



УДК 528.28:581.9:630*181.351(476)

П. Ю. Колмаков, О. В. Созинов

ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА *RUSSULA EXALBICANS* (PERS.) MELZER & ZVÁRA В РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВАХ ДУБОВО- ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСОВ БЕЛОРУССКО- ВАЛДАЙСКОГО ПООЗЕРЬЯ

Изучены лесные сообщества с *Russula exalbicans* в подзоне дубово-темнохвойных подтаежных лесов Белорусско-Валдайского Поозерья, а именно: сосновые, березовые и сосново-березовые леса. Выполнено 23 геоботанических описания лесных сообществ, в которых были отмечены плодовые тела *Russula exalbicans*. Двенадцать описаний сделаны в Беларуси (Сенненский район Витебской области) и одиннадцать – в Национальном парке «Себежский» (Псковская область России). Данные фитоиндикации показали, что растительные сообщества с *Russula exalbicans* – это светлые леса на кислых, от сухих до умеренно-влажных, от небогатых до умеренно богатых почвах с колебанием увлажнения от относительно устойчивого до умеренно переменного. Показана относительно широкая амплитуда толерантности *Russula exalbicans* на градиентах экологических факторов, которая связана с экологическими характеристиками деревьев-хозяев. *Russula exalbicans* чаще всего встречается в сосново-березовых фитоценозах, но единично отмечен и в смешанных лесах с участием ели, ольхи, ивы. В смешанных древостоях *Russula exalbicans* в 2,5 раза чаще ассоциирован с березой бородавчатой, чем с сосной. При нарушении в смешанных древостоях живого напочвенного покрова *Russula exalbicans* также чаще ассоциируется с березой, чем с сосной (в 70 % случаев). Для произрастания *Russula exalbicans* главным фактором является наличие в лесном фитоценозе дерева-микоризобразователя, а не структура растительного сообщества. *Russula exalbicans* относится к мезоацидофильным, геминитрофильным видам светлых, разреженных лесов (сосняки, березняки и смешанные сосново-березовые леса). Полученные результаты могут быть применены в лесном хозяйстве при лесовосстановлении.

Ключевые слова: *Russula exalbicans*, микоризобразователи, растительные сообщества, лес, *Pineta*, *Betuleta pendulae*, Поозерье.

Введение. *Russula* Pers. – значимый грибной компонент лесных экосистем. Представители этого рода, а их более чем 750 видов, встречаются как в Северном, так и в Южном полушарии Земли в широком диапазоне климатических регионов, в том числе бореальных, умеренных, средиземноморских, субтропических и тропических районах [1]. Предполагается, что в тропиках присутствует множество неописанных видов, по разнообразию сопоставимых с бореальными [3]. *Russula spp.* в большинстве своем приурочены к лесным сообществам, где создают существенную грибную биомассу, доминируют на корнях деревьев и служат важным пищевым звеном для насекомых и позвоночных животных [4–7]. Известно, что

Колмаков Павел Юрьевич, канд. биол. наук, доц., доц. каф. зоологии и ботаники ВГУ им. П. М. Машерова (Беларусь).

Адрес для корреспонденции: Московский пр., 33, 210038, г. Витебск, Беларусь; e-mail: pavel_kolmakov@list.ru

Созинов Олег Викторович, д-р биол. наук, доц., зав. каф. ботаники ГрГУ им. Янки Купалы (Беларусь).

Адрес для корреспонденции: ул. Ожешко, 22, 230023, г. Гродно, Беларусь; e-mail: o.sozinov@grsu.by

они не пригодны для искусственного культивирования, но формируют микоризу с большим количеством видов древесных растений, что делает их актуальным объектом в экологических исследованиях [8–10]. Представители отличаются разнообразием морфологических признаков: цветовой гаммой плодовых тел, анатомической и морфологической неоднородностью [11]. *Russula spp.* – грибы поздней стадии сукцессии и образуют микоризу у всходов только вблизи старовозрастных деревьев посредством мицелиальных тяжей, что делает виды этого рода удобными в исследовании в бореальных лесах с преобладанием эктомикоризных древесных растений [3; 7; 12].

В Беларуси все виды рода *Russula* являются облигатными симбиотрофами древесных растений и численно занимают лидирующее место среди микоризообразователей. Распространение их в сообществах зависит в большей степени от состава и условий роста насаждений (типов лесорастительных условий). *Russula spp.* принадлежат к голарктическому, амфиатлантическому, европейскому региональным географическим элементам, имеют миграционное происхождение и бореонеморальный тип ареала [13].

Russula exalbicans (Pers.) Melzer & Zvára (сыроежка красивая) ассоциируется с видами рода *Betula* на богатых кальцием почвах и относится к трофической группе микоризообразователей [13–18].

