

УДК 582.282.161/.162 (470.40)

© А. И. Иванов

ГРИБЫ СЕМЕЙСТВ MORHELLACEAE, DISCINACEAE, RHIZINACEAE ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ В ПРЕДЕЛАХ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

IVANOV A. I. MUSHROOM FAMILIES MORHELLACEAE, DISCINACEAE AND RHIZINACEAE OF VOLGA UPLAND WITHIN PENZA REGION

Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, Россия
Penza State Agricultural Academy, Russia
rcgkim@mail.ru

Грибы семейств *Morhelleaceae*, *Discinaceae*, *Rhizinaceae* на территории Пензенской обл. представлены 8 видами и 2 разновидностями. Среди них наиболее распространенными являются: *Gyromitra fastigiata*, *G. gigas*, *Morchella elata* var. *elata* и *Verpa bohemica* var. *bohemica*. Остальные виды и формы (*Gyromitra esculenta*, *G. infula*, *Morchella elata* var. *purpurascens*, *M. esculenta*, *Rhizina undulata*, *Verpa bohemica* var. *pallida*) встречаются значительно реже. Все виды рассматриваемых семейств, кроме *Gyromitra infula* и *Rhizina undulata*, являются весенними грибами. Обычно развитие их плодовых тел происходит с середины апреля до начала второй декады мая. В зависимости от погодных условий эти сроки могут несколько смещаться. Обилие и разнообразие грибов рассматриваемых семейств зависит от погодных условий и солнечной активности. Для таких видов, как *Morchella elata* и *Rhizina undulata*, большое значение имеет также пирогенный фактор. Изучен элементный состав плодовых тел наиболее распространенных видов — *Gyromitra gigas*, *Morchella elata* и *Verpa bohemica*. Из жизненно важных микроэлементов эти грибы являются биоаккумуляторами Zn. Коэффициенты накопления других изученных микроэлементов у этих видов ниже 1. Содержание Mn, Fe, Cu, Co, Ni, Cr, As, Cd, Pb в их плодовых телах было несколько ниже средних фоновых значений, определенных для плодовых тел напочвенных сапротрофов из класса *Agaricomycetes*. *Verpa bohemica* является накопителем Hg. По среднему содержанию этого элемента в плодовых телах данный гриб превосходит все изученные виды сморчковых грибов и агарикомицетов. Установлено, что среди природных радионуклидов *Gyromitra gigas*, *Morchella elata* и *Verpa bohemica* наиболее активно накапливают ⁴⁰K. По отношению к опасным для здоровья человека искусственным радионуклидам *Gyromitra gigas*, *Morchella elata* и *Verpa bohemica* не являются их концентраторами. По сравнению с наиболее распространенными видами съедобных грибов из класса агарикомицетов они обладают значительно меньшими аккумуляционными способностями.

Ключевые слова: биологическая аккумуляция, радионуклиды, погодные условия, солнечная активность, пирогенный фактор, микроэлементы, съедобные грибы, токсичные элементы, фоновые концентрации.

On the territory of Penza Region mushrooms from the families *Morhelleaceae*, *Discinaceae*, *Rhizinaceae* are presented by eight species and two forms. *Gyromitra fastigiata*, *G. gigas* and *Verpa bohemica* are the most widespread among them. Other species and forms (*Gyromitra esculenta*, *G. infula*, *Morchella elata* var. *elata*, *M. elata* var. *purpurascens*, *M. esculenta*, *Rhizina undulata*, *Verpa bohemica* var. *pallida*) were met less commonly. All species of examined families except *Gyromitra infula* are spring mushrooms. Usually development of their fruiting bodies takes place from the middle of April till the beginning of the second decade of May. Depending on the weather conditions these terms can be slightly changed. Abundance and variety of the examined families depend on the weather conditions and solar activity. For such species as *Morchella elata* and *Rhizina undulata* the pyrogenic factor is of great value, too. The element composition of carposomes of the most widespread species — *Gyromitra gigas*, *Morchella elata* and *Verpa bohemica* — has been studied. These mushrooms are bioconcentrators of Zn. These species accumulative coefficients of the other studied chemical elements are lower than 1. The content of Mn, Fe, Cu, Co, Ni, As, Cd, Pb was slightly below the average background values determined for fruiting bodies of the ground layer *Agari-*

comycetes saprotrophs. *Verpa bohemica* is a storage of Hg. On average content of this element in the fruiting bodies kedge surpasses all known species *Pezizomyces* and *Agaricomycetes* from natural radionuclides *Gyromitra gigas*, *Morchella elata* and *Verpa bohemica* are stated to accumulate ^{40}K most actively. Compared with the most abundant species of edible mushrooms of *Agaricomycetes*, they are of considerably smaller accumulative abilities.

Key words: biological accumulation, radionuclides, weather conditions, solar activity, pyrogenic factor, microelements, edible mushrooms, toxic elements, background concentrations.

Грибы класса *Pezizomyces*, относящиеся к семействам *Morchellaceae*, *Discinaceae*, *Rhizinaceae*, играют большую роль в жизни лесных экосистем. Кроме того, многие из них являются ценными съедобными грибами, широко заготавливаемыми населением и коммерческими организациями. Несмотря на это, на территории России эти грибы остаются почти неизученными.

Первые сведения о видовом составе грибов рассматриваемой группы в средней полосе европейской части СССР и ключи для их определения приводятся в работах Б. П. Василькова (Vasilkov, 1942, 1949). В дальнейшем наибольшее количество публикаций оказалось посвящено редкому виду *Morchella steppicola* Zerova, который был описан М. Я. Зеровой в 1941 г. Включение этого гриба в Красную книгу СССР (1984) способствовало изучению его распространения в других областях страны и занесению в региональные Красные книги, в частности Ростовской (2004), Саратовской (2006а) и Волгоградской (2006в) областей. Сведения о других видах изучаемых семейств имеются в некоторых микофлористических работах (Rebriev et al., 2012), работах ресурсоведов (Aleksandrov, 1972) и в научно-популярной литературе (Ivanov, 2012; Попов, 2012).

