

Репродуктивная способность дендрологических ресурсов семейства *Rosaceae* и их перспективность для питомниководства и обогащения дендрофлоры



Александра Викторовна Семенютина
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
Волгоград, Россия
vnialmi@yandex.ru
ORCID 0000-0003-3250-6877



Алия Шамильевна Хужахметова
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
Волгоград, Россия
aliyasham@mail.ru
0000-0001-5127-8844



Виктория Алексеевна Семенютина
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
Волгоград, Россия
Vsem89@mail.ru
0000-0002-7345-2740



Дарья Владимировна Сапронова
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
Волгоград, Россия
sapronova.darya@mail.ru
0000-0002-3559-3745

Поступила в редакцию
2.19.2019

Принята
29.12.2019

Опубликована
15.03.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.1.4

Аннотация

Проведение научных исследований по вопросам влияния стресс-факторов на репродуктивную способность экономически важных древесных растений актуально для аридных регионов РФ, в связи с выполнением мероприятий по национальным проектам «Наука», «Экология». Механизмы приспособления биологических систем к воздействию стресс-факторов, определяются пределами устойчивости растений, раскрывают природу их целостности и сохранности.

Объекты исследований – представители семейства *Rosaceae* (*Amelanchier*, *Amygdalus*, *Aronia*, *Armeniaca*, *Chaenomeles*, *Cerasus*, *Cotoneaster*, *Crataegus*, *Gydonia*, *Malus*, *Rosa*, *Sorbus*, *Spiraea* и др.), произрастающие в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (Волгоградская, Самарская области, Алтайский край), включают виды многоцелевого назначения (лесомелиоративные, декоративные, лекарственные, пищевые и др.).

Климат характеризуется небольшим количеством годовых атмосферных осадков (270-395 мм), высокими летними (+40-43°C) и низкими зимними (-35-50°C) температурами воздуха, оттепелями зимой, малым снеговым покровом.

Наблюдение за поведением древесных интродуцентов оценивалось по степени роста, развития и получения репродукции. Использованы методы определения пределов толерантности в условиях действия стресс-факторов на основе кондуктомера S230Kit, устройства Dualux Scientific.

Определение влияния факторов среды на цветение, плодоношение и семеношение исследуемых представителей родовых комплексов семейства *Rosaceae* проводилось по методическим указаниям, разработанным ФНЦ агроэкологии РАН.

В кластерных коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (дендрарии: Волгоградский, Камышинский, Поволжский, Кулундинский) выделены 33,2 % древесных видов с генеративным индексом 0,65-0,79. В эту группу вошли растения с широким экологическим ареалом произрастания (полиморфные родовые комплексы). У них наряду с высоким уровнем экологической пластичности к стресс-факторам по коллоидно-осмотическим свойствам протоплазмы (1,70-2,05) отмечено интенсивное плодоношение, высокие показатели завязываемости плодов (64-91%), развитие крупных плодов и семян, хорошая доброкачественность семян.

Семена высоких качеств продуцируют представители *Cydonia* (80...95), *Spiraea* (85...93), *Prunus* (86...97), *Aronia* (88...95), *Padus* (89...96), *Pyrus* (89...99), *Amygdalus* (90...100), *Cerasus* (93...99), *Chaenomeles* (95...99), *Physocarpus* (95...100), *Armeniaca* (99...100). Разнообразием качества семян характеризуются следующие виды родов этого семейства: *Crataegus* (48...91), *Sorbus* (59...88), *Amelanchier* (60...90), *Malus* (68...90), у *Aflautonia ulmifolia* (31...50).

Установлена экологическая специфика видов, связанная с ареалом их происхождения и сложным процессом адаптивной изменчивости. Выявлены биоэкологические параметры семеношения и генеративная способность деревьев и кустарников, для их эффективного непрерывного использования в питомниководстве и лесомелиорации.

В результате исследований разработана теоретическая основа семеноведения, которая базируется на получении адаптивного поколения растений. Получены новые знания по пределам экологической толерантности древесных видов к стресс-факторам.

Для формирования устойчивых лесомелиоративных комплексов и улучшения биоресурсов деградирующих ландшафтов рекомендованы полиморфные родовые комплексы кустарников. На основе анализа климатических характеристик, играющих определяющую роль в успешности интродукции, установлены виды с широким экологическим ареалом, как растения многоцелевого назначения. Они перспективны для насаждений в аридных регионах.

Ключевые слова

репродуктивная способность, адаптация, засуха, стресс-факторы, дендрологические ресурсы, ФНЦ агроэкологии РАН, цветение, плодоношение, биоразнообразие, кустарники, *Rosaceae*, мобилизация, питомниководство, деградированные ландшафты

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания № 0713-2019-0004 «Разработать научные основы и методы сохранения биоразнообразия древесных видов с целью отбора

адаптированного генофонда хозяйственно ценных растений для формирования защитных лесных насаждений различного целевого назначения в степи и полупустыне» (№ госрегистрации АААА-А16-116032950058-8) финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Введение

Обогащение дендрофлоры призвано оптимизировать деградированные ландшафты аридных территорий и содействовать формированию устойчивых, к действию биотических и абиотических стрессов в условиях глобального и локального изменения климата, защитных и озеленительных насаждений (Larionov, 2018; Semenyutina, 2018; Konijnendijk, 2008; Dolgih, 2018; Melikhov, 2017; Chindyayeva, 2018).

При создании устойчивых лесомелиоративных комплексов защитных насаждений (необходимых систем: противоэрозионных, мелиоративных, рекреационных и др. насаждений) развитию семеноведения и созданию фонда посадочного материала адаптированных хозяйственно ценных древесных интродуцентов в малолесных регионах как теоретической и практической основы их семеноводства и мобилизации отводится важная роль (Semenyutina, 2018; Stoochnoff, 2018; Kebbas, 2018).

Семенному размножению древесных видов отведено важное место в решении проблемы адаптации и мобилизации растений для малолесных регионов в условиях засушливого климата. Приведенные многолетние экспериментальные материалы (Semenyutina, 2013; Belitskaya, 2019; Semenyutina, 2018), полученные на объектах ФНЦ агроэкологии РАН и его опытной сети, позволяют более успешно управлять генеративным развитием растений, активизировать селекционные процессы, подбор и мобилизацию адаптированного ассортимента для обогащения дендрофлоры.

Обогащение дендрофлоры призвано улучшить защитные лесные насаждения. Обогащение дендрофлоры – это процесс количественного и качественного расширения ассортимента и выбора наилучшего из возможных вариантов (Semenyutina, 2018).

Анализ географической среды и экологии видов с учетом мониторинга показателей по фенологии, росту, развитию генеративных органов, характеру плодоношения, качеству семян, устойчивости к стресс-факторам находятся в функциональной зависимости друг от друга. Основное место здесь занимают показатели семенной продуктивности, вступление растений в генеративную фазу, продуктивность и качество семян. От этого зависит развитие следующего поколения (Barber, 2016; Huff, 2017; Volk, 2018; Lepší, 2019; Yao, 2019).

Наиболее важными для деградированных ландшафтов в малолесных регионах являются растения с широким экологическим ареалом произрастания (полиморфные родовые комплексы) семейства *Rosaceae*. Среди них большое количество кустарников разных классов роста (низкие, средние, высокие) и целевого назначения (лесомелиоративные, декоративные, лекарственные и др.) (Semenyutina, 2013; Jin, 2015; Ryan du Preez, 2020).

Плодоношение и семеношение древесных растений качественно и количественно связано с климатическими, эдафическими и биотическими факторами, закрепление адаптивных изменений возможно выявить при смене поколений.

Цель исследований – определить степень влияния стресс-факторов на генеративную способность представителей семейства *Rosaceae* для питомниководства и обогащения дендрофлоры.

Задачи исследований:

- мониторинг показателей географической среды и экологии видов семейства *Rosaceae* в условиях интродукции;
- анализ ареалов происхождения и элементов качества плодов и семян в разных географических пунктах;
- выявление сопряженности сроков цветения и начала роста побегов представителей *Rosaceae* в аридных условиях;
- определение перспективности для питомниководства на основе семенной продуктивности.

Материалы и методы исследования

Объекты исследований – представители семейства *Rosaceae* (родовые комплексы – *Amelanchier*, *Amygdalus*, *Aronia*, *Armeniaca*, *Chaenomeles*, *Cerasus*, *Cotoneaster*, *Crataegus*, *Gydonia*, *Malus*, *Rosa*, *Sorbus*, *Spiraea* и др.), произрастающие в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН: (производственный питомник, Волгоградский дендрарий; кадастр. № 34:34:000000:122; 34:34:060061:10); Западно-Сибирская АГЛОС (Кулундинский дендрарий – кадастр. № 22:23:010003:14), Нижневолжская станция по селекции древесных пород (Камышинский – кадастр. № 34:36:0000:14:0178), Поволжская АГЛОС (Поволжский – кадастр. № 63:23:0908001:0002; 63:17:0000000:0236) (рисунок 1, таблица 1).

