

## Оценка параметров плодоношения субтропических и орехоплодных культур в режиме «генотип – среда»

А. Ш. Хужахметова<sup>1</sup>✉, В. А. Семенютина<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия

✉ E-mail: vnialmi@yandex.ru

**Аннотация.** Цель исследования – оценка параметров плодоношения интродуцированных субтропических и орехоплодных культур в режиме «генотип – среда» для обоснования расширения ареалов возделывания экономически важных растений при обогащении дендрофлоры и формировании многоцелевых насаждений в Волгоградской области. **Объекты исследований** – виды и сорта различного ареалогического происхождения, произрастающие в условиях каштановых почв (кадастровые номера участков 34:36:0000:14:0178; 34:34:000000:122; 34:34:060061:10). **Методы.** Пределы толерантности видов, сортов и лимитирующие факторы их произрастания проводились на основе анализа опыта интродукции изучаемых родов *Zizyphus* и *Corylus* в России и за рубежом. Применен активный эксперимент для выявления зимо- и засухоустойчивости по характеру цветения. Оценка влияния состояния среды на стабильность плодоношения сортового разнообразия субтропических (*Zizyphus*) и орехоплодных (*Corylus*) культур проводилась методом кластерного анализа. **Результаты и область применения.** В пределах искусственных и естественных ареалов определены экологическая пластичность и репродуктивная способность кустарников с учетом климатических условий. В период исследований выделены острозасушливые (2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019) и благоприятные (2014, 2016, 2018) в гидрологическом отношении условия для роста и развития интродуцированных кустарников. Установлена стабильность морфологических показателей плодов *Corylus* L. по абсолютным величинам. В благоприятные годы растения сорта Черкесский-2 характеризовались хорошим плодоношением (полноценных плодов около 75 %), остальные сорта уступают по стабильности плодоношения. Плодоношение удовлетворительное (около 50 % полноценных плодов). Установлено, что показатель доброкачественности мелкоплодных сортов растений *Z. jujuba* на каштановых почвах варьировался от 66,1 до 97,2 %, у среднеплодных сортов он был невысоким (28,4–42,6 %), а самый низкий (4,5–9,8 %) отмечен крупноплодных сортов Та-ян-цзао, Южанин. Полученные данные об особенностях плодоношения кустарников *Z. jujuba*, *C. pontica* позволяют обосновать стрессоустойчивые сорта как компоненты многоцелевых искусственных насаждений на деградированных землях. **Научная новизна.** Предложен кластерный анализ оценки и прогноза параметров плодоношения для целевого отбора перспективных экономически важных растений на основе их экологической пластичности в засушливых условиях.

**Ключевые слова:** параметры плодоношения, экологическая пластичность, сорта, «генотип-среда», обогащение дендрофлоры.

**Для цитирования:** Хужахметова А. Ш., Семенютина В. А. Оценка параметров плодоношения субтропических и орехоплодных культур в режиме «генотип – среда» // Аграрный вестник Урала. 2021. № 04 (207). С. 43–54. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-43-54.

**Дата поступления статьи:** 21.12.2020.

### Постановка проблемы (Introduction)

Площади естественного произрастания субтропических и орехоплодных растений (семейства *Corylaceae* Mirb., *Rhamnaceae*) ограничены, так же как и территории, пригодные по почвенно-климатическим условиям для их промышленного возделывания. Вместе с тем отмечается тенденция увеличения спроса на плоды этих культур. *Corylus avellana* относится к основным сырьевым растениям, показатели плодовой продуктивности которой увеличиваются от северных и северо-восточных границ ареала (0,05–0,10 т/га) к центру (0,20–0,40 т/га). На субъекты Южного и Приволжского федеральных округов приходится соответственно 43,5 и 36,0 %. С начала XXI

века объемы заготовки орехов в стране снизились более чем в три раза.

*Zizyphus jujuba* Mill. – нетрадиционный источник сырья БАВ благодаря высокому содержанию углеводов, протеинов, витаминов, пектина, органических кислот [1], [2].

Возрастает актуальность исследований по обоснованию расширения ареалов возделывания экономически важных растений для обогащения дендрофлоры, повышения биоресурсного потенциала и формирования многоцелевых насаждений на малолесных территориях [3, с. 1415–1422], [4, с. 365–382], [5, с. 29–42], [6], [7, с. 99–104].

Разное сочетание климатических и погодных показателей (высокие/низкие температуры, концентрация солей и др.) оказывает стрессовое воздействие на растительные организмы, что нашло отражение в публикациях многих исследователей [8, с. 585–592], [9, с. 433–447], [10, с. 785–791].

Анализ опыта интродукции изучаемых родов *Zizyphus* и *Corylus* L. в России и за рубежом позволил установить пределы толерантности видов, сортов и лимитирующие факторы их произрастания (количество осадков, температура). Стабильность плодоношения, качество плодов интродуцированных кустарников *Z. jujuba* Mill., *C. pontica* C. Koch. зависят от их экологической пластичности. Для рассматриваемого региона (Нижнее Поволжье) многие исследователи прогнозируют рост продолжительности вегетации с увеличением теплообеспеченности [11, с. 334]. Это указывает на актуальность исследований прогноза параметров плодоношения субтропических и орехоплодных культур в режиме «генотип – среда».

Цель настоящего исследования – оценка параметров плодоношения интродуцированных субтропических и орехоплодных культур в режиме «генотип – среда» для обоснования расширения ареалов возделывания экономически важных растений для обогащения дендрофлоры и формирования многоцелевых насаждений в Волгоградской области.

**Методология и методы исследования (Methods)**

Объекты исследований – виды и сорта *Zizyphus*, *Corylus* различного ареалогического происхождения, которые

произрастают в условиях каштановых почв (кадастровые номера участков 34:36:0000:14:0178; 34:34:000000:122; 34:34:060061:10). Год посадки – 1998, размещение опытных растений 6 × 4 м в трехкратной повторности по вариантам. Применен активный эксперимент по определению зимо-, засухоустойчивости [12], характера цветения, а также параметрам плодоношения (рис. 1) [13, с. 40–52], [14], [15, с. 740–753].

Для оценки влияния состояния среды по известным физическим параметрам (температура, осадки) на плодоношение сортового разнообразия был взят десятилетний период наблюдений (2010–2020 гг.).

Оценка цветения и плодоношения проводилась с учетом показателей, приведенных в таблице 1.

Определение качественных и количественных признаков в однородные группы (кластеры) проводится путем выяснения их близости на основе теоретических предпосылок. Обоснование кластеров базируется на отнесении к одной совокупности по типам качественных (баллы, ранги) и количественных (размеры, частота, доля, и др.) параметров. Проведена обработка экспериментальных данных (Excel, Statistica 8.0), полученных в полевых и лабораторных условиях.