Экология грибов рассматриваемых семейств изучена очень слабо. Этой проблеме посвящены немногочисленные работы зарубежных авторов (Greene et al., 2010; Hobbie et al., 2016). В работах по радионуклидам и тяжелым металлам в плодовых телах грибов представители изучаемых семейств обычно не рассматриваются. Вероятно, это объясняется несовпадением собственных им сроков плодоношения с таковым у большинства видов агарикомицетов, к которым обычно привязывается время проведения радиологических исследований.

Целью данной работы было изучение видового состава и экологии грибов семейств *Morchellaceae*, *Discinaceae*, *Rhizinaceae* в лесостепи правобережного Поволжья в пределах Пензенской обл. Российской Федерации. В процессе исследований решались следующие научные задачи:

- 1) изучить видовой состав, распространение и фенологию грибов рассматриваемых семейств;
- 2) выяснить связь волн обилия с погодными условиями, солнечной активностью и влиянием пирогенного фактора;
- 3) определить характер накопления микроэлементов, токсичных элементов и радионуклидов в плодовых телах грибов изучаемой группы.

Исследования проводились автором на базе кафедры биологии экологии и химии Пензенской государственной сельскохозяйственной академии.

Материалы и методы

Материалом для данной работы послужили регулярные фенологические наблюдения за плодоношением грибов семейств *Morchellaceae*, *Discinaceae*, *Rhizinaceae* (сморчковые грибы), проводившиеся автором на территории Пензенской обл. с 1978 по 2016 г., а также плодовые тела этих грибов, собранные в различных районах Пензенской обл.

Климат района исследований — умеренно-континентальный с периодически повторяющимися засухами. Средняя температура июля — 19.3 °С, января — -12.7 °С. Количество осадков в разных районах области составляет от 300 до 650 мм в год (Zhakov, 1970).

Рельеф на большей части территории равнинный с сильным эрозионным расчленением. В почвенном покрове преобладают серые лесные почвы и выщелоченные черноземы. Материнские породы, подстилающие их, представлены песками, опоками, бескарбонатными и карбонатными глинами (Milkov, 1953).

Растительность имеет типичный лесостепной облик. Леса представлены отдельными участками различных размеров, окруженных сельскохозяйственными угодьями. На светло-серых лесных почвах, подстилаемых опоками и песками, формируются различные типы сосновых лесов: сложные сосняки с липой и дубом, сосняки зеленомошные, лишайниковые и черничные. На темно-серых лесных почвах, подстилаемых бескарбонатными и карбонатными глинами, а также в долине рек распространены широколиственные леса с преобладанием дуба. Большие площади занимают также березняки и осинники, сформировавшиеся в результате естественного возобновления лесной растительности на вырубках и гарях. Степная растительность представлена на участках луговых степей северного типа, а также фрагментами песчаной и каменистой степи по склонам речных долин и балок (Novikova, 2011).

Гербаризация и определение собранных образцов грибов, проводились общепринятыми методами (Bondartsev, Singer, 1950; Hansen, Knudsen, 2000).

Учет численности плодовых тел и видового разнообразия грибов осуществлялся маршрутным методом. По территории Пензенской обл. нами было проложено 4 маршрута (рис. 1). Они были привязаны к метеостанциям и постоянным пробным площадям, на которых сморчковые грибы изучались параллельно с агарикомицетами (Ivanov et al., 2015). Маршруты посещались еженедельно в периоды, когда погодные условия были благоприятны для развития плодовых тел грибов изучаемой группы.

Для характеристики обилия *Verpa bohemica* и *Morchella elata* нами была использована балльная оценка



Рис. 1. Карта-схема проведения исследований.

Линиями обозначены маршруты исследования, темными окружностями — метеостанции, темными квадратами — участки, на которых проводились регулярные наблюдения.

по шкале Г. Гааса (Haas, 1932): «+» — только в одном месте (один экземпляр или одна группа), «1» — единично, «2» — очень рассеяно, «3» — равномерно рассеяно, «4» — во многих местах, «5» — всюду часто. Данный подход широко применяется микологами и ресурсоведами (Vasilkov, 1968; Vasilyeva, 1973; Cherkasov, 1990; Lagunin, Egoshina, 2015). В работе использованы метеоданные ГУ Центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромета, осуществляющего деятельность на территории Пензенской обл., и других учреждений различного ведомственного подчинения, располагающих метеостанциями непосредственно в районе исследований (рис. 1).

Анализ содержания химических элементов в образцах грибов и субстратов, на которых они произрастали, проводили на атомно-адсорбционном спектрометре МГА-915 МД по описанной ниже методике. Навеску высушенной пробы минерализовали в муфельной печи в течение 5 ч, постепенно повышая температуру от 250 до 450 °С до получения золы. Полученный минеральный остаток растворяли в растворе HNO_3 , нагревая его на водяной бане до растворения солей, и затем упаривали до влажных солей. Далее добавляли фоновый раствор и переносили в мерную колбу, доводя до определенного объема фоновым раствором HNO_3 . Пробы дозировали в графитовую кювету не менее трех раз, измеряя массовую концентрацию элемента. При помощи программного обеспечения AA Spectrometer MGA находили среднее арифметическое значение полученной концентрации и его относительное среднее квадратическое отклонение.