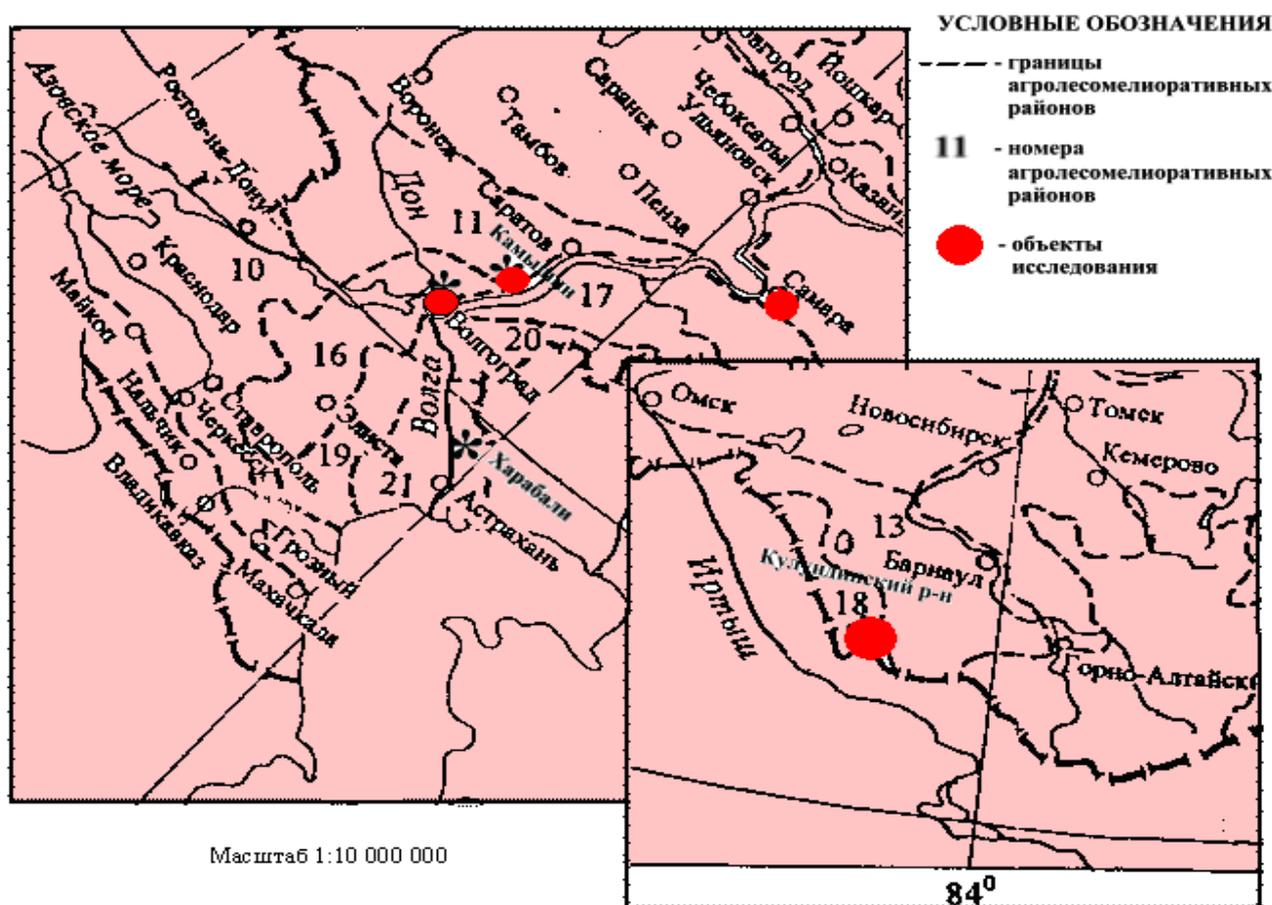


Рисунок 1. Размещение коллекций с объектами исследований

Наблюдение за поведением древесных интродуцентов оценивалось по степени роста, развития и репродукции. Методы определения устойчивости экологической пластичности (кондуктомер S230Kit, устройство Dualex Scientific) использованы в условиях действия стресс-факторов (<http://www.force-a.com...>; Cerovic, 2012).

Элементы семенной продуктивности древесных интродуцентов обосновываются экологическими параметрами и возможностью эффективного местного семеноводства с позиций засушливости региона по агроклиматическим характеристикам: сумме температур (активных) выше +10, +15°C, световому режиму, обеспеченности влагой (Kruzhilin, 2018) в период цветения и созревания семян. В качестве обобщающего показателя семенной продуктивности при сравнении данных по географическим пунктам используется генеративный индекс. Этот показатель включает как количественную сторону семеношения и размножения, так и качественную характеристику семян различных видов и форм. Жизнеспособность (доброкачественность) семян репродукции определяется методами проращивания, взрезывания.

Сравнительная оценка многолетних данных по цветению и плодоношению в различных географических пунктах проводилась с учетом географических пунктов и вегетационных периодов.

На уровне интродукционных популяций по изменчивости плодов и семян с учетом местоположения генеративных органов на растении и метеорологических условий в период вегетации определялась натуральная и топографическая неоднородность семян (на организменном уровне).

Таблица 1. Почвенно-климатическая и гидрологическая характеристика дендрариев

Дендрарии, кадастровый номер	Год посадки	Среднегодовы́е показатели					Тип почв	% гумуса	Глубина грунтовых вод, м
		Температура воздуха, °С	Максимальная, °С	Минимальная, °С	Относительная влажность воздуха, %	Осадки, мм			
Волгоградский (34:34:000000:122; 34:34:060061:10)	1962	7,6	43	- 35	41	350	Светло-каштановые среднесуглинистые	0,8-1,2	4-5
Камышинский (34:36:0000:14:0178)	1931	5,4	41	-39	40	386	Темно-каштановые супесчаные	1,5-2,5	>10
Поволжский (63:23:0908001:0002; 63:17:0000000:0236)	1950	3,7	40	-45	46	395	Обыкновенные среднесуглинистые черноземы	5-6	8-15
Кулундинский (22:23:010003:14)	1977	1,9	41	-50	50	270	Каштановые легкосуглинистые	1,4-2,5	5-6

Выявление индивидуальной изменчивости проводилась на контрольных растениях, идентичных по возрасту и высоте. Биологической статистикой определялись: среднее значение каждого признака (\bar{X}) и его ошибка ($M \bar{X}$), коэффициент вариации (*c.v.*, %), а также коэффициенты линейной корреляции между признаками (R_x).

Результаты и обсуждение

Климат характеризуется небольшим количеством годовых атмосферных осадков (270-395 мм), высокими летними (+40-43°C) и низкими зимними (-35-50°C) температурами воздуха, оттепелями зимой, малым снеговым покровом.

Для целей питомниководства и улучшения биоресурсов деградирующих ландшафтов изучены характеристики цветения и плодоношения хозяйственно ценных древесных растений семейства *Rosaceae*. Цветение большинства видов представителей семейства *Rosaceae* приходится на весну при температуре +15-16,5°C (рисунок 2).



Рисунок 2. Распределение представителей *Rosaceae* по средним многолетним показателям цветения (кластерные экспозиции ФНЦ агроэкологии РАН)

Получены данные сопряженности фенофаз с сезонной ритмикой климатических параметров и наиболее важных фенофаз друг с другом (таблица 2, рисунок 3).

Таблица 2. Сопряженность сроков цветения и начала роста побегов представителей *Rosaceae* в сухостепных условиях

Начало роста побегов	Сроки цветения			
	11/IV – 6/V T=10° C (2)	7/V – 26/V T=15° C (3)	27/V – 14/VI T=18° C (4)	15/VI – 31.VII T=20° C (5)
5/IV – 10/IV T=5° C (1)*			Рябина (1-4)	
11/IV – 6/V T=10° C (2)	Хеномелес Груша Ирга Слива Миндаль Афлатуния Вишня Черемуха Абрикос (2-2)	Калина Таволга Рябина Арония Айва Кизильник Яблоня Боярышник Шиповник (2-3)	Пузыре- плодник (2-4)	Рябина (2-5)
7/V – 26/V T=15° C (3)			Шиповник (3-4)	

* - группы



Crataegus almaatensis Pojark.



Crataegus monogyna Jacq.



Crataegus korolkowii L. Henry.

Рисунок 3. Цветущие побеги видов *Crataegus* (Самарская область, 15.05.2019)

По срокам цветения изученные представители делятся на раноцветущие, при температуре воздуха $T=5-10^{\circ}\text{C}$ (сроки 2-1); среднецветущие, при $T=10-15^{\circ}\text{C}$ (сроки 2-2, 2-3, 3-3) и поздноцветущие, при $T=18-20^{\circ}\text{C}$ (сроки 1-4, 2-4, 3-4, 2-5, 3-5) (рисунок 4).



a



b



B



Г

Рисунок 4. Состояние фенологического развития вегетативных и генеративных органов (а – шиповник обыкновенный (10/IV.2019), б – шиповник колючейший (10/IV.2019), в – кизильник блестящий (18/V.2019 г.), г – шиповник обыкновенный (23/V.2019 г.)

Растения южного происхождения группируются в правой нижней части (сроки 3-3, 3-4, 3-5). Последующий анализ может выявить те структурные элементы, которые позволяют растению со столь различной потребностью тепловых ресурсов произрастать в условиях континентального климата.

У них наряду с высоким уровнем экологической пластичности к стресс-факторам по коллоидно-осмотическим свойствам протоплазмы (1,70-2,05) отмечено интенсивное плодоношение, высокие показатели завязываемости плодов (64-91%), развитие крупных плодов и семян, хорошая доброкачественность семян (от 75 до 100%) (рисунки 5, 6).

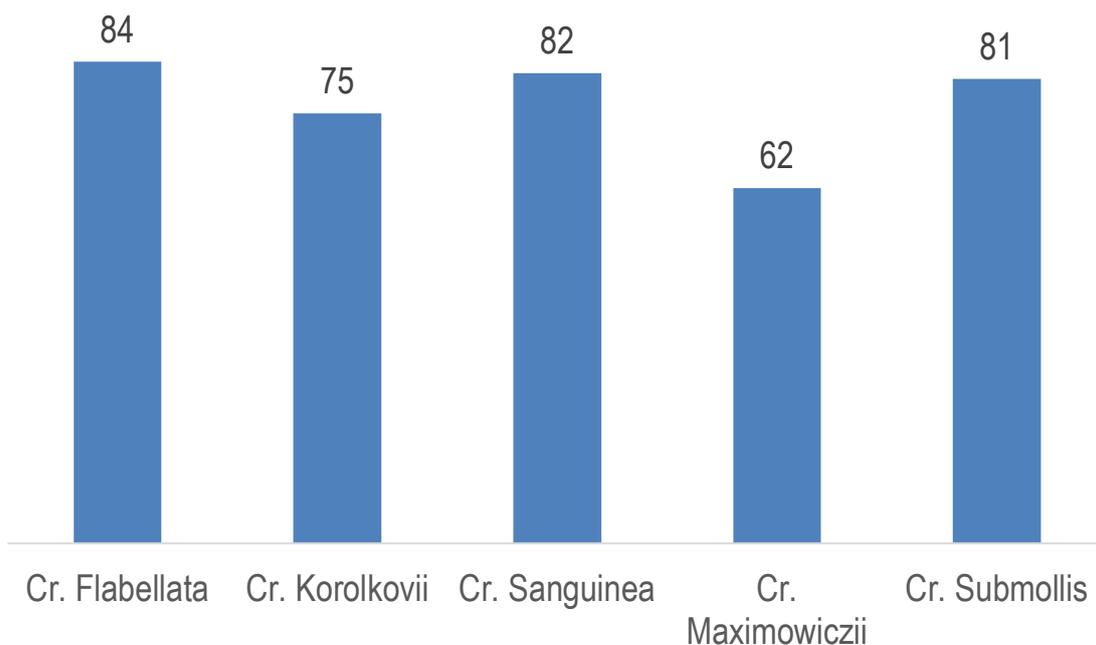


Рисунок 5. Завязываемость плодов видов *Crataegus* L. (Поволжский дендрарий)