**Результаты (Results)**

Анализ основных климатических характеристик естественного ареала *Zizyphus jujuba* Mill., *Corylus pontica* позволил выявить ограничивающие факторы произрастания в регионе исследований (таблицы 2, 3).



Рис. 1. Схема изучения растений в режиме исследований «генотип – среда»

Fig. 1. Scheme for studying plants in the “genotype – environment” research mode

Таблица 1

Оценка кустарников *Zizyphus jujuba*, *Corylus pontica* по основным параметрам

Показатели	Значения показателей признаков									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Водный дефицит, %	> 46	41–45	36–40	31–35	26–30	21–25	16–20	11–15	6–10	< 5
ОВЭ (выход электролитов (относительный))	> 4,0	3,6–3,8	3,3–3,5	2,9–3,2	2,6–2,8	2,3–2,5	1,9–2,2	1,6–1,8	1,3–1,5	< 1,20
Толерантность к температуре, °С	–5,0	–7,0	–10,0	–15,0	–20,0	–25,0	–30,0	–35,0	–37,0	> –37,0
Высота растения, м	< 1,0	1,05–1,95	2,00–2,95	3,00–3,95	4,00–4,95	5,00–5,95	6,00–6,95	7,00–7,95	8,00–8,95	> 9,00
Прирост побегов, м	< 0,1	0,11–0,30	0,31–0,50	0,51–0,70	0,71–0,90	0,91–1,10	1,11–1,30	1,31–1,50	1,51–1,70	> 1,71
Число на пог. м цветов, соцветий, плодов (соплодий), шт.	< 9,9	10–34,9	35–59,9	60–84,9	85–109,9	110–134,9	135–159,9	160–184,9	185–209,5	> 210
Масса семян (плодов)/растение, кг	< 0,10	0,10–0,60	0,61–1,10	1,11–1,60	1,61–2,10	2,11–2,60	3,11–3,60	3,61–4,10	4,11–4,60	> 4,60

Table 1

Evaluation of shrubs *Zizyphus jujuba*, *Corylus pontica* by main parameters

Indicators	Characteristic by key figures									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Water deficit, %	> 46	41–45	36–40	31–35	26–30	21–25	16–20	11–15	6–10	< 5
EY (electrolyte yield (relative))	> 4.0	3.6–3.8	3.3–3.5	2.9–3.2	2.6–2.8	2.3–2.5	1.9–2.2	1.6–1.8	1.3–1.5	< 1.20
Temperature tolerance, °C	–5.0	–7.0	–10.0	–15.0	–20.0	–25.0	–30.0	–35.0	–37.0	> –37.0
Plant height, m	< 1.0	1.05–1.95	2.00–2.95	3.00–3.95	4.00–4.95	5.00–5.95	6.00–6.95	7.00–7.95	8.00–8.95	> 9.00
Shoot growth, m	< 0.1	0.11–0.30	0.31–0.50	0.51–0.70	0.71–0.90	0.91–1.10	1.11–1.30	1.31–1.50	1.51–1.70	> 1.71
Number per running meter flowers, inflorescences, fruits, pcs.	< 9.9	10–34.9	35–59.9	60–84.9	85–109.9	110–134.9	135–159.9	160–184.9	185–209.5	> 210
Weight of seeds (fruits)/plant, kg	< 0.10	0.10–0.60	0.61–1.10	1.11–1.60	1.61–2.10	2.11–2.60	3.11–3.60	3.61–4.10	4.11–4.60	> 4.60

Таблица 2

## Анализ климатических условий в пределах искусственного и естественного ареалов

Показатели	Экспериментальные посадки <i>Z. jujuba</i>		Дикорастущие популяции <i>Z. jujuba</i> Узбекистан, Ташкентская обл. 41°34' с. ш. 69°46' в. д.
	Волгоград 48°37'–48°38' с. ш. и 44°12'–44°13' в. д.	Камышин 50°4'–50°5' с. ш. и 45°22'–45°23' в. д.	
Длительность зимы, дней (средние календарные даты наступления и окончания сезона)	128 (15.XI–23.III)	138 (10.XI–28.III)	58 (28.XII–24.II)
Формирование снежного покрова	14.XII	7.XII	05.I
Длительность периода со снегом	96	110	27
Высота снежного покрова (средняя), см	10	17	7
Глубина промерзания почвы, см	60	90	80
Минимальная (абсолютная) температуры воздуха, °С	–35	–37	–30
Начало (дата):			
– весна	23.III	28.III	24.II
– лето	6.V	10.V	1.V
Средняя дата заморозка:			
– первого	07.X	02.X	19.X
– последнего	21.IV	25.IV	4.IV
Длительность безморозного периода	169	160	210
Сумма активных температур, °С	3200	2900	4300
Максимальная (абсолютная) температуры воздуха, °С	43	42	45

Table 2  
Analysis of climatic conditions within artificial and natural habitats

Indicators	Experimental landings of <i>Z. jujuba</i>		Wild populations of <i>Z. jujuba</i>
	Volgograd 48°37'–48°38' north latitude and 44°12'– 44°13' east longitude	Kamyshin 50°4'–50°5' north latitude, 45°22'– 45°23' east longitude	Uzbekistan, Tashkent region 41°34' north latitude, 69°46' east longitude
Duration of winter, days (average calendar dates of the beginning and end of the season)	128 (15.XI-23.III)	138 (10.XI-28.III)	58 (28.XII-24.II)
Snow cover formation (date)	14.XII	7.XII	05.I
Duration of the snow period	96	110	27
Snow depth (average), cm	10	17	7
The depth of soil freezing, cm	60	90	80
Minimum (absolute) air temperature, °C	–35	–37	–30
Start (date):			
– spring	23.III	28.III	24.II
– summer	6.V	10.V	1.V
Average freeze date:			
– the first	07.X	02.X	19.X
– the last	21.IV	25.IV	4.IV
Duration of the frost-free period	169	160	210
Sum of active temperatures, °C	3200	2900	4300
Maximum (absolute) air temperature, °C	43	42	45

Таблица 3  
Климатические параметры ареалов произрастания и культивирования представителей рода *Corylus*

Показатель	Батуми, Грузия	Россия	
		Сочи	Волгоград
Среднегодовая температура, °C	14,4	14,1	7,6
Температура января (средняя), °C	6,4	5,8	–5,5
Длительность периода вегетации, дней	265	248	215
Абсолютный минимум, °C	–8	–14	–37
Абсолютный максимум, °C	40	38	43
Сумма температур > + 10 °C	4324	4243	3200
Количество осадков, мм	2418	1534	350

Table 3  
Climatic parameters of the areas of growth and cultivation of representatives of the genus *Corylus*