Сбор и подготовку материалов к радиологическому анализу проводили по «Методике выполнения гамма-спектрометрических измерений активности радионуклидов в пробах почвы и растительных материалов», утвержденной и введенной в действие приказом Россельхоза № 192 от 05 09 94. Анализ осуществляли посредством набора гамма-спектра образцов на гамма-спектрометрическом комплексе СКС-50М, разработанном и произведенном ведущим в России предприятием Минатома РФ «Гринстартехнолоджиз».

Кроме определения содержания химических элементов (мг/кг) и средней удельной активности (Бк/кг) в плодовых телах грибов и субстратах, на которых они развивались, мы рассчитывали коэффициенты накопления Кн по формулам:

1) $K_n = C_p / C_s (1 - a)$, где Кн — коэффициент накопления химического элемента, Сп — среднее содержание элемента в плодовом теле, Сс — среднее содержание элемента в субстрате;

2) $K_n = A_b / A_s (1 - b)$, где Кн — коэффициент накопления радионуклида, Аб — средняя удельная активность радионуклида в плодовом теле, Ас — средняя удельная активность радионуклида в субстрате.

Актуальность названий грибов и правильность их написания были выверены в соответствии с базой данных Index Fungorum (2016). Значения чисел Вольфа взяты на сайте Gao.spb.ru/personal/ivanov/wolfbase_r.html (2016).

Результаты

Грибы рассматриваемых семейств на изучаемой территории представлены 8 видами и 2 внутривидовыми таксонами. Это *Gyromitra esculenta* (Pers.) Fr., *G. fastigiata* (Krombh.) Rehm., *G. gigas* (Krombh.) Cooke, *G. infula* (Scaeff.) Quél., *Morchella elata* Fr. var. *elata*, *M. elata* var. *purpurascens* Krombh. ex Boud., *M. esculenta* (L.) Pers., *Rhizina undulata* Fr., *Verpa bohemica* (Krombh.) J. Schröt., *V. bohemica* var. *pallida* Pilát et Svrček.

Среди перечисленных видов в районе исследований наиболее благоприятные условия складываются для *Gyromitra fastigiata*, *G. gigas*, *Morchella elata* var. *elata* и *Verpa bohemica* var. *bohemica*. Они характеризуются наиболее частой встречаемостью и обилием. Остальные виды встречаются значительно реже. В примыкающей с юга к району исследований Саратовской обл. известно местонахождение *Morchella steppicola* (Red data book., 2006a). Однако в Пензенской обл., несмотря на целенаправленный поиск, его обнаружить не удалось. Вероятно, северная граница ареала этого вида проходит южнее района исследований.

Такие виды, как *Gyromitra esculenta* и *G. infula*, широко распространенные в лесной зоне, в районе исследований представляют большую редкость. В условиях лесостепи они испытывают дефицит увлажнения. Первый вид вообще отмечен единственной находкой в 1980 г., второй также плодоносит не ежегодно.

Грибы рассматриваемых семейств по способу питания являются сапротрофами, что доказано экспериментально (Hobbie et al., 2016). Однако они проявляют определенную приуроченность к экотопам и опяду определенных видов деревьев.

Verpa bohemica var. *bohemica* — самый распространенный вид из рассматриваемой группы грибов. Его основными местообитаниями являются леса с участием *Populus tremula*, особенно молодняки в возрасте 6—15 лет на восстанавливающихся вырубках. Здесь гриб плодоносит практически ежегодно и обилён. Однако в благоприятные для его развития годы он плодоносит в

ивняках, пойменных дубравах и зарослях кустарников с участием *Padus racemosa*, а также в лесополосах из *Populus suaveolens* и *Acer negundo*.

Плодоношение *Verpa bohemica* var. *bohemica* в районе исследований начинается вскоре после таяния снега — обычно в III декаде апреля. Самое раннее появление плодовых тел этого гриба было отмечено 11 04 2016. Плодоношение имеет продолжительность от 1,5 до 3 недель в зависимости от погодных условий. В связи с тем что на апрель и май в многолетнем режиме погоды приходится минимальные количества осадков, благоприятные условия для развития плодовых тел *V. bohemica* складываются не каждый год. Как показали фенологические наблюдения, проводившиеся автором с 1978 г., обильные урожаи плодовых тел этого гриба проявляются с определенными интервалами, которые связаны с погодными условиями и 11-летними циклами солнечной активности (Schwabe, 1844) (рис. 1). Последние оказывают существенное влияние на обилие и разнообразие агарикомицетов и живые организмы других таксономических групп (Safonov, 2013; Ivanov et al., 2015). Сморчковые грибы в этом плане не являются исключением.

Обычно обильное появление плодовых тел *V. bohemica* var. *bohemica*, оцениваемое в 3—4 балла, начинается за 3—4 года до пика солнечной активности. Когда он достигает максимума, имеет место самое обильное плодоношение. Однако кривая, показывающая урожай гриба в баллах, имеет не плавный характер (рис. 2). Это связано с тем, что на развитие гриба оказывают влияние и погодные условия. Наиболее обильные урожаи *V. bohemica* var. *bohemica* наблюдались в годы, когда с высокой солнечной активностью сочеталось обилие осадков в весенний период. К числу таких лет можно отнести 1980, 1988, 1998, 2011, 2012 гг. Однако не всегда высокие показатели этих факторов совпадают. Например, в 1979, 1981, 1999, 2002 гг., которые характеризовались высокой солнечной активностью из-за почти полного отсутствия осадков в апреле, урожай *V. bohemica* var. *bohemica* не превышал двух баллов. В то же время в годы с благоприятным режимом увлажнения, но низкой солнечной активностью, например, в 2013 и 2015 гг., урожай рассматриваемого вида также не был выше этого показателя, т. е., после максимума обилия обычно наблюдается спад продолжительностью 4—5 лет.