Изучением рода *Russula* давно занимались ученые-микологи. В течение последних двухсот лет были представлены различные классификационные системы, в том числе основанные на молекулярно-генетических исследованиях [10; 19; 20]. Внешне хорошо морфологически выделяемые таксоны имеют сложности в описании внутривидовой структуры.

Актуальные исследования в области биоценологии – это изучение экологических ниш, групп и причин сукцессий грибных организмов в растительных сообществах [21–23]. Процесс формирования группировок грибов симбиотрофов подробно изучался Л. Г. Буровой. Была рассмотрена структура микоризообразователей в зависимости от почвенно-грунтовых условий, в которых находились деревья. В зоне хвойно-широколиственных лесов наблюдается чрезвычайная выраженность облигатных связей. Оптимальные почвенно-грунтовые условия, гидротермический режим, наличие большого видового разнообразия деревьев и кустарников способствуют верности грибных организмов-симбиотрофов одной древесной породе. На формирование видового состава агарикоидных базидиомицетов влияет не столько состав древостоя, сколько условия, в которых находятся сообщества [21].

Есть относительная структурная независимость группировок грибов одного трофического уровня по отношению к сообществам. Это определяется разнонаправленностью энергетических процессов в авто- и гетеротрофном блоке. Автотрофные организмы создают биотическую жизненную среду, отражая амплитуду действия факторов среды, и взаимодействуют с грибными организмами через трофические и топические связи. Такие отношения могут быть исследованы в функциональной структурной единице биоценоза – консорции.

В качестве объекта для исследований интересны близкие или фенологически совпадающие виды симбиотрофов, поскольку они обладают более узкими по отношению друг к другу экологическими нишами. Присутствие видов с узкой экологической валентностью носит индикационный характер, определяя различия условий в пределах одной группы сообществ. Отношение *Russula spp.* к симбиотрофам очевидно [13; 16]. Экологическая структура каждого вида остается малоизученной темой, как и влияние трофической структуры грибного компонента на закономерности формирования условий, в которых находятся сообщества.

Из научных литературных источников известно, что функция эктомикоризных грибов как деструкторов биосубстрата может быть преувеличенной по сравнению с другими трофическими группами [7]. Этот факт наталкивает на мысль о существовании и другой роли у микоризообразователей – роли экологического порядка, которая фактически мало исследована. Проблемой остается отсутствие хорошо разработанной методики, позволяющей выявлять тонкости в различии экологических ниш агарикоидных базидиомицетов одного трофического уровня.

Цель исследования – изучить эколого-ценотические характеристики *Russula exalbicans* в пределах Белорусско-Валдайского Поозерья.

Объект исследования – сообщества с *Russula exalbicans* в подзоне дубово-темнохвойных подтаежных лесов Белорусско-Валдайского Поозерья.

Предметом исследования является эколого-ценотические характеристики сообществ с *Russula exalbicans*.

Материал и методы исследования. Район исследования находится между крайними ледниковыми образованиями Крестецкой и Бологовской стадий Валдайского оледенения между $57^{\circ}00'$ и $54^{\circ}20'$ с.ш. и $31^{\circ}20'$ и $26^{\circ}00'$ в.д. (рисунок 1) [24].

Основные места сбора материала располагались в Себежско-Кудеверьской холмисто-моренной, камово-озовой возвышенности и в Лучосской озерно-ледниковой, зандровой равнине аккумулятивно-ледникового и водно-ледникового рельефа Валдайского оледенения. Дочетвертичные породы сложены девонскими карбонатными, песчано-глинистыми отложениями [25; 26]. Почвы дерново-подзолистые, песчано-разнозернистые с вкраплениями средне- и легкосуглинистых на моренах.



Пояснения: В1 – Бологовская и Кг – Крестецкая стадии оледенения; ● – места сбора материала и описаний сообществ (Себежский район: г.п. Идрица, д. Алатовичи, д. Букарино, д. Жарково, д. Мальково, окр. оз. Зеленец, окр. оз. Нитятцы, Сенненский район: д. Щитовка).

Рисунок 1 – Районы исследования в Белорусско-Валдайском Поозерье

Территория исследования входит в бореальную зону Северного Полушария, где фактически все древесные породы имеют эктомикоризный статус. Скорость разложения детрита достаточно низка. Переработанные редуцентами остатки растений накапливаются в виде гумуса в почве. В Северном полушарии Голосеменные из семейств *Pinus* и *Picea* занимают обширные участки в виде доминантных насаждений (тайга). Другие компоненты северных хвойных лесов, такие как *Betula*, в северных широтах приобретают всё большее экологическое значение [7].

В районе исследования распространены сосново-зеленомошные, лишайниково-зеленомошные, долгомошные леса с участками производных на их месте березовых лесов [27; 28]. Более 6000 тысяч видов базидиальных и сумчатых грибов способны образовывать микоризу с бореальной флорой древесных растений [7].