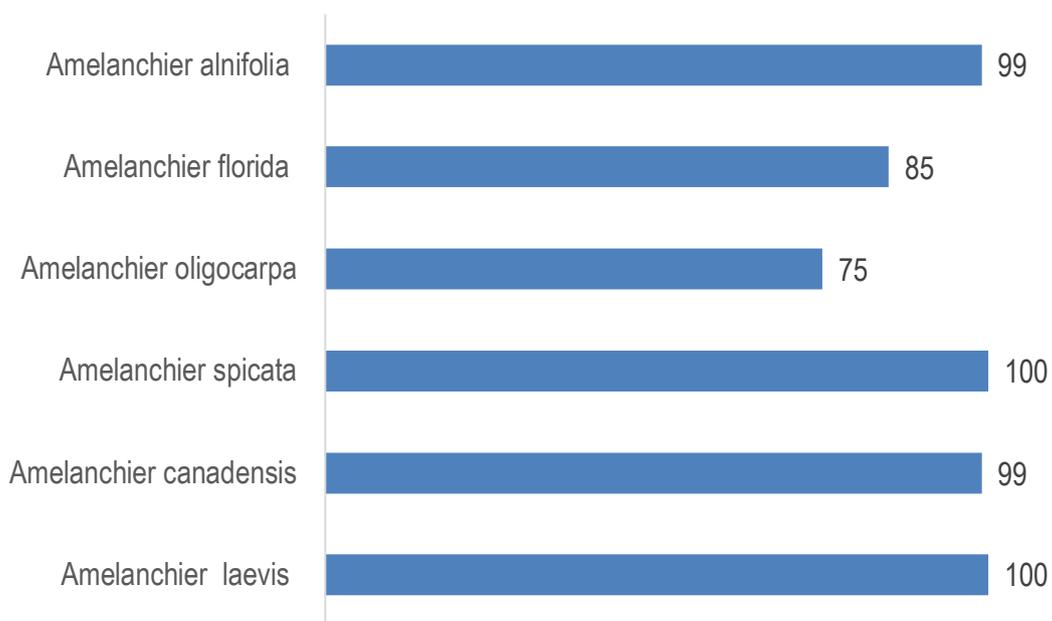


Рисунок 6. Доброкачественность семян видов *Amelanchier* (Волгоградский дендрарий)

Плодоношение и семеношение древесных растений находятся в качественной и количественной связи с климатическими, почвенно-грунтовыми и световыми условиями (таблица 3).

Таблица 3. Влияние экологических условий на семенную продуктивность

Виды	Масса 1000 шт., г				Выход семян с 1 куста, г	
	плодов		семян		Волгог. область	Алтайский край
	Волгог. область	Алтайский край	Волгог. область	Алтайский край		
<i>Crataegus amoddiana</i>	1300	1240	71,0	67,0	900	870
<i>Cr. chlorosarca</i>	410	400	30,5	27,4	1450	1720
<i>Cr. sanguinea</i>	520	556	51,2	47,0	2450	3010
<i>Cr. korolkovii</i>	690	535	49,2	39,2	3000	2520
<i>Amelanchier spicata</i>	510	430	5,6	4,6	930	720
<i>A. ovales</i>	517	450	5,3	4,2	1000	830

Наряду с этим выявлены индивидуальные различия по семеношению и качеству семян (рисунок 7).

Выявлены сроки созревания плодов и семян по фенологическим наблюдениям в различных географических пунктах, что необходимо для планирования работ по их заготовке, определению периода декоративного эффекта. Полученные материалы пригодны при создании декоративных групп, групп непрерывного цветения, реконструкции насаждений (таблица 4).

Таблица 4. Сезонное развитие видов *Amelanchier*

Вид	Массовое набухание почек	Распускание почек	Завершение облиствления	Массовое созревание плодов	Период вегетации, дни
Ирга колосистая	<u>3.04*</u> 29.03-6.04	<u>18.04</u> 6.04-29.04	<u>7.05</u> 30.04-15.05	<u>22.06</u> 13.06-2.07	<u>200</u> 196-204
	<u>12.04**</u> 10.04-20.04	<u>20.04</u> 14.04-26.04	<u>23.05</u> 15.05-30.05	<u>17.07</u> 10.07-25.07	<u>184</u> 178-190

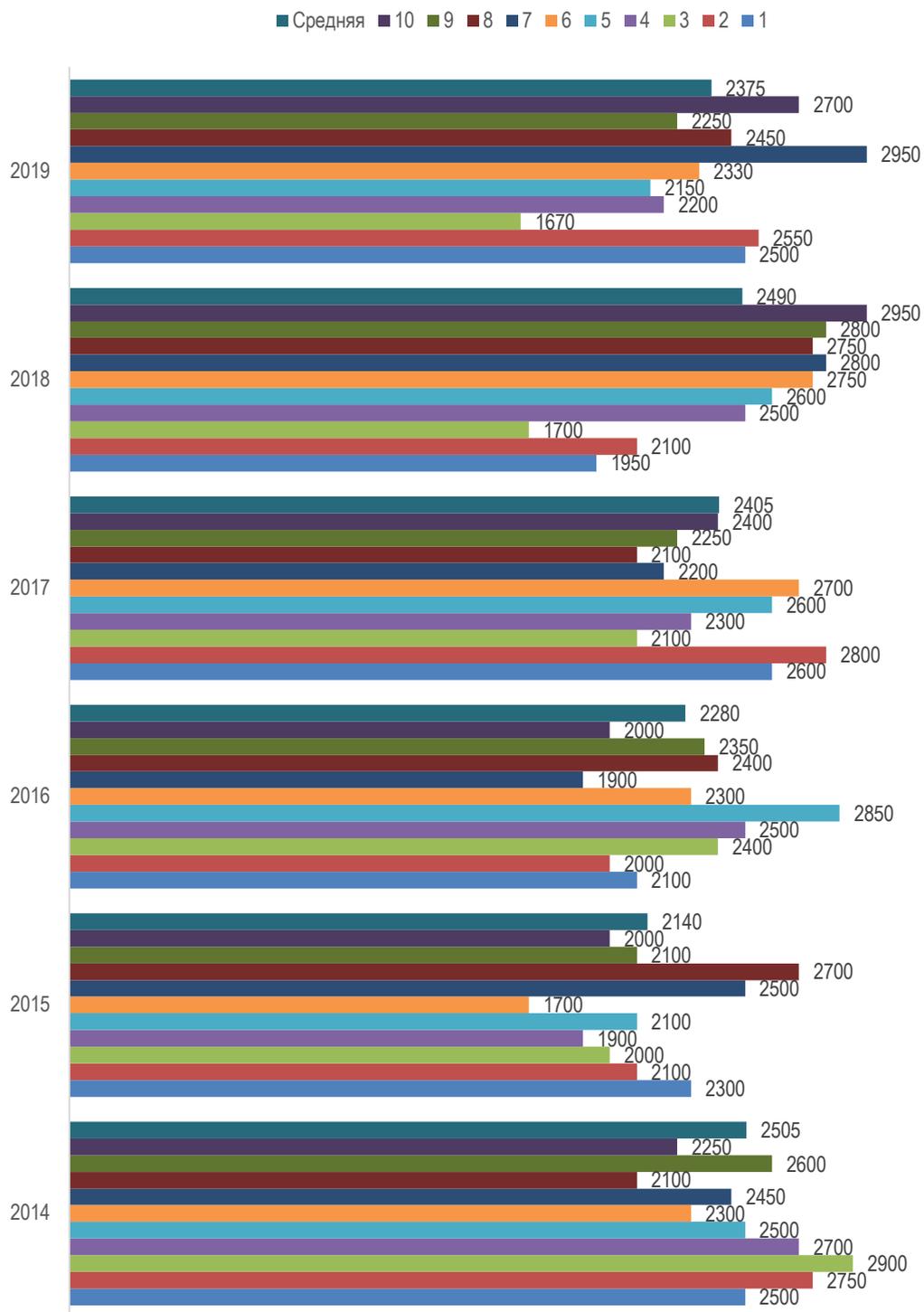
* в условиях: южной сухостепной зоны Волгоградской обл., ** Кулундинской степи (Алтайский край); в числителе – средняя, в знаменателе – крайние даты.

Основной критерий адаптации видов – качество семян. Семенное размножение зависит от качества семян. Одним из показателей качества семян является масса 1000 штук.

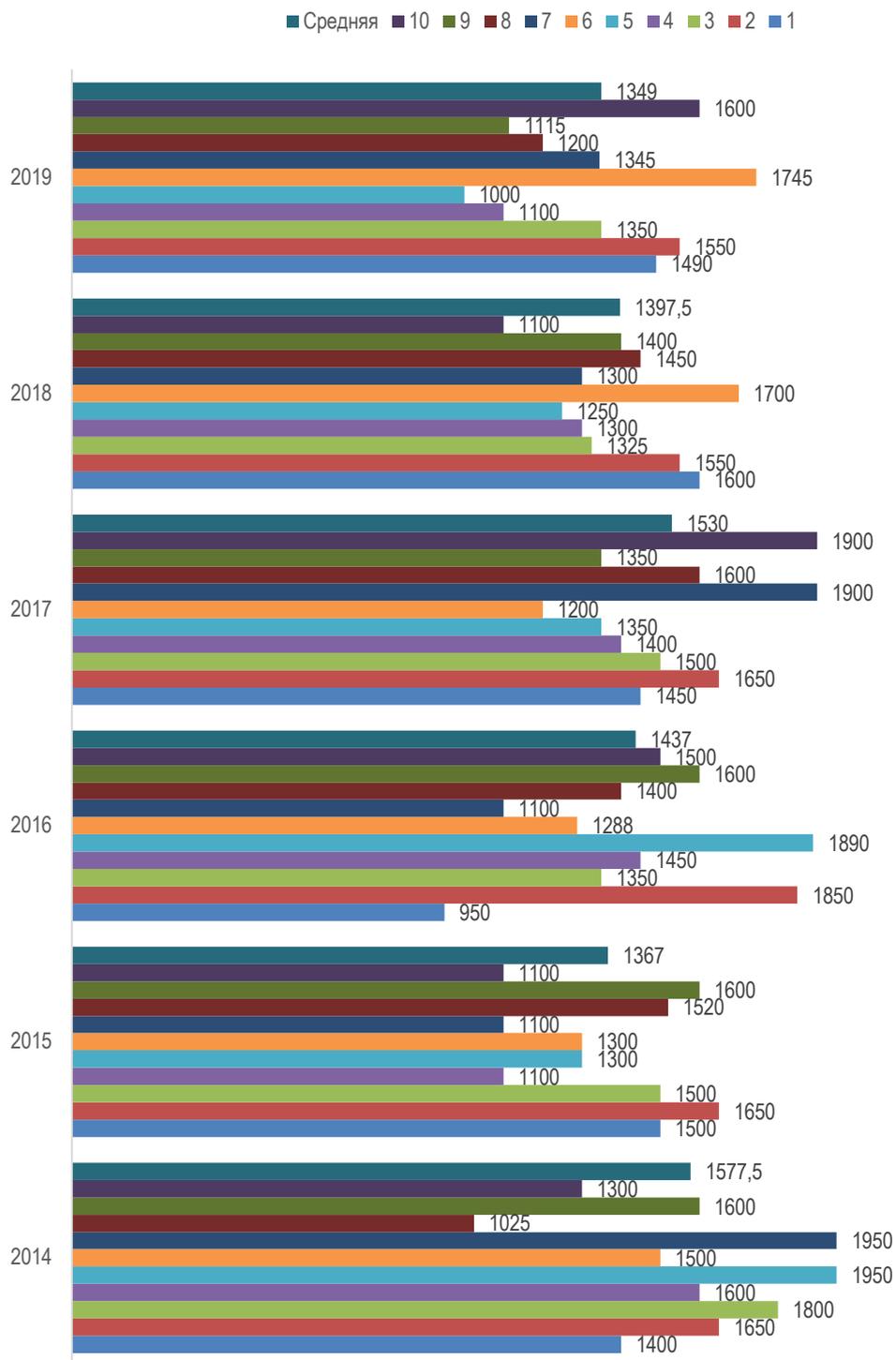
По годам у отдельных особей одного вида наблюдаются различия. Сравнительная оценка видов по массе семян в разных географических пунктах указывает на уровень адаптации особей и растений.