Наряду с типовой разновидностью *V. bohemica* var. *bohemica* в районе исследований распространена разновидность *V. bohemica* var. *pallida*, которая встречается значительно реже. Она обитает исключительно в водораздельных осиновых лесах на супесчаных и суглинистых светло-серых лесных почвах. Плодовые тела развиваются небольшими группами по 3—5 экз. Обычно они появляются на 5—7 суток позже, чем у типовой разновидности.

Gyromitra gigas является вторым по ценотической значимости видом из рассматриваемой группы грибов. Он предпочитает мертвопокровные загущенные культуры сосны в возрасте 30—50 лет. В благоприятные годы в этих условиях этот вид плодоносит достаточно обильно. Иногда небольшие группы его плодовых тел встречаются и в лиственных лесах с участием *Betula verrucosa* и *Populus tremula*. Плодовые тела развиваются на почве, реже на сильно разложившейся древесине. Для *Gyromitra gigas* характерны самые ранние сроки плодоношения. Его плодовые тела обычно появляются на неделю раньше плодовых тел *Verpa bohemica*, иногда до полного схода снежного покрова. В благоприятные годы их развитие продолжается до середины мая. Урожайность плодовых тел *Gyromitra gigas* при фенологических наблюдениях до 2000 г. нами не учитывалась. Однако, как показали наблюдения последних шестнадцати лет, волны обилия рассматриваемого вида в основном совпадают с таковыми у *Verpa bohemica*.

Gyromitra fastigiata встречается часто, но небольшими группами по 3—5 плодовых тел. Для этого гриба не характерны волны обилия. Он обычно всегда присутствует в свойственных ему местообитаниях — лиственных насаждениях с участием осины, если погодные условия благоприятны для его развития. Сроки появления плодовых тел у *G. fastigiata* совпадают с таковыми у *Verpa bohemica*.

Gyromitra infula является единственным осенним грибом из изучаемой группы. Климат лесостепной зоны оказывается неблагоприятным для развития его плодовых тел. Плодоношение наблюдается обычно в годы с влажной и прохладной осенью и высокой солнечной активностью. Его единичные плодовые тела развиваются обычно во второй половине октября. Они отмечались нами в 1980, 1989, 1990, 1998 и 2000 гг. В 2011 г. гриб развивался очень обильно, особенно на

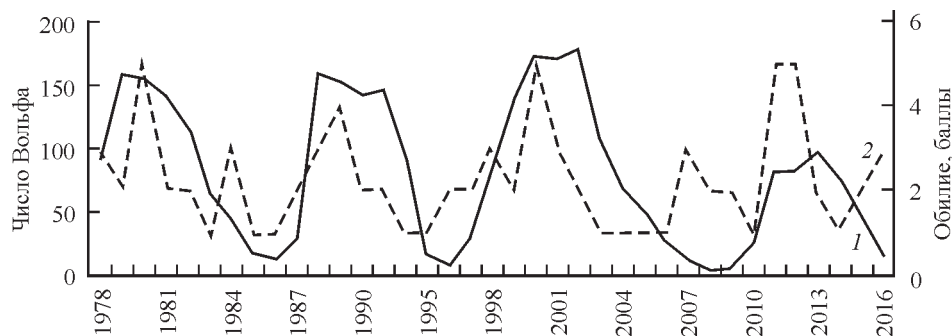


Рис. 2. Связь обилия плодовых тел *Verpa bohemica* с циклами солнечной активности.

1 — число Вольфа, 2 — обилие. То же для рис. 3.

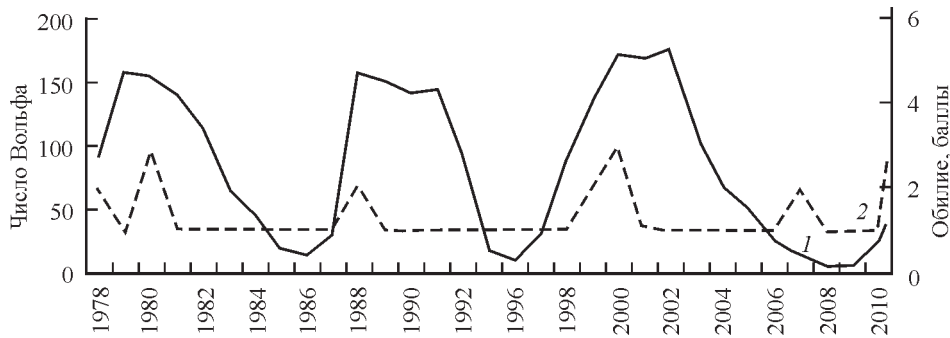


Рис. 3. Связь обилия плодовых тел *Morchella elata* с циклами солнечной активности.

сильно разложившемся валежнике, попавшем в зоны низовых пожаров в предшествующем очень засушливом 2010 г. Это указывает на то, что пирогенный фактор оказывает положительное воздействие на рассматриваемый вид.