Основой всех методических полевых разработок был и остается в данном случае проверенный временем и практикой геоботанический подход. Высокая степень трофической специализации многих видов грибов позволяет выявлять их экологические характеристики в сообществах [21]. Молекулярно-генетические методы могут быть применимы в таких исследованиях, но они требуют долгой и упорной подготовки, осмысления, апробации.

Участки описаний определялись по наличию плодовых тел (карпофоров) *Russula exalbicans* в сообществе. Величина участка соответствует гомогенности растительности [29]. Данные всего флористического состава фиксировали в электронной таблице (Excel 2013) согласно полевым описаниям. Всего нами сделано 23 описания лесных сообществ, выполненных согласно стандартным методикам [30]. Фиксировался весь флористический состав, в том числе и виды с минимальным обилием [31]. Это позволило более точно установить физиономическое сходство сообществ и провести фитоиндикацию экологических режимов. При описании сообщества учитывался параметр встречаемости всех высших растений. 12 описаний сделаны в северо-восточной Беларуси (Сенненский район, Витебская область, 54°52' N 30°22' E) и 11 в ФГБУ «Национальный парк «Себежский»» (Себежский район, Псковская область, Россия, 56°17' N 28°28' E).

Ассоциацию деревьев с *Russula exalbicans* устанавливали по ближайшему от плодового тела дереву-детерминанту. Учитывался тот факт, что виды рода *Russula* консортивные связи предпочитают образуют с более старовозрастными деревьями и микоризация происходит охотнее с растениями, образующими наибольшее количество корневых выделений, т.е. видами, формирующими первый ярус древостоя [12; 32].

Плодовые тела гербаризировали по стандартным методикам [33]. С каждого описанного сообщества карпофоры помещали в один пакет с описанием морфологических признаков. Гербарный материал определялся по Nordic Macromycetes (1992) [15]. Название вида *Russula exalbicans* дано по Index Fungorum [34]. Гербарные образцы *Russula exalbicans* хранятся в Витебском государственном университете им. П. М. Машерова (Витебск, Беларусь).

Для определения действия абиотических факторов среды на сообщество с *Russula exalbicans* применяли метод фитоиндикации, который используется в случаях, когда прямое измерение либо чрезвычайно сложно, трудоемко, либо невозможно. Фитоиндикацию экологических режимов биотопов провели по Г. Элленбергу (1996) и по Д. Н. Цыганову (1983) в модификации Г. Н. Бузука, О. В. Созинова (2009), используя встречаемость всех видов высших растений в фитоценозах. Статистическую обработку результатов выполняли в MS Excel 2010 и программном пакете Statistica 10 [35–37].

Результаты и обсуждение. Анализ полученных данных показал, что *Russula exalbicans* приурочен к соснякам, бородавчатоберезнякам и смешанным лесам (сосна и береза). Отмечено произрастание 63 видов высших растений, но в среднем на сообщество приходится только 23 % видов от суммарного количества во всех изученных сообществах (абсолютное количество высших растений на фитоценоз варьировало от 5 до 24).

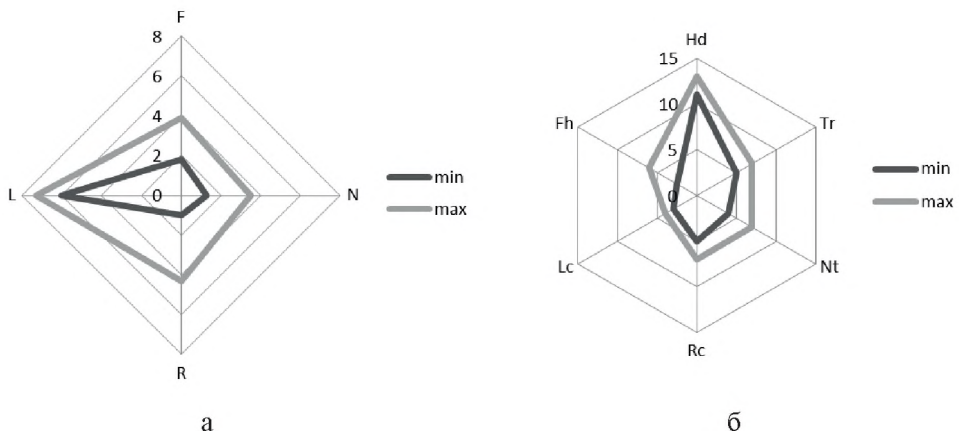
Выявлено, что в смешанных древостоях *Russula exalbicans* в 2,5 раза чаще ассоциирован с березой бородавчатой (таблица 1), чем с сосной. Половина фитоценозов со смешанным березово-сосновым древостоем имела нарушенный живой напочвенный покров, в которых *Russula exalbicans* также чаще ассоциировался с березой, чем с сосной – более чем в 70 % случаев.

