты всходов дуба черешчатого в Волго-Ахтубинской пойме по годам исследования и вариантам опыта приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Результаты всходов дуба черешчатого в Волго-Ахтубинской пойме по годам исследования и вариантам опыта**

Варианты длительности затопления участков	Количество посеянных семян, шт.	2019		2020		2021	
		Количество сеянцев, шт.	Всхожесть, %	Количество сеянцев, шт.	Всхожесть, %	Количество сеянцев, шт.	Всхожесть, %
Незаливной	100,0	34,0	34,0	30,0	30,0	35,0	35,0
Краткопоемный	100,0	29,0	29,0	28,0	28,0	30,0	30,0
Долгопоемный	100,0	29,0	29,0	31,0	31,0	30,0	30,0
НСР <sub>(05)</sub>	—	4,2	—	3,2	—	4,5	—

Table 2

**The results of common oak germination in the Volga-Akhtuba floodplain**

Flooding duration	Number of seeds sown	2019		2020		2021	
		Number of seedlings	Germination, %	Number of seedlings	Germination, %	Number of seedlings	Germination, %
Dry	100.0	34.0	34.0	30.0	30.0	35.0	35.0
Short-term	100.0	29.0	29.0	28.0	28.0	30.0	30.0
Long-term	100.0	29.0	29.0	31.0	31.0	30.0	30.0
LSD <sub>05</sub>	—	4.2	—	3.2	—	4.5	—

Результаты дисперсионного анализа показали, что в 2019 и 2021 г. всхожесть дуба черешчатого на незаливном участке существенно отличалась от двух других вариантов опыта (краткопоемного и долгопоемного участков), то есть была выше на 5 %. Мы предполагаем, что на заливных участках произошел выпад посадочного материала в результате длительного затопления. А в 2020 г. разность по вариантам оказалась несущественной (меньше НСР), так как опытные участки были затоплены в течение непродолжительного времени.

По окончании первого года жизни сеянцев (октябрь) проведены замеры высоты растений (табл. 3).

Таблица 3

**Средняя высота однолетних сеянцев дуба черешчатого по вариантам опыта, см**

Год исследования	Варианты длительности затопления участков			НСР <sub>(05)</sub>
	Незаливной	Краткопоемный	Долгопоемный	
2019	6	7	11	2,5
2020	5	7	10	2,1
2021	6	8	11	2,1

Table 3

**Height of common oak seedlings, cm**

Research year	Duration of flooding			LSD <sub>05</sub>
	Dry	Short-term	Long-term	
2019	6	7	11	2.5
2020	5	7	10	2.1
2021	6	8	11	2.1

Результаты исследования высоты однолетних сеянцев дуба черешчатого показали, что на всех участках в период исследования (2019—2021 гг.) при длительном затоплении (долгопоемные участки) высота сеянцев была существенно выше, чем на других вариантах (незаливные и краткопоемные участки)—на 3...5 см (разность больше НСР). Разность высоты растений на незаливном и краткопоемном участках по годам исследования была незначительна (меньше НСР).

**Заключение**

В результате исследований выявлено:

— почвы опытных участков Волго-Ахтубинской поймы слабощелочные, разделяются на среднеплодородные (содержание гумуса 1,86...1,94 %) и плодородные (2,60...2,63 %);

— в период всходов дуба черешчатого продуктивный запас влаги в почве составил в среднем 55...70 мм;

— средняя всхожесть по годам исследования составила 31 % от всего посеянного материала;

— в 2019 и 2021 гг. всхожесть дуба была выше на 5 % на незаливных участках, вследствие выппада посевного материала из-за продолжительного половодья;

— всхожесть в 2020 г. в результате короткого периода половодья имела незначительную разность по вариантам;

— высота однолетних сеянцев дуба черешчатого на варианте длительного затопления существенно отличалась (выше на 3...5 см) от других вариантов.

