

ПЕРВИЧНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЕМЯН ДУБА КРАСНОГО И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЕГО БИОИНВАЗИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА В УРБОСРЕДЕ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2022

Родионова П.В.¹, Овен А.П.¹, Иванова А.В.², Жавкина Т.М.¹

¹Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва
(г. Самара, Российская Федерация)

²Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН
(г. Тольятти, Самарская область, Российская Федерация)

Аннотация. Рост мирового населения создает потребность в увеличении продовольствия, необходимого для обеспечения человечества съедобными продуктами. Растущее число археоботанических находок желудей указывает на то, что желуди в отдельные моменты были важны как основной продукт питания. Дуб красный по своим характеристикам является одной из перспективных пород, повышающих ресурсный потенциал дубрав на территории Среднего Поволжья, поскольку по сравнению с местным дубом черешчатым обладает большей устойчивостью древесины к сосудистым и некрозно-раковым патологиям, а также более устойчив к мучнистой росе дуба. На территории Среднего Поволжья дуб красный встречается пока редко, что связано с его ограниченным использованием в насаждениях. Объектом исследования являются семена дуба красного, сформированные деревьями из дендрария Института экологии Волжского бассейна (г. Тольятти), где их удалось собрать в количестве, позволившем провести оценку качества семян, образуемых интродуцируемым видом на новой для него территории. Изучение внутренней структуры семян дуба, имеющих плотные оболочки, проводили методом цифровой микрофокусной рентгенографии с помощью установки ПРДУ. Данный метод включен в международные стандарты, в первую очередь для оценки сформированности внутренней структуры и повреждения зерна фитофагами. Рентгеноскопический скрининг позволил распределить семена дуба красного в категории: 1) семена, полностью сформированные, выполненные и не поврежденные насекомыми; 2) семена, которые при опадении с дерева сохраняют плюску (не имеют развитого содержимого); 3) семена, поврежденные насекомыми в процессе формирования семядолей; 4) семена без плюски, но с различной выраженностью недоразвития; 5) семена с частичным недоразвитием семядолей, которые не заполняют всего объема семенных покровов. Показатели массы и размера семян, определенные для насаждения на территории Самарской области, соответствуют показателям из других регионов произрастания дуба красного и составляют: диаметр – $1,76 \pm 0,01$ см; длина – $2,48 \pm 0,02$ см; масса 1000 семян – $4224 \pm 62,65$ г (урожай 2021 г.). При этом лишь от 55 до 39 семян дуба красного (урожаи 2021 и 2022 гг. соответственно) имели достаточно высокое качество, позволяющее использовать их для посева. Рассматривая перспективы дуба красного как агента биологического загрязнения, авторы указывают на нерегулярность его семенения, формирование высокой доли некачественных семян, а также малое количество образуемого самосева и его повышенную требовательность к увлажнению почвы. Перечисленные особенности ограничивают перспективы реализации дубом красным его инвазионного потенциала в насаждениях лесостепи Самарской области.

Ключевые слова: род *Quercus*; дуб красный; *Quercus rubra*; жёлудь; природный ареал; культигенный ареал; интродукция; Самарская область; Ботанический сад Самарского университета; метод цифровой микрофокусной рентгенографии; рентгеноскопический скрининг семян; инвазионный потенциал.

THE PRIMARY ASSESSMENT OF THE RED OAK SEEDS QUALITY AND PROSPECTS FOR ITS BIOINVASIVE POTENTIAL REALIZATION IN THE SAMARA REGION URBAN ENVIRONMENT

© 2022

Rodionova P.V.¹, Oven A.P.¹, Ivanova A.V.², Zhavkina T.M.¹

¹Samara National Research University (Samara, Russian Federation)

²Institute of Ecology of the Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences – Branch of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (Togliatti, Samara Region, Russian Federation)

Abstract. The world population growth postulates a necessity for food increase to provide mankind with edible products. A growing number of archaeobotanical finds of acorns indicates that they were important as a staple food for some regions. According to its characteristics, red oak is one of the promising species that can increase the resource potential of oak forests in the Middle Volga region. Compared to local oak one, red oak wood is more resistant to vascular and necrotic-cancerous pathologies. The red oak is also more resistant to oak powdery mildew. On the territory of the Middle Volga region, red oak is still rare, because of its limited use in plantations. The subject of the study is the quality of red oak seeds formed by trees from the arboretum of the Institute of Ecology of the Volga Basin (Togliatti city), where they were collected in an amount enough to assess the quality of seeds formed by an introduced species on a territory new to it. The study of the internal structure of oak seeds with dense shells was carried out by digital microfocus radiography using a PRDU installation. This method is included in international standards, primarily for assessing the formation of the seeds internal structure and grain damage by phytophages. X-ray scree-

ning allowed to categorize the red oak seeds: 1) seeds, fully formed, filled and not damaged by insects; 2) seeds that, when falling from a tree, retain their cupula (do not have a developed content); 3) seeds damaged by insects during the formation of cotyledons; 4) seeds without a cupula, but with varying severity of underdevelopment; 5) seeds with partial underdevelopment of the cotyledons, which do not fill the entire volume of the seed coats. The weight and size parameters of seeds formed in the Samara region correspond to the indicators from other regions of red oak growth and are: diameter – $1,76 \pm 0,01$ cm; length – $2,48 \pm 0,02$ cm; weight of 1000 seeds – $4224 \pm 62,65$ g (harvest 2021). At the same time, only from 55 to 39% of red oak seeds (harvests in 2021 and 2022, respectively) were of a sufficiently high quality to be used for sowing. Considering the prospects of red oak as an agent of biological invasion, the authors point to the variability of its seed harvest by years, the formation of a high proportion of low-quality seeds, as well as a small amount of self-seedings with increased demands to soil moisture.