Таблица 1 – Ассоциация *Russula exalbicans* (Pers.) Melzer & Zvara с доминантами древостоя

| Доминанты древостоя | n | Ассоциация с доминантами древостоя | |
|--|----|------------------------------------|----------------------------|
| | | <i>Betula pendula</i> Roth | <i>Pinus sylvestris</i> L. |
| <i>Pinus sylvestris</i> L., <i>Betula pendula</i> Roth, <i>Picea abies</i> (L.) Karst. | 14 | 10 | 4 |
| <i>Betula pendula</i> Roth | 7 | 7 | – |
| <i>Pinus sylvestris</i> L. | 2 | – | 2 |
| Итого | 23 | 17 | 6 |

Породный состав смешанных древостоев сосны и березы с *Russula exalbicans* варьировал от 9С1Б до 8Б2С. Также *Russula exalbicans* отмечен в сообществах с древостоем: 3Б3С3Ив1Ол, 6Е2С2Б, 7Б3Е, 7Б3Ол, 4С3Б3Е, 7С2Б1Е. Это свидетельствует о первичности взаимосвязи агарикоидного базидиомицета с деревом-микоризобразователем, а не определенной структурой растительного сообщества.

Данные фитоиндикации экологических режимов (по Г. Элленбергу) растительных сообществ с *Russula exalbicans* показали, что это светлые леса на кислых (до слабокислых) почвах – от сухих до умеренно-увлажненных с содержанием азотистых соединений от невысокого до умеренного (рисунок 2) [35]. Результаты индикации биотопов (по Д. Н. Цыганову) в целом подтвердили предыдущие данные и по некоторым параметрам уточнили диапазон изменчивости факторов (рисунок 2) [36]. Биотопы с *Russula exalbicans* характеризуются освещенностью светлых лесов при сухолуговом до влажно-лесолугового увлажнения почвы, почвы кислые, от небогатых до умеренно богатых (аналогично по азотистым соединениям) на фоне колебаний режима увлажнения от относительно устойчивого до умеренно переменного увлажнения (рисунок 2). Все это свидетельствует об относительно широкой амплитуде толерантности *Russula exalbicans* на градиентах экологических факторов, которая, на наш взгляд, связана с экологическими характеристиками деревьев-хозяев.



Пояснения: а – экологическая толерантность *Russula exalbicans* (по шкалам Г. Элленберга) [35]: L – освещенность, F – увлажнение, N – содержание в почве азотистых соединений, R – кислотность почвенного раствора (баллы); б – экологическая толерантность *Russula exalbicans* (по Д. Н. Цыганову) [36]: Hd – увлажнение почвы, Tr – солевой режим почв, Nt – богатство почв азотом, Rc – кислотность почв, Lc – режим затенения (освещенности), Fh – переменность увлажнения почв (баллы).

Рисунок 2 – Экологические амплитуды *Russula exalbicans* в лесах Белорусско-Валдайского Поозерья

Заключение. Для *Russula exalbicans* в сложных по горизонтальному и вертикальному строению лесных сообществах Белорусско-Валдайского Поозерья первостепенным является взаимосвязь с определенным деревом-хозяином (детерминантом). Виды рода *Russula* трофически и экологически привязаны к своему дереву-симбионту, тем самым определяя для себя специфику амплитуд теплового, светового режимов, характер строения подстилки и почвы. Условия действия экологических факторов возможно косвенно проследить на основе изучения всего флористического состава на территориально ограниченном месте. Деревья-симбионты мы рассматриваем как типологическую единицу, состоящую из популяции одного вида высшего растения-эдификатора и целого ряда сопутствующих организмов, помимо грибных, тесно связанных с ней на сколь угодно большой территории в размерах одного природного района. Плавное изменение видового состава сопутствующих организмов позволяет определить величину амплитуды действия экологических факторов. Таким образом, определенные деревья-симбионты и ассоциированные с ними конкретные микоризные грибные организмы можно представлять, как типологические единицы в пределах однородного природного района.

