

cally transformed flora. A corresponding graph is presented and described in detail that makes it possible to estimate the anthropogenic transformation of flora, not only its active, dynamic components – alien flora, but also the degree of preservation of rare species.

Keywords: anthropogenic transformation; human factors; rare component; adventive component; flora preservation; richness of species rarity; Melekessky-Stavropol landscaped area; elementary floral sub-area; graph; tolerance limit; optimum area; pessimum area.

УДК 0058 01/.07 + 00502.75

БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЛОДОВ НЕКОТОРЫХ РЕДКИХ РАСТЕНИЙ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2017

Котельникова Мария Геннадьевна, аспирант кафедры экологии, ботаники и охраны природы
Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва
(г. Самара, Российская Федерация)

Аннотация. В статье представлены результаты мониторинга растений рябчика шахматовидного (*Fritillaria meleagroides* Partin ex Schult. et Schult. fil.) и тюльпана Биберштейна (*Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. fil.), относящихся к категории редких и исчезающих видов. В 2012–2016 гг. было проведено исследование растений рябчика и тюльпана в двух популяционных группах квартала 80 и популяциях квартала 69 Красносамарского лесничества. Полученные данные использовали для установления морфометрических показателей длины и ширины плода растений, оценки уровня их изменчивости и сопоставления с указанными в литературе для данного растения количественными признаками. Было установлено, что выборки показателей вписываются в диапазон значений, указанный в источниках литературы, при значительной доле «крупных» плодов 2,0–3,0 см длиной. Динамика показателей размеров коробочки растений видов у двух популяционных групп квартала 80, в целом, имеет общие закономерности при отличии в отдельные сезоны вегетации. У растений ценопопуляций в квартале 69 преобладающие значения длины коробочки растений слабее изменялись в зависимости от года вегетации, данные популяции более устойчивы и многочисленны, по сравнению с популяциями квартала 80. Что касается изменчивости признаков, значения коэффициентов вариации длины и ширины коробочки не превышают 25% для рябчика шахматовидного и 20% для тюльпана Биберштейна, что является оптимальным для данного вида показателей и согласуется с биоэкологической спецификой плода растения. Условия биогеоценозов в кварталах 69 и 80 КСЛ благоприятны для вегетации растений тюльпана и рябчика, успешное сохранение и воспроизводство видов в составе растительных сообществ возможно при отсутствии лимитирующих антропогенных факторов.

Ключевые слова: рябчик шахматовидный; тюльпан Биберштейна; морфологические и биоэкологические особенности; количественные и качественные характеристики; длина плода; ширина плода; Красносамарское лесничество; модельный биотоп; Самарская область.

Все большую актуальность приобретает в наши дни проблема изучения и сохранения природных популяций редких и исчезающих видов растений, их реинтродукция в культуру. Ежегодный мониторинг ценопопуляций редких видов позволяет выявить тенденции изменения их численности в пределах биогеоценоза и определить перспективы сохранения в естественной среде обитания. Исследование редких популяций заключается как в геоботаническом анализе самой популяции, так и в оценке морфологических и биохимических показателей составляющих ее особей. Поскольку существование популяции возможно только при успешном воспроизводстве новых особей, особого внимания заслуживает оценка качества семян и плодов редких растений. Наше исследование посвящено изучению биоэкологических показателей растений двух редких видов, высокодекоративных многолетников семейства Лилейные – рябчика шахматовидного *Fritillaria meleagroides* Partin ex Schult. et Schult. fil. и тюльпана Биберштейна *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. fil.

Рябчик шахматовидный – понтическо-заволжско-казахстанский вид, многолетник, эфемероид. Лимитирующие факторы – узкая приуроченность к специфическим условиям засоленных почв, слабая конкурентоспособность и разрозненность популяций. Статус в Красной книге Самарской области – катего-