Keywords: genus *Quercus*; red oak; *Quercus rubra*; acorn; natural area; cultigen area; introduction; Samara Region; Botanical Garden of Samara University; method of digital microfocus fluoroscopy; X-ray screening of seeds; invasive potential.

Введение

История человечества на многих территориях обнаруживает тесную связь с использованием некоторых семян и плодов, формируемых важнейшими лесобразующими древесными видами. В умеренных широтах таким «даром природы», несомненно, являлись желуди, которые были доступны человеку практически везде, где растут дубы. На самом деле обозначение «желудь» используется для обозначения семян, производимых несколькими деревьями, принадлежащими к роду дуб – *Quercus* L., к семейству Fagaceae. Виды рода *Quercus* являются доминирующими представителями широкого спектра местообитаний, включая умеренные лиственные леса, умеренные и субтропические вечнозеленые леса, субтропические и тропические саванны и субтропические редколесья, и представлены, по мнению различных авторов, объемом от 500 до 600 видов по всему миру [1]. Хотя дубравы покрывали значительную часть мировой территории, их потенциал как продовольственного ресурса был недооценен по сравнению с другими растительными продуктами питания [2]. Согласно Rosenberg [3, p. 167–175], дубы в древнем Средиземноморье, например, традиционно использовались для нескольких целей, включая строительный материал, производство древесного угля, дров, производство веревок и извлечение танина, но не как пищевой ресурс. Тем не менее продукты на основе желудей играли важную роль в рационе человека на протяжении веков, от древних коренных американцев до населения современного Средиземноморья, в настоящее время являясь частью традиционного гастрономического фольклора некоторых средиземноморских стран [4, p. 584–588]. Растущее число археоботанических находок желудей указывает на то, что желуди в отдельные моменты были важны как основной продукт питания. На самом деле, существует ряд этнографических и исторических записей об использовании желудей в пищу человеком не только в периоды голода, но и в качестве более распространенного источника питательных веществ. Дубы были одними из наиболее заметных участников средиземноморских лесов, покрывавших значительную часть ландшафта [3].

Нынешняя глобальная продовольственная система должна адаптироваться к ожидаемому росту мирового населения. Эта адаптация, вероятно, будет включать увеличение потребления съедобных дикорастущих продуктов из-за их богатства микроэлементами и биологически активными соединениями, помимо обеспечения экономически эффективного и устойчивого способа повышения калорийности продо-

вольственной безопасности. Желуди (орехи дуба) играют важную роль в сельской экономике. Их питательная ценность, высокое содержание биологически активных соединений, биологическая активность, такая как антиоксидантные, противораковые и кардиопротекторные свойства, и использование при лечении специфических заболеваний, таких как атеросклероз, диабет или болезнь Альцгеймера, вызвали интерес к включению желудей в рацион человека [5, p. 273–287].

На территории Среднего Поволжья в природных экосистемах представлен один из видов рода дуб – дуб черешчатый *Quercus robur* L., для которого здесь проходит граница ареала. Одним из внедряемых в искусственные насаждения региона видов рода *Quercus* является дуб красный, который пока встречается здесь довольно редко. Однако хотя в недавнем прошлом он высаживался ограниченно, в последнее время дуб красный стал «модным» в озеленении. В этом отношении уместно рассмотреть вопрос о том, насколько успешно данный вид способен к семенному размножению в новых для него условиях и не представляет ли он угрозы как агент биологического загрязнения, то есть не станет ли он для Самарской области ли новым «клёном ясенелистным, или американским». Одним из важных аспектов, который при этом следует раскрыть, несомненно, является оценка качества семян, образуемых интродуцируемым видом на новой для него территории.

Дуб красный (*Quercus rubra* L.) широко известный как северный красный дуб, или просто как красный дуб, или дуб-чемпион, родом из Северной Америки (восточная и центральная часть США, юг и юго-восток центральной Канады; от северной оконечности Великих озер до Новой Шотландии на востоке, на юге до Джорджии, Миссисипи, Алабамы и Луизианы, а на западе до Оклахомы, Канзаса, Небраски и Миннесоты) [6]. Принадлежит к семейству Fagaceae и в настоящее время выращивается по всему миру в садах и парках в декоративных целях [7, p. 6255].