Index	Batumi, Georgia	Russia	
		Sochi	Volgograd
Average annual temperature, °C	1.4	14.1	7.6
January temperature (average), °C	6.4	5.8	–5.5
Duration of the growing season, days	265	248	215
Absolute minimum, °C	–8	–14	–37
Absolute maximum, °C	40	38	43
Sum of temperatures > + 10 °C	4324	4243	3200
Precipitation, mm	2418	1534	350

Годы исследований характеризовались острозасушливыми (2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019) и благоприятными (2014, 2016, 2018) в гидрологическом отношении условиями. Зимний период 2019/2020 гг. был наиболее благоприятным с точки зрения перезимовки растений, в т. ч. репродуктивных органов. Температура воздуха превышала норму от +3,4 °C (декабрь 2019) до +4,5 °C (январь 2020), +4,6 °C (февраль 2020). Рекордно высокая температура

(15,8 °C) воздуха зафиксирована 27 февраля, минимальная (–20,6 °C) – 10 февраля 2020). Март 2020 г. также можно охарактеризовать как рекордно теплый – среднемесячная температура составила +5,4 °C, что на 5,3 °C выше нормы. Погода в апреле и мае установилась прохладная (фактическая температура была ниже нормы на 2,5 и 2,2 °C соответственно), что отразилось на сроках наступления фенологических фаз.

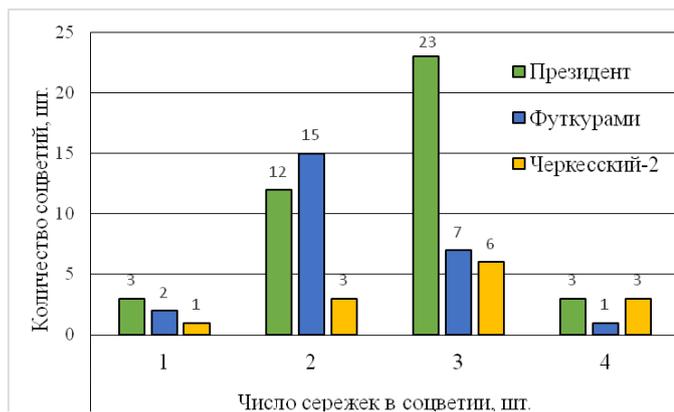


Рис. 2. Сортовые характеристики соцветий (♂) *Corylus pontica*

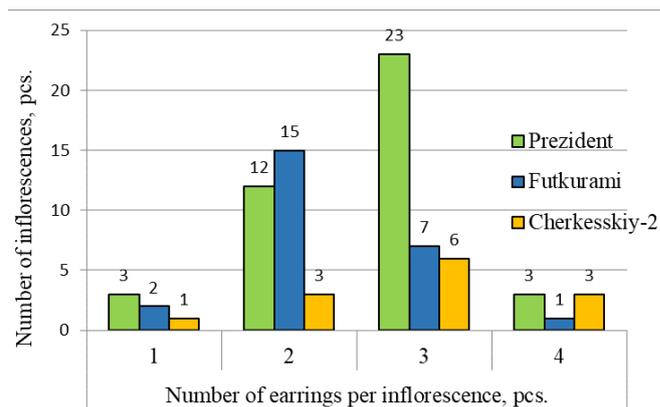


Fig. 2. Varietal characteristics of inflorescences (♂) *Corylus pontica*

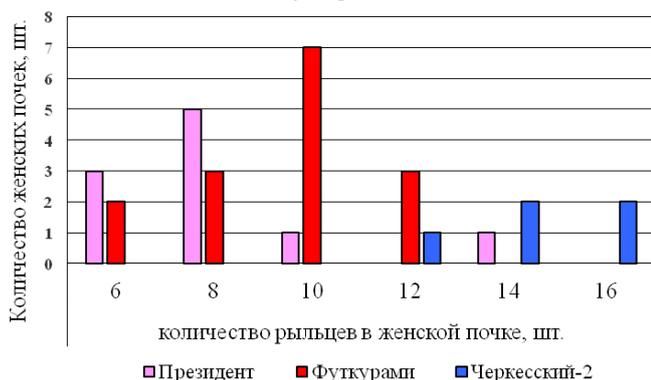


Рис. 3. Сортовые характеристики соцветий (♀) *Corylus pontica*

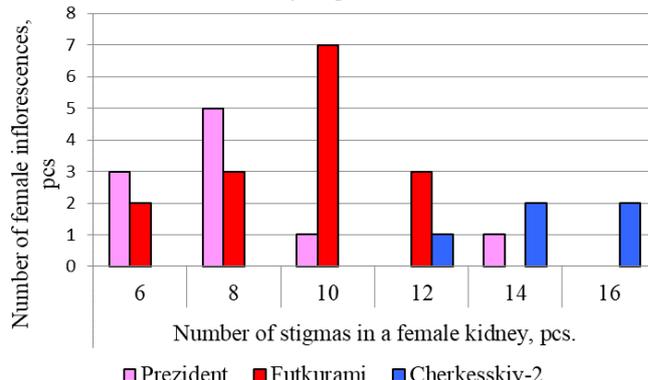


Fig. 3. Varietal characteristics of inflorescences (♀) *Corylus pontica*

Таблица 4  
Показатели высоты и плодоношения *Corylus pontica*

Сорт	Волгоград		Краснодарский край	
	Высота, м (жизненная форма*)	Урожайность, кг/куст** (2020)	Высота, м (жизненная форма)	Урожайность, т/га***
Президент	3,87 (K <sub>1</sub> )	2,7–3,5	4,1–6,0 (K <sub>1</sub> )	2–2,5
Футкурами	3,29 (K <sub>1</sub> )	2,5–3,1	менее 6,0 (K <sub>1</sub> )	1,5–2,0
Черкесский-2	4,20 (K <sub>1</sub> )	4,1–4,8	менее 6,0 (K <sub>1</sub> )	1,1–1,5

Примечание. \* K<sub>1</sub> – высокие (> 2,5 м) кустарники, \*\* при схеме посадки 6 × 4 м, возраст растений 20 лет, \*\*\* по данным [16].

Table 4  
Indicators of height and fruiting *Corylus pontica*

Variety	Volgograd		Krasnodar region	
	Height, m (life form*)	Productivity, kg/bush** (2020)	Height, m (life form)	Productivity, tons/ha***
Prezident	3.87 (K <sub>1</sub> )	2.7–3.5	4.1–6.0 (K <sub>1</sub> )	2–2.5
Futkurami	3.29 (K <sub>1</sub> )	2.5–3.1	less 6.0 (K <sub>1</sub> )	1.5–2.0
Cherkesskiy-2	4.20 (K <sub>1</sub> )	4.1–4.8	less 6.0 (K <sub>1</sub> )	1.1–1.5

Note. \* K<sub>1</sub> – tall (> 2.5 m) shrubs, \*\* with a planting pattern of 6 × 4 m, plant age 20 years, \*\*\* according to [16].