При изучении сложного процесса адаптивной изменчивости установлена экологическая специфика видов, связанная с ареалом их происхождения (Vásquez-Cruz, 2020). Амплитуда адаптивной изменчивости выше у видов с обширным по площади ареалом (*A. alnifolia* Nutt.). С ней граничат и частично перекрываются ареалы *A. florida* Lindl. (рисунок 8).

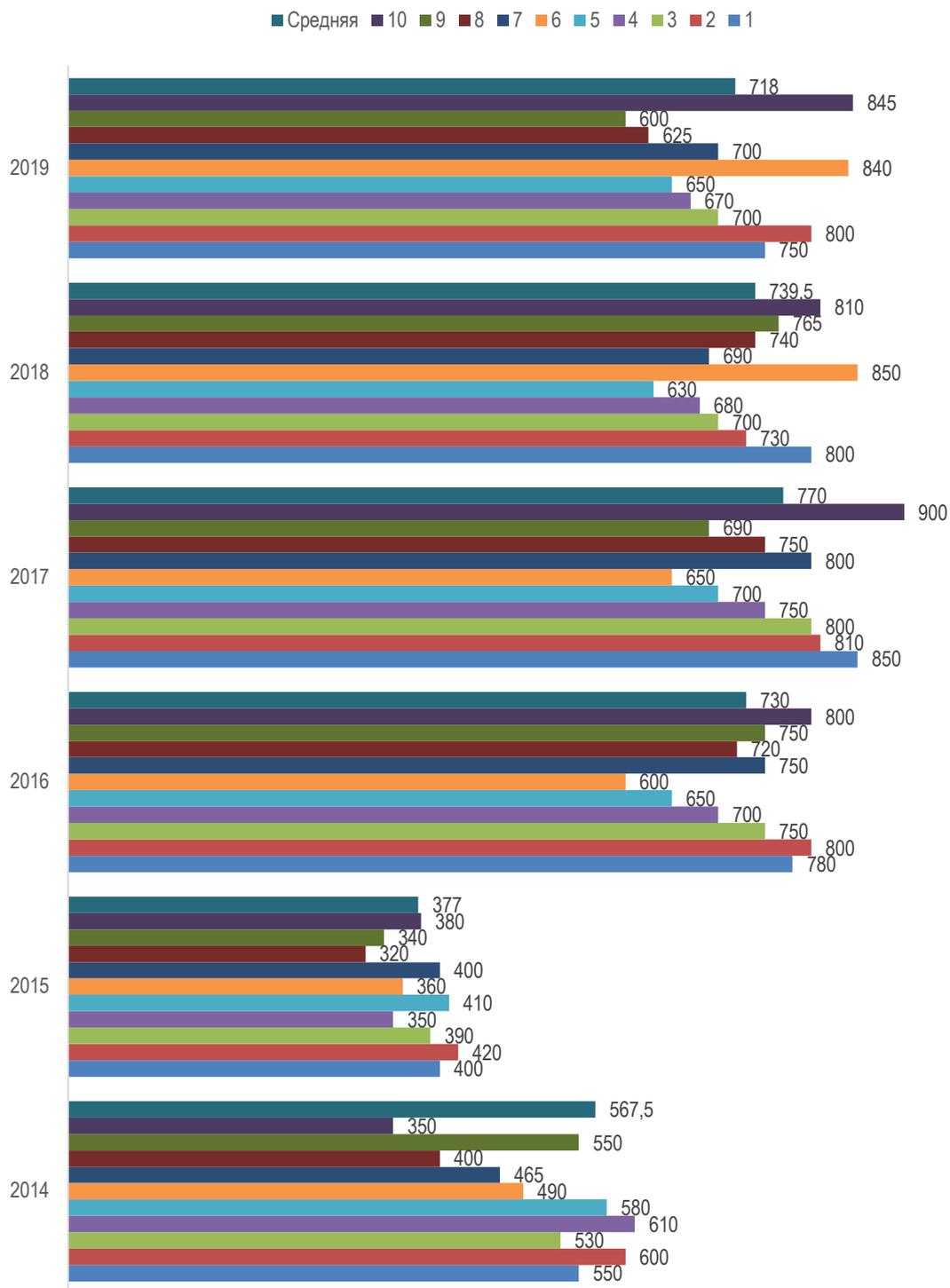
Оценка особенностей репродуктивных процессов на побегах разных порядков выявила различия по развитию цветов по ярусам кроны.



Урожай плодов отдельных особей видов рода *Amelanchier*, г (ирга колосистая)

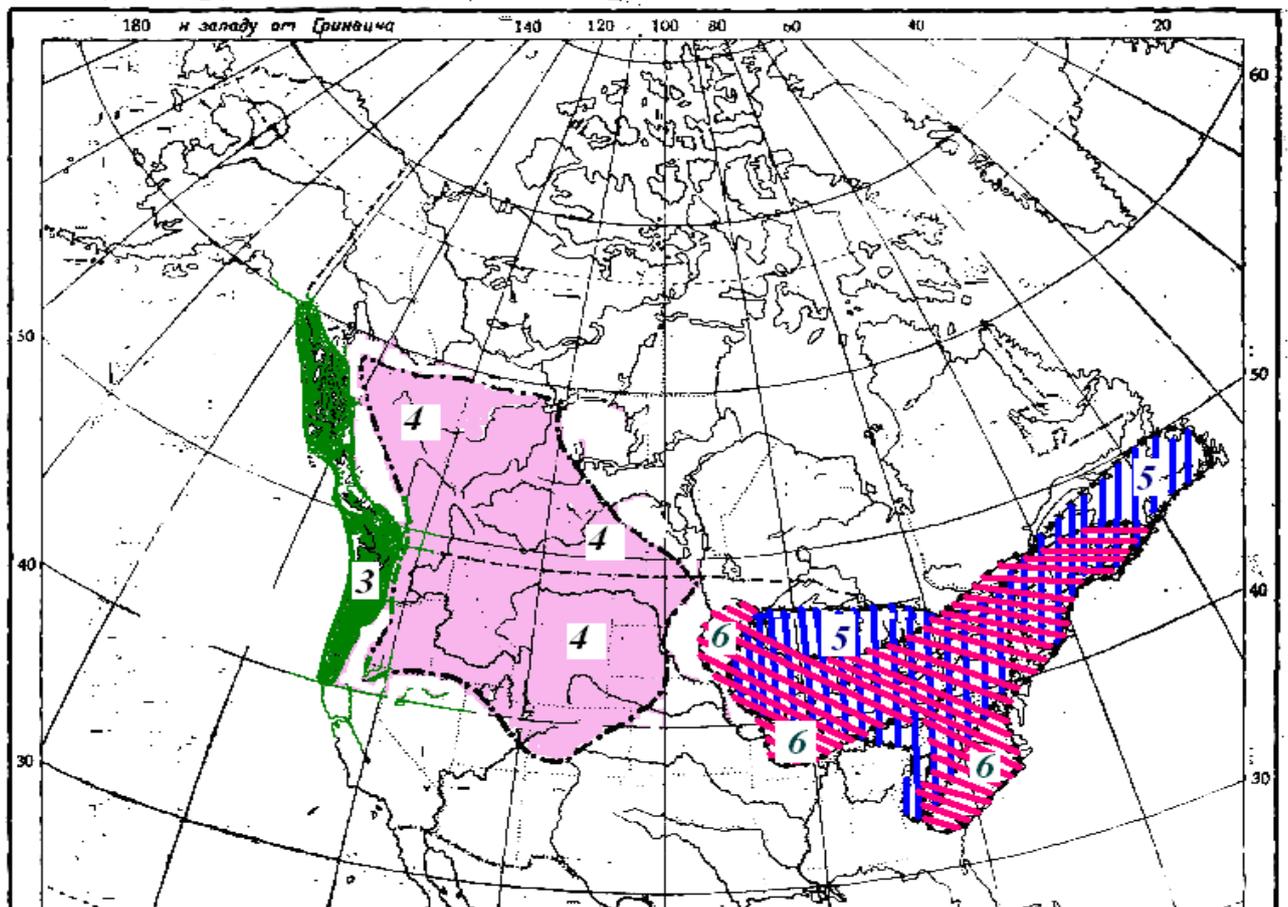
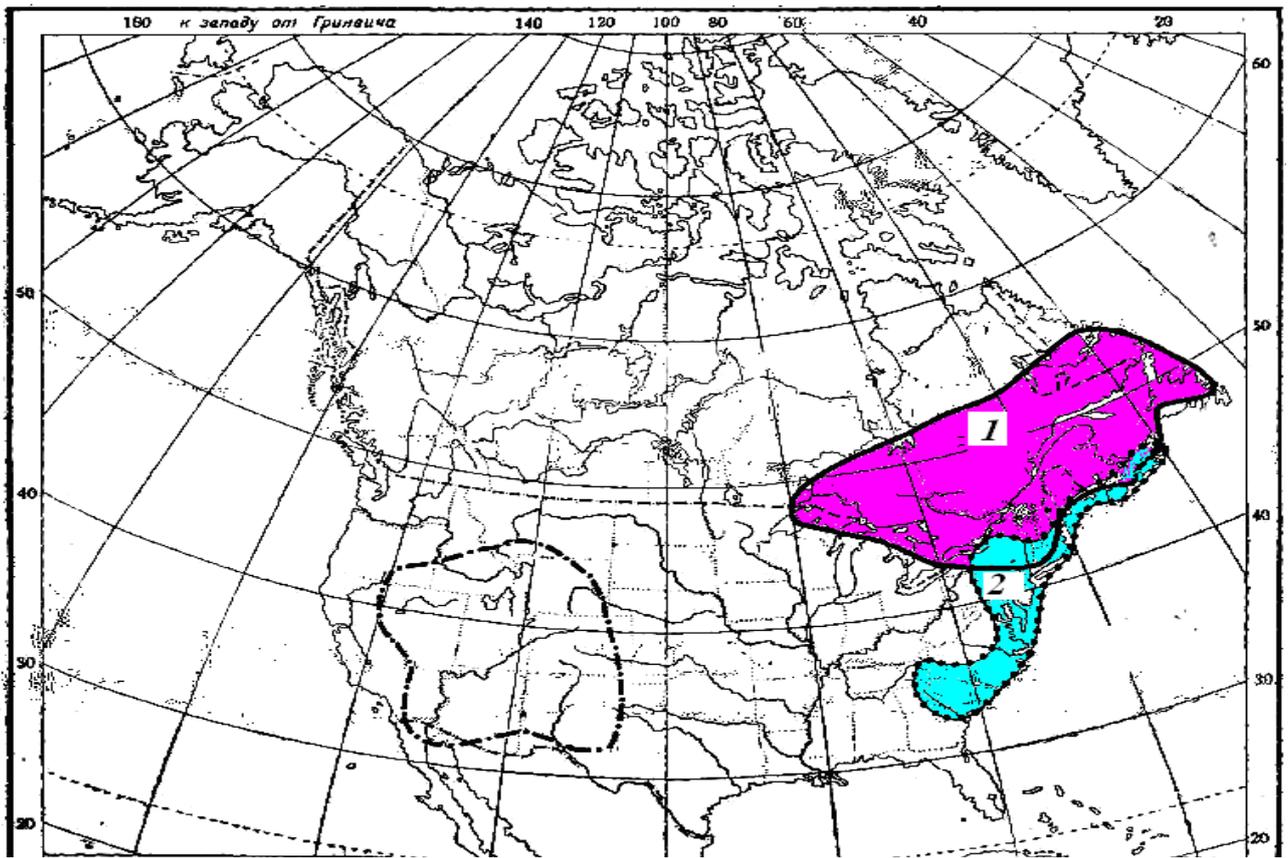