В последнее десятилетие возможные варианты применения семян дуба красного можно найти, например, в производстве L(+)-молочной кислоты с использованием гидролизованного желудевого крахмала [8, p. 3642–3648], в получении недорогого адсорбента из кожуры желудя для удаления шестивалентного хрома из промышленных сточных вод [9] или извлечения биологически активных соединений гидрофильной природы (полифенолов) [10; 11, p. 45–51] и липофильной природы (токоферолы, стерин и каротиноиды) [12, p. 143–151; 13, p. 781–786] из желудей разных видов.

Это дерево высотой до 25 м и более метра в диаметре, с прямым стволом. Кора гладкая, позже слаботрещинчатая. Крона продолговато-овальная, в старости широкая. Побеги слегка ребристые, блестящие. Почка красно-бурые, блестящие. Листья тонкие, блестящие, с 2–4 парами острозубчатых лопастей с каждой стороны, с клиновидным основанием, длиной 10–25 см, на черешках. Осенью листья окрашиваются в ярко-красные и оранжевые тона и дерево приобретает исключительную декоративность. Тычиночные цветки в сережках длиной 4–10 см, пестичные – по 1–2 на коротких ножках [14].

Желуди длиной 1,8–3 см, почти шаровидные или яйцевидные, с заостренным кончиком, блестящие, коричневые, тонко опушенные, сидячие. Созревают в августе–сентябре на второй год после цветения. Всхожесть их до 80%. Плюска кожистая, опушенная, окружает желудь не более чем до 1/3 его длины [15, с. 35–38].

Дуб красный к почве малотребователен. Переносит разнообразные почвы, но лучше растет на глубоких хорошо текстурированных почвах. Успешно растет на песчаных свежих почвах. Корневая система с неглубоким стержневым корнем, но с сильно развитыми боковыми корнями [16].

Дуб красный по своим характеристикам является одной из перспективных пород, повышающих ресурсный потенциал дубрав на территории Среднего Поволжья [17, с. 23–27]. По сравнению со всем известным дубом черешчатым, у дуба красного древесина обладает большей устойчивостью к сосудистым и некрозно-раковым патологиям, а также к такому патогену, как мучнистая роса дуба [16].

Информация об итогах длительного развития дуба красного как участника искусственных насаждений применительно к Самарской области может быть рассмотрена для двух модельных территорий – дендрария Ботанического сада Самарского университета и дендрария Института экологии Волжского бассейна (г. Тольятти).

Так, на территории Ботанического сада Самарского университета имеется несколько экземпляров дуба красного разных лет посадки, которые достигли генеративной фазы развития. Образцы дуба красного 1953 года посева (группа в дендрарии) плодоносят, но с небольшим количеством выполненных семян. Дуб красный 1982 года (посадка вблизи административного здания) завязывает смена, но выполненных также, как правило, очень мало. Образцы дуба красного 2007 г. и 2018 года посадок (группа в дендрарии) пока не плодоносят.

В дендрарии Института экологии Волжского бассейна РАН (г. Тольятти) имеется 2 дерева дуба красного в генеративной стадии развития. Они размещаются с восточной стороны административного корпуса. Высота деревьев 15 и 12 м, диаметр кроны – 12 и 10 м соответственно. Диаметр ствола 110 и 96 см соответственно. Возраст деревьев – более 50 лет, ориентировочные годы посадки 1964–1966 годы. Именно из этого насаждения происходит семенной материал, проанализированный нами при выполнении работы.

Целью данной работы является рассмотрение качества семян, сформированных дубом красным *Quercus rubra* L., в 2021 и 2022 гг. деревьями в модельном насаждении – дендрарии Института экологии Волжского бассейна РАН.

Объекты, условия и методы исследования

Семена дуба красного были собраны в дендрарии Института экологии Волжского бассейна РАН (г. Тольятти) научным сотрудником А.В. Ивановой с поверхности почвы под деревьями по мере их опадения (сентябрь–октябрь 2021 и 2022 гг.). Общий объем проанализированных проб составил 1861 штук желудей для урожая 2021 г. и 80 – для урожая 2022 г.

Изучение внутренней структуры семян дуба, имеющих плотные оболочки, проводили методом цифровой микрофокусной рентгенографии с помощью установки ПРДУ [18, с. 52–66]. Данный метод включен в международные стандарты, в первую очередь для оценки заражения и повреждения зерна вредителями. Его применяют при изучении качества плодов и семян в ботанических садах.

Образцы семян дуба помещали в камеру прибора на маркированных пластиковых планшетах. Размер семян дуба позволял проводить их экспонирование на планшетах как на выдвижной полке в ее нижнем положении, так и непосредственно с размещением планшетов на поверхности детектора, что позволяло одновременно экспонировать 4 планшета семян при значительном их общем количестве (урожай 2021 г.) (рис. 1).

Рентгеноскопирование семян выполняли при экспозиции 3 с, после чего на экран монитора выводилось цифровое изображение, на котором были отчетливо видны выполненность внутреннего содержимого семян, различные повреждения насекомыми, трещины, отсутствие сформированности ядра. Обработка цифровых фото включала подсчет числа семян в группах с различным качеством и внесение результатов в базу данных MS Excel, в которой производилась общая математическая обработка [19, с. 207–211].