Повышение температуры воздуха до 10–12 °C и понижение влажности воздуха способствуют развитию мужских сережек (скорость удлинения и разрыхления мужских соцветий). Отмечено, что процент мужских соцветий, способных к пылению, был выше по сравнению с предыдущими годами на 15,6–28,7 % (Президент – 74,3; Футкурами – 79,2; Черкесский-2 – 90,5 %) (рис. 2).

В период цветения по количеству пучков рылец можно установить потенциальную и фактическую плодовую продуктивность и факторы, оказывающие влияние на формирование плодов. Нами установлены сортовые различия по количеству плодов в соплодии (рис. 3).

Установлен протандричный тип цветения в благоприятные годы и протогиничный – в засушливые, т. е. более раннее цветение женских соцветий. Ранний срок цветения характерен для сортов Футкурами и Президент. Продолжительность формирования плодов у видов *Corylus* составляет 4–5 месяцев.

В 2020 году все растения сорта Черкесский-2 характеризовались хорошим плодоношением (плодов около 75 %; таблица 4, рис. 4), остальные сорта уступают по стабильности плодоношения. Плодоношение удовлетворительное – около 50 % полноценных плодов.



Рис. 4. Плодоношение *Corylus pontica* (август 2020)  
Fig. 4. Fruiting *Corylus pontica* (August 2020)

Таблица 5

## Плодовая продуктивность интродуцированных сортовых растений

Сорт	Масса		Количество пустых орехов, %	Выход ядра, %	Масса ядра ореха (г) в 1 см <sup>3</sup> объема
	Плодов/куст, кг	Плода, г			
2018					
Президент	2,5	2,86 ± 0,11	1,5	47,6	0,40
Футкурами	2,0	2,31 ± 0,08	0,5	50,0	0,43
Черкесский-2	3,1	2,21 ± 0,06	–	48,5	0,49
2019					
Президент	единич.	2,74 ± 0,13	67,5	42,9	0,33
Футкурами	0,1	2,24 ± 0,09	48,3	42,0	0,38
Черкесский-2	0,2	1,57 ± 0,04	58,7	47,1	0,40

Table 5

## Fruit productivity of introduced varietal plants

Variety	Weigh		Number of empty nuts, %	Kernel output, %	Walnut kernel mass (g) in 1 cm <sup>3</sup> of volume
	Fruit/bush, kg	Fruit, g			
2018					
Prezident	2,5	2.86 ± 0.11	1.5	47.6	0.40
Futkurami	2,0	2.31 ± 0.08	0.5	50.0	0.43
Cherkesskiy-2	3,1	2.21 ± 0.06	–	48.5	0.49
2019					
Prezident	unit	2.74 ± 0.13	67.5	42.9	0.33
Futkurami	0,1	2.24 ± 0.09	48.3	42.0	0.38
Cherkesskiy-2	0,2	1.57 ± 0.04	58.7	47.1	0.40

Количество плодов в одном соплотии варьирует от 2 до 10 (Черкесский-2, Футкурами), до 5 (Президент), снижаясь в засушливые годы. В острозасушливые годы, когда в течение мая-июля выпадает менее 25,4 мм осадков,

отмечено снижение процента завязываемости плодов, доброкачественности семян, выполненности ядра.

При обилии света, тепла формирование более крупных плодов наблюдалось при отсутствии дефицита влаги или дополнительном орошении (таблица 5).

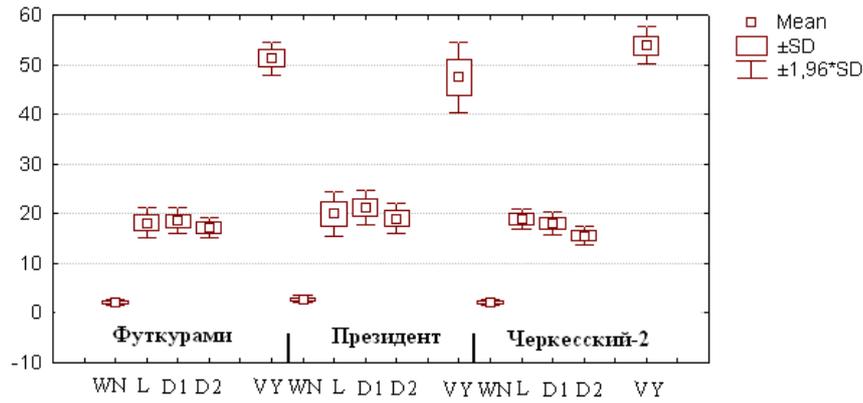


Рис. 5. Варьирование морфологических показателей плодов *Corylus L.* по абсолютным величинам: WN – вес плода, г; L – длина, мм; D1 – диаметр (мм) по бокам; D2 – диаметр (мм) по шву; VY – выход ядра, %

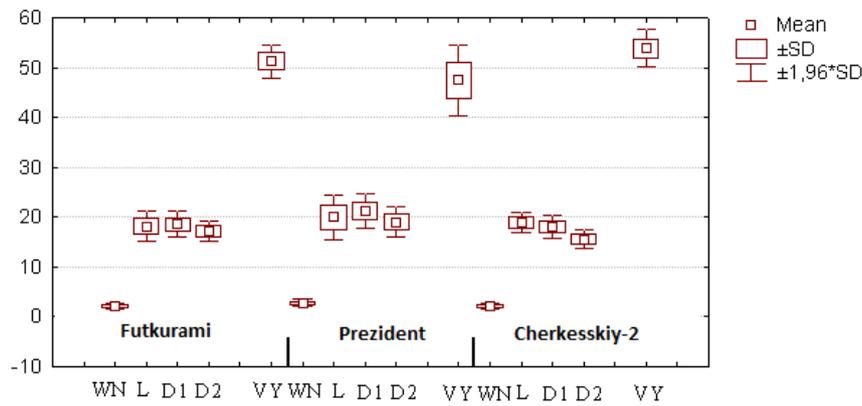


Fig. 5. Variations in morphological parameters of *Corylus L.* fruits by absolute values: WN – fruit weight, g; L – length, mm; D1 – diameter (mm) on the sides; D2 – diameter (mm) along the seam; VY – Kernel output, %