Morchella elata var. *elata* встречается преимущественно в осиновых лесах на легких песчаных почвах. В этих условиях его плодовые тела развиваются почти ежегодно. Обычно они появляются в конце апреля—начале мая, на 6—8 суток позже, чем у *Verpa bohemica*. Соответственно позже заканчивается и период плодоношения. В благоприятные годы, когда влажная теплая погода совпадает с пиком солнечной активности, рассматриваемый вид проявляет себя и в других местообитаниях: сосновых борах, лесополосах из тополя душистого, а также в рудеральных местообитаниях — садах, скверах и т. п. Однако в этих условиях его плодовые встречаются обычно единично или в виде небольших групп. Обилие этого гриба в районе исследований даже в большинстве благоприятных лет может быть оценено максимум тремя баллами (рис. 3). Для того чтобы оно составляло пять баллов, необходимо, чтобы два указанных выше фактора дополнялись пирогенным фактором. Подобные условия сложились в 2011 г. После лесных пожаров 2010 г. в условиях горельников плодовые тела *Morchella elata* развивались большими группами (по 20 экз. и более). Вероятно, это связано с тем, что в цикле развития данного вида имеются склероции — структуры, образованные толсто-стенными гифами, находящиеся в состоянии покоя (Volk, Leonard, 1990). Вероятно, они, подобно семенам некоторых высших растений, характеризующихся твердосемянностью (т. е. толстой семенной кожурой), при обычных условиях не прорастают одновременно и сохраняются в почве достаточно долго в состоянии анабиоза. Высокая температура, возникающая в результате выгорания подстилки, стимулирует их одновременное прорастание. Подобное явление широко известно и в мире растений. Например, семена некоторых видов семейства *Fabaceae*, характеризующихся твердосемянностью, в частности кустарника *Chamaecytisus rusenicus*, также после пожаров прорастают очень активно (Novikova, 2011).

Развивающийся из склероциев мицелий после пожаров оказывается вне конкуренции со стороны других видов грибов напочвенных сапротрофов, не устойчивых к высоким температурам. В связи с тем что сро-

ки развития плодовых тел *Morchella elata* обычно совпадают со временем созревания семян *Populus tremula*, наблюдается их адгезия на поверхности шляпок рассматриваемого вида, что создает эффект «пушистости». Вероятно, *Morchella elata*, предпочитающий насаждения с участием *Populus tremula*, способствует семенному возобновлению этого дерева. При разложении плодового тела семена получают порцию влаги и минеральных веществ, что благоприятно для их прорастания.

Наряду с типовой разновидностью *Morchella elata* var. *elata* в районе исследований распространена разновидность *M. elata* var. *purpurascens*, которая встречается значительно реже. Этот гриб обитает исключительно в осиновых лесах на светло-серых лесных песчаных почвах. Плодовые тела развиваются обычно единично или небольшими группами по 3—5 экз. Обычно они появляются на 5—7 суток позже, чем у типовой разновидности. Стимулирующего влияния пирогенного фактора на *M. elata* var. *purpurascens* не наблюдается. Обычно он плодоносит в одних и тех же местообитаниях, не давая волн обилия на горячих.

M. esculenta — редкий в районе исследований гриб. За годы наблюдений он отмечался только в 1980 и 2011 гг. Обитает в осиновых лесах на легких песчаных почвах и в лесополосах из тополя душистого. Встречается единично или небольшими группами по 3—5 плодовых тел. Плодоношение обычно происходит одновременно с *M. elata* var. *purpurascens*, но продолжается несколько дольше, иногда до конца второй декады мая.

Лимитирующим фактором для развития *Rhizina undulata* является пирогенный. Этот гриб встречается исключительно на горячих после низовых пожаров в сосновых лесах. Особенно обильно он развивался в 2011 г. *Rh. undulata* занимает одну экологическую нишу с агарикоидным грибом *Pholiota highlandensis* (Peck) Quadr. et Lunghini. Вероятно, между их мицелиями существуют биотические связи, поскольку базидиомы *Ph. highlandensis* нередко развиваются на плодовых телах *Rhizina undulata*.

Плодовые тела *Rh. undulata* развиваются с начала мая до середины лета, однако сохраняться они могут до конца второй декады сентября. Они не разрушаются мицетофагами и гнилостными бактериями, что делает их интересными с точки зрения биохимических иссле-

дований. Подобная устойчивость может быть связана с наличием в них антибиотических веществ.

Грибы рассматриваемых семейств имеют большое практическое значение. Такие виды, как *Verpa bohemica*, *Morchella elata*, *M. esculenta*, являются ценными съедобными грибами. Два последних вида обладают и лекарственными свойствами (Perevedentseva, 2011). Однако ресурсы этих грибов в регионе не велики, поэтому они перспективны только с точки зрения любительских заготовок. Кроме вышеназванных видов в Пензенской обл. населением широко собираются *Gyromitra gigas* и *G. fastigiata*, хотя, как и *G. esculenta*, они относятся к ядовитым грибам. Однако, как показывает анализ медицинской статистики, ни одного отравления этими грибами в Пензенской обл. зафиксировано не было (Ivanov, Vullo, 1993).

В связи с тем что грибы рассматриваемых семейств широко собираются населением, нами были проведены исследования содержания в плодовых телах наиболее распространенных видов *Gyromitra gigas*, *Morchella elata* и *Verpa bohemica* микроэлементов, токсичных элементов и радионуклидов.

Одним из важнейших компонентов, определяющих питательную ценность грибов, являются микроэлементы. Как показали результаты измерений, изученные виды являются концентраторами Zn (табл. 1). В их плодовых телах содержание этого элемента было выше, чем в почве. Кн для *Gyromitra gigas* составил 1.18, для *M. elata* — 1.12, для *Verpa bohemica* — 1.46. Среднее содержание этого элемента в плодовых телах рассматриваемых видов (87.30) несколько превышает средний показатель для съедобных видов агарикоидных грибов подстилочных сапротрофов (74.16 мг/кг), но оказывается несколько ниже этого показателя для гумусовых сапротрофов (114.30 мг/кг) в условиях Пензенской обл. По отношению к другим изученным нами микроэлементам рассматриваемые виды не являются биоконцентраторами. Значения Кн для Cr, Mn, Cu, Fe, Ni, Sr оказываются значительно ниже единицы. По содержанию Fe, Mn, Cu, Ni и Sr плодовые тела *Gyromitra gigas*, *Morchella elata* и *Verpa bohemica* мало отличаются друг от друга. Концентрации этих микроэлементов выражаются близкими значениями к таковым у агарикоидных подстилочных и гумусовых сапротрофов (Ivanov et al., 2008).