Для проб 2021 г. с помощью штангенциркуля проводили определение линейных показателей (длина семени, диаметр) с точностью до 1 мм, взвешиванием на электронных весах определялась масса желудей с точностью до 0,01 г. Расчетно по данным массы навесок по 50 и 100 семян в соответствии с ГОСТ 13056.4-67 была определена масса 1000 семян [20].

Результаты и их обсуждение

Первым моментом, на котором следует остановиться, обсуждая полученные нами результаты, является резко выраженная изменчивость по годам количества семян, сформированных деревьями дуба красного в дендрарии Института экологии Волжского бассейна РАН. При этом для деревьев Ботанического сада обильное семеношение не отмечается, поэтому, изучая качество семян, мы были вынуждены ограничиться одним насаждением.

Рентгеноскопический скрининг семян дуба красного позволил нам визуально классифицировать их по определенным критериям, что продемонстрировано на рисунке 2 (эталонный планшет, специально сформированный по итогам рентгеноскопирования желудей). Так, первая категория качества – это семена, полностью сформированные, выполненные и не поврежденные насекомыми (столбцы 4, 5, строки а–е); вторая категория – семена, которые при опадении с дерева сохраняют плюску и, как оказалось, заведомо являются невыполненными (столбец 1, 2, строки а–б, д, столбец 2, строки а–е); третья категория – семена, поврежденные насекомыми в процессе формирова-

ния семядолей (столбец 3, строка 3 *a–e*). Для семян третьей категории характерны опадение плюски, как у качественных семян, и в разной мере выраженная деградация семядолей. Незначительное количество семян имело частичную невыполненность, при которой семядоли не заполняли объем семенных покровов (столбец 1, строка *e*).

Также рисунок 2 наглядно демонстрирует, что размер семян не является прямым доказательством их выполненности. При сравнительно маленьком размере желудь может быть выполненным. Интересным моментом, указанным выше, является выявленный нами факт, что если семя упало с дерева вместе с плюской, то оно однозначно является невыполненным, даже при достижении «нормального» размера.

Анализируя семена дуба красного урожая 2021 года, мы выявили, что из всего объема переданной на анализ партии семян (1861 шт.) 55% составили нормальные и заполненные (1030 шт.), 24% – мелкие (437 шт.), 5% – пустые без плюски (100 шт.), 16% пустые с плюской (294 шт.) (рис. 3). Урожай 2022 г., при ограниченном количестве семян (80 шт.), продемонстрировал и их худшее качество, что выразилось в увеличении доли «плюсковых» невыполненных и сокращении доли семян нормального качества (количественное распределение составило 35 шт. нор-

мальных заполненных, 9 шт. мелких, 3 пустых без плюски, 42 – невыполненные с плюской).

Показатели массы и размеров семян, определенные нами для дуба красного из выборки образцов 2021 г., составили: диаметр – $1,76 \pm 0,01$ см; длина – $2,48 \pm 0,02$ см; масса 1000 семян – $4224 \pm 62,6$ г. Они укладываются в пределы нормативных показателей для данных видов, в частности показателей массы 1000 семян у дуба красного 2–5 кг [21]. Показатели размера желудя у дуба красного в справочной литературе указаны как «...28–25 мм длиной, 17–20 мм шириной и толщиной...» [22]. Таким образом, полученные нами данные вполне входят в указанный в литературе диапазон массы и размеров для семян дуба красного.

На основании собранных данных о размере семян дуба красного (урожай 2021 г.) были построены графики распределения по этим показателям (рис. 4). Кривая распределения по показателю массы семени достаточно логично сочетается с выявленным методом рентгеноскопии присутствием в пробе семян различных категорий качества (рис. 2; рис. 3). По графику распределения длины видно, что в выборке присутствует некоторый процент более коротких желудей. Показатель диаметра оказался наиболее стабильным, характеризующий его график близок к нормальному распределению.