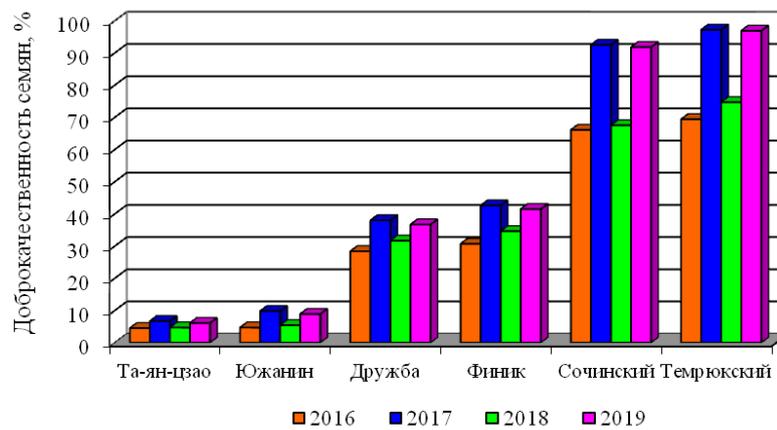


Рис. 6. Процент доброкачественных семян *Zizyphus jujuba* (светло-каштановые почвы)

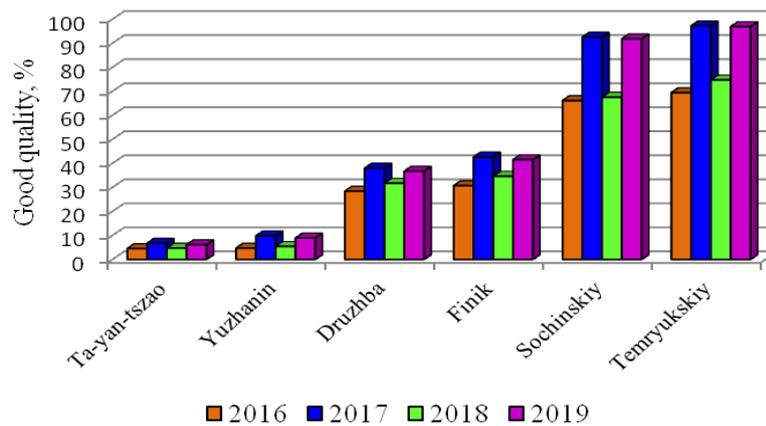


Fig. 6. Percentage of benign *Zizyphus jujuba* seeds (light chestnut soils)

На примере изученных образцов *C. pontica* С. Koch установлено, что, несмотря на варьирование урожайности в годы исследований, отмечена стабильность морфологических показателей плодов (рис. 5).

Установлена степень разброса параметров по эколого-физиологическим (водный дефицит от 16 до 35 %, ОВЭ – от 1,6 до 2,8), таксационным и репродуктивным показателям, а также статистически значимые различия между ними. С целью получения орехов при создании искусственных насаждений необходимо использовать сорта Черкесский-2 и Президент.

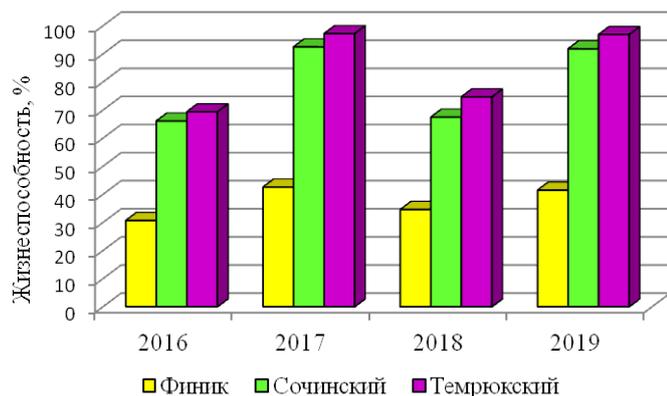


Рис. 7. Качество семян (%) унаби (каштановые почвы)

Данные по доброкачественности семян *Zizyphus jujuba* определялись в период исследований (рис. 6, 7).

Показатель доброкачественности мелкоплодных сортов растений *Z. jujuba* на каштановых почвах варьировался от 66,1 до 97,2 %, у среднеплодных сортов он был невысоким (28,4–42,6 %), а самый низкий (4,5–9,8 %) отмечен крупноплодных сортов Та-ян-цзао, Южанин. Первое плодоношение *Z. jujuba* отмечено в возрасте 1–2 лет (таблица 6).

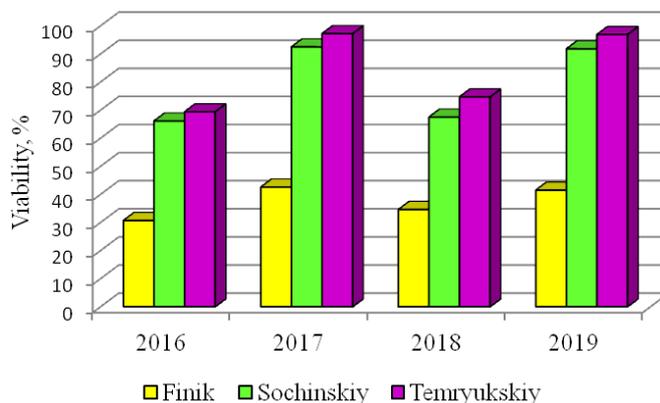


Fig. 7. Seed quality (%) unabi (chestnut soils)

Таблица 6  
Показатели *Zizyphus jujuba* по плодоношению  
(в возрасте 12 лет)

Характеристики	Та-ян-цзао		Финик	
	$\frac{\min-\max}{\bar{X}_{\text{сред.}} \pm s}$	Коэффициент вариации, %	$\frac{\min-\max}{\bar{X}_{\text{сред.}} \pm s}$	Коэффициент вариации, %
Масса: общая, кг	6,95–8,25	–	5,70–8,91	–
1 плода, г	$\frac{13,00-16,90}{14,75 \pm 0,43}$	9	$\frac{6,10-10,8}{8,45 \pm 0,27}$	10
Процент мякоти	88–91	–	89–96	–
Величина плода, см:		7	$\frac{1,82-2,29}{2,00 \pm 0,04}$	6
ширина	$\frac{2,65-3,19}{2,82 \pm 0,07}$	6	$\frac{3,15-3,99}{3,67 \pm 0,08}$	8
длина	$\frac{3,65-3,97}{3,73 \pm 0,04}$	11	$\frac{0,72-0,86}{0,75 \pm 0,03}$	12
Величина семени, см:		12	$\frac{1,85-2,60}{2,21 \pm 0,09}$	13
ширина	$\frac{0,85-1,31}{1,04 \pm 0,04}$			
длина	$\frac{2,61-2,84}{2,68 \pm 0,10}$			

Table 6  
Indicators of *Zizyphus jujuba* for fruiting  
(at the age of 12 years)