рия IIa, таксон, сокращающийся в численности в результате изменения условий существования. РКР – 4/Б, редкий вид, плавно снижающий численность [1]. Тюльпан Биберштейна – луковичный травянистый многолетник, столонообразующий олигокарпический или поликарпический весенний эфемероид-геофит. По данным С.К. Черепанова, к данному виду отнесен ряд прежде выделявшихся отдельно синонимов – *Tulipa granitica* (Klok. & Zoz) Klok., *T. hypanica* Klok. & Zoz, *T. ophiophylla* subsp. *bestashica* Klok. & Zoz, *T. ophiophylla* subsp. *dometizica* Klok. & Zoz, *T. ophiophylla* subsp. *granitica* Klok. & Zoz, *T. quercetorum* Klok. & Zoz, *T. scythica* Klok. & Zoz [2]. Лимитирующие факторы – изменение фитоценотической среды (не выносит сильного задернения и затенения), перевыпас скота, сбор на букеты и пересадка в частные коллекции, климатические флуктуации (страдает в засушливые годы). Статус в Красной книге Самарской области – категория IIa; таксон, сокращающийся в численности в результате разрешения местообитаний [1]. Биоэкологические особенности данных видов широко описаны в литературе [3–5] и уже рассматривались нами ранее [6; 7].

Цель и задачи работы.

Определение морфометрических показателей растений, оценка уровня их изменчивости и сопо-

ставление с указанными в литературе количественными признаками.

Методика работы.

Сбор образцов проводился в Красносамарском лесном массиве Самарской области (далее – КСЛ) в летний период 2012–2016 гг. (кварталы 69 и 80). Характеристика учетных площадей представлена в таблице 1. Выбор ценопопуляций определялся марш-

рутным методом, обследование осуществлялось в период завершения формирования семян (середина июля), когда побеги прекратили рост и достигли своих предельных размеров. У изучаемых экземпляров определяли показатели длины побега растений, длины и ширины коробочки, массы 1000 семян. В данном отчете представлена оценка динамики показателей длины и ширины плода растений.

Таблица 1 – Характеристика учетных площадей (Красносамарский лес, 2012–2016)

Название учетной площади	Краткая характеристика биотопических условий
КСЛ, квартал 69, пойма реки Самара	Рельеф местности: выровненный участок, 52 м над уровнем моря. Тип растительности: беззостокострецово-узколистномятливое сообщество. Легкий суглинок, pH = 6,9
КСЛ, притеррасье, квартал 80, учетная площадь № 1	Рельеф местности: выровненный участок, 54 м над уровнем моря. Тип растительности: галофитная тростниково-лисохвосто-раннеосоковая (тростникововидная) ассоциация. Подстилка – степной войлок. Средний суглинок, содержание СГ (>10 мг/100 мл), pH = 6,2.
КСЛ, притеррасье, квартал 80, учетная площадь № 2	Рельеф местности: выровненный участок, 54 м над уровнем моря. Тип растительности: узколистномятливое сообщество. Подстилка – степной войлок. Легкий суглинок, pH = 5,9.

Результаты исследования и их обсуждение.

Рассмотрим динамику показателей длины и ширины плода-коробочки у растений рябчика шахматовидного. Сбор образцов производился в 2012–2016 гг. на двух учетных площадях квартал 80 и в квартале 69. Первым рассмотрим показатель длины коробочки растения. В пределах всей выборки в течение пяти вегетационных сезонов 2012–2016 гг. длина коробочки варьирует от 7,90 до 33,52 мм, у растений в квартале 80 на первой учетной площади – от 7,9 мм до 28,01 мм (при среднем значении 17,15 мм), на второй учетной площади квартала 80 – от 11,46 до 25,86 мм (ср. значение – 17,80 мм), у растений квартала 69 – от 10,39 до 33,52 мм (ср. значение – 19,07 мм). Рассмотрим две популяционные

группы квартала 80, динамика длины плода растений представлена на рис. 1.

Для популяционной группы первой учетной площади все сезоны вегетации 2012–2016 гг. наблюдалось одновершинное распределение. Преобладающую долю растений в 2012 и 2013 гг. составили особи с длиной коробочки 16,00–18,00 мм, являющейся средней для общей выборки показателя. В 2014, 2015 и 2016 гг. преобладали растения с длиной плода ок. 20,50 мм, в 2014 г. они составили более 70% всех особей. Можем предположить, что в указанные три сезона вегетации некоторая нестабильность условий, а также конкурентные взаимодействия с другими видами в биогеоценозе способствовала формированию более крупных плодов, содержащих большее количество семян для обновления и сохранения популяции в последующие сезоны.