## Библиографический список

1. Кутлусурина Г.В., Токарева А.А. Почвенно-гидрологическая характеристика Астраханской области для обоснования мелиоративного районирования // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2016. № 2(22). С. 128—147.
2. Рыбашлыкова Л.П., Конев С.В. Эколого-геохимическое состояние луго-пастбищных экосистем Волго-Ахтубинской поймы // Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12. № 4. С. 185—191. doi: 10.18470/1992-1098-2017-4-185-191
3. Тютюма Н.В., Туз Р.К., Конев С.В. Значение Волго-Ахтубинской поймы в сохранении устойчивости экологической системы Северного Прикаспия // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1(45). С. 175—181.
4. Глушко С.Г., Манюкова И.Г., Прохоренко Н.Б. Восстановление дубрав Среднего Поволжья // Вестник Омского ГАУ. 2017. № 3 (27). С. 56—61.
5. Манаенков А.С. Развитие основ степного и защитного лесоразведения: теоретические, прикладные аспекты и задачи в современных условиях // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 2 (30). С. 5—23. doi: 10.15350/2306-2827.2016.2.5
6. Maevsky P.F. Flora of the middle zone of the European part of Russia. 11th ed. M.: Partnership of scientific publications КМК, 2014. P. 200—201.
7. Юферев В.Г., Таранов Н.Н. Ретроспективный анализ деградации лесов Волго-Ахтубинской поймы // Известия НВ АУК. 2016. № 3 (43). С. 66—72.
8. Семенищенков Ю.А., Лобанов Г.В. Геоэкологические особенности местообитаний пойменных дубрав в долинах рек бассейна Верхнего Днепра // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2019. № 64 (2). С. 328—362. doi: 10.21638/spbu07.2019.210
9. Ерусалимский В.И., Рожков В.А. Многофункциональная роль защитных лесных насаждений // Бюллетень почвенного института им. В.В. Докучаева. 2017. № 88. С. 121—137. doi: 10.19047/0136-1694-2017-88-121-137
10. Демаков Ю.П., Краснов В.Г., Кириллов С.В., Смышляева М.И., Антропова А.В. Информативность морфометрических параметров деревьев, желудей и листьев дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в географических культурах // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2015. № 3 (27). С. 18—33.
11. Рябов Н.А., Рыжов М.В., Куркин В.А., Колпакова С.Д., Жестков А.В., Лямин А.В. Антимикробная активность водно-спиртовых извлечений листьев и почек дуба черешчатого (*Quercus robur* L.). Фармация и фармакология. 2021. № 9(2). С. 104—113. doi: 10.19163/2307-9266-2021-9-2-104-113
12. Автономов А.Н. Влияние сроков посева желудей дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) на биометрические показатели семян // Вестник ЧГПУ им. И.Я. Яковлева. 2014. № 4 (84). С. 52—56.
13. Романов Е.М., Смышляева М.И., Краснов В.Г., Мухортов Д.И. Выращивание однолетних семян дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) с закрытой корневой системой на различных питательных субстратах // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2017. № 3 (35). С. 26—36. doi: 10.15350/2306-2827.2017.3.26
14. Self B., Beliech D. Growing Your Own Oak Seedlings // Mississippi State University: офиц. сайт. Режим доступа: <http://msucare.com/pubs/publications/p2421.pdf> Дата обращения: 03.02.2022.
15. Macdonald S.E., Landhäusser S.M., Skousen J., Franklin J., Frouz J., Hall S., Jacobs D., Quideau S. Forest restoration following surface mining disturbance: challenges and solutions // New Forests. 2015. № 46. P. 703—732. doi: 10.1007/s11056-015-9506-4
16. Грибов С.Е., Карбасникова Е.Б., Карбасников А.А. Репродуктивная способность экстраординарных видов // Молочнохозяйственный вестник. 2016. № 2 (22). С. 7—15.
17. Мешкова В.Л., Диденко М.М. Биотические факторы повреждения желудей и всходов дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2014. Вып. 207. С. 247—256.
18. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.