Russula exalbicans в подзоне дубово-темнохвойных лесов Белорусско-Валдайского Поозерья характеризуется относительно широкой амплитудой толерантности на градиентах экологических факторов и относится к видам светлых сосновых, березовых и смешанных лесов (сосново-березовых) от сухих до умеренно-увлажненных кислых почвах с невысоким содержанием азотистых соединений. Эмпирически показано и подтверждено, что ассоциация изучаемого вида агарикоидного базидиомицета происходит чаще с березой, чем с сосной. Нарушенный живой напочвенный покров способствует образованию плодовых тел.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Miller, S. L. Perspectives in the new *Russulales* / S. L. Miller [et al.] // Mycologia. – 2006. – Vol. 98, issue 6. – P. 960–970.
2. Buyck, B. A new initiative towards the study of *Russula* in the eastern USA / B. Buyck // Pageine di Micologia. – 2007. – No. 27. – P. 81–86.
3. Воронина, Е. Ю. Микоризы в наземных экосистемах: экологические, физиологические и молекулярно-генетические аспекты микоризных симбиозов / Е. Ю. Воронина // Успехи медицинской микологии. – 2007. – Т. 1. – С. 142–234.
4. Richardson, M. J. Studies of *Russula emetica* and other agarics in a Scots pine plantation / M. J. Richardson // Transactions of the British Mycological Society. – 1970. – Vol. 55, issue 2. – P. 217–229.
5. Fogel, R. Fungus consumption (mycophagy) by small animals / R. Fogel, J. M. Trappe // Northwest Science. – 1978. – Vol. 52, No. 1. – P. 1–31.
6. Rimšaitė, J. Trophic relations of fungus gnats (*Diptera, Mycetophilidae*) with fungi of the order *Russulales* (*Basidiomycotina*) / J. Rimšaitė // Botanica Lithuanica. – 2007. – Vol. 13, No. 4. – P. 293–297.
7. Read, D. Mycorrhizal fungi as drivers of ecosystem processes in heathland and boreal forest biomes / D. Read, J. Leake, O. Peres-Moreno // Canadian Journal of Botany. – 2004. – Vol. 82, No. 8. – P. 1243–1263.
8. Garders, M. Community structure of ectomycorrhizal fungi in a *Pinus muricata* forest: above- and below-ground views / M. Garders, T. D. Bruns // Canadian Journal of Botany. – 1996. – Vol. 74, No. 10. – P. 1572–1583.
9. Buyck, B. Ectomycorrhizal fungi of the Guinea-Congo Region / B. Buyck, D. Thoen, R. Watling // Essays on the ecology of the Guinea-Congo rainforest / Eds.: I. J. Alexander, M. D. Swaine, R. Watling. – Edinburgh: The Royal Society of Edinburgh, 1996. – P. 313–333. – (Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, Section B: Biological Sciences; vol. 104).
10. Eberhardt, U. Molecular kinship analyses of the agaricoid *Russulaceae*: correspondence with mycorrhizal anatomy and sporocarp features in the genus *Russula* / U. Eberhardt // Mycological Progress. – 2002. – Vol. 1, issue 2. – P. 201–223.
11. Miller, L. Molecular phylogeny of the genus *Russula* in Europe with a comparison of modern infrageneric classifications / L. Miller, B. Buyck // Mycological Research. – 2002. – Vol. 106, issue 3. – P. 259–276.
12. Bowen, G. D. The ecology of ectomycorrhiza formation and functioning / G. D. Bowen // Plant and Soil. – 1994. – Vol. 159, issue 1. – P. 61–67.
13. Шапорова, Я. А. Руссуляльные грибы Беларуси: *Lactarius* и *Russula* (млечники и сыроежки) / Я. А. Шапорова. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 275 с.
14. Phillips, R. Mushrooms and other fungi of Great Britain and Europe / R. Phillips. – London: Pan Books, 1981. – 287 p.
15. Hansen, L. Nordic Macromycetes: in 3 vols. / Eds.: L. Hansen, H. Knudsen. – Copenhagen: Nordsvamp, 1992. – Vol. 2: Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales. – 474 p.
16. Сяржаніна, Г. І. Базідіяльныя грибы Беларусі: Балетальныя, Агарыкальныя, Русуляльныя / Г. І. Сяржаніна. – Мінск: Навука і тэхніка, 1994. – 588 с.
17. Courtecuisse, R. Mushrooms and toadstools of Britain and Europe / R. Courtecuisse, B. Duhem. – London: Harper Collins, 1999. – 480 p.
18. Samari, M. Monografia illustrata del Genere *Russula* in Europa: in 2 vols. / M. Samari. – Trento: A.M.V., 1998. – Vol. 1. – 799 p.
19. Miller, L. Molecular phylogeny of the genus *Russula* in Europe with a comparison of modern infrageneric classifications / L. Miller, B. Buyck // Mycological Research. – 2002. – Vol. 106, issue 3. – P. 259–276.
20. Li, Guo-Jie. A preliminary DNA barcode selection for the genus *Russula* (*Russulales, Basidiomycota*) / Li Guo-Jie [et al.] // Mycology. – 2019. – Vol. 10, issue 2. – P. 61–74.
21. Бурова, Л. Г. Экология грибов макромицетов / Л. Г. Бурова. – М.: Наука, 1986. – 224 с.
22. Шубин, В. И. О био- и сапротрофии микоризных грибов древесных растений / В. И. Шубин // Современная микология в России: тез. докл. I съезда микологов России, Москва, 1–4 нояб. 2002 г. / Ю. Т. Дьяков. (гл. ред.) – М.: Нац. академия микологии, 2002. – С. 206.
23. Воронина, Е. Ю. Влияние эктомикориз ели и березы на структуру комплексов почвообитающих микроорганизмов: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.24 / Е. Ю. Воронина. – М., 2008. – 429 л.
24. Исаченко, А. Г. Физико-географическое районирование Северо-Запада СССР / А. Г. Исаченко, З. В. Дашкевич, Е. В. Карнаухова. – Л.: ЛГУ, 1965. – 248 с.
25. Малаховский, Д. Б. Геоморфология и четвертичные отложения Северо-Запада европейской части СССР (Ленинградская, Псковская и Новгородская области) / Д. Б. Малаховский, К. К. Марков. – Л.: Наука, 1969. – 256 с.
26. Якушко, О. Геоморфология Беларуси: учеб. пособие для студ. географ. и геолог. спец. / О. Ф. Якушко, Л. М. Марына, Ю. Н. Емельянов. – Минск: БГУ, 1999 г. – 173 с.
27. Атлас Псковской области / Ленинград. гос. ун-т им. А. А. Жданова, Науч.-исслед. географо-экон. ин-т, редкол.: П. С. Марковский [и др.]. – М.: Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1969. – 50 с.
28. География Беларуси: атлас: учеб. пособие для 10 класса / Белкартография; науч. рук. Р. А. Жмойляк. – Минск: Белкартография, 2009. – 64 с.