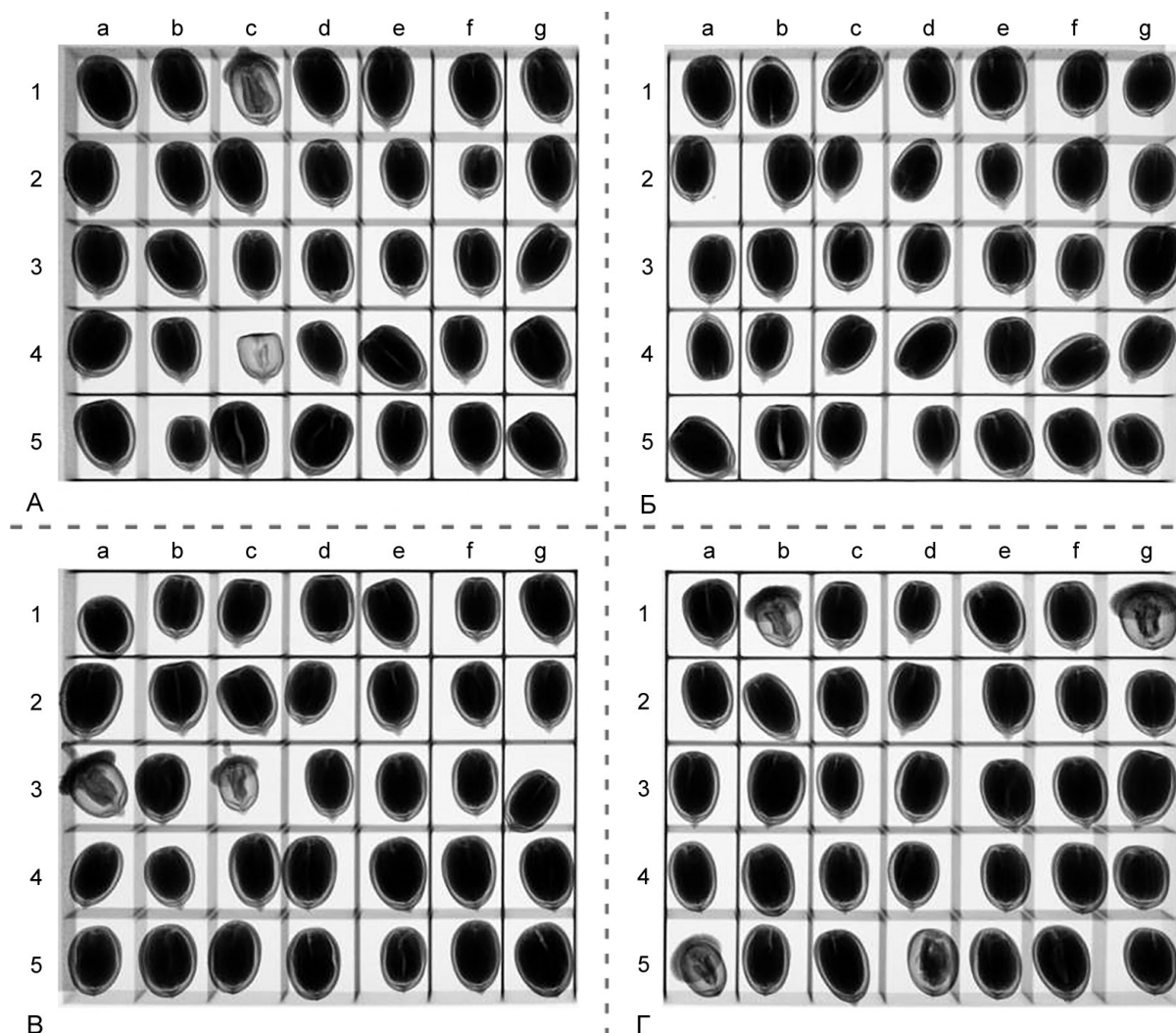


Рисунок 1 – Пример результатов рентгеноскопирования семян дуба красного при одновременном экспонировании 4 планшетов (А–Г)

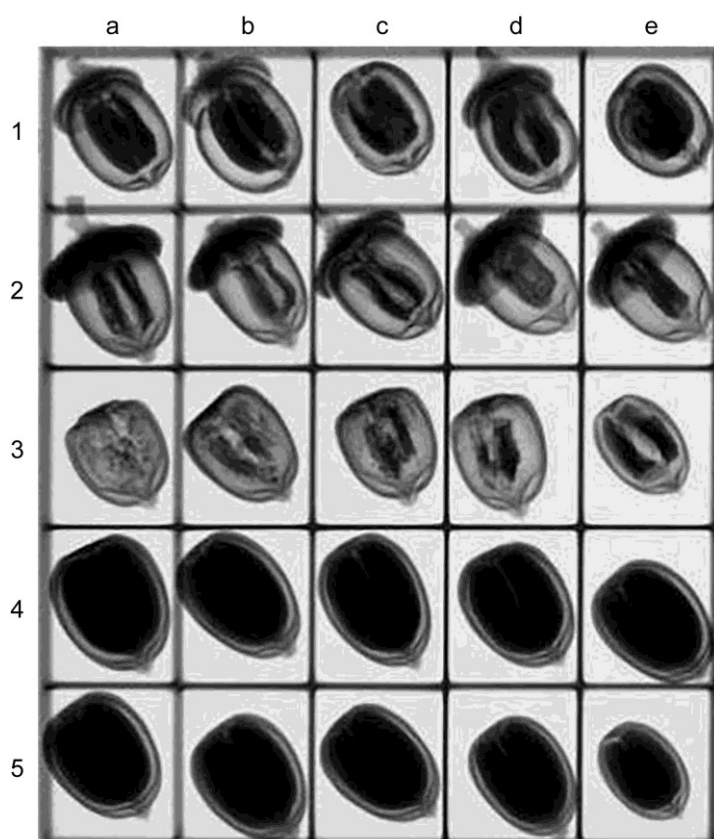


Рисунок 2 – Эталонное сравнение желудей дуба красного по результатам рентгеноскопического анализа (пояснения см. в тексте)

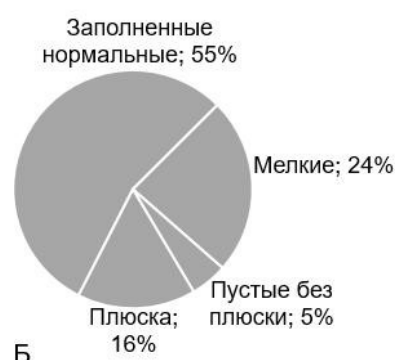


Рисунок 3 – Распределение семян дуба красного из дендрария ИЭВБ РАН по условным категориям качества (образцы урожая: А – 2021 г., Б – 2022 г.)