## References

1. Kutlusurina GV, Tokareva AA. Soil-hydrological characteristics of Astrakhan region for justification of land reclamation zoning. *Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems*. 2016; (2):128—147. (In Russ.).
2. Rybashlykova LP, Konev SV. Ecological-geochemical condition of meadow-pasture ecosystems of the Volga-Akhtuba floodplain. *South of Russia: Ecology, Development*. 2017; 12(4):185—191. (In Russ.). doi: 10.18470/1992-1098-2017-4-185-191
3. Tyutyuma NV, Tuz RK, Konev SV. Value of the Volga-Akhtuba floodplain in maintaining the sustainability of the ecological system of the Northern Caspian region. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2017; (1):175—181. (In Russ.).
4. Glushko SG, Manukova IG, Prokhorenko NB. Restoration of oak forests of the Middle Volga region. *Vestnik of Omsk State Agrarian University*. 2017; (3): 56—61. (In Russ.).
5. Manaenkov AS. Development of foundations of steppe and protective afforestation: theoretical, applied aspects and tasks in modern conditions. *Vestnik of Volga state university of technology. Series: Forest. Ecology. Nature management*. 2016; (2):5—23. (In Russ.). doi: 10.15350/2306-2827.2016.2.5
6. Maevsky P.F. *Flora of the middle zone of the European part of Russia*. 11th ed. Moscow: KMK Scientific Press. 2014. (In Russ.).
7. Yuferev VG, Taranov NN. Retrospective analysis of Volga-Akhtuba floodplain forests degradation. *Proceedings of Nizhnevolskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2016; (3):66—72. (In Russ.).
8. Semenishchenkov YA, Lobanov GV. Geoecological conditions of habitats of floodplain oak forests in river valleys of the Upper Dnieper basin. *Vestnik of Saint Petersburg university. Earth sciences*. 2019; 64(2):328—362. (In Russ.). doi: 10.21638/spbu07.2019.210
9. Erusalimskii VI, Rozhkov VA. The multifunctional role of protective forest plantations. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2017; (88):121—137. (In Russ.). doi: 10.19047/0136-1694-2017-88-121-137
10. Demakov YP, Krasnov VG, Kirillov SV, Smyshlyaeva MI, Antropova AV. Information content of morphometric parameters of trees, acorns and leaves of english oak (*Quercus robur* L.) in provenance trial plantations. *Vestnik of Volga state university of technology. Series: Forest. Ecology. Nature management*. 2015; (3):18—33. (In Russ.).
11. Ryabov NA, Ryzhov VM, Kurkin VA, Kolpakova SD, Zhestkov AV, Lyamin AV. Antimicrobial activity of water-ethanolic extractions from *Quercus robur* L. leaves and buds. *Pharmacy & Pharmacology*. 2021; 9(2):104—113. (In Russ.). doi: 10.19163/2307-9266-2021-9-2-104-113
12. Avtonomov AN. Influence of terms of crops of *Quercus robur* L. acorns on biometric indicators of seedlings. *Bulletin of the Yakovlev Chuvash state pedagogical university*. 2014; (4):52—56. (In Russ.).
13. Romanov EM, Smyshlyaeva MI, Krasnov VG, Mukhortov DI. Growing of one-year containerized seedlings of english oak (*Quercus robur* L.) with the use of various nutritious substrates. *Vestnik of Volga state university of technology. Series: Forest. Ecology. Nature management*. 2017; (3):26—36. (In Russ.). doi: 10.15350/2306-2827.2017.3.26
14. Rousseau R, Self B, Beliech D. *Growing Your Own Oak Seedlings*. Available from: <http://msucares.com/pubs/publications/p2421.pdf> [Accessed 3rd February 2022].
15. Macdonald SE, Landhäusser SM, Skousen J, Franklin J, Frouz J, Hall S, et al. Forest restoration following surface mining disturbance: challenges and solutions. *New Forests*. 2015; 46:703—732. doi: 10.1007/s11056-015-9506-4
16. Gribov SE, Karbasnikova EB, Karbasnikov AA. Reproductive ability of extrazonal species. *Molochnokhozyaistvennyi vestnik*. 2016; (2):7—15. (In Russ.).
17. Meshkova VL, Didenko MM. Biotic causes of damage of acorns and young seedlings of pedunculate oak (*Quercus robur* L.). *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*. 2014; (207):247—256. (In Russ.).
18. Sukachev VN, Zonn SV. *Metodicheskie ukazaniya k izucheniyu tipov lesa* [Methodological guidelines for the study of forest types]. 2nd ed. Moscow: USSR Academy of Sciences publ.; 1961. (In Russ.).

**Об авторе:**

*Баканева Анна Александровна* — младший научный сотрудник, отдел рационального природопользования, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук», 416251, Российская Федерация, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, д. 8; e-mail: solnce5508@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-2619-8794, SPIN: 7306-1060

**About the author:**

*Bakaneva Anna Aleksandrovna* — Junior Researcher, Department of Environmental Management, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 8 Severny block, Solenoye Zaymishche vil., Chernoyarsk district, Astrakhan region, 416251, Russian Federation; e-mail: solnce5508@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-2619-8794, SPIN-code: 7306-1060