Из токсичных элементов накопителями Hg являются *Verpa bohemica* и *Morchella elata* — Кн выше единицы (табл. 2). У *Verpa bohemica* в плодовых телах зафиксировано максимальное содержание этого элемента — 0.0520 мг/кг. В условиях Пензенской обл. оно превышает более чем в 2 раза таковое у *Gyromitra gigas* и *Morchella elata* и в 1.4 раза у изученных видов съедобных грибов из класса *Agaricomycetes*.

Не являются накопителями Cd *Gyromitra gigas*, *Morchella elata* и *Verpa bohemica* (Кн менее единицы). Однако по содержанию этого элемента они существенно отличаются друг от друга. Максимальное содержание Cd зафиксировано для *Gyromitra gigas* (0.031 мг/кг), минимальное — для *Verpa bohemica* (0.010 мг/кг) (табл. 2). Как показывает сравнение, среднее содержание Cd в плодовых телах изученных видов сморчко-

Таблица 1

Содержание микроэлементов в плодовых телах некоторых представителей сморчковых грибов, мг/кг

Виды грибов	Fe	Mn	Cu	Co	Ni	Zn	Cr
<i>Gyromitra gigas</i>	152.811 ± 19.511	9.111 ± 1.660	1.730 ± 0.522	0.008 ± 0.002	2.401 ± 0.241	84.402 ± 8.751	0.721 ± 0.282
<i>Morchella elata</i>	149.832 ± 21.523	9.332 ± 1.301	1.341 ± 0.040	0.017 ± 0.005	2.281 ± 0.206	86.301 ± 8.753	0.432 ± 0.131
<i>Verpa bohemica</i>	149.831 ± 21.534	7.843 ± 1.424	1.021 ± 0.311	0.005 ± 0.002	2.230 ± 0.203	91.205 ± 9.712	0.68 ± 0.223

Таблица 2

Содержание токсичных элементов плодовых телах некоторых сморчковых грибов, мг/кг

Виды грибов	Cd		Hg		Pb		As				
	плодовое тело	почва	плодовое тело	почва	плодовое тело	почва	плодовое тело	почва			
									Кн	Кн	Кн
<i>Gyromitra gigas</i>	0.022 ± 0.006	0.136 ± 0.031	0.012 ± 0.005	0.012 ± 0.005	1.000	0.561 ± 0.172	22.121 ± 8.871	0.025	0.761 ± 0.192	10.110 ± 5.191	0.075
<i>Morchella elata</i>	0.031 ± 0.009	0.130 ± 0.031	0.025 ± 0.006	0.011 ± 0.004	2.272	0.953 ± 0.294	15.132 ± 6.341	0.062	0.812 ± 0.223	8.542 ± 3.330	0.095
<i>Verpa bohemica</i>	0.010 ± 0.003	0.130 ± 0.031	0.052 ± 0.009	0.011 ± 0.004	4.72	1.201 ± 0.360	15.144 ± 6.341	0.079	0.824 ± 0.241	8.542 ± 3.330	0.096
ПДК	0.1	1.0	0.05	2.1	—	0.5	32	—	0.5	2	—

Таблица 3

Средняя удельная активность природных радионуклидов в плодовых телах некоторых сморчковых грибов, Бк/кг

Виды грибов	⁴⁰ K			²²⁶ Ra			²³² Th		
	плодовое тело	почва	Кн	плодовое тело	почва	Кн	плодовое тело	почва	Кн
<i>Gyromitra gigas</i>	362.0 ± 59	173.2 ± 81	2.0	53.6 ± 9	28.3 ± 13	1.9	41.3 ± 7	33.1 ± 16	1.2
<i>Morchella elata</i>	625.3 ± 221	310.1 ± 51	2.01	41.2 ± 12	42.0 ± 38	1.02	43.0 ± 7	33.1 ± 30	1.3
<i>Verpa bohemica</i>	793.1 ± 282	310.1 ± 51	2.6	30.4 ± 6	42.0 ± 38	0.7	46.1 ± 7	33.1 ± 30	1.4

вых грибов (0.021 мг/кг) оказывается несколько ниже, чем таковое у основных видов съедобных грибов из класса агарикомицетов (0.036 мг/кг).

Gyromitra gigas, *Morchella elata* и *Verpa bohemica* не являются накопителями As (Кн менее единицы). Содержание рассматриваемого элемента в их плодовых телах выражаются близкими значениями, несколько превышающими ПДК (табл. 2). Причиной этого является то, что высокое содержание As в серых лесных почвах Приволжской возвышенности является геохимической особенностью данного региона (Gogokhova et al., 2013). Однако отмеченное превышение нельзя считать опасным, поскольку ПДК рассчитываются для свежих грибов. Плодовые тела *Gyromitra gigas*, *Morchella elata* и *Verpa bohemica* сильно обводнены. Они обычно содержат от 93 до 98 % воды, поэтому свежие грибы соответствуют установленным нормативам. Как показывает сравнение результатов измерений, содержание As в плодовых телах изучаемых видов ниже, чем среднее содержание данного элемента в базидиомах агарикрицетов подстилочных (1.29 мг/кг) и гумусовых сапротрофов (12.57 мг/кг) в условиях района исследований (Ivanov et al., 2008).