Урожай плодов отдельных особей видов рода *Amelanchier*, г (ирга канадская)



Урожай плодов отдельных особей видов рода *Amelanchier*, г (ирга гладкая)

Рисунок 7. Урожай плодов *Amelanchier* (Волгоградский дендрарий)



1 – *A. oligocarpa*, 2 – *A. canadensis* 3 – *A. florida*, 4 – *A. alnifolia*,
5 – *A. laevis*, 6 – *A. spicata*

Рисунок 8 Ареалы видов *Amelanchier*

Они отражаются на дифференциации семян по доброкачественности, что носит определенный адаптивный смысл по влиянию внешних условий на формирование семян (таблица 5).

Таблица 5. Элементы качества плодов и семян *Amelanchier* в разных географических пунктах

Виды	Масса 1000 плодов, г / масса 1000 семян, г		Процент содержания семян	
	Волгоградская обл.	Белгородская обл.	Волгоградская обл.	Белгородская обл.
<i>laevis</i>	509/6,9	710/7,0	9,6	9,71
<i>canadensis</i>	514/7,0	750/7,4	10,9	9,85
<i>spicata</i>	479/7,8	610/6,2	13,0	10,20
<i>oligocarpa</i>	305/3,5	-	9,2	-
<i>florida</i>	419/6,8	870/8,5	12,9	9,75
<i>alnifolia</i>	653/9,4	1120/10,8	11,5	9,61
<i>ovalis</i>	418/7,1	560/5,4	13,6	9,64

На изменчивость массы плодов и семян в зависимости от географических пунктов влияют абиотические факторы (различия температур, влажности воздуха, почвы), уровень адаптации и ареал видов (таблица 6).

Таблица 6. Характеристика плодов и семян *Amelanchier spicata* (среднее за 3 года)

Название вида	Масса 1000, г		Размер, мм				Выход семян, %
			плодов		семян		
	плодов	семян	длина	ширина	длина	ширина	
<i>Amelanchier spicata</i>	475*	7,9	0,73	0,80	0,4	0,2	4,0
	450-563	6,0-8,4	0,5-0,9	0,5-1,0	0,2-0,5	0,1-0,2	2,5-5,1
	619,0**	3,5	0,9	0,9	0,4	0,2	2,0
	508-712,4	2,5-4,0	0,8-0,9	0,8-0,9	0,3-0,4	0,1-0,2	1,3-2,9

* в условиях: южной сухостепной зоны Волгоградской обл., ** Кулундинской степи (Алтайский край); в числителе – среднее, в знаменателе – минимальное и максимальное значения

Неравномерность развития цветов и плодов в кроне приводит к варьированию семян по качеству. В семеноведении вопросы изучения качества семян, как на разных особях, так и в пределах одного растения с учетом различных факторов направлены на повышение эффективности семенного размножения. Выявлены изменения характеристик плодоношения древесных видов в зависимости от экспозиции (таблица 7).

Таблица 7. Показатели плодоношения частей кроны *Amelanchier laevis*

Экспозиция	Количество			Масса плодов в кисти, г	Размеры плода, см	
	соцветий на 1 пог. м, шт.	плодов в кисти, шт.	семян в 1 плоде, шт.		длина	ширина
С	40±5	8* 4-14	8 5-12	2,35 1,05-5,28	0,73 0,5-0,9	0,80 0,5-1,0
Ю	35±4	7 4-10	7,5 5-11	2,10 1,14-3,66	0,76 0,6-0,8	0,85 0,7-1,0
З	60±3	5 2-8	6,5 5-8	2,22 0,5-4,11	0,56 0,5-0,7	0,74 0,6-0,9
В	20±5	10 6-11	6 5-10	2,64 1,79-3,86	1,03 0,7-1,0	0,87 0,6-0,9
Верх	37±4	7	7	2,47	0,84	0,74

кроны		3-11	5-10	0,7-4,13	0,7-1,0	0,5-1,0
-------	--	------	------	----------	---------	---------

** в числителе – среднее значение, в знаменателе – минимальное и максимальное значения

Определены лимитирующие факторы в условиях южной сухостепной зоны Волгоградской области – высокие летние (до +41-43°C) и низкие зимние (-35-50°C) температуры при падении влажности воздуха (до 25%) и почвы (общий запас влаги в корнеобитаемом слое 150 мм) для выявления адаптивных изменений в ритмике развития у представителей родового комплекса *Amelanchier* (почвы каштанового типа, с содержанием гумуса в верхнем горизонте до 2,8%).

В селекционной работе по совершенствованию хозяйственно ценных качеств *Amelanchier* следует проводить отбор по многим направлениям (рисунок 9).

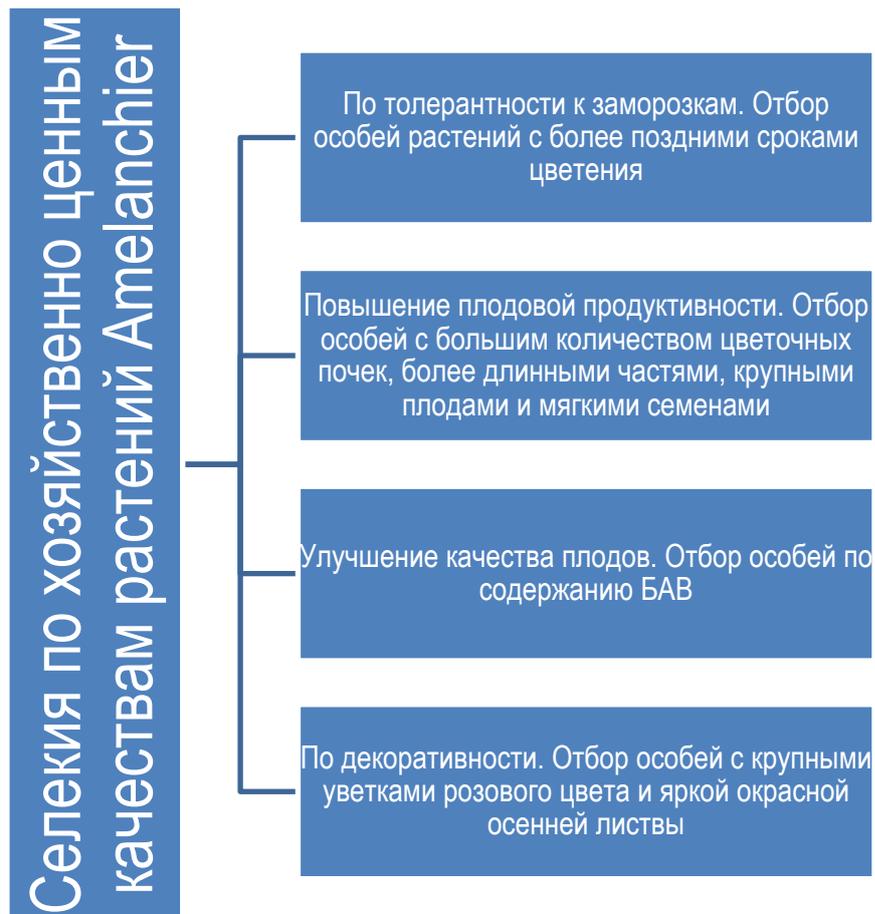


Рисунок 9. Направления селекции *Amelanchier*

Для питомниководства с целью введения растений в овражно-балочные мелиоративные насаждения и зеленый пояс населенных пунктов Поволжья рекомендуются эвритопы: *Crataegus топогуна* и изученные виды секции *Molles* (рисунок 10).