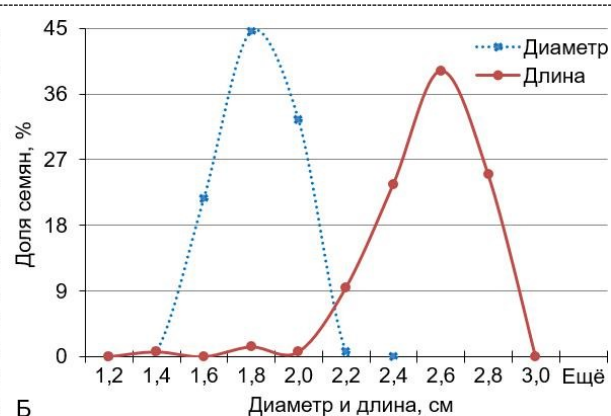
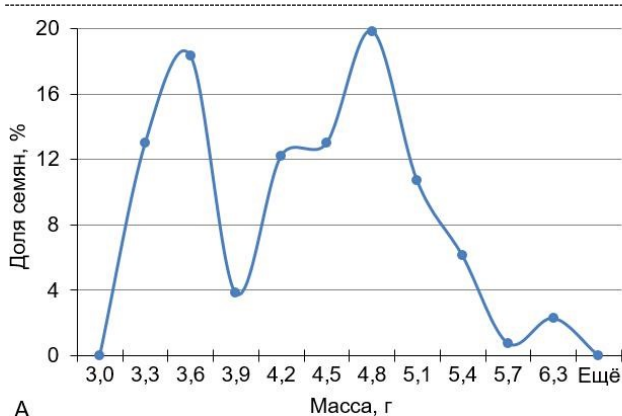


Рисунок 4 – Графики распределения по показателям размеров семян у дуба красного: А – распределение по массе, Б – распределения по диаметру и длине (семена урожая 2021 г.)

По графику распределения длины видно, что в выборке присутствует некоторый процент более коротких желудей. Показатель диаметра оказался наиболее стабильным, характеризующий его график близок к нормальному распределению. Выполненная нами оценка показателей размеров семян дуба красного позволила получить данные, отражающие характеристики семян, сформированных за пределами ареала естественного произрастания данного вида. При этом заслуживает внимания тот момент, что лишь часть семян дуба красного (от 55 до 39%) обнаружила достаточно высокое качество, что позволило бы использовать их для посева и ожидать получения новых особей.

Заключение

Оценка качества семян, формируемых древесными растениями-интродуцентами в культигенном ареале, представляет интерес сразу в нескольких отношениях. Во-первых, семена могут использоваться для нужд местного лесного хозяйства, для пополнения генетических банков в ходе сохранения *ex situ*. Во-вторых, самопроизвольно распространяющиеся семена могут обеспечивать широкое расселение для видов, приобретающих статус агентов биологического загрязнения. Так, рассматривая сценарий реализации инвазионного потенциала видов-интродуцентов [23, с. 204–209], следует учитывать его 4 составляющих (рис. 5).

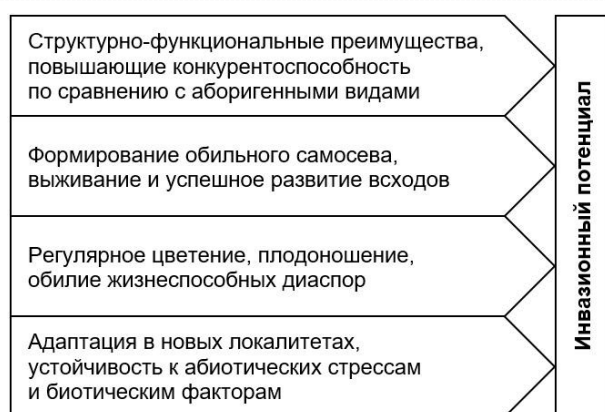


Рисунок 5 – Составляющие инвазионного потенциала растений-интродуцентов (из [23, с. 204–209])

Первым условием является устойчивость к комплексу абиотических и биотических стресс-факторов. Это является фундаментом для выживания «пионерных» особей, которые, в принципе, могут дать начало популяциям вселенцев. Вторым условием является устойчивое прохождение генеративных фаз и обильное формирование качественных семян. Данный момент обеспечивает возможность генеративного размножения. Третье условие было сформулировано авторами как формирование многочисленного самосева, часть из которого успешно продолжает свое развитие и достигает генеративной стадии. Наконец, четвертое связано с наличием у вида-вселенца структурно-функциональных и прочих преимуществ перед аборигенными видами, в чью экологическую нишу он пытается внедриться [23]. Такими преимуществами могут быть «неосвоенность» инвазионного вида в новых экосистемах фитопатогенами и фитофагами, а также особенности роста, развития, активность регенеративных процессов, специфика метаболизма и др.