Specifications	Ta-yang-tszao		Finik	
	$\frac{\min-\max}{\bar{X}_{\text{average}} \pm s}$	The coefficient of variation, %	$\frac{\min-\max}{\bar{X}_{\text{average}} \pm s}$	The coefficient of variation, %
Weight: total, kg	6.95–8.25	–	5.70–8.91	–
1 fruit, g	$\frac{13.00-16.90}{14.75 \pm 0.43}$	9	$\frac{6.10-10.8}{8.45 \pm 0.27}$	10
Percentage of pulp	88–91	–	89–96	–
Fruit size, cm:		7	$\frac{1.82-2.29}{2.00 \pm 0.04}$	6
width	$\frac{2.65-3.19}{2.82 \pm 0.07}$	6	$\frac{3.15-3.99}{3.67 \pm 0.08}$	8
length	$\frac{3.65-3.97}{3.73 \pm 0.04}$			
Seed size, cm:		11	$\frac{0.72-0.86}{0.75 \pm 0.03}$	12
width	$\frac{0.85-1.31}{1.04 \pm 0.04}$	12	$\frac{1.85-2.60}{2.21 \pm 0.09}$	13
length	$\frac{2.61-2.84}{2.68 \pm 0.10}$			



Рис. 8. Плодоношение мелкоплодных сортов *Z. jujuba* (октябрь 2020)  
Fig. 8. Fruiting small-fruited varieties *Z. jujuba* (October 2020)



Рис. 9. Кластерный анализ *Zizyphus jujuba* по комплексу показателей (толерантности к стресс-факторам и характеристикам цветения, плодоношения и семенной продуктивности)

ВД – водный дефицит (%) листьев; ВЭ – выход электролитов (относительный); H – высота ствола, м; D – диаметр ствола, см; DK – диаметр кроны, м; П – прирост побегов, см; Ц – число цветов (соцветий) на пог. м; ЧП – число плодов (соплодий) на пог. м; У – масса семян (плодов)/растение, г; Д – доброкачественность семян, %; ФК – форма кроны; ОЛ – окраска листьев во время вегетации; ПЦ – продолжительность цветения; ОЦ – окраска цветов, ОП – окраска плодов, ООЛ – окраска листьев осенью

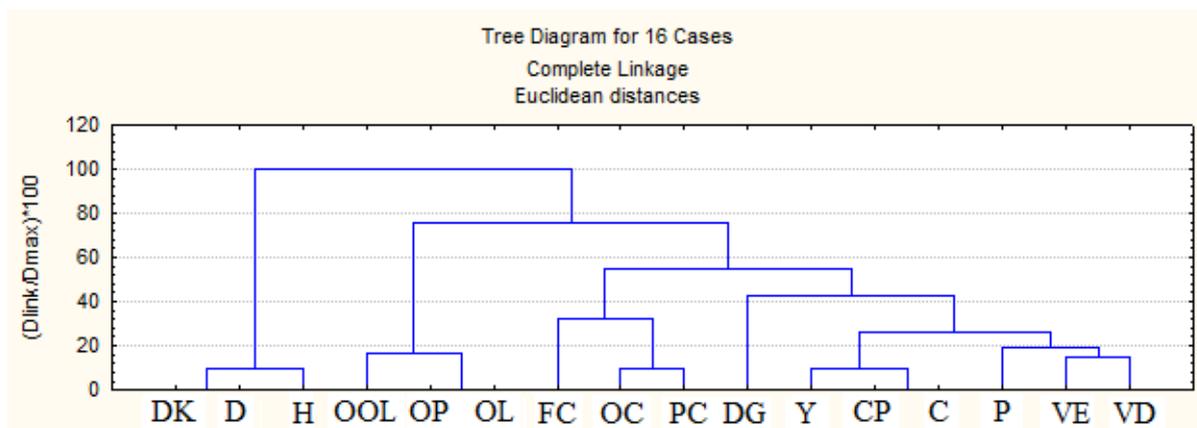


Fig. 9. Cluster analysis of *Zizyphus jujuba* by a set of indicators (tolerance to stress factors and characteristics of flowering, fruiting and seed productivity)

VD – water deficit (%) of leaves; VE – electrolyte yield (relative); H – trunk height, m; D – trunk diameter, cm; DK – crown diameter, m; P – shoot growth, cm; C – number of flowers (inflorescences) per running meter; CP – number of fruits (seedlings) per running meter; Y – mass of seeds (fruits)/plant, g; DG – good quality of seeds, %; FC – crown shape; OL – color of foliage during the growing season; PC – flowering duration, OC – flower color; OP – fruit color; OOL – leaf color in autumn

В нижнем и среднем ярусах формируется основная масса плодов кустарников. С увеличением урожая плоды мельчают.

Условиями высокой продуктивности являются:

- $\Sigma t (> +10 \text{ }^\circ\text{C})$  от 2200 до 2500  $^\circ\text{C}$  (от цветения до созревания плодов);
- продолжительность вегетационного периода (не менее 200 дней);
- среднесуточные температуры  $t_{\text{сред.}}$  22–24  $^\circ\text{C}$  в период цветения/опыления;
- отсутствие заморозков в первой половине октября (рис. 8).

По результатам оценки характеристик цветения, плодоношения и семенной продуктивности на каштановых почвах в режиме «генотип – среда» мелкоплодные сорта *Z. jujuba* отнесены к экологически пластичным растениям. Это подтверждается диаграммой кластерного анализа (рис. 9).

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведен анализ климатических и погодных условий в пределах искусственного и естественного ареалов мелкоплодных сортов *Z. jujuba*. Анализ опыта интродукции изучаемых родов *Zizyphus* и *Corylus* L. в России и за рубежом позволил установить пределы толерантности видов, сортов и лимитирующие факторы их произрастания (ко-

личество осадков, температура). На основе генеративной способности в режиме исследований «генотип – среда» определена северная линия культивирования *Z. jujuba* (50°4′–50°5′ с. ш. и 45°22′–45°23′ в. д.).

По параметрам цветения и плодоношения выделены перспективные сорта субтропических и орехоплодных кустарников. Получены сортовые характеристики соцветий *Corylus pontica* за многолетний период исследований. Выделены растения сорта Черкесский-2, которые характеризовались хорошим плодоношением (полноценных плодов около 75 %). Остальные сорта уступают по стабильности плодоношения – около 50 % полноценных плодов. В условиях каштановых почв установлены сортовые различия доброкачественности семян *Z. jujuba*: у мелкоплодных растений она варьировала от 66,1 до 97,2 %. Низкие показатели доброкачественности установлены у крупноплодных сортов – 4,5–9,8 %.

Выделены перспективные сорта (Сочинский, Темрюкский, Черкесский-2, Дружба, Президент, Финик) с учетом результатов кластерного анализа и степени разброса параметров эколого-физиологических, таксационных и репродуктивных показателей.

#### Благодарности (Acknowledgements)

Исследования выполнены по теме Государственного задания № 0713-2019-0004 ФНЦ агроэкологии РАН.