29. Braun-Blanquet, J. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde / J. Braun-Blanquet. – Wien : Shpringer-Verlag, 1951. – 631 s.
30. Александрова, В. Д. Классификация растительности. Обзор принципов классификации и классификационных систем в разных геоботанических школах / В. Д. Александрова. – Л. : Наука, 1969. – 275 с.
31. Разумовский, С. М. Труды по экологии и биогеографии (полное собрание сочинений) / С. М. Разумовский. – М. : Т-во науч. изд. КМК, 2011. – 722 с.
32. Шубин, В. И. Макромицеты лесных фитоценозов таежной зоны и их использование / В. И. Шубин; Б. А. Томилини. (отв. ред.) – Л. : Наука, 1990. – 195 с.
33. Бондарцев, А. С. Руководство по сбору высших базидиальных грибов для научного их изучения / А. С. Бондарцев, Р. А. Зингер. – М.–Л. : АН СССР, 1950. – С. 499–543. – (Труды Ботанического института им. В. И. Комарова АН СССР. Сер. 2 ; вып. 6).
34. Index Fungorum [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа : <http://www.indexfungorum.org>. – Дата доступа : 05.09.2022.
35. Ellenberg, H. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: in Ökologischer Sicht / H. Ellenberg. – 5 Auflage. – Stuttgart : Ulmer, 1996. – 1095 s.
36. Цыганов, Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д. Н. Цыганов. – М. : Наука, 1983. – 195 с.
37. Бузук, Г. Н. Регрессионный анализ в фитоиндикации (на примере экологических шкал Д. Н. Цыганова) / Г. Н. Бузук, О. В. Созинов // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Ин-т эксперимент. ботаники НАН Беларуси ; редкол.: Н. А. Ламан [и др.]. – Минск : Право и экономика, 2009. – Вып. 37. – С. 356–362.

Поступила в редакцию 29.11.2022.

“Vesnik of Yanka Kupala State University of Grodno. Series 5. Economics. Sociology. Biology”
Vol. 13, No. 1, 2023, pp. 98–106
© Yanka Kupala State University of Grodno, 2023

Ecological-cenotic characteristics of *Russula exalbicans* (Pers.) Melzer & Zvára in plant communities of oak-coniferous forests of the Belarussian-Valdai Lakeland

P. Yu. Kolmakov¹, O. V. Sozinov²

¹ Vitebsk State University named after P. M. Masherov (Belarus)
Moskovski Ave., 33, 210038, Vitebsk, Belarus; e-mail: pavel_kolmakov@list.ru

² Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)
Ozheshko St., 22, 230023, Grodno, Belarus; e-mail: o.sozinov@grsu.by

Abstract. Forest communities with *Russula exalbicans* were studied in the subzone of oak-dark coniferous subtaiga forests of the Belarussian-Valdai Lakeland: pine, birch and mixed pine-birch forests. 23 geobotanical descriptions of forest communities were carried out, in which *Russula exalbicans* fruit bodies were noted. Twelve descriptions were made in Belarus (Sennensky district of Vitebsk region) and eleven – in the National Park “Sebezhsky” (Pskov region of Russia). Phytoindication data showed that plant communities with *Russula exalbicans* are light forests on acidic, dry to moderately moist, poor to moderately rich soils with a moisture fluctuation from relatively stable to moderately variable. A relatively wide tolerance amplitude of *Russula exalbicans* on gradients of environmental factors, which is linked with the ecological characteristics of host trees, is shown. *Russula exalbicans* is most often found in pine-birch phytocenoses, but occasionally can be met in mixed forests with spruce, alder, willow. In mixed stands *Russula exalbicans* is 2.5 times more often associated with warty birch than with pine. In case of violation of the living ground cover in mixed stands, *Russula exalbicans* is also more often associated with birch than with pine (in 70 % of cases). For the growth of *Russula exalbicans*, the main factor is the presence of a mycorrhizal tree in the forest phytocenosis, and not the structure of the plant community. *Russula exalbicans* belongs to mesoacidophilic, geminitrophilous species of light, sparse forests (pine forests, birch forests and mixed pine-birch forests). The obtained results can be applied in forestry during reforestation.