Мы уже охарактеризовали растения дуба красного как существующие длительное время в насаждениях особи, а также рассмотрели особенности их семеношения по регулярности и обилию. Что касается формирования самосева, то для деревьев дуба красного 1953 года посева (группа в дендрарии Ботанического сада) в подкroновом пространстве было обнаружено всего 4 экземпляра самосева. У дуба красного 1982 года (посадка вблизи административного здания) за период плодоношения вблизи него было обнаружено 5 сеянцев. В дендрарии Института экологии Волжского бассейна РАН (г. Тольятти) самосев от дубов происходит массово и достаточно регулярно (по годам), особенно при достаточном количестве осадков. Периодически обильно появляются всходы, их дальнейшее развития зависит от погоды и дополнительного, к сожалению нерегулярного, полива. В результате при ежегодном плодоношении до состояния подроста всходы, как правило, не доживают.

Анализ представленной краткой информации уже позволяет нам предполагать, что возможности самовозобновления в наших насаждениях у дуба красного определяются в значительной степени высокой требовательностью его всходов к влаге. Это практически исключит возможности для самосева в искусственных насаждениях в степных районах Самарской области и существенно ограничит – в лесостепных. Другими особенностями, ограничивающими воз-

можности дуба красного как агента биологического загрязнения, являются нерегулярность его семеношения, выявленное нами формирование высокой доли некачественных семян, а также малое количество образуемого самосева, которое может быть и результатом слабой освоенности желудей дуба красного животными. Данный момент, связанный с включением интродукта в трофические сети, еще ждет своего детального рассмотрения.

Список литературы:

- Tejerina D., Garcia-Torres S., Cabeza de Vaca M., Vazquez F.M., Cavab R. Acorns (*Quercus rotundifolia* Lam.) and grass as natural sources of antioxidants and fatty acids in the «montanera» feeding of Iberian pig: intra- and inter-annual variations // Food Chemistry. 2017. Vol. 124, iss. 3. P. 997–1004. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.07.058.
- Shi W., Villar-Salvador P., Li G., Jiang X. Acorn size is more important than nursery fertilization for outplanting performance of *Quercus variabilis* container seedlings // Annals of Forest Science. 2019. Vol. 76. DOI: 10.1007/s13595-018-0785-8.
- Rosenberg D. The possible use of acorns in past economies of the Southern Levant: a staple food or a negligible food source? // The Journal of the Council for British Research in the Levant. 2008. Vol. 40, iss. 2. P. 167–175. DOI: 10.1179/175638008x348025.
- Silva S., Costa E.M., Borges A., Carvalho A.P., Monteiro M.J., Pintado M.M.E. Nutritional characterization of acorn flour (a traditional component of the Mediterranean gastronomic folklore) // Journal of Food Measurement and Characterization. 2016. Vol. 10. P. 584–588. DOI: 10.1007/s11694-016-9340-1.
- Vinha A.F., Barreira J.C.M., Ferreira I.C.F.R., Oliveira M.B.P.P. Therapeutic, phytochemistry, and pharmacology of acorns (*Quercus* nuts): a review // Bioactive Compounds in Underutilized Fruits and Nuts. Cham: Springer, 2020. P. 273–287. DOI: 10.1007/978-3-030-30182-8_46.
- Kartesz J.T. The biota of North America program (BONAP) [Internet] // North American Plant Atlas. <http://bonap.net/napa>.
- Cantos E., Espin J.C., Lopez-Bote C., de la Hoz L., Ordóñez J.A., Tomas-Barberan F.A. Phenolic compounds and fatty acids from acorns (*Quercus* spp.), the main dietary constituent of free-ranged Iberian pigs // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2003. Vol. 51, iss. 21. P. 6248–6255. DOI: 10.1021/jf030216v.
- Lu Z., He F., Shi Y., Lu M., Yu L. Fermentative production of L(+)-lactic acid using hydrolyzed acorn starch, persimmon juice and wheat bran hydrolysate as nutrients // Bioresource Technology. 2010. Vol. 101, iss. 10. P. 3642–3648. DOI: 10.1016/j.biortech.2009.12.119.
- Kuppusamy S., Thavamani P., Megharaj M., Venkateswarlu K., Lee Y.B., Naidu R. Oak (*Quercus robur*) acorn peel as a low-cost adsorbent for hexavalent chromium removal from aquatic ecosystems and industrial effluents // Water, Air and Soil Pollution. 2016. Vol. 227, iss. 2. DOI: 10.1007/s11270-016-2760-z.
- Kyriakidou K., Mourtzinis I., Biliaderis C.G., Makris D.P. Optimization of a green extraction/inclusion complex formation process to recover antioxidant polyphenols from oak acorn husks (*Quercus robur*) using aqueous 2-hydroxypropyl-β-cyclodextrin/glycerol mixtures // Environments. 2016. Vol. 3, iss. 1. DOI: 10.3390/environments3010003.
- Custodio L., Patarra J., Albericio F., da Rosa Neng N., Nogueira J.M.F., Romano A. Phenolic composition, antioxidant potential and *in vitro* inhibitory activity of leaves and acorns of *Quercus suber* on key enzymes relevant for hyperglycemia and Alzheimer's disease // Industrial Crops

and Products. 2015. Vol. 64. P. 45–51. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.11.001.