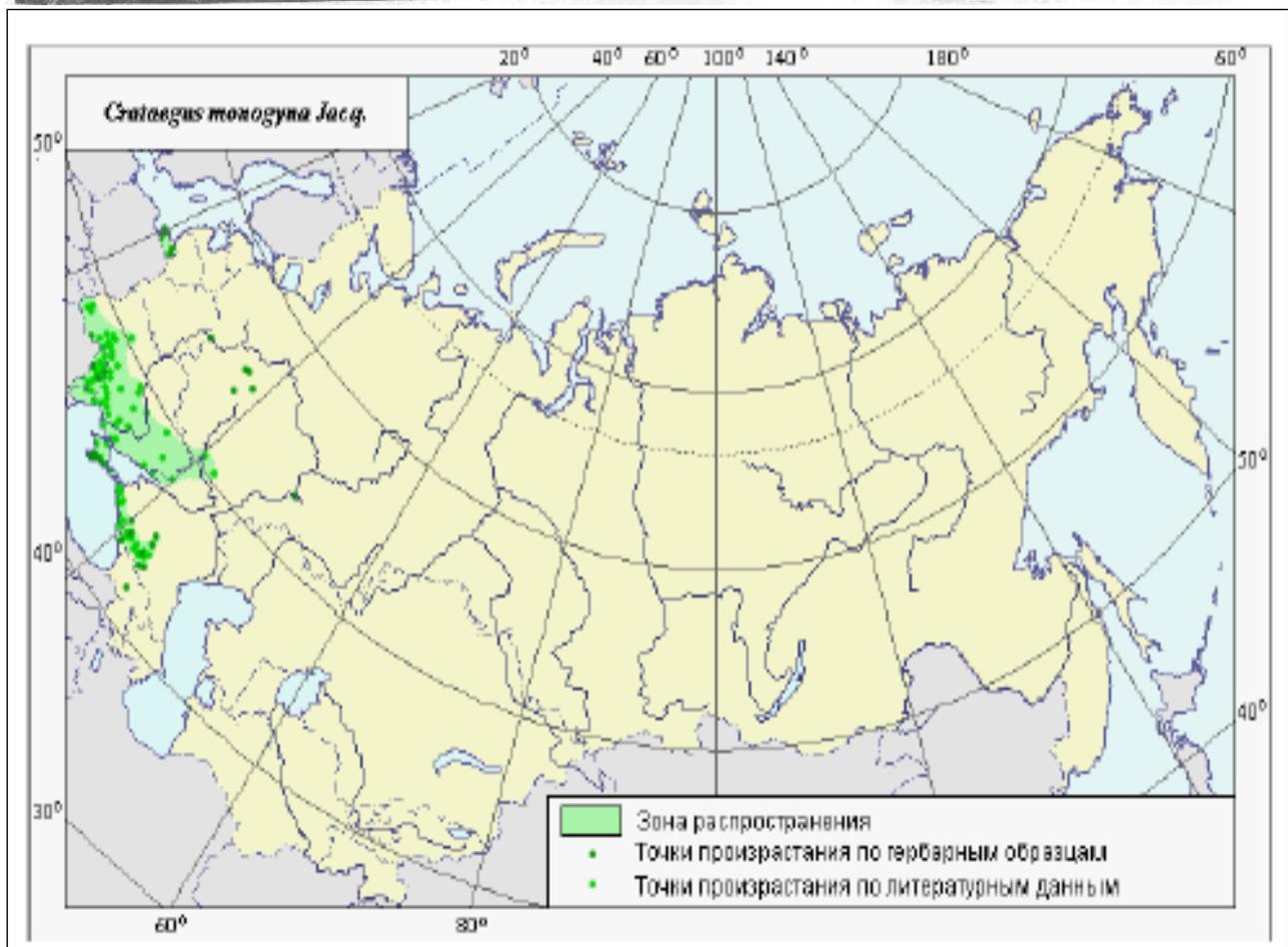
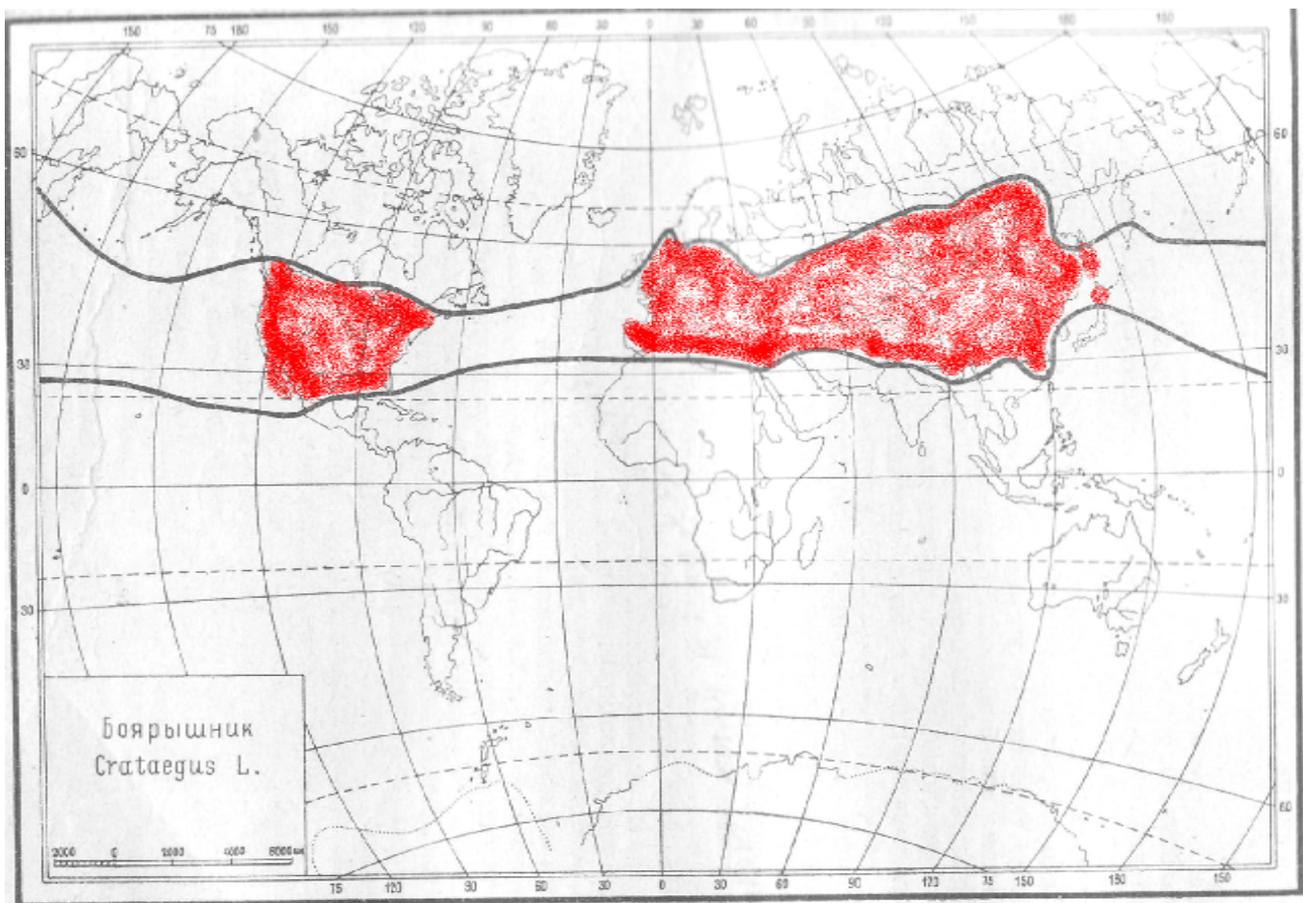


Рисунок 10. Ареал рода *Crataegus* L.

Интродуцированные виды боярышника в условиях сухой степи (коллекционные экспозиции ФНЦ агроэкологии РАН) вступили в генеративную фазу в возрасте 5-6 лет. Первое обильное плодоношение отмечено в 7 лет. Боярышники плодоносят ежегодно, однако урожай плодов колеблется по годам и определяется погодными условиями. На снижение урожая влияют погодные условия в предшествующий цветению год и сухость воздуха и почвы в период формирования плодов.

В засушливых условиях (34:34:000000:122, 34:34:060061:10) у интродуцентов увеличивается энергия цветения и плодоношения за счет увеличения завязываемости плодов и формирования крупных плодов и семян. Доброкачественность семян зависит от видовой принадлежности (рисунок 11).

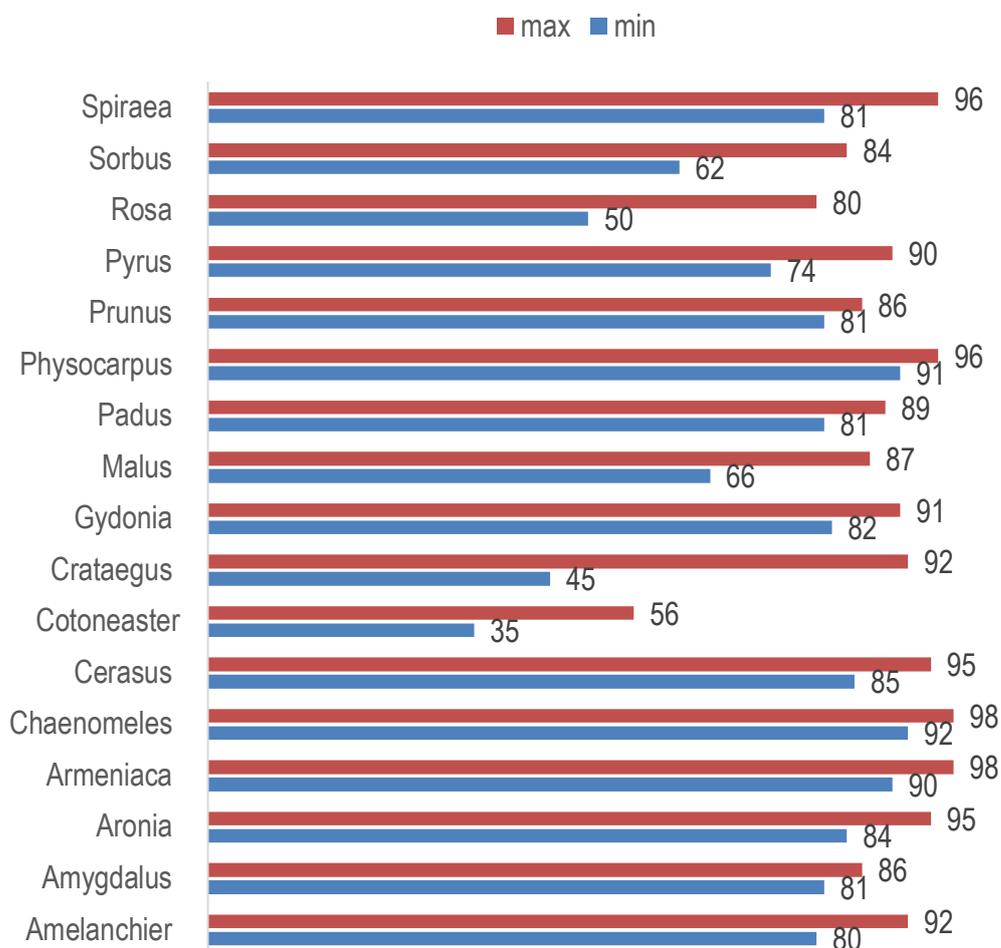


Рисунок 11. Варьирование показателей жизнеспособности (доброкачественность) семян у представителей родовых комплексов семейства *Rosaceae* в сухостепных условиях (возраст 20-25 лет)

Представители семейства *Rosaceae* в Нижнем Поволжье в основном продуцируют семена высоких качеств (рисунок 12).

