

УДК 582.475:630*232(477.75)

ФЕНОЛОГИЯ ПЫЛЕНИЯ *JUNIPERUS EXCELSA* М. ВИБ. В УСЛОВИЯХ ГОРНОГО КРЫМА

Владимир Петрович Коба, Никита Александрович Макаров

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, спуск Никитский, 52
E-mail: kobavp@mail.ru, makarov.crimea@yandex.ru

Исследования проводили в природных популяциях *Juniperus excelsa* М. Виб. Горного Крыма. С использованием методов лесной таксации в пределах Главной гряды Крымских гор были заложены 15 пробных площадей, на которых выделены по 10 модельных деревьев для проведения фенологических наблюдений пыльцевого режима *Juniperus excelsa* М. Виб. В результате проведенных исследований установлено, что в 2024 г. наблюдалось значительное изменение сроков начала пыления *Juniperus excelsa* М. Виб. Выявлена географическая дифференциация пыления, в центральной части распространения *Juniperus excelsa* М. Виб. на южном макросклоне Главной гряды Крымских гор на мысах Мартыян, Сарыч и горе Кошка отмечены наиболее ранний вылет пыльцы. Раннее начало пыления и неустойчивая погода конца зимы – начала весны 2024 г. способствовали заметному увеличению продолжительности периода вылета пыльцы *Juniperus excelsa* М. Виб. В краевых территориях восточной части ареала *Juniperus excelsa* М. Виб. фаза пыления наблюдалась на 2 недели позже. Показано, что фенологическое развитие мужской репродуктивной сферы *Juniperus excelsa* М. Виб. в восточной части Южного берега Крыма адаптировано к низким температурам. Это определяет специфику пыльцевого режима насаждений восточной части, снижает возможности обмена генетической информацией с центральными и западными участками и может способствовать формированию популяций, устойчивых к низким температурам. Пыльцевой режим *Juniperus excelsa* М. Виб. зависит от орографических условий. С повышением высоты местопроизрастания над уровнем моря начало пыления наступает позже, увеличивается его продолжительность.

Ключевые слова: *Juniperus excelsa*; фенология; температура; адаптация; орографические условия; Крымский полуостров

Введение

Одной из актуальных проблем сохранения видов древесных растений, численность и природный ареал которых в настоящее время сокращаются, является формирование методологических подходов и разработка принципов охраны и поддержания устойчивого развития их природных популяций. Базовыми элементами решения данных задач являются определение единой системы комплексной оценки особенностей роста и развития, динамики жизненного состояния, взаимодействия с факторами внешней среды, анализ экологической пластичности [11, 12, 13, 15].

Пыльцевая продуктивность и качество пыльцы чувствительны к изменчивости окружающей среды и считаются индикаторами изменения климата. Для четырнадцати таксонов, относящихся к семействам *Corylaceae*, *Cupressaceae*, *Fagaceae*, *Oleaceae*, *Pinaceae* и *Platanaceae* было установлено, что у них цветение начиналось раньше на более низких высотах, склонах южной экспозиции. Суммарная температура оказалась фактором, наиболее существенно влияющим на начало и конец цветения для всех изученных видов ($p < 0,001$, $R^2 > 0,70$) [9]. Фенологические наблюдения, анализ пыльцевого режима имеют важное значение в изучении особенностей развития процессов репродукции, адаптации видов на популяционном уровне к изменяющимся условиям внешней среды. Наиболее актуальны данные вопросы для анемофильных растений, пыльца которых распространяется воздушными потоками. Погодные условия в период лета пыльцы во многом определяют эффективность ее распространения, что

оказывает существенное влияние на результативность процессов семенного воспроизводства вида в природных популяциях.

Флуктуация климатических факторов, амплитуда осцилляции которых во многих регионах существенно превышает средние многолетние значения, определяет негативные тенденции трансформации условий произрастания, что повышает риски существования растений коренных формаций, в первую очередь видов с низкой численностью и невысоким биоэкологическим потенциалом. Поэтому в настоящее время особую актуальность приобретают вопросы разработки новых принципов поддержания устойчивого развития природных популяций редких и исчезающих видов растений. Основными направлениями решения данной проблемы является совершенствование природоохранного контроля территории произрастания автохтонных видов, формирование системы долгосрочных наблюдений специфики их роста и развития, процессов репродукции.

Целью исследований являлось изучение фенологии вылета пыльцы, особенностей начала и продолжительности пыления *Juniperus excelsa* M. Vieb. в условиях Горного Крыма.

Материалы и методы

Исследования проводили в природных популяциях *Juniperus excelsa* M. Vieb. Горного Крыма. С использованием методов лесной таксации в пределах Главной гряды Крымских гор были заложены 15 пробных площадей, на которых выделены по 10 модельных деревьев для проведения фенологических наблюдений пыльцевого режима *J. excelsa* в лесных сообществах [1, 2] (рис.).

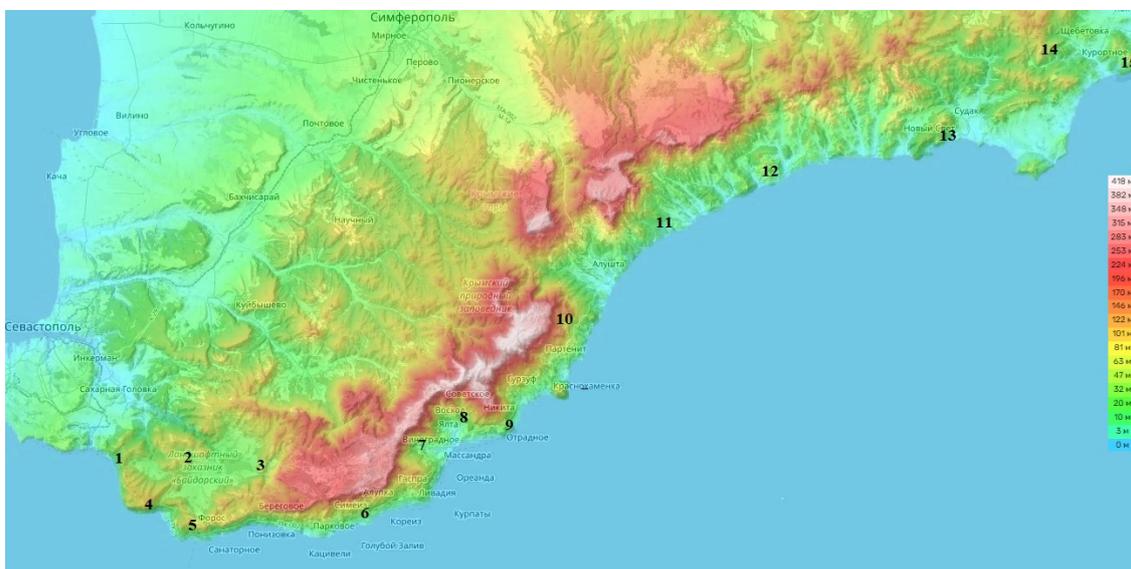


Рис. Схема расположения пробных площадей для фенологических наблюдений пыльцевого режима *J. excelsa* в условиях Горного Крыма.

(Пробные площади (в.н.у.м.): 1 – Аязьма (54); 2 – Резервное (418);

3 – Родниковое (386); 4 – Батилиман (120); 5 – Форос (205); 6 – г. Кошка (195);

7 – Поляна Сказок (425); 8 – Массандра (450); 9 – Мыс Мартьян;

10 – г. Парагильмен (305); 11 – Семидворье (106); 12 – Канака (85); 13 – Новый Свет; 14 – Краснокаменка; 15 – Кара-Даг.)

Наиболее западная пробная площадь расположена в урочище Аязьма на высоте 53 м н.у.м., крайняя восточная пробная площадь заложена на горе Кара-Даг на высоте

пыления *J. excelsa* смещается на более ранние сроки со скоростью 7 дней за 10 лет [3]. При проведении исследований в 2024 г. наиболее ранние сроки начала пыления наблюдались в сообществах *J. excelsa* на мысах Мартьян и Сарыч, горе Кошка (табл.). Здесь первые признаки вылета пыльцы были зафиксированы 16-17 февраля, что на 2-2,5 недели опережало средние многолетние показатели начала пыления для данных территорий. Очевидно, это определялось аномально теплой зимой 2024 г. Температура января и февраля, по данным Ялтинской метеостанции, были соответственно 5,9°C и 8,8°C, что значительно превышало средние многолетние показатели (4,4°C и 4,5°C).

В западной части ареала *J. excelsa* начало пыления наблюдалось на 3-4 дня позже и наиболее значительный временной лаг отставания фенологических этапов лета пыльцы отмечался в восточной части – в районе пос. Краснокаменка и горе Кара-Даг. Здесь первые фазы пыления в 2024 г. были зафиксированы 9 и 4 марта соответственно, что связано с температурным режимом данных территорий. По материалам метеорологической станции г. Феодосия средняя многолетняя температура января составляет 1,8°C, февраля – 2,2°C. В 2024 г. января в данном районе составила 3,9°C, февраля – 7,2°C. Таким образом, несмотря на значительное превышение температурного режима в сравнении с многолетними показателями и приближение его значений к показателям центральной и западной частей ареала *J. excelsa*, фенологическое развитие мужской репродуктивной сферы восточной краевой территории произрастания адаптировано к более низким температурам. Это характеризует определенную специфику пыльцевого режима вида в восточной части, снижает возможности обмена генетической информацией с центральными и западными участками и в той или иной степени может способствовать формированию популяции, устойчивых к более низким температурам восточного Крыма.

Раннее начало пыления и неустойчивая погода конца зимы – начала весны 2024 г. способствовала заметному увеличению продолжительности периода вылета пыльцы *J. excelsa*. Максимум пыления также был недостаточно выражен, что обычно наблюдается при резком увеличении температуры воздуха, снижении его влажности и усилении ветрового режима. По данным многих исследователей такие погодные условия способствуют эффективному вылету и распространению пыльцы анемофильных растений и улучшают возможности реализации процессов репродукции. Пыльцевой режим *J. excelsa* в значительной степени определяется орографическими условиями. С повышением высоты местопроизрастания над уровнем моря увеличиваются сроки наступления начала и продолжительности пыления. На пробных площадях в районе пос. Резервное и Родниковое, которые расположены на высотах 418 и 386 м над уровнем моря выявлена максимальная продолжительность периода лета пыльцы – 17 дней. Очевидно, это связано с уменьшением температуры воздуха в горной местности в связи с увеличением высоты местопроизрастания.

Заключение

В настоящее время важными проблемами сохранения лесных формаций с участием *J. excelsa* является анализ процессов репродукции, в реализации которых динамика пыльцевого режима определяет специфику и результативность последующих этапов возобновления природных популяций. В условиях Горного Крыма температурный режим конца зимы – начала весны оказывает наиболее значительное влияние на фенологические этапы начала и продолжительности вылета пыльцы *J. excelsa*. В 2024 г. на территории изучаемого района наблюдалось изменение начала и продолжительности пыления в *J. excelsa*, что было связано со значительным увеличением температуры в зимний период в сравнении с многолетними средними показателями. Выявлена географическая дифференциация пыления, в центральной части

распространения *J. excelsa* на южном макросклоне Главной гряды Крымских гор на мысах Мартьян, Сарыч и горе Кошка отмечены наиболее ранний сроки вылет пыльцы. В краевых территориях восточной части района исследований фаза пыления *J. excelsa* наблюдалась на 2 недели позже. Показано, что фенологическое развитие мужской репродуктивной сферы восточной части насаждений *J. excelsa* адаптировано к низким температурам. Это определяет специфику пыльцевого режима насаждений восточной части, снижает возможности обмена генетической информацией с центральными и западными участками и может способствовать формированию популяции, устойчивых к более низким температурам. Орографические условия оказывают влияние динамику пыльцевого режима *J. excelsa*. С повышением высоты местопроизрастания над уровнем моря увеличиваются сроки наступления начала и продолжительности пыления.