12. Vinha A.F., Costa A.S.G., Barreira J.C.M., Pacheco R., Oliveira M.B.P.P. Chemical and antioxidant profiles of acorn tissues from *Quercus* spp.: potential as new industrial raw materials // *Industrial Crops and Products*. 2016. Vol. 94. P. 143–151. DOI: 10.1016/j.indcrop.2016.08.027.

13. Rabhi F., Narvaez-Rivas M., Tlili N., Boukhchina S., Leon-Camacho M. Sterol, aliphatic alcohol and tocopherol contents of *Quercus ilex* and *Quercus suber* from different regions // *Industrial Crops and Products*. 2016. Vol. 83. P. 781–786. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.11.020.

14. Пчелин В.И. Дендрология: учебник. Йошкар-Ола: Марийский гос. технический университет, 2007. 520 с.

15. Ткаченко К.Г., Фирсов Г.А. К вопросу о латентном периоде *Q. rubra* L. // *Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН*. 2017. Вып. 17. С. 35–38.

16. Скуратов И.В., Крюкова Е.А. Оценка устойчивости видов, гибридов и форм рода *Quercus* к эколого-патологическим факторам для защитного лесоразведения [Электронный ресурс] // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 1. <https://science-education.ru/ru/article/view?id=8204>.

17. Дерюжкин Р.И., Енькова Е.И., Сухов И.В. Совершенствовать способы восстановления дубрав // *Лесное хозяйство*. 1980. № 2. С. 23–27.

18. Ткаченко К.Г., Староверов Н.Е., Грязнов А.Ю. Рентгенографическое изучение качества плодов и семян // *Hortus Botanicus*. 2018. Т. 13. С. 52–66.

19. Землянова В.Е., Жавкина Т.М., Помогайбин А.В., Кавеленова Л.М., Родионова П.В., Розно С.А., Янков Н.В., Потрахов Н.Н. О возможностях экспресс-оценки качества плодов и семян древесных растений с помощью рентгенографического скрининга // *ЭкоБиоТех 2021: матлы VII всерос. конф. с междунар. участием*. Уфа, 4–7 октября 2021 г. Уфа: УИБ УФИЦ РАН, 2021. С. 207–211.

20. ГОСТ 13056.4-67. Семена деревьев и кустарников. Методы определения массы 1000 семян // *Семена деревьев и кустарников. Правила отбора образцов и методы определения посевных качеств семян*. М.: Издательство стандартов, 1988. С. 60–62.

21. Волкович А.П. Лесное семеноводство. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие. Минск: БГТУ, 2014. 72 с.

22. Броувер В., Штелин А. Справочник по семеноводству сельскохозяйственных, лесных и декоративных культур с ключом для определения важнейших семян / пер. с нем. В.И. Леунова. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 694 с.

23. Розно С.А., Кавеленова Л.М., Помогайбин А.В., Жавкина Т.М., Рузаева И.В. К оценке инвазионного потенциала интродуцированных растений в лесостепи Среднего Поволжья // *Фитоинвазии: остановить нельзя сдаваться: мат-лы всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием* (Москва, 10–11 февраля 2022 г.) / отв. ред. В.В. Чуб. М.: Издательство Московского университета, 2022. С. 204–209.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
Родионова Полина Владимировна , аспирант кафедры экологии, ботаники и охраны природы; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: polina-rodionova-1996@mail.ru.	Rodionova Polina Vladimirovna , postgraduate student of Ecology, Botany and Nature Protection Department; Samara National Research University (Samara, Russian Federation). E-mail: polina-rodionova-1996@mail.ru.
Овен Алина Петровна , студент биологического факультета; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: a-oven@mail.ru.	Oven Alina Petrovna , student of Biological Faculty; Samara National Research University (Samara, Russian Federation). E-mail: a-oven@mail.ru.
Иванова Анастасия Викторовна , кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории проблем фиторазнообразия и фитоценологии; Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН (г. Тольятти, Самарская область, Российская Федерация). E-mail: nastia621@yandex.ru.	Ivanova Anastasiya Viktorovna , candidate of biological sciences, researcher of Phytodiversity and Phytocoenology Problems Laboratory; Institute of Ecology of the Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences – Branch of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (Togliatti, Samara Region, Russian Federation). E-mail: nastia621@yandex.ru.
Жавкина Татьяна Михайловна , начальник отдела дендрологии Ботанического сада; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: tanya.zhavkina@yandex.ru.	Zhavkina Tatyana Mikhailovna , head of Dendrology Department of Botanical Garden; Samara National Research University (Samara, Russian Federation). E-mail: tanya.zhavkina@yandex.ru.

Для цитирования:

Родионова П.В., Овен А.П., Иванова А.В., Жавкина Т.М. Первичная оценка качества семян дуба красного и перспективы реализации его биоинвазионного потенциала в урбосреде Самарской области // *Самарский научный вестник*. 2022. Т. 11, № 4. С. 103–109. DOI: 10.55355/snv2022114115.