Чем выше уровень адаптации растений, тем лучше их семенная продуктивность и возможности использования в питомниководстве. Выявление пределов толерантности видов к стресс-факторам позволяет отдать предпочтение полиморфным родовым комплексам, богатым в видовом отношении и обширных по ареалу.

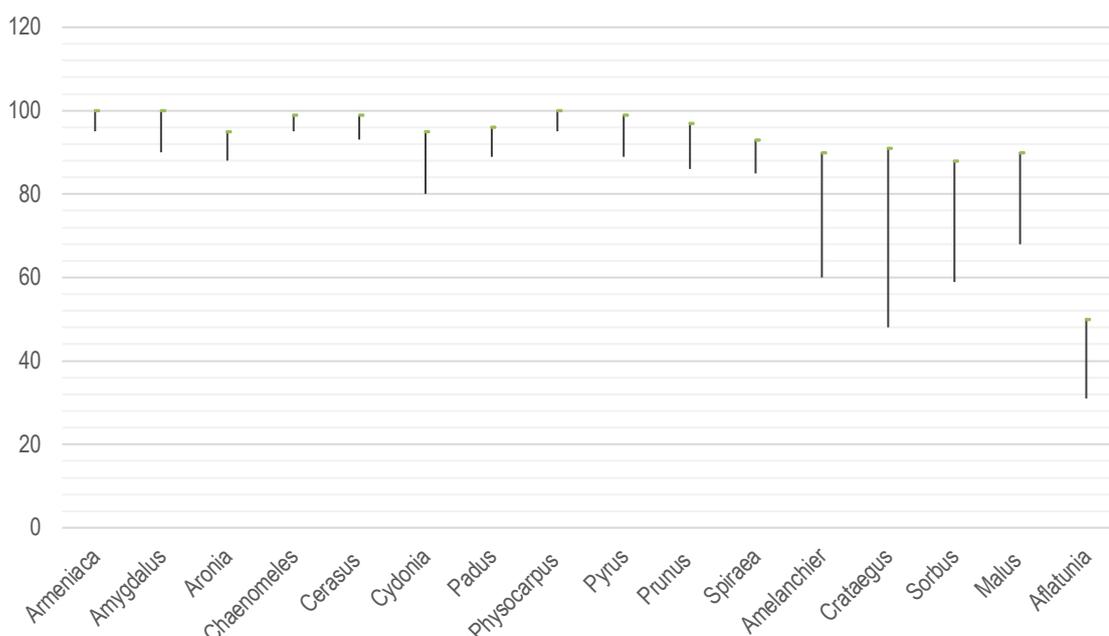


Рисунок 12. Жизнеспособность семян представителей семейства *Rosaceae*

Из методов, применяющихся для ускорения прорастания семян, наиболее эффективен в аридных условиях метод посева недозрелыми семенами (Semenyutina, 2013).

Обоснована перспективность использования новых знаний по анализу и оценке влияния стресс-факторов на репродуктивную способность. Выявлены качественно новые закономерности исследуемых явлений по адаптации и пределам толерантности по изменчивости параметров у представителей семейства *Rosaceae*.

Заключение

При изучении плодоношения в различных географических условиях возраст растений также влияет на урожай плодов и дает представление о закономерностях характера генеративного развития. Действие лимитирующих факторов среды на цветение зависит от фенологической фазы генеративных органов. Многолетние исследования позволяют выявить периодичность плодоношения, аномалии и определить влияние метеоусловий на формирование и развитие генеративных органов.

Теоретической основой успешного развития семеноводства древесных растений является селекционное семеноведение, которое базируется на критериях отбора адаптивного ассортимента в системе «генотип-среда», изучении репродуктивных особенностей выделенных для целевого использования собственных биоресурсов с учетом возможности их всестороннего исследования и оценки хозяйственной пригодности.

Теоретически обоснована перспективность использования новых знаний и идей по анализу и оценке биологического разнообразия древесных видов. На основе системы используемых методов и критериев, выявлены качественно новые закономерности исследуемых явлений по адаптации и толерантности к стресс-факторам, изменчивости параметров.

На основании анализа климатических характеристик, играющих определяющую роль в успешности акклиматизации, выявлено, что виды с широким естественным ареалом наиболее перспективны для введения в насаждения сухостепных районов как растения многоцелевого назначения.

Агроклиматический анализ районов введения растений в культуру установил, что чем больше сходство климата, тем успешнее происходит адаптация в новых условиях.

В кластерных коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (дендрарии: Камышинский, Кулундинский, Волгоградский, Поволжский) изучены экологические основы семеноведения с характеристикой цветения и плодоношения адаптированных хозяйственно ценных интродуцентов.

Семена высоких качеств продуцируют представители *Cydonia* (80...95), *Spiraea* (85...93), *Prunus* (86...97), *Aronia* (88...95), *Padus* (89...96), *Pyrus* (89...99), *Amygdalus* (90...100), *Cerasus* (93...99), *Chaenomeles* (95...99), *Physocarpus* (95...100), *Armeniaca* (99...100). Разнообразием качества семян характеризуются следующие виды родов этого семейства: *Crataegus* (48...91), *Sorbus* (59...88), *Amelanchier* (60...90), *Malus* (68...90), у *Aflutunia ulmifolia* (31...50).

На основе анализа климатических характеристик, играющих определяющую роль в успешности интродукции, отмечено, что представители семейства *Rosaceae* с широким экологическим ареалом, произрастающие в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН, включают виды многоцелевого назначения (лесомелиоративные, декоративные, лекарственные, пищевые и др.).

Список литературы

1. Barber, Q. E., Bader, C. W., Braid, A. C. R., Coops, N. C., Tompalski, P., & Nielsen, S. E. (2016). Airborne laser scanning for modelling understory shrub abundance and productivity. *Forest Ecology and Management*, 377, 46–54. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.037>
2. Belitskaya, M. N., Gribust, I. R., Belyaev, A. I., Nefed'eva, E. E., & Zheltobryukhov, V. F. (2019). Peculiarities in the Organization of the Population of Ground Beetles (Coleoptera, Carabidae) in the Gradient of Urbanization. *{IOP} Conference Series: Earth and Environmental Science*, 224, 12022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/224/1/012022>
3. Cerovic, Z. G., Masdoumier, G., Ghazlen, N. B., & Latouche, G. (2012). A new optical leaf-clip meter for simultaneous non-destructive assessment of leaf chlorophyll and epidermal flavonoids. *Physiologia Plantarum*, 146(3), 251–260. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01639.x>
4. Chindyayeva, L. N., Belanova, A. P., & Kiseleva, T. I. (2018). Patterns of Natural Regeneration of Alien Species of Woody Plants in Novosibirsk. *Russian Journal of Biological Invasions*, 9(3), 273–285. <https://doi.org/10.1134/S2075111718030025>
5. Dolgih, A.A. (2018). Monitoring of introduction resources of the Kulunda arboretum and allocation of valuable gene pool for protective afforestation. *World Ecology Journal*, 8(1), 29–42. <https://doi.org/10.25726/NM.2018.1.1.003>
6. du Preez, R., Wanyonyi, S., Mouatt, P., Panchal, S. K., & Brown, L. (2020). Saskatoon berry *amelanchier alnifolia* regulates glucose metabolism and improves cardiovascular and liver signs of diet-induced metabolic syndrome in rats. *Nutrients*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/nu12040931>
7. Huff, S., Ritchie, M., & Temesgen, H. (2017). Allometric equations for estimating aboveground biomass for common shrubs in northeastern California. *Forest Ecology and Management*, 398, 48–63. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.04.027>
8. Jin, A. L., Ozga, J. A., Kennedy, J. A., Koerner-Smith, J. L., Botar, G., & Reinecke, D. M. (2015). Developmental profile of anthocyanin, flavonol, and proanthocyanidin type, content, and localization in saskatoon fruits (*amelanchier alnifolia* nutt.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(5), 1601–1614. <https://doi.org/10.1021/jf504722x>
9. Kebbas, S., Benseddik, T., Makhloufi, H., & Aid, F. (2018). Physiological and biochemical behaviour of *Gleditsia triacanthos* L. young seedlings under drought stress conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(2), 585–592. <https://doi.org/10.15835/nbha46211064>
10. Konijnendijk, C. C. (2008). *The forest and the city: The cultural landscape of urban woodland. The Forest and the City: The Cultural Landscape of Urban Woodland*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8371-6>
11. Kruzhilin, S. N., Taran, S. S., Semenyutina, A. V., & Matvienko, E. Y. (2018). Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. Formation in steppe region conditions. *Kuwait Journal of Science*, 45(4), 52–58.
12. Larionov, M. V., Larionov, N. V., Siraeva, I. S., & Ermolenko, A. S. (2018). The Composition and Characteristics of the Dendroflora in the Transformed Conditions of the Middle Reaches of the River Khoper. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 115). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/115/1/012009>

13. Lepší, M., Koutecký, P., Nosková, J., Lepší, P., Urfus, T., & Rich, T. C. G. (2019). Versatility of reproductive modes and ploidy level interactions in *Sorbus* s.l. (Malinae, Rosaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 191(4), 502–522. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/boz054>
14. Melikhov, V. V., Novikov, A. A., Medvedeva, L. N., & Komarova, O. P. (2017). Green technologies: The basis for integration and clustering of subjects at the regional level of economy. *Contributions to Economics*, (9783319454610), 365–382. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45462-7_37
15. Semenyutina A.V., Kostyukov S.M. (2013). Bioecological justification assortment of shrubs for landscaping urban landscapes. Montreal, Accent Graphics Communications. 164p.
16. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 1415–1422.
17. Stoochnoff, J. A., Graham, T., & Dixon, M. A. (2018). Drip irrigation scheduling for container grown trees based on plant water status. *Irrigation Science*, 36(3), 179–186. <https://doi.org/10.1007/s00271-018-0575-y>
18. Vásquez-Cruz, M., & Sosa, V. (2020). Assembly and origin of the flora of the Chihuahuan Desert: The case of sclerophyllous Rosaceae. *Journal of Biogeography*, 47(2), 445–459. <https://doi.org/10.1111/jbi.13745>
19. Volk, G., Samarina, L., Kulyan, R., Gorshkov, V., Malyarovskaya, V., Ryndin, A., ... Stover, E. (2018). Citrus genebank collections: international collaboration opportunities between the US and Russia. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 65(2), 433–447. <https://doi.org/10.1007/s10722-017-0543-z>
20. Yao, L., Zhang, Y., Zhang, K., & Tao, J. (2019). Reproductive and pollination biology of *sorbus alnifolia*, an ornamental species. *Pakistan Journal of Botany*, 51(5), 1797–1802. [https://doi.org/10.30848/PJB2019-5\(21\)](https://doi.org/10.30848/PJB2019-5(21))
21. <http://www.force-a.com/capteurs-optiques-optical-sensors/dualex-scientific-chlorophyll-meter/>

Reproductive capacity of the dendrological resources of the Rosaceae family and their prospects for nursery management and forest flora enrichment



Alexandra V. Semenyutina

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex
Melioration and Protective Afforestation of the
Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

vnialmi@yandex.ru

0000-0003-3250-6877



Aliya Sh. Huzhahmetova

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex
Melioration and Protective Afforestation of the
Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

aliyasham@mail.ru

0000-0001-5127-8844



Victoria A. Semenyutina

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex
Melioration and Protective Afforestation of the
Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

Vsem89@mail.ru

0000-0002-7345-2740



Daria V. Sapronova

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex
Melioration and Protective Afforestation of the
Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

Sapronova.darya@mail.ru

0000-0002-3559-3745

Received
2.19.2019

Accepted
29.12.2019

Published
15.03.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.1.4

Abstract

Scientific research on the impact of stress factors on the reproductive ability of economically important woody plants is relevant for arid regions of the Russian Federation in connection with activities under the national projects "Science" and "Ecology". Mechanisms of adaptation of biological systems to the impact of stress factors are determined by the limits of plant resistance and reveal the nature of their integrity and preservation.

The objects of research are representatives of the *Rosaceae* family (*Amelanchier*, *Amygdalus*, *Aronia*, *Armeniaca*, *Chaenomeles*, *Cerasus*, *Cotoneaster*, *Crataegus*, *Gydonia*, *Malus*, *Rosa*, *Sorbus*, *Spiraea*, etc.) growing in the collections of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Volgograd and Samara Regions, Altai Territory), including multi-purpose species (forest-reclamation, decorative, medicinal, food, etc.).

The climate is characterized by a small amount of annual precipitation (270-395 mm), high summer precipitation (+40-43 °C), and low winter (-35-50°C) air temperatures, thawing in winter, low snow cover.

Observation of the behavior of introduced trees was evaluated by the degree of growth, development, and reproduction. Methods for determining tolerance limits under stress factors based on an s230kit conductometer and a Dualex Scientific device were used.

The effect of environmental factors on the flowering, fruiting, and seed production of the studied representatives of generic systems in the *Rosaceae* family was determined according to guidelines developed by the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences.

In the cluster collections of the Federal Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (arboretums: Volgograd, Kamyshin, the Volga Region, Kulunda), 33.2 percent of woody species with the generative index 0.65-0.79 were allocated. This group includes plants with a wide ecological range of growth (polymorphic generic complexes). Along with a high level of environmental plasticity to stress factors, the colloid-osmotic properties of protoplasm (1.70-2.05) showed intensive fruiting, high fruit set rates (64-91%), development of large fruits and seeds, and good seed quality.

Seeds of high quality are produced by representatives of *Cydonia* (80 ... 95), *Spiraea* (85...93), *Prunus* (86...97), *Aronia* (88...95), *Padus* (89...96), *Pyrus* (89...99), *Amygdalus* (90...100), *Cerasus* (93...99), *Chaenomeles* (95...99), *Physocarpus* (95...100), and *Armeniaca* (99...100). The following species of genera of this family are characterized by a variety of seed quality: *Crataegus* (48 ... 91), *Sorbus* (59...88), *Amelanchier* (60...90), *Malus* (68...90), and *Aflatinia ulmifolia* (31...50).

The ecological specificity of the species, associated with the range of their origin and with a complex process of adaptive variability, was established. Bioecological parameters of seed production and generative capacity of trees and shrubs for their effective continuous use in nursery and forest reclamation were identified.

As a result of research, a theoretical basis for seed science has been developed, which is based on obtaining an adaptive generation of plants. New knowledge has been obtained on the limits of ecological tolerance of tree species to stress factors.

Polymorphic generic complexes of shrubs are recommended for the formation of sustainable forest-reclamation complexes and improvement of bioresources of degraded landscapes. Based on the analysis of climatic characteristics that play a decisive role in the success of introduction, species with a wide ecological range, as multi-purpose plants, are promising for plantings in arid regions.

Keywords

reproductive capacity, adaptation, drought, stress factors, dendrological resources, Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, flowering, fruiting, biodiversity, shrubs, *Rosaceae*, mobilization, nursery management, degraded landscapes

The research was carried out within the framework of state task No. 0713-2019-0004 "To Develop scientific bases and methods for preserving the biodiversity of tree species in order to select an adapted gene pool of economically valuable plants for the formation of protective forest stands for various purposes in the steppe and semi-desert" (state registration no. AAAA-A16-116032950058-8) financing of the Ministry of science and higher education of the Russian Federation

Reference

1. Barber, Q. E., Bater, C. W., Braid, A. C. R., Coops, N. C., Tompalski, P., & Nielsen, S. E. (2016). Airborne laser scanning for modelling understory shrub abundance and productivity. *Forest Ecology and Management*, *377*, 46–54. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.037>
2. Belitskaya, M. N., Gribust, I. R., Belyaev, A. I., Nefed'eva, E. E., & Zheltobryukhov, V. F. (2019). Peculiarities in the Organization of the Population of Ground Beetles (Coleoptera, Carabidae) in the Gradient of Urbanization. *{IOP} Conference Series: Earth and Environmental Science*, *224*, 12022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/224/1/012022>
3. Cerovic, Z. G., Masdoumier, G., Ghozlen, N. B., & Latouche, G. (2012). A new optical leaf-clip meter for simultaneous non-destructive assessment of leaf chlorophyll and epidermal flavonoids. *Physiologia Plantarum*, *146*(3), 251–260. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01639.x>
4. Chindyaeva, L. N., Belanova, A. P., & Kiseleva, T. I. (2018). Patterns of Natural Regeneration of Alien Species of Woody Plants in Novosibirsk. *Russian Journal of Biological Invasions*, *9*(3), 273–285. <https://doi.org/10.1134/S2075111718030025>
5. Dolgih, A.A. (2018). Monitoring of introduction resources of the Kulunda arboretum and allocation of valuable gene pool for protective afforestation. *World Ecology Journal*, *8*(1), 29–42. <https://doi.org/10.25726/NM.2018.1.1.003>
6. du Preez, R., Wanyonyi, S., Mouatt, P., Panchal, S. K., & Brown, L. (2020). Saskatoon berry *amelanchier alnifolia* regulates glucose metabolism and improves cardiovascular and liver signs of diet-induced metabolic syndrome in rats. *Nutrients*, *12*(4). <https://doi.org/10.3390/nu12040931>
7. Huff, S., Ritchie, M., & Temesgen, H. (2017). Allometric equations for estimating aboveground biomass for common shrubs in northeastern California. *Forest Ecology and Management*, *398*, 48–63. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.04.027>
8. Jin, A. L., Ozga, J. A., Kennedy, J. A., Koerner-Smith, J. L., Botar, G., & Reinecke, D. M. (2015). Developmental profile of anthocyanin, flavonol, and proanthocyanidin type, content, and localization in saskatoon fruits (*amelanchier alnifolia* nutt.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *63*(5), 1601–1614. <https://doi.org/10.1021/jf504722x>
9. Kebbas, S., Benseddik, T., Makhloufi, H., & Aid, F. (2018). Physiological and biochemical behaviour of *Gleditsia triacanthos* L. young seedlings under drought stress conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *46*(2), 585–592. <https://doi.org/10.15835/nbha46211064>
10. Konijnendijk, C. C. (2008). *The forest and the city: The cultural landscape of urban woodland*. *The Forest and the City: The Cultural Landscape of Urban Woodland*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8371-6>
11. Kruzhilin, S. N., Taran, S. S., Semenyutina, A. V., & Matvienko, E. Y. (2018). Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. Formation in steppe region conditions. *Kuwait Journal of Science*, *45*(4), 52–58.
12. Larionov, M. V., Larionov, N. V., Siraeva, I. S., & Ermolenko, A. S. (2018). The Composition and Characteristics of the Dendroflora in the Transformed Conditions of the Middle Reaches of the River Khoper. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 115). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/115/1/012009>
13. Lepší, M., Koutecký, P., Nosková, J., Lepší, P., Urfus, T., & Rich, T. C. G. (2019). Versatility of reproductive modes and ploidy level interactions in *Sorbus* s.l. (Malinae, Rosaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, *191*(4), 502–522. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/boz054>
14. Melikhov, V. V., Novikov, A. A., Medvedeva, L. N., & Komarova, O. P. (2017). Green technologies: The basis for integration and clustering of subjects at the regional level of economy. *Contributions to Economics*, (9783319454610), 365–382. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45462-7_37
15. Semenyutina A.V., Kostyukov S.M. (2013). Bioecological justification assortment of shrubs for landscaping urban landscapes. Montreal, Accent Graphics Communications. 164p.
16. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, *9*(10), 1415–1422.

17. Stoochnoff, J. A., Graham, T., & Dixon, M. A. (2018). Drip irrigation scheduling for container grown trees based on plant water status. *Irrigation Science*, *36*(3), 179–186. <https://doi.org/10.1007/s00271-018-0575-y>
18. Vásquez-Cruz, M., & Sosa, V. (2020). Assembly and origin of the flora of the Chihuahuan Desert: The case of sclerophyllous Rosaceae. *Journal of Biogeography*, *47*(2), 445–459. <https://doi.org/10.1111/jbi.13745>
19. Volk, G., Samarina, L., Kulyan, R., Gorshkov, V., Malyarovskaya, V., Ryndin, A., ... Stover, E. (2018). Citrus genebank collections: international collaboration opportunities between the US and Russia. *Genetic Resources and Crop Evolution*, *65*(2), 433–447. <https://doi.org/10.1007/s10722-017-0543-z>
20. Yao, L., Zhang, Y., Zhang, K., & Tao, J. (2019). Reproductive and pollination biology of sorbus alnifolia, an ornamental species. *Pakistan Journal of Botany*, *51*(5), 1797–1802. [https://doi.org/10.30848/PJB2019-5\(21\)](https://doi.org/10.30848/PJB2019-5(21))
21. <http://www.force-a.com/capteurs-optiques-optical-sensors/dualex-scientific-chlorophyll-meter/>