#### Библиографический список

1. Семенютина В. А. Эколого-биологические основы интродукции *Zizyphus jujuba* Mill. и перспективы многоцелевого применения: монография. Москва National Research, 2020. 168 с. DOI: 10.25726/worldjournals.pro/NR.9781952243202.
2. Huzhahmetova A. Sh., Semenyutina A. V., Semenyutina V. A. Implementation of the tree counting process in the process of urban reclamation with the use of fuzzy neural network for agro forestry // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. 2020. Vol. 9. No. 4. Pp. 6232–6237. DOI: 10.30534/ijatcse/2020/302942020.
3. Semenyutina A. V., Podkovyrova G. V., Khuzhahmetova A. Sh., Svintsov I. P., Semenyutina V. A., Podkovyrov I. Yu. Engineering implementation of landscaping of low-forest regions // International journal of mechanical engineering and technology. 2018. Vol. 9. Iss. 10. Pp. 1415–1422.
4. Melikhov V. V., Novikov A. A., Medvedeva L. N., Komarova O. P. Green technologies: The basis for integration and clustering of subjects at the regional level of economy // Contributions to Economics. 2017. № 9783319454610. Pp. 365–382. DOI: 10.1007/978-3-319-45462-7\_37.
5. Dolgih A. A. Monitoring of introduction resources of the Kulunda arboretum and allocation of valuable gene pool for protective afforestation // World Ecology Journal. 2018. Vol. 8. No. 1. Pp. 29–42. DOI: 10.25726/NM.2018.1.1.003.
6. Larionov M. V., Larionov N. V., Siraeva I. S., Ermolenko A. S. The Composition and Characteristics of the Dendroflora in the Transformed Conditions of the Middle Reaches of the River Kholov // IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 115. Pp. 1–7. DOI: 10.1088/1755-1315/115/1/012009.
7. Семенютина А. В., Терешкин А. В. Защитные лесные насаждения: анализ видового состава и научные основы повышения биоразнообразия дендрофлоры // Успехи современного естествознания. 2016. № 4. С. 99–104.
8. Kebbas S., Benseddik T., Makhoulouf H., Aid F. Physiological and biochemical behaviour of *Gleditsia triacanthos* L. young seedlings under drought stress conditions // Not Bot Horti Agrobo. 2018. Vol. 46 (2). Pp. 585–592. DOI: 10.15835/nbha46211064.
9. Volk G., Samarina L., Kulyan R., Gorshkov V., Malyarovskaya V., Ryndin A., Polek M. L., Krueger R., Stover E. Citrus genebank collections: international collaboration opportunities between the US and Russia // Genetic Resources and Crop Evolution. 2018. No. 65 (2). Pp. 433–447. DOI: 10.1007/s10722-017-0543-z.
10. Miao Y., Chen A., Liu M., Wang T., Zhao X., Song Z., ... Liu Y. The relationship between 35 woody plant species' spring phenology to their heights and stem tissue densities on a campus // Chinese Journal of Applied and Environmental Biology. 2017. No. 23 (5). 785–791. DOI: 10.3724/SP.J.1145.2016.11020.
11. Сажин А. Н., Кулик К. Н., Васильев Ю. И. Погода и климат Волгоградской области. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. 334 с.
12. Методология подбора адаптированного генофонда древесных растений для агролесоводства / А. В. Семенютина [и др.]. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2019. 139 с.

13. Семенютина А. В., Свинцов И. П., Хужахметова А. Ш., Семенютина В. А. Научные основы семеноведения генофонда деревьев и кустарников в засушливых условиях // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2015. № 1-2. С. 40–52.
14. Segrestin J., Navas M.-L., Garnier E. Reproductive phenology as a dimension of the phenotypic space in 139 plant species from the Mediterranean // *New Phytologist*. 2020. No. 225 (2). Pp. 740–753. DOI: 10.1111/nph.16165.
15. Постников Д. А., Артемьева З. С., Васенев И. И. [и др.]. Экология. Москва: Изд-во Российского государственного аграрного университета – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016. 151 с.
16. Карачанский А. Т., Чепурной В. С., Махно В. Г. Совершенствование сортимента для промышленного фундуководства на юге России // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2017. № 47 (5). С. 68–79.

**Об авторах:**

Алия Шамильевна Хужахметова<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0002-7345-2740, AuthorID 787972; +7 904 400-30-81, [vnialmi@yandex.ru](mailto:vnialmi@yandex.ru)

Виктория Алексеевна Семенютина<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, научный сотрудник, ORCID 0000-0001-5127-8844, AuthorID 756328; +7 (8442) 46-76-16, [VSem89@mail.ru](mailto:VSem89@mail.ru)

<sup>1</sup> Федеральний научний центр агроекології, комплексних меліорацій і захитного лесорозведення Російської академії наук, Волгоград, Росія

## Estimation of the parameters of fruiting of subtropical and nut crops in the “genotype – environment” mode

A. Sh. Khuzhakhmetova<sup>1✉</sup>, V. A. Semenyutina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia

✉E-mail: [vnialmi@yandex.ru](mailto:vnialmi@yandex.ru)

**Abstract. Purpose** is to assess the parameters of fruiting introduced subtropical and nut crops in the “genotype-environment” mode to substantiate the expansion of the cultivation areas of economically important plants with the enrichment of dendroflora and the formation of multipurpose plantings in the Volgograd region. The objects of research are species and varieties of various arealogical origin and grow in the conditions of chestnut soils (cadastral numbers of sites 34:36:0000:14:0178; 34:34:000000:122; 34:34:060061:10). **Methods.** The limits of tolerance of species, varieties and limiting factors of their growth were carried out on the basis of an analysis of the experience of introduction of the studied genera *Zizyphus* and *Corylus* in Russia and abroad. An active experiment was applied to identify winter and drought resistance by the nature of flowering. The assessment of the influence of the state of the environment on the stability of fruiting of the varietal diversity of subtropical (*Zizyphus*) and nut crops (*Corylus*) was carried out by the method of cluster analysis. **Results and scope.** Within the limits of artificial and natural habitats, the following are determined: ecological plasticity and reproductive ability of shrubs, taking into account climatic conditions. During the study period, severely arid (2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019) and hydrologically favorable (2014, 2016, 2018) conditions for the growth and development of introduced shrubs were identified. The stability of morphological parameters of *Corylus* L. fruits by absolute values was established. In favorable years, the plants of Cherkesskiy-2 were characterized by good fruiting (full-value fruits about 75 %), other varieties are inferior in terms of fruiting stability. Fruiting is satisfactory (about 50 % of full fruit). It has been established that small-fruited plant varieties *Z. jujuba* on chestnut soils have a good quality index from 66.1 to 97.2 %. Medium fruit varieties had a low (28.4–42.6 %) indicator of good quality. The lowest (4.5–9.8%) indicator of good quality was observed in Ta-yang-tszao, Yuzhanin (large-fruited). The data obtained on the characteristics of the fruiting of shrubs *Z. jujuba*, *C. pontica* make it possible to substantiate stress-resistant varieties as components of multipurpose artificial plantations on degraded lands. **Scientific novelty:** A cluster analysis of the assessment and forecast of the parameters of fruiting for the targeted selection of promising economically important plants based on their ecological plasticity in arid conditions is proposed.