Gyromitra gigas, *Morchella elata* и *Verpa bohemica* не являются накопителями Pb (Кн менее единицы). Однако по содержанию Pb плодовые тела рассматриваемых видов отличаются друг от друга. Максимальное содержание рассматриваемого элемента (1.20 мг/кг) характерно для *Verpa bohemica*, минимальное — для *Gyromitra gigas* (0.172 мг/кг). Содержание рассматриваемого элемента в их плодовых телах несколько превышает ПДК. Отмеченное превышение, как и в случае с As, нельзя считать опасным. Содержание Pb в плодовых телах изучаемых видов ниже, чем среднее содержание данного элемента в базидиомах агарикрицетов подстилочных (1.82 мг/кг) и гумусовых сапротрофов (9.62 мг/кг) (Ivanov et al., 2008).

Таким образом, по ряду токсических элементов в сушеных сморчковых грибах имеются небольшие превышения ПДК. Однако при отваривании их содержание в плодовых телах снижается, что делает употребление переработанных грибов безопасным с этой точки зрения (Bakaitis, Che, 2012).

Из природных радионуклидов *Gyromitra gigas*, *Morchella elata* и *Verpa bohemica* наиболее активно накапливают ⁴⁰K, что не является особенностью рассматриваемых видов (табл. 3). Это свойственно и большинству макромицетов (Ivanov, Plotnikov, 2015). Причина этого состоит в том, что K является основным минеральным элементом в составе золы, получаемой из плодовых тел грибов (Korbonskaya, Amanova, 1975). В природе он представлен тремя изотопами: стабильными ³⁹K и ⁴¹K и радиоактивным ⁴⁰K. В земной коре их соотношение составляет 93.08, 6.91 и 0.01 % соответственно. Хотя доля радиоактивного изотопа ничтожно мала, он, как и другие изотопы этого элемента, концентрируется в плодовых телах грибов.

В отличие от ⁴⁰K роль ²²⁶Ra и ²³²Th как биогенных элементов не подтверждена экспериментальными исследованиями. Вероятно, в связи с этим изученные виды пецицемицетов, как и агарикомицетов, накапливают его в своих плодовых телах менее интенсивно, чем ⁴⁰K.

По отношению к опасным для здоровья человека искусственным радионуклидам *Gyromitra gigas* и *Verpa bohemica* не являются концентраторами (табл. 4). Если сравнить особенности накопления этими грибами ¹³⁷Cs и ²⁴¹Am с таковыми у наиболее распространенных видов съедобных агарикомицетов, можно заметить, что последние обладают значительно большими аккумуляционными способностями (Ivanov, Plotnikov, 2015). Средняя удельная активность ¹³⁷Cs в плодовых телах изучаемых видов составляет 29.23 Бк/кг и оказывается значительно ниже, чем средняя удельная актив-

Таблица 4

Средняя удельная активность искусственных радионуклидов в плодовых телах некоторых сморчковых грибов, Бк/кг

Виды грибов	¹³⁷ Cs			²⁴¹ Am		
	плодовое тело	почва	Кн	плодовое тело	почва	Кн
<i>Gyromitra gigas</i>	29.1 ± 11	52.0 ± 38	0.6	32.3 ± 6	37.1 ± 14	0.9
<i>Morchella elata</i>	31.2 ± 11	72.1 ± 53	0.43	32.4 ± 5	53.2 ± 3	0.6
<i>Verpa bohemica</i>	27.4 ± 5	72.1 ± 53	0.4	32.1 ± 5	53.2 ± 3	0.6

ность этого радионуклида в плодовых телах агарикомицетов подстилочных сапротрофов — 126.25 Бк/кг (Ivanov, Plotnikov 2015). Та же закономерность наблюдается и в отношении ^{241}Am .

Обсуждение

Грибы семейств *Morchellaceae*, *Discinaceae*, *Rhizinaeae* на изучаемой территории представлены 8 видами и 2 внутривидовыми таксонами. Это *Gyromitra esculenta*, *G. fastigiata*, *G. gigas*, *G. infula*, *Morchella elata* var. *elata*, *M. elata* var. *purpurascens*, *M. esculenta*, *Rhizina undulata*, *Verpa bohemica* var. *bohemica*, *V. bohemica* var. *pallida*.

Среди видов рассматриваемых семейств в районе исследований наиболее благоприятные условия складываются для *Gyromitra fastigiata*, *G. gigas*, *Morchella elata* var. *elata* и *Verpa bohemica*. Они характеризуются наибольшей частотой встречаемости и высоким обилием. Остальные виды встречаются значительно реже.

Все виды рассматриваемых семейств, кроме *Gyromitra infula*, являются весенними грибами. Самым ранним грибом является *G. gigas*. Плодовые тела *Verpa bohemica* и *Gyromitra fastigiata* обычно появляются на 5—7 суток, а *Morchella elata*, *M. esculenta* и *Rhizina undulata* — на 10—12 суток позднее. Плодовые тела последнего развиваются медленно и держатся дольше других, иногда до середины сентября.

Обилие и разнообразие грибов рассматриваемых семейств зависит от погодных условий и солнечной активности. Для таких видов, как *Morchella elata* и *Rhizina undulata*, большое значение имеет пирогенный фактор.

Среди химических элементов *Gyromitra gigas*, *Morchella elata* и *Verpa bohemica* являются биоаккумуляторами Zn. Кн других изученных микроэлементов у этих видов ниже единицы.