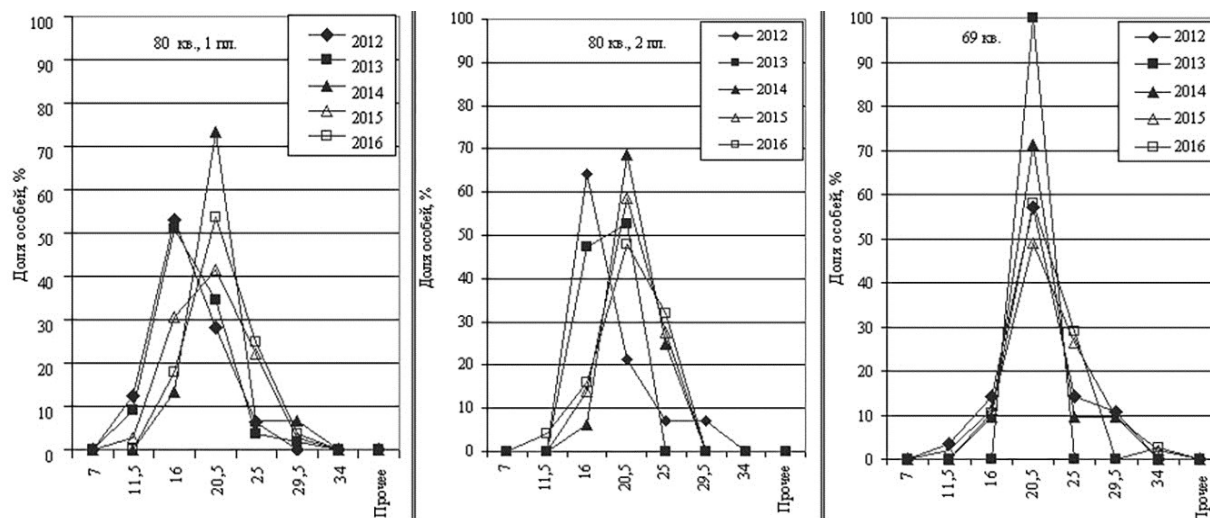


Рисунок 1 – Распределение показателя длины коробочки у растений рябчика шахматовидного

Для популяционной группы на второй учетной площади квартала 80 распределение длины плода имело также одновершинный характер, в целом схоже с динамикой растений первой популяционной группы. Для 2012, 2014, 2015 и 2016 гг. обнаружилось одновершинное распределение. В 2012 г. преобладали особи с длиной плода 16,00–17,00 мм, в 2014–2016 гг. – с длиной плода около 20,50 мм. В

2013 г. ок. 48% всех особей составили растения с длиной плода 16,00–17,00 мм, оставшийся процент выборки – растения с длиной плода около 20,50 мм. Некоторый дефицит влаги в начале сезона мог способствовать формированию доли растений с длиной плода выше среднего.

Для популяционной группы квартала 69 (рис. 1) преобладающие значения длины коробочки растений

слабо изменялись в зависимости от года вегетации. Все вегетационные сезоны 2012–2016 гг. распределение носило одновершинный характер, все сезоны преобладали растения с длиной плода около 20,50 мм (в 2013 г. они составили всю выборку растений). Формирование крупных плодов в данной популяционной группе в течение продолжительного времени может говорить о том, что условия квартала 69 благоприятны для вегетации рябчика шахматовидного, именно в данной ценопопуляции были от-

мечены особи с максимальной для всей выборки длиной плода в 33,52 мм.

Рассмотрим динамику показателя ширины коробочки (рис. 2). Согласно полученным данным, в пределах всей выборки ширина коробочки варьировалась в промежутке значений 5,20–12,87 мм, в популяционной группе первой учетной площади 80 квартала – 5,20–11,23 мм (среднее значение – 9,00 мм), у растений ценопопуляции второй учетной площади – 5,82–11,79 мм (ср. значение – 9,14 мм), у растений в квартале 69 – 5,92–12,87 мм (ср. значение – 9,81 мм).

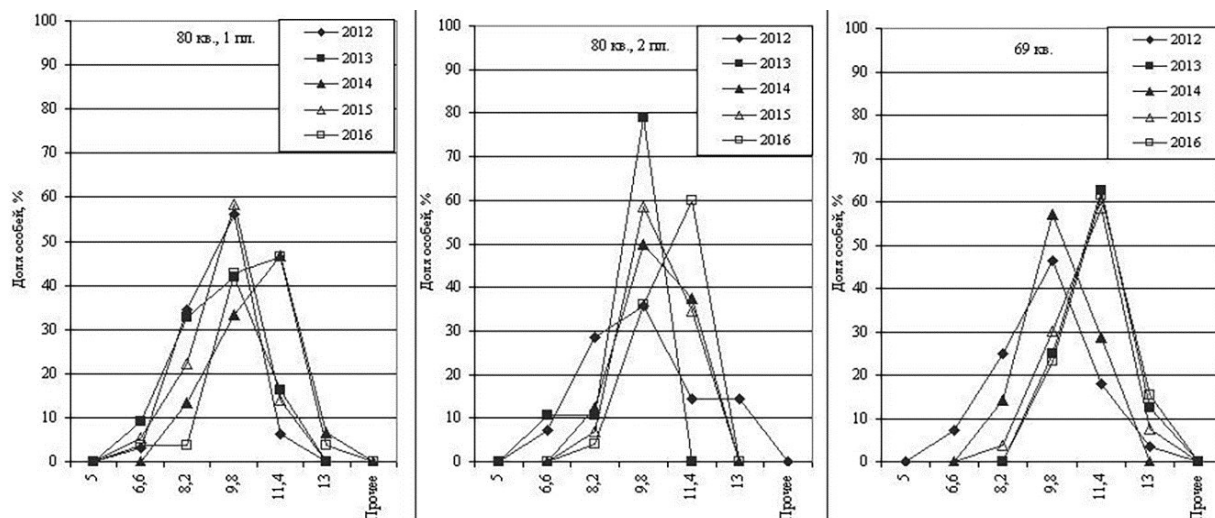


Рисунок 2 – Распределение показателя ширины коробочки у растений рябчика шахматовидного

У растений в популяционной группе первой учетной площади квартала 80 в 2012–2016 гг. наблюдалось одновершинное распределение показателя, в 2012, 2015 и 2016 гг. преобладающую долю выборки составили особи с шириной плода около 9,00–10,00 мм, в 2013–2014 гг. – с шириной плода 11,00–12,00 мм. У растений популяционной группы второй учетной площади в 2014–2016 гг. наблюдалось одновершинное распределение показателя ширины плода, в 2014 и 2015 гг. преобладали растения с шириной плода 9,00–10,00 мм, в 2016 г. – с шириной плода 11,00–12,00 мм. В 2013 г. около 35% выборки составили особи с шириной коробочки около 9,80 мм, ок. 15% – с шириной коробочки 11,00–13,00 мм. В 2013 г. явно преобладали растения с шириной плода 9,00–10,00 мм (ок. 80%), около 10% составили особи с шириной плода 6,60–8,20 мм.

У растений ценопопуляции квартала 69 все пять вегетационных сезонов с 2012 по 2016 гг. наблюдался одновершинный характер распределения показателя. В 2012 и 2014 гг. преобладали растения с шириной плода около 9,80 мм, в 2013, 2014, 2015 и 2016 гг. – с шириной плода 11,00–12,00 мм. В целом, динамика ширины коробочки рябчика соответствует динамике длины коробочки.

Что касается изменчивости признаков, значения коэффициентов вариации длины и ширины коробочки не превышают 25%, варьируя в пределах 4–23% (длина) и 9–19% (ширина). Для растений первой учетной площади коэффициент вариации длины коробочки составил 19–22%, для растений второй учетной площади – 12–23%, для растений квартала 69 – 4–21%. Коэффициент вариации ширины коробочки для растений первой учетной площади квартала 80 составил 10–15%, второй учетной площади –

9–19%, для растений квартала 69 – 8–16%. В целом, значения коэффициента вариации согласуются с биоэкологической спецификой плода растения.

Сравнивая полученные для растений Красносамарского леса данные с приведенными в источниках литературы значениями размеров коробочки, согласно которым максимальная длина коробочки составляет 2 см [8], мы можем отметить, что для Самарской области данное распределение является средним при значительной доле «крупных» плодов с длиной около 3,0–3,4 см.

Рассмотрим динамику показателей длины и ширины плода-коробочки у растений тюльпана Биберштейна. Сбор образцов производился в 2012–2016 гг. на двух учетных площадях квартал 80 и в квартале 69. Первым рассмотрим показатель длины коробочки растения. В пределах всей выборки пяти вегетационных сезонов 2012–2016 гг. длина коробочки изменялась в пределах 10,00–27,00 мм, у растений в квартале 80 на первой учетной площади – в пределах 12,77–23,81 мм (среднее значение – 18,20 мм), на второй учетной площади квартала 80 – 11,36–24,87 мм (среднее значение – 19,16 мм), у растений квартала 69 – 10,49–26,97 мм (среднее значение – 18,04). Распределение длины плода растений представлено на рис. 3. Для популяционной группы первой учетной площади одновершинное распределение показателя отмечается в 2013, 2014, 2015 и 2016 гг., в 2012 г. отмечается плосковершинный характер распределение длины плода. В 2013–2016 гг. преобладали растения с длиной плода около 18,50 мм (средней для данной выборки), в 2014 г. их доля от выборки составила 80%. В 2012 г. около 40% всей выборки составили особи с длиной плода 22,00–23,00 мм.

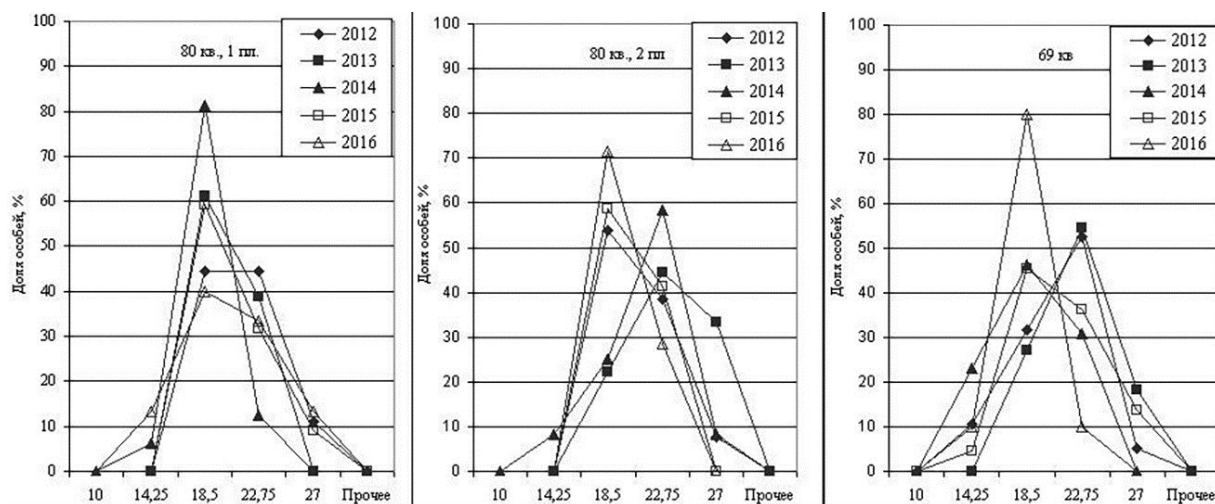


Рисунок 3 – Распределение показателя длины коробочки у растений тюльпана Биберштейна

Для популяционной группы второй учетной площади распределение длины плода все сезоны вегетации 2012–2016 гг. носило одновершинный характер, что говорит о выраженности группы растений со сходными морфометрическими показателями. В 2012, 2015 и 2016 гг. преобладающую долю всех растений составили особи с длиной коробочки 18,50 мм, в 2013–2014 гг. – особи с длиной плода 22,00–24,00 мм. В 2013 г. около 30% всей выборки составили растения с длиной плода около 27,00 мм.

У растений тюльпана в квартале 69 все пять сезонов вегетации распределение носило одновершинный характер, в 2012–2013 гг. преобладали особи с длиной плода 22,00–23,00 мм, в 2014–2016 гг. – с длиной плода 18,00–19,00 мм. Формирование более крупных плодов в 2012 г. может указывать на благоприятность условий для вегетации тюльпана в биоценозе, в 2013 г. данную динамику показателя можно оценить, наоборот, как реакцию растений на дефицит влаги в начале сезона вегетации.

Рассмотрим динамику показателя ширины коробочки у растений тюльпана Биберштейна (рис. 4). Согласно полученным данным, в пределах всей выборки ширина коробочки тюльпана варьировалась в промежутке значений 5,58–12,44 мм, в популяционной группе первой учетной площади 80 квартала – 5,53–11,90 мм (среднее значение – 9,46 мм), у растений ценопопуляции второй учетной площади – 7,03–11,83 мм (ср. значение – 9,46 мм), у растений в квартале 69 – 5,58–12,44 мм (ср. значение – 9,42 мм). У растений популяционной группе первой учетной площади квартала 80 (рис. 3) в 2013–2016 гг. распределение носило одновершинный характер, в 2012 г. наблюдается плосковершинное распределение. В 2013–2016 гг. преобладали растения с длиной плода 11,00–12,00 мм, в 2015 г. их доля от выборки оставила около 85%. В 2012 г. 45% всей выборки составили особи с шириной плода 9,00–12,00 мм. Динамика показателя ширины коробочки полностью согласуется с динамикой показателя длины плода.

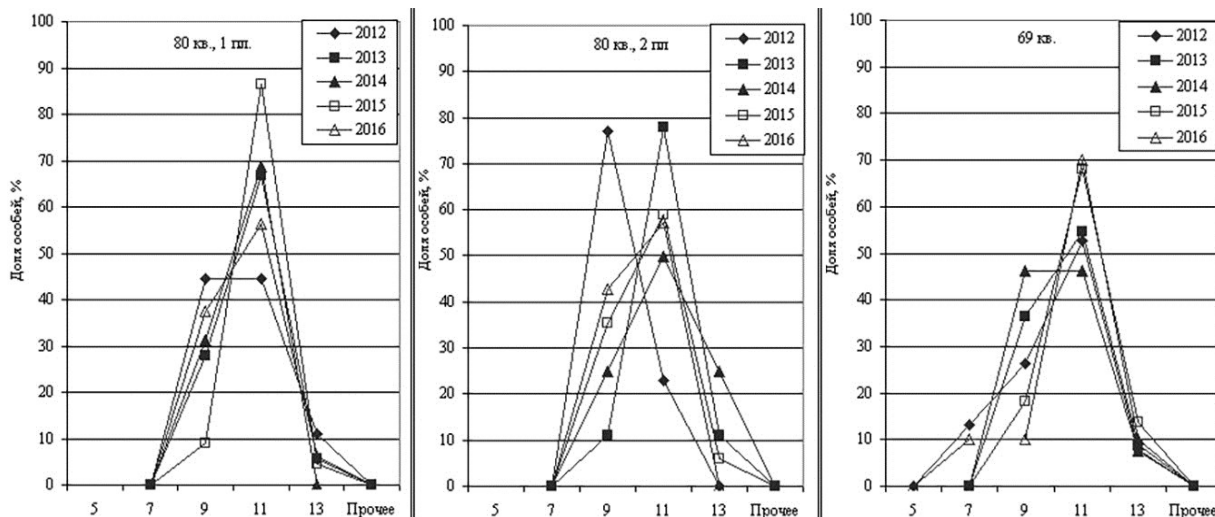


Рисунок 4 – Распределение показателя ширины коробочки у растений тюльпана Биберштейна

У растений популяционной группе второй учетной площади квартала 80 все сезоны 2012–2016 гг. наблюдалось одновершинное распределение показателя, в 2012 г. преобладающую долю выборки составили особи с шириной плода ок. 9,00 мм, в 2013–2016 гг. – с шириной плода 11,00–12,00 мм. В 2012 и 2013 гг. преобладающая доля особей с указанной шириной плода составила более 75% всей выборки.

Распределение показателя ширины плода в целом идентично распределению длины коробочки.

У растений тюльпана в квартале 69 в 2012, 2013, 2015 и 2016 гг. наблюдалось одновершинное распределение показателя, преобладающую долю растений составили особи с шириной плода ок. 11,00–12,00 мм, в 2015–2016 гг. их доля составила около 70% всей выборки. В 2014 г. распределение имело

плосковершинный характер, что говорит о некоторой нестабильности признака у растений в данный сезон вегетации. Выборку составили растений с шириной плода 9,00–12,00 мм. Динамика ширины коробочки тюльпана также соответствует динамике длины коробочки.

Что касается изменчивости признаков, значения коэффициентов вариации длины и ширины коробочки не превышают 20%, варьируя в пределах 10–19% (длина) и 8–16% (ширина). Для растений первой учетной площади коэффициент вариации длины коробочки тюльпана составил 10–18%, для растений второй учетной площади – 11–19%, для растений квартала 69 – 10–19%. Коэффициент вариации ширины коробочки для растений первой учетной площади квартала 80 составил 8–13%, второй учетной площади – 9–13%, для растений квартала 69 – 11–16%. В целом, значения коэффициента вариации также согласуются с биоэкологической спецификой плода растения.

В изученных литературных источниках размеры коробочки тюльпана составляют до 2–2,5 см длиной и 1–1,5 см шириной [9–11], для Самарской области данное распределение является средним при значительной доле «крупных» плодов с длиной около 2,0–2,5 см. Ширина коробочки вписывается в указанный диапазон значений.