**Keywords:** parameters of fruiting, ecological plasticity, varieties, “genotype – environment”, enrichment of dendroflora.

**For citation:** Khuzhakhmetova A. Sh., Semenyutina V. A. Otsenka parametrov plodonosheniya subtropicheskikh i orekhoplodnykh kul'tur v rezhime “genotip – sreda” [Estimation of the parameters of fruiting of subtropical and nut crops in the “genotype – environment” mode] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021. No. 04 (207). Pp. 43–54. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-43-54. (In Russian.)

**Paper submitted:** 21.12.2020.

## References

1. Semenyutina V. A. *Ekologo-biologicheskie osnovy introduktsii Zizyphus jujuba Mill. i perspektivy mnogotselevogo primeniya* [Ecological and biological bases of introduction of *Zizyphus jujuba* Mill. and prospects for multipurpose use]. Moscow: National Research, 2020. 168 p. DOI: 10.25726/worldjournals.pro/NR.9781952243202. (In Russian.)
2. Huzhahmetova A. Sh., Semenyutina A. V., Semenyutina V. A. Implementation of the tree counting process in the process of urban reclamation with the use of fuzzy neural network for agro forestry // *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 2020. Vol. 9. No. 4. Pp. 6232–6237. DOI: 10.30534/ijatse/2020/302942020.
3. Semenyutina A. V., Podkovyrova G. V., Khuzhahmetova A. Sh., Svintsov I. P., Semenyutina V. A., Podkovyrov I. Yu. Engineering implementation of landscaping of low-forest regions // *International journal of mechanical engineering and technology*. 2018. Vol. 9. Iss. 10. Pp. 1415–1422.
4. Melikhov V. V., Novikov A. A., Medvedeva L. N., Komarova O. P. Green technologies: The basis for integration and clustering of subjects at the regional level of economy // *Contributions to Economics*. 2017. № 9783319454610. Pp. 365–382. DOI: 10.1007/978-3-319-45462-7\_37.
5. Dolgih A. A. Monitoring of introduction resources of the Kulunda arboretum and allocation of valuable gene pool for protective afforestation // *World Ecology Journal*. 2018. Vol. 8. No. 1. Pp. 29–42. DOI: 10.25726/NM.2018.1.1.003.
6. Larionov M. V., Larionov N. V., Siraeva I. S., Ermolenko A. S. The Composition and Characteristics of the Dendroflora in the Transformed Conditions of the Middle Reaches of the River Kholov // *IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science*. 2018. Vol. 115. Pp. 1–7. DOI: 10.1088/1755-1315/115/1/012009.
7. Semenyutina A. V., Tereshkin A. V. Zashchitnye lesnye nasazhdeniya: analiz vidovogo sostava i nauchnye osnovy povysheniya bioraznobraziya dendroflory [Protective forest plantations: analysis of the species composition and scientific basis for increasing the biodiversity of dendroflora] // *Advances in current natural sciences*. 2016. No. 4. Pp. 99–104. (in Russian.)
8. Kebbas S., Benseddik T., Makhloufi H., Aid F. Physiological and biochemical behaviour of *Gleditsia triacanthos* L. young seedlings under drought stress conditions // *Not Bot Horti Agrobo*. 2018. Vol. 46 (2). Pp. 585–592. DOI: 10.15835/nbha46211064.
9. Volk G., Samarina L., Kulyan R., Gorshkov V., Malyarovskaya V., Ryndin A., Polek M. L., Krueger R., Stover E. Citrus genebank collections: international collaboration opportunities between the US and Russia // *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2018. No. 65 (2). Pp. 433–447. DOI: 10.1007/s10722-017-0543-z.
10. Miao Y., Chen A., Liu M., Wang T., Zhao X., Song Z., ... Liu Y. The relationship between 35 woody plant species' spring phenology to their heights and stem tissue densities on a campus // *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*. 2017. No. 23 (5). 785–791. DOI: 10.3724/SP.J.1145.2016.11020.
11. Sazhin A. N., Kulik K. N., Vasiliev Yu. I. Pogoda i klimat Volgogradskoy oblasti [Weather and climate of the Volgograd region]. Volgograd: FNTs agroekologii RAN, 2017. 334 p. (In Russian.)
12. Metodologiya podbora adaptirovannogo genofonda drevesnykh rasteniy dlya agrolesovodstva [Methodology for selecting of gene fund of woody species for agroforestry] / A. V. Semenyutina, et al. Volgograd: FNTs agroekologii RAN, 2019. 139 p. (In Russian.)
13. Semenyutina A. V., Svintsov I. P., Khuzhahmetova A. Sh., Semenyutina V. A. Nauchnye osnovy semenovedeniya genofonda derev'ev i kustarnikov v zasushlivykh usloviyakh [Scientific foundations of seed science of the gene pool of trees and shrubs in arid conditions] // *Modern science: actual problems of theory and practice. Series: Natural and technical sciences*. 2015. No. 1-2. Pp. 40–52. (In Russian.)
14. Segrestin J., Navas M.-L., Garnier E. Reproductive phenology as a dimension of the phenotypic space in 139 plant species from the Mediterranean // *New Phytologist*. 2020. No. 225 (2). Pp. 740–753. DOI: 10.1111/nph.16165.
15. Postnikov D. A., Artemyeva Z. S., Vasenev I. I. et al. *Ekologiya* [Ecology]. Moscow: Izd-vo Rossiyskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta – MSKhA im. K. A. Timiryazeva. 2016. 151 p. (In Russian.)
16. Karachanskiy A. T., Chepurnoy V. S., Makhno V. G. Sovershenstvovanie sortimenta dlya promyshlennogo fundukovodstva na yuge Rossii [Improving assortment for industrial hazelnut growing in the south of Russia] // *Fruit and viticulture of the South of Russia*. 2017. No. 47 (5). Pp. 68–79. (In Russian.)

**Authors' information:**

Aliya Sh. Khuzhahmetova<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID 0000-0002-7345-2740, AuthorID 787972; +7 904 400-30-81, [vnialmi@yandex.ru](mailto:vnialmi@yandex.ru)

Viktoriya A. Semenyutina<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, researcher, ORCID 0000-0001-5127-8844, AuthorID 756328; +7 (8442) 46-76-16, [VSem89@mail.ru](mailto:VSem89@mail.ru)

<sup>1</sup> Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia