

УДК 633.88

ЭКОЛОГИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ОМЕЛЫ БЕЛОЙ (*Viscum album* L.) НА ТЕРРИТОРИИ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**Л.Н. Скрыпник, П.В. Масленников, П.В. Федурев, А.В. Пунгин, Н.С. Белов***Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Калининград, Россия*

Омела белая (*Viscum album* (L.)) относится к полупаразитическим растениям и представляет собой вечнозеленый куст шаровидной формы, который развивает устойчивые гаустории в дереве-хозяине. С древних времен и по сей день различные части омелы используются в народной медицине для лечения, например, атеросклероза, воспалительных заболеваний почек, хронического воспаления матки, при заболеваниях желудка и поджелудочной железы, туберкулезе легких, бронхиальной астме, геморрое, кровотечениях, при сахарном диабете и т. д. [1]. Обсуждается вопрос об использовании омелы при лечении рака у человека и животных [2]. Лекарственные свойства омелы связаны с наличием в ней разнообразных фитокомпонентов, проявляющих различную биологическую активность. Листья и молодые побеги растения содержат – олеаноловую и урсоловую кислоты и применяются для получения лекарственных средств, они также богаты смолистыми веществами, жирными маслами [3]. В растении обнаружены алкалоиды, сапонины, бета-вискол, висцерин, вискотоксин, холин и ацетилхолин, пропионилхолин и тирамин. В ягодах обнаружены жирное масло, каучук, смолистые вещества, каротин, аскорбиновая кислота [4]. Такой богатый и разнообразный химический состав омелы позволяет рассматривать ее как ценное сырье для выделения биологически активных соединений.

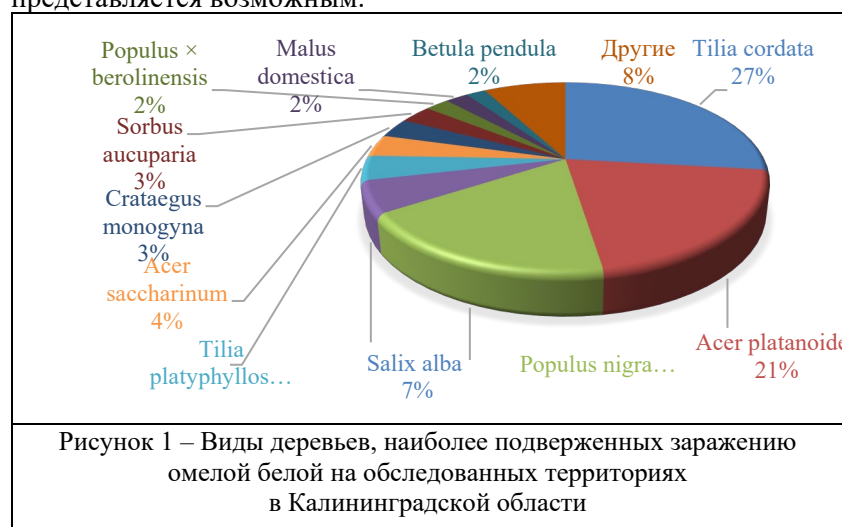
Несмотря на то, что в некоторых регионах России омела белая занесена в Красную книгу, и является редким и охраняемым видом, в Калининградской области она распространена достаточно широко. Вместе с тем исследования количественных характеристик и экологических особенностей распространения омелы белой на территории области стали проводиться недавно и касаются в основном только областного центра, не затрагивая другие города области [5, 6].

Таким образом, целью данного исследования явилось исследование экологии распространения и оценка биотехнологического потенциала омелы белой (*Viscum album* (L.)), произрастающей в различных городах Калининградской области.

Исследование распространения омелы белой проводилось на территории некоторых городов региона (г. Калининград, г. Черняховск, г. Балтийск, г. Советск, г. Правдинск и г. Нестеров). Общая площадь обследованных территорий составила более 40 км². Для расчета пространственных закономерностей распределения омелы белой на обследованных территориях и выявления взаимосвязей между ее распространением (количество пораженных деревьев, видовая принадлежность пораженных деревьев, количество кустов омелы, средний диаметр кустов омелы) и экологическими факторами (средний возраст пораженных деревьев, плотность дорожно-уличной сети, плотность строений, средняя температура воздуха, относительная влажность воздуха, содержание Pb, Zn, Cu в почве, концентрация NO₂ в атмосферном воздухе) использовался QGIS 3.6 с модулем Spreadsheet Layers и корреляционный анализ с расчетом коэффициентов Спирмена. Программный комплекс SasPlanet (v. 190707) использовался для получения растровой подложки исследуемых территорий. С целью повышения точности оценки распространения омелы белой был выбран метод зональной статистики с элементами фокальной статистики.

В результате проведенных исследований было установлено, что на обследованных территориях омелой белой были поражены деревья и кустарники, принадлежащие к 49 таксонам, относящиеся к 17 родам и 9 семействам. В результате исследований инфицированных хвойных деревьев идентифицировано не было, что свидетельствует о распространении в городах области только подвида *Viscum album* L. subsp. *album*, который инфицирует лиственные деревья. На рисунке 1 представлено представлены виды деревьев, наиболее подверженных заражению омелой белой на обследованных территориях. В настоящем исследовании среди зафиксированных инфицированных видов деревьев преобладали деревья липы, клена и тополя. Данные виды являются преобладающим в городских древесных посадках, особенно вдоль дорог. Сильная восприимчивость деревьев липы к заражению омелой также была установлена ранее для некоторых городов Европы, однако в ряде работ по изучению распространения омелы белой в городах Польши данный вид не был зафиксирован в числе наиболее инфицированных [7, 8]. Кроме того, в этих же исследованиях омела белая редко встречалась на *Acer platanoides*, который в Калининградском регионе был сильно поражен омелой.

Считается, что омела белая предпочитает деревья с мягкой древесиной [9], однако значительная частота встречаемости ее на клене, относящимся к твердопородным видам деревьев, свидетельствует о том, что выделить какой-то один фактор, обуславливающий выбор омелой дерева-хозяина, не представляется возможным.



Исследуемые участки значительно отличались по наличию на их территории зараженных омелой деревьев. Наибольшее количество зараженных деревьев было выявлено в зеленой зоне (городских парка), зоне исторической застройки и зеленой зоне вдоль водных объектов г. Калининграда, а также в г. Правдинск.

Наименьшей степенью зараженности характеризовалась зона современной многоэтажной застройки г. Калининграда и г. Нестеров.

Кроме того, стоит отметить, что в г. Советск было идентифицировано всего одно дерево, зараженное омелой. Центр города, зона среднеэтажной застройки и зона частных жилых домов г. Калининграда, а также г. Черняховск и г. Балтийск характеризовались средней степенью заражения. Диаметр кустов омелы в исследуемых зонах варьировал в широких пределах от 20 до 180 см, но в среднем составлял от 45 до 75 см. В целом полученные результаты исследования по распространению омелы в различных функциональных зонах Калининграда аналогично результатам, полученным в работе по исследованию распространения омелы в Варшаве [7]. При этом также, как и для Варшавы, для Калининграда не было характерно присутствие омелы в городских лесах, в которых зараженные омелой деревья были обнаружены только на внешних границах. Как отмечают ряд авторов, для распространения омелы важным условием является достаточное количество солнечного света [10]. По этой же причине некоторые авторы считают, что прореживание деревьев будет способствовать распространению омелы [11]. Центр городов, характеризующийся более высокой плотностью улично-дорожной сети и строений, отличался относительно низким уровнем распространения омелы. Данный результат связан не только с тем, что в центре сосредоточено меньшее количество деревьев и зеленых зон, но и с тем, что там чаще проводится санитарная обрезка деревьев и спил старых и поврежденных деревьев.

Корреляционный анализ с использованием коэффициентов корреляции Спирмена подтвердил наличие прямой связи между параметрами распространения омелы (количество пораженных деревьев, количество кустов омелы и средний диаметр кустов омелы), возрастом деревьев ($r = 0,65-0,84, p \leq 0,05$) и относительной влажностью воздуха ($r = 0,59-0,66, p \leq 0,05$). Несмотря на то, что омела может поражать и молодые деревья, все-таки в большинстве исследований отмечается прямая корреляционная зависимость между возрастным составом зеленых насаждений и степенью поражения их омелой [7, 9]. Наличие прямой корреляционной зависимости между степенью инфицированности омелой и влажностью воздуха, а также преобладание пораженных омелой деревьев в зеленых зонах вдоль водных объектов может быть обусловлено несколькими причинами. Во-первых, чаще всего поддаются заражению породы деревьев, имеющие повышенный водный баланс и гигрофиты. Обеспеченность влагой является необходимым условием, как для прорастания семян омелы, так и для ее успешного развития. Во-вторых, природные и искусственные водоемы и ручьи в городах представляют собой богатую кормовую базу для различных видов птиц, которые являются основными переносчиками семян омелы и способствуют ее распространению.

Между факторами, отражающими загрязнение окружающей среды (содержание тяжелых металлов в почве и концентрация диоксида азота в воздухе) и параметрами распространения омелы зависимости выявлено не было. Полученный результат может быть обусловлен разнородностью других параметров в исследуемых зонах (плотность улично-дорожной сети, плотность застройки, влажность, наличие птиц, доступность деревьев-хозяев и др.), поэтому для более точной интерпретации полученных данных требуется проведение дополнительных исследований.

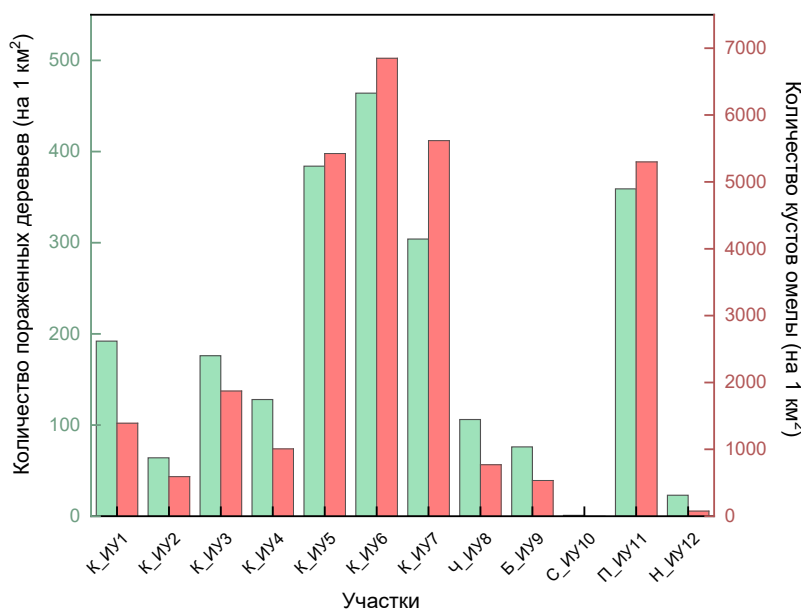


Рисунок 2 – Количественные характеристики распространения омелы белой в различных городах Калининградской области (К_ИУ1 – Калининград, центр города, К_ИУ2 – Калининград, зона жилой многоэтажной застройки, К_ИУ3 – Калининград, зона жилой среднеэтажной застройки, К_ИУ4 – Калининград, зона жилой малоэтажной застройки, К_ИУ5 – Калининград, зона жилой малоэтажной исторической застройки, К_ИУ6 – Калининград, городские парки (зеленая зона), К_ИУ7 – Калининград, зона вокруг водных объектов, Ч_ИУ8 – Черняховск, центральная часть города, Б_ИУ9 – Балтийск, центральная часть города, С_ИУ10 – Советск, центральная часть города, П_ИУ11 – Правдинск, центральная часть города, Н_ИУ12 – Нестеров, центральная часть города)

Таким образом, проведенные исследования показали достаточный ресурсный потенциал Калининградской области для использования омелы белой в биотехнологических целях. На сегодняшний день особое внимание исследователей привлекает экстракция из омелы лектинов и вискотоксинов, которые проявляют апоптотические и цитотоксические свойства и тем самым обладают выраженным антиканцерогенным эффектом [4, 12]. При этом лектины омелы могут использоваться не только в медицинских целях, но и в качестве чувствительных биосенсоров, детектирующих определенные углеводные последовательности в олигосахаридах, которые являются специфическими лигандами в углевод-белковом взаимодействии, сорбентов в аффинной хроматографии и для очистки вирионов, мембран, органоидов и клеток [13], а также для создания средств защиты от патогенов в растениеводстве [14].

К ценным биологически активным компонентам относятся

также фенольные кислоты, фенилпропаноиды и флавоноиды, обнаруженные в омеле и обладающие, прежде всего, антиоксидантной и противовоспалительной активностью. Особенностью накопления данной группы соединений является зависимость их качественного состава от дерева-хозяина, на котором произрастает омела. Например, в омеле с *Sorbus aucuparia* выявлено высокое содержание салициловой кислоты, а с *Malus domestica* – розмариновой [4]. Высокое содержание фенольных соединений в омеле белой позволяет рассматривать ее в качестве сырья для производства препаратов с антигипертазивным действием.

Помимо гидрофильных компонентов, омела белая содержит также липофильные биологически активные соединения, которые в основном представлены тритерпеновыми кислотами, такими как олеаноловая, бетулиновая и урсоловая кислоты. Указанные тритерпеновые кислоты обладают антиканцерогенным эффектом, а также противовоспалительным и апоптотическим действием, а также ингибируют рост клеток. Благодаря своей структуре тритерпены также способны встраиваться в клеточные мембраны, нарушать их структуру, тем самым способствовать миграции лектинов в цитоплазму, поэтому целесообразным в качестве противораковых препаратов использовать экстракты омелы белой, содержащей совместно лектины и тритерпеновые кислоты [15].

На сегодняшний день единственным методом борьбы с омелой остается механическое удаление кустов омелы с дерева-хозяина. Активное использование сырья омелы с целью извлечения биологически активных веществ позволит более эффективно, в том числе с экономической точки зрения, регулировать распространение этого паразита в регионе.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Калининградской области в рамках научного проекта № 19-44-390004 p_a.

ЛИТЕРАТУРА

1. Vardanyan R.L., Vardanyan L.R., Atabekyan L.V. Antioxidant effect of extracts of white mistletoe (*Viscum album* L.) grown in different trees. Chemical Journal of Armenia. 2011. 64: 335–343.
2. Bar-Sela G. White-Berry Mistletoe (*Viscum album* L.) as complementary treatment in cancer: does it help? European Journal of Integrative Medicine, 2011. 3: 55–62.
3. Shah S.S., Rehman Y.U., Iqbal A., Rahman Z.U., Zhou B., Peng M., Li Z. Phytochemical Screening and Antimicrobial Activities of Stem, Leaves and Fruit Extracts of *Viscum album* L. Journal of Pure and Applied Microbiology. 2017. 11: 1337–1349.
4. Nazaruk J., Orlikowski P. Phytochemical profile and therapeutic potential of *Viscum album* L. Natural product research. 2016. 30: 373–385.
5. Chupakhina N.Y., Maslennikov P.V., Skrypnik L.N., Feduraev P.V., Chupakhina G.N. Mistletoe Infestation as a Transboundary Problem. In *Baltic Region – The Region of Cooperation*. Springer, Cham. 2020. 145–152.
6. Skrypnik L., Maslennikov P., Feduraev P., Pungin A., Belov N. (2020). Ecological and Landscape Factors Affecting the Spread of European Mistletoe (*Viscum album* L.) in Urban Areas (A Case Study of the Kaliningrad City, Russia). Plants. 2020. 9: 394.
7. Zachwatowicz M., Petrović K., Sudnik-Wójcikowska B. The occurrence of European mistletoe under the conditions of high human impact in the central part of Warsaw, Poland. In *Problemy Ekologii Krajobrazu XXII*. Warsaw University, Warsaw, Poland. 2008. 101–114.
8. Kołodziejek J., Patykowski J., Kołodziejek R. Distribution, frequency and host patterns of European mistletoe (*Viscum album* subsp. *album*) in the major city of Lodz, Poland. Biologia. 2013. 68: 55–64.
9. Varga I., Poczai P., Tiborcz V., Aranyi N.R., Baltazár T., Bartha D., Pejchal M., Hyvönen J. Changes in the distribution of European mistletoe (*Viscum album*) in Hungary during the last hundred years. Folia Geobot. 2014. 49: 559–577.
10. Sayad E., Boshkar E., Gholami S. Different role of host and habitat features in determining spatial distribution of mistletoe infection. For. Ecol. Manage. 2017. 384: 323–330.
11. Rybalka I.O. The applied aspects of environmental management of the white mistletoe (*Viscum album* L.) population in urban areas (in case of the city Kharkiv). Biol. Stud. 2016. 10: 141–154.
12. Attar R., Tabassum S., Fayyaz S. et al. Natural products are the future of anticancer therapy: Preclinical and clinical advancements of *Viscum album* phytometabolites. Cellular and Molecular Biology. 2015. 61: 62–68.
13. Кобелев А.В., Сироткин А.С. Лектины: обзор свойств и перспектив использования в биотехнологии. Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю.А. Овчинникова. 2018. 14: 60–67.
14. Павловская Н.Е., Гагарина И.Н. функциональная роль лектинов растений как предпосылка для их применения в биотехнологии. Химия растительного сырья. 2017. 1: 21–35.
15. Mulso K., Enzlein T., Delebinski C., Jaeger S., Seifert G., Melzig M.F. Impact of mistletoe triterpene acids on the uptake of mistletoe lectin by cultured tumor cells. PLoS One. 2016. 11: e0153825.