Выводы. Таким образом, проанализировав распределение показателей длины и ширины коробочки у рябчика шахматовидного и тюльпана Биберштейна в кварталах 69 и 80 КСЛ в 2012–2016 гг., мы можем отметить, что выборки показателей вписываются в диапазон значений, указанный в источниках литературы, при значительной доле «крупных» плодов 2,0–3,0 см длиной. Формирование крупных плодов у растений в течение продолжительного времени может говорить о благоприятности условий произрастания вида (рябчик шахматовидный, популяция кв. 69). В отдельных случаях некоторая нестабильность условий вегетации (дефицит влаги, повышенный тепловой режим) и конкурентные взаимодействия с другими видами в биогеоценозе могли способствовать формированию более крупных плодов, содержащих большее количество семян для обновления и сохранения популяции в последующие сезоны (популяция квартала 80). Динамика показателей размеров коробочки растений рябчика и тюльпана у двух популяционных групп квартала 80, в целом, имеет общие закономерности при отличии в отдельные сезоны вегетации. У растений ценопопуляций видов в квартале 69 преобладающие значения длины коробочки растений слабее изменялись в зависимости от года вегетации, данные популяции более устойчивы и многочисленны, по сравнению с популяциями квартала 80. Что касается изменчивости признаков, значения коэффициентов вариации длины и ширины

коробочки не превышают 25% для рябчика шахматовидного и 20% для тюльпана Биберштейна, что является оптимальным для данного вида показателей и согласуется с биоэкологической спецификой плода растения. Условия биогеоценозов в кварталах 69 и 80 КСЛ благоприятны для вегетации растений тюльпана и рябчика, успешное сохранение и воспроизводство видов в составе растительных сообществ возможно при отсутствии лимитирующих антропогенных факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Красная книга Самарской области. Т. 1. Редкие виды растений, лишайников и грибов / под ред. чл.-корр. РАН Г.С. Розенберга и С.В. Саксонова. Тольятти: ИЭВБ РАН. 2003. 400 с.
2. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). Русское издание. СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
3. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Т. 1. Папоротники, хвощи, плауны, голосеменные, покрытосеменные (однодольные) / И.А. Губанов, К.В. Киселёва, В.С. Новиков, В.Н. Тихомиров. М.: Т-во научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований. 2003. С. 457–476.
4. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. С. 156–157.
5. Флора Сибири. Новосибирск: Наука, 1987. Т. 4. С. 101.
6. Котельникова М.Г. К оценке биоэкологических особенностей растений тюльпана Биберштейна (*Tulipa biebersteiniana* Shult. et Shult. fil.) в модельных биотопах Красносамарского лесничества // Самарский научный вестник. 2016. № 3 (16). С. 30–35.
7. Котельникова М.Г. К оценке некоторых морфометрических показателей растений рябчика шахматовидного (*Fritillaria meleagroides* partin ex schult. Et schult. Fill) с модельных биотопов красносамарского леса // Приоритетные научные направления: от теории к практике: мат-лы междунар. конф. Новосибирск, 2016. С. 36–39.
8. Флора Нижнего Поволжья. Т. 1. (споровые, голосеменные, однодольные). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. С. 363.
9. Энциклопедия декоративных садовых растений [Электронный ресурс] // <http://flower.onego.ru/lukov/tulipa/19.html>.
10. Красная книга Курганской области. Изд. 2-е. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2012. 448 с.
11. Травянистые растения СССР // Ю.Е. Алексеев, В.Н. Вехов, Г.П. Гапочка, Ю.К. Дундин и др. М.: Мысль, 1971. С. 295.

BIO-ECOLOGICAL FEATURES OF SOME RARE PLANTS FRUITS IN THE SAMARA REGION

© 2017

Kotelnikova Mariya Gennadevna, postgraduate student of Ecology, Botany and Nature Protection Department
Samara National Research University (Samara, Russian Federation)