Keywords: *Russula exalbicans*, mycorrhizal agents, plant communities, forest, *Pineta*, *Betuleta pendulae*, Lakeland.

References

1. Miller S. L. [et al.] Perspectives in the new *Russulales*. *Mycologia*, 2006, vol. 98, issue 6, pp. 960-970.
2. Buyck B. A new initiative towards the study of *Russula* in the eastern USA. *Pagine di Micologia*, 2007, No. 27, pp. 81-86.

3. Voronina E. Yu. Mycorrhiza in the terrestrial ecosystems: ecological, physiological and molecular genetic aspects of mycorrhizal symbioses [*Mikorizy v nazemnykh ekosistemakh: ekologicheskie, fiziologicheskie i molekuliarno-geneticheskie aspekty mikoriznykh simbiozov*]. *Uspekhi meditsinskoj mikologii*, 2007, vol. 1, pp. 142-234.
4. Richardson M. J. Studies of *Russula emetica* and other agarics in a Scots pine plantation. *Transactions of the British Mycological Society*, 1970, vol. 55, issue 2, pp. 217-229.
5. Fogel R., Trappe J. M. Fungus consumption (mycophagy) by small animals. *Northwest Science*, 1978, No. 52, pp. 1-31.
6. Rimšaitė J. Trophic relations of fungus gnats (*Diptera, Mycetophilidae*) with fungi of the order *Russulales* (*Basidiomycotina*). *Botanica Lithuanica*, 2007, vol. 13, No. 4, pp. 293-297.
7. Read D., Leake J., Peres-Moreno O. Mycorrhizal fungi as drivers of ecosystem processes in heathland and boreal forest biomes. *Canadian Journal of Botany*, 2004, vol. 82, No. 8, pp. 1243-1263.
8. Garders M., Bruns T. D. Community structure of ectomycorrhizal fungi in a *Pinus muricata* forest: above- and below-ground views. *Canadian Journal of Botany*, 1996, vol. 74, No. 10, pp. 1572-1583.
9. Buyck B., Thoen D., Watling R. Ectomycorrhizal fungi of the Guinea-Congo Region. *Essays on the ecology of the Guinea-Congo rainforest*; Eds.: I. J. Alexander, M. D. Swaine, R. Watling. Edinburgh, 1996, pp. 313-333 (*Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, Section B: Biological Sciences*; vol. 104).
10. Eberhardt U. Molecular kinship analyses of the agaricoid Russulaceae: correspondence with mycorrhizal anatomy and sporocarp features in the genus *Russula*. *Mycological Progress*, 2002, vol. 1, issue 2, pp. 201-223.
11. Miller L., Buyck B. Molecular phylogeny of the genus *Russula* in Europe with a comparison of modern infrageneric classifications. *Mycological Research*, 2002, vol. 106, issue 3, pp. 259-276.
12. Bowen G. D. The ecology of ectomycorrhiza formation and functioning. *Plant & Soil*, 1994, vol. 159, issue 1, pp. 61-67.
13. Shaporova Ya. A. Russular mushrooms of Belarus: *Lactarius* and *Russula* (lactic and russula) [*Russulial'nye griby Belarusi: Lactarius i Russula (mlechniki i syroezhki)*]. Minsk, 2007, 276 p.
14. Phillips R. Mushrooms and other fungi of Great Britain and Europe. London, 1981, 287 p.
15. Hansen L., Knudsen H. Nordic Macromycetes: in 3 vols.; Eds.: L. Hansen, H. Knudsen. Copenhagen, 1992. Vol. 2: Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales, 474 p.
16. Siarzhanina H. I. Basidiomycetes of Belarus: Ballet, Agarical, Rusular [*Bazidial'nyia hryby Belarusi: Baletal'nyia, Aharykal'nyia, Rusulal'nyia*]. Minsk, 1994, 588 p.
17. Courtecuisse R., Duhem B. Mushrooms and toadstools of Britain and Europe. London, 1995, 480 p.
18. Samari M. Monografia a illustrata del Genere *Russula* in Europa. Italia, 1998, vol. 1, 799 p.
19. Miller L., Buyck B. Molecular phylogeny of the genus *Russula* in Europe with a comparison of modern infrageneric classifications. *Mycological Research*, 2002. vol. 106, issue 3, pp. 259-276.
20. Li Guo-Jie. [et al.] A preliminary DNA barcode selection for the genus *Russula* (Russulales, Basidiomycota). *Mycology*, 2019, vol. 10, issue 2, pp. 61-74.
21. Burova L. G. Ecology of macromycetes [*Ekologiya gribov makromitsetov*]. Moscow, 1986, 224 p.
22. Shubin V. I. About bio- and saprotrophy of mycorrhizal fungi of the woody plants [*O bio- i saprotrofii mikoriznykh gribov drevesnykh rastenii*]. Modern Mycology in Russia: abstracts of the 1st Congress of Mycologists of Russia, Moscow, Nov. 1-4, 2002; Ed. by Yu. T. Dyakov (ch. Ed.), 2002, p. 206.
23. Voronina E. Yu. Influence of spruce and birch ectomycorrhiza on the structure of complexes of soil microorganisms [*Vliianie ektomikoriz eli i berezy na strukturu kompleksov pochvoobitaiushchikh mikroorganizmov: dis. ... kand. biol. nauk*]. Moscow, 2008, 429 p.
24. Isachenko A. G., Dashkevich Z. V., Karnaukhov E. V. Physico-geographical zoning of North-West of USSR [*Fiziko-geograficheskoe raionirovanie Severo-Zapada SSSR*]. Leningrad, 1965, 248 p.
25. Malakhovskii D. B., Markov K. K. Geomorphology and quaternary deposits of North-West of European part of USSR (Leningrad, Pskov and Novgorod regions) [*Geomorfologiya i chetvertichnye otlozheniya Severo-Zapada evropeiskoi chasti SSSR (Leningradskaia, Pskovskaia i Novgorodskaia oblasti)*]. Leningrad, 1969, 256 p.
26. Iakushko O. F., Marina L. M., Emelianov Yu. N. Geomorphology of Belarus: textbook for students of geographical and geological speciality [*Geomorfologiya Belarusi: ucheb. posobie dlia studentov geograficheskikh i geologicheskikh spetsial'nostei*]. Minsk, 1999, 173 p.
27. Atlas of the Pskov region [*Atlas Pskovskoi oblasti*]; Eds. P. S. Markovski [et al.]. Moscow, 1969, 50 p.
28. Geography of Belarus. Atlas [*Geografiia Belarusi. Atlas*]; Ed. by R. A. Zhmoidiak. Minsk, 2009, 64 p.
29. Braun-Blanquet J. Pflanzensoziologie. Wien, 1951, 631 p.
30. Aleksandrova V. D. Classification of vegetation. Principles of classification and classification systems of various phytocoenological schools [*Klassifikatsiia rastitel'nosti. Obzor printsipov klassifikatsii i klassifikatsionnykh sistem v raznykh geobotanicheskikh shkolakh*]. Leningrad, 1969, 275 p.
31. Razumovski S. M. Works about of ecology and biogeography (complete of works) [*Trudy po ekologii i biogeografii (polnoe sobranie sochinenii)*]. Moscow, 2011, 722 p.
32. Shubin V. I. Macromycetes of forest phytocenoses of the taiga zone and their use [*Makromitsety lesnykh fitotsenozov taizhnoi zony i ikh ispol'zovanie*]. Leningrad, 1990, 195 p.