Список литературы

1. Анучин Н.П. Лесная таксация. – М.: Лесн. пром-сть. –1982. – 512 с.
2. Елагин И.Н. Методика определения фенологических фаз у хвойных // Ботанический журнал. – 1961. – Т. 46, № 7. – С. 985-992.
3. Корсакова С.П., Саркина И.С., Багрикова Н.А. Биология опыления *Juniperus excelsa* и *J. deltooides* (Сupressaceae) на Южном берегу Крыма // Ботанический журнал, 2019. – Т. 104, № 10. – С. 1574-1587.
4. Михеев А.Д. Можжевельник высокий. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). – М.: Товарищество научных изданий КМК. – 2008. – С. 552-553.
5. Фатерыга В.В. Можжевельник высокий. Красная книга Республики Крым / отв. ред. д.б.н., проф. А.В. Ена и к.б.н. А.В. Фатерыга. – Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ». – 2015. – С. 64.
6. Фатерыга В.В., Бондарева Л.В. Можжевельник высокий. Красная книга города Севастополя. Главное управление природных ресурсов и экологии города Севастополя. – Калининград; Севастополь: ИД «РОСТ-ДООАФК», 2018. – С. 30.
7. Цой М.В., Сементютина А.В. Оценка роста и развития видов рода *Juniperus L.* в условиях интродукции Волгоградской области // Успехи современного естествознания. – 2020. – № 9. – С. 20-27.
8. Abdullah-Al-Refai, El-Kateb H., Stimm B., Mosandl R. Quality and Germination of Seeds of *Juniperus excelsa* M. Bieb. in the Kalamoun Mountains. // Munchen: Forstliche Forschungsberichte. – 2003. – Vol. 192. – P. 164-175.
9. Damialis A., Charalampopoulos A., Lazarina M. Plant flowering mirrored in airborne pollen seasons. Evidence from phenological observations in 14 woody taxa // Atmospheric Environment. – 2020. – Vol. 240. – P. 117-128.
10. Fatemi A.S.S., Rahimi M., Tarkesh M., Ravanbakhsh H. Modeling the potential distribution of *Juniperus excelsa* using environmental factors in Alborz Mountains // Environmental Sciences. – 2020. – Vol. 18(2). – P. 237-254.
11. Johnson S.A., Janssen E., Glass N., Dickerson P., Whelan C.J., Molano-Flores B. The role of environmental stressors on reproduction, seed morphology, and germination: a case study of northern white cedar *Thuja occidentalis* L. // Botany. – 2022. – Vol. 100(11). – P. 839-847.
12. Lombaerde E.D., Verheyen K., Perring M.P., Bernhardt-Römermann M., Calster H.V., Brunet J., Chudomelová M., Decocq G., Diekmann M., Durak T., Hédli R., Heinken T., Hommel P. Responses of competitive understorey species to spatial environmental gradients inaccurately explain temporal changes // Basic and Applied Ecology. – 2018. – Vol. 30. – P. 52-64.
13. Naghipour A.A., Ashrafzadeh M.R., Haidarian M. Assessing the potential distribution of *Juniperus excelsa* M. Bieb. under current and future climate scenarios in the

Chaharmahal va Bakhtiari province, Iran // Scientific Reports in Life Sciences. – 2021. – Vol. 2(3). – P. 8-17.

14. *Özdemir S., Gülsoy S., Mert A.* Predicting the Effect of Climate Change on the Potential Distribution of Crimean Juniper // Kastamonu University Journal of Forestry Faculty. – 2020. – Vol. 20(2). – P. 133-142.

15. *Taylor A.R., Gao B., Chen H.Y.H.* The effect of species diversity on tree growth varies during forest succession in the boreal forest of central Canada // Forest Ecology and Management. – 2020. – Vol. 455. – P. 117-121.

Статья поступила в редакцию 10.06.2024 г.

Koba V.P., Makarov N.A. Pollination phenology of *Juniperus excelsa* M. Bieb. in the conditions of the Mountainous Crimea // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2024. – № 153. – P. 7-12

The studies were carried out in natural populations of *Juniperus excelsa* M. Bieb. in the Mountainous Crimea. Using forest taxation methods, 15 trial areas were laid within the Main Ridge of the Crimean Mountains. On each trial area there were 10 model trees allocated to conduct phenological observations of the pollen regime of the *J. excelsa* forest plantations. As a result of the conducted research, it was found that in 2024 there was a significant change in the timing of the beginning of pollen release of *J. excelsa*. The geographical differentiation of pollen dispersion has been revealed, in the central part of the distribution of *J. excelsa* on the southern macroslope of the Main Ridge of the Crimean Mountains at Cape Martyan, Cape Sarych and Mount Koshka, the earliest pollen flight was noted. The early onset of pollen release and unstable weather in late winter – early spring 2024 contributed to a noticeable increase in the duration of the *J. excelsa* pollen flight period. In the marginal territories of the eastern part of the *J. excelsa* range, the pollen release phase was observed 2 weeks later. It is shown that the phenological development of the male reproductive sphere in the eastern part of the *J. excelsa* plantings is adapted to low temperatures. This determines the specifics of the pollen regime of the eastern part of the plantations, reduces the possibility of exchanging genetic information with the central and western areas and can contribute to the development of populations resistant to low temperatures. The pollen regime of *J. excelsa* depends on orographic conditions. With an increase in the height of the growing area above sea level, the beginning of pollen release occurs later, its duration increases.

Key words: *Juniperus excelsa*; phenology; temperature; adaptation; orographic conditions; Crimean Peninsula