Abstract. The paper presents some preliminary results of the monitoring of *Fritillaria meleagroides* Partin ex Schult. et Schult. fil. and *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. fil. plants (category of rare and endangered plant species). The results of the field study fulfilled in 2012–2016 in two population groups of quarter 80 and cenopopula-
Самарский научный вестник. 2017. Т. 6, № 1 (18)

tion of quarter 69 in the Krasnosamarsky forestry (Samara Region) were used to determine morphometric parameters of plant species. The data also helped us to assess the variability level and to make a comparison with plant quantitative traits given in the literature. It has been found that the sample indicators fit into the range of values specified in literature sources, with a significant proportion of «large» fruit 2,0–3,0 cm in length. The dynamics of the fruit size of *Fritillaria meleagroides* Partin ex Schult. et Schult. fil. and *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. fil. plants in population groups of quarter 80, as a whole, has general patterns in the difference during some seasons of vegetation. Prevailing values of fruit length of plants in cenopopulations of quarter 69 changed slightly according to year of vegetation, these populations are more resistant and numerous comparing with the populations of quarter 80. As for variability of signs, the values of fruit length and width coefficients of variation does not exceed 25% for *Fritillaria meleagroides* Partin ex Schult. et Schult. fil. plants and 20% for *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. fil. plants which is optimal for this type of indicators and is consistent with the bioecological specificity of fruit plant. The conditions of ecosystems in 69 and 80 quarters of Krasnosamarsky forestry are favorable for the vegetation of two species plants, the successful preservation and restoration in natural communities can be in the absence of anthropogenic factors limits.

Keywords: *Fritillaria meleagroides* Partin ex Schult. et Schult. fil.; *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. fil.; morphological and bioecological features; quantitative and qualitative characteristics; fruit length; fruit width; Krasnosamarsky forest; model biotope; Samara Region.

УДК 62

ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ЛАВИНОСТРИМЕРНЫМИ РАЗРЯДАМИ

© 2017

Кухно Андрей Валентинович, аспирант кафедры инженерной экологии и охраны труда
Макальский Леонид Михайлович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
доцент кафедры инженерной экологии и охраны труда
*Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»
(г. Москва, Российская Федерация)*

Цеханович Ольга Михайловна, кандидат технических наук,
доцент кафедры социально-культурной деятельности и туризма
*Гжельский государственный университет
(пос. Электроизолятор, Раменский район, Московская область, Российская Федерация)*

Аннотация. Авторами исследовано влияние лавиностримерных разрядов на водные растворы органических веществ, среди которых фенолы, метилоранж, моделирующий аминокислотные и белковые соединения. Исследования показали возможность универсальной очистки воды при использовании газоразрядных технологий очистки. Показано, что комплексное воздействие разрядных явлений, физико-химических воздействующих факторов, излучений на разных частотах лавиностримерного разряда приводит к деградации органических и неорганических веществ в примесях воды. Показано, что среди наиболее часто используемых разрядов для очистки воды выделяется: электролитный (разряд в жидкости), тлеющий, коронный, СВЧ-разряд с частотой возбуждения в несколько ГГц, барьерный разряд, лавиностримерный разряд. Применение лавиностримерных разрядов позволяет более эффективно и с малыми затратами энергии осуществить разложение органики в воде с разложением на углеродные соединения, газообразные компоненты и воду. Применение разрядных технологий является перспективным направлением развития технологии водоподготовки и обезвреживания промышленных сточных вод. Энергия электрических разрядов изменяет химические характеристики обрабатываемой воды, влияет на ее ионный состав, структуру растворенных органических веществ, на жизнеспособность присутствующих в воде микроорганизмов без дополнительных химических реагентов.

Ключевые слова: органические вещества; очистка воды; газоразрядные технологии; лавиностримерный разряд; низкотемпературная плазма; деградация органических веществ; промышленные сточные воды; водные растворы органических веществ; углеродные соединения; фенол; метилоранж; оптический малоугловой метод измерения размеров.

В работе рассматривается технология, связанная с организацией разряда над поверхностью воды, с непосредственным взаимодействием продуктов разряда низкотемпературной плазмы с водой. Низкотемпературная плазма над поверхностью воды представляет собой квазинейтральную среду, в которой содержатся как положительно, так и отрицательно заряженные частицы, продукты активных газовых компонентов. Для очистки воды такая плазма реализуется в воздушной среде с парами воды от 10^3 до 10^5 Па, образуя ионизованный газ со степенью ионизации до 10^{-4} . Повышенная концентрация электро-

нов, положительных и отрицательных ионов, радикалов оказывается достаточной для поддержания квазинейтрального состояния [1–3].

Электролитная плазма обычно образуется вследствие развития разряда между двумя металлическими электродами, погруженными в раствор электролита. Условием возникновения электролитной плазмы является неравенство площадей поверхности электродов.

Тлеющий разряд в воздушной среде при пониженном атмосферном давлении широко используется в системах обработки жидких сред, когда он слу-