33. Bondartsev A. S., Zinger P. A. Guidelines about of collection higher basidiomycetes for their scientific study [*Rukovodstvo po sboru vysshikh bazidial'nykh gribov dlia nauchnogo ikh izucheniia*]. Moscow-Leningrad, 1950, pp. 500-546 (*Proceedings of the V. L. Komarov Botanical Institute of the Academy of Sciences of the USSR*, series 2 ; issue 6).

34. Index Fungorum, 2022 [Electronic resurse].

35. Ellenberg H. Vegetation of Central Europe with the Alps: from an ecological point of view [*Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: in Ökologischer Sicht*] ; 5th ed. Stuttgart, 1996, 1095 p.

36. Tsyganov D. N. Phytoindication of ecological regimes in the subzone of coniferous-deciduous forests [*Fitoindikatsiia ekologicheskikh rezhimov v podzone khvoynoshirokolistvennykh lesov*]. Moscow, 1983, 195 p.

37. Buzuk G. N., Sozinov O. V. Regression analysis in phytoindication (on the example of environmental scales by D. N. Tsyganov) [*Regressiionnyi analiz v fitoindikatsii (na primere ekologicheskikh shkal D. N. Tsyganova)*]. *Botanika (issledovaniia)* : col. of scient. works ; ed. board: N. A. Laman [et al.]. Minsk, 2009, issue 37, pp. 356-362.



Вниманию авторов!



В научном, производственно-практическом журнале

**«Вестник Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы.
Серыя 5. Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія»**

по научному направлению **«биология»**
предлагаются следующие рубрики:

ботаника, зоология, физиология животных, физиология человека, гистология, материальные условия жизни, биохимия, молекулярная биология, биофизика, общая экология, гидробиология, экологическое воспитание и экологическое образование.