Из токсичных элементов *Verpa bohemica* и *Morchella elata* накапливают Hg (Кн выше 1). У *Verpa bohemica* в плодовых телах зафиксировано максимальное содержание этого элемента — 0.0520 мг/кг. Оно превышает более чем в 2 раза таковое у *Gyromitra gigas* и *Morchella elata* и в 1.4 раза у изученных видов съедобных грибов из класса *Agaricomycetes* в условиях Пензенской обл. Кн других токсичных элементов у этих видов ниже единицы.

Среди природных радионуклидов *Gyromitra gigas*, *Morchella elata* и *Verpa bohemica* наиболее активно накапливают ^{40}K .

По отношению к опасным для здоровья человека искусственным радионуклидам *Gyromitra gigas*, *Morchella elata* и *Verpa bohemica* не являются концентраторами. Из класса агарикомицетов они обладают значительно меньшими аккумуляционными способностями по сравнению с наиболее распространенными видами съедобных грибов. Средняя удельная активность ^{137}Cs в плодовых телах изученных видов оказывается значительно ниже, чем среднее содержание этого радионуклида в плодовых телах агарикомицетов подстилочных

сапротрофов. Подобная закономерность наблюдается и в отношении ^{241}Am .

В заключение автор считает своим приятным долгом выразить глубокую благодарность к. б. н. Е. С. Попову (Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН) за ценные советы в процессе оформления рукописи и помощь в определении грибов.

REFERENCES

- Aleksandrov FA (1972) Yield morels and morel in Kirov Region. *Rastitelnye resursy* 8:421 (in Russ.)
- Bakaitis VI, Che SR (2012) Steeping influence on the content of heavy metals in mushrooms. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* 4:453—457 (in Russ.)
- Bondartsev AS, Singer RA (1950) Recommendation on the collection of higher basidial fungi for their scientific study. *Trudy Botanicheskogo instituta AN SSSR. Sporovye rasteniya* 2:499—543 (in Russ.)
- Cherkasov AF (1990) Method of estimation of supplies of growing wild berries and mushrooms at forest management in central part of southern taiga and northern subtaiga subzones of European territory of Russia. Moscow (in Russ.)
- Gorokhova AG, Ivanov AI, Kostychev AA (2013) Content of Arsenic in environment of cantament area Penza Water Storage Basin. In: XXI vek: itogi proshlogo i problemi nastoychego plus 2(27):28—35 (in Russ.)
- Greene DF, Hesketh M, Pouden E (2010) Emergence of morel (*Morchella*) and pixie cup (*Geopyxis carbonaria*) ascocarps in response to the intensity of forest floor combustion during a wildfire. *Mycologia* 102(4):766—773
- Haas H (1932) Die Bodenbewohnenden Großpilze in den Waldformationen einiger Gebiete von Württemberg. *Beih Bot Centrbl Abt* 50—59
- Hansen L, Knudsen H (2000) Nordic macromycetes, Vol 1, *Ascomycetes*. Nordsvamp, Copenhagen
- Hobbie EA, Rice SF, Weber NS (2016) Isotopic evidence indicates saprotrophy in postfire *Morchella* in Oregon and Alaska. *Mycologia* 108(4):638—645
- Index Fungorum (2016) <http://indexfungorum.org/names/names.asp>. Accessed 18 11 2016
- Ivanov AI (2012) Edible, poisonous, medical and cultivated mushrooms middle belt of the European Russia. Penza (in Russ.)
- Ivanov AI, Gorokhova AG, Andreyeva MI (2015) Monitoring of cadmium content in forest ecosystems of Volga Highland. *Itogi proshlogo i problemi nastojashshego: Nauchno-metodicheskiy zhurnal* 5(27):15—20 (in Russ.)
- Ivanov AI, Kostychev AA, Skobanev AV (2008) Accumulation of heavy metals and arsenic by basidiomes of macromycetes of different trophic and taxonomical groups. *Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal* 3:190—199 (in Russ.)
- Ivanov AI, Plotnikov MA (2015) The bio-accumulation of natural and artificial radionuclides in *Agaricomycetes* fruit bodies in forest ecosystems of Penza Region. *Mikologiya i fitopatologiya* 49(3):173—181 (in Russ.)
- Ivanov AI, Vulllo IS (1993) How to avoid mushroom poisoning. Penza (in Russ.)
- Korbonskaya YI, Amanova NM (1975) Mineral composition of edible mushrooms in Tajikistan. *Mikologiya i fitopatologiya* 9:527—530 (in Russ.)
- Lagunina EA, Egoshina TL (2015) Resources of growing wild edible mushrooms in North-Western federal okrug. *Novosti Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* 17(5):132—137 (in Russ.)

Lovelius NV (2006) About influence of sun activity on the factors of environments and Taymyr population dier. Soc Environment Developm (Terra Humana):61—69 (in Russ.)

Milkov FN (1953) Middle Volga Region. Moscow (in Russ.)

Novikova LA (2011) Structure and dynamics of grass vegetation of a forest steppe zone the western slopes of Volga Hills. Abstract of diss. ... Dr Sci. Saratov (in Russ.)

Perevedentseva LG (2011) Medicinal mushrooms of the Perm Krai. Perm (in Russ.)

Popov ES (2012) Morel times. Planeta gribov 1:7—13 (in Russ.)

Rebriev YuA, Rusanov TS, Bulgakov TYu, Svetasheva IV, Zmitrovich IV, Popov ES (2012) Mycobiota of the arid the south-west of Russia. Rostov-on-Don (in Russ.)

Red data book of the USSR. Rare and endangered species of animals and plants (1984). Moscow (in Russ.)

Red data book of the Rostov Region. Rare and endangered species of mushrooms, lichnes and plants (2004). Rostov-on-Don (in Russ.)

Red data book of the Saratov Region: mushrooms, lichnes, plants, animals (2006a). Saratov (in Russ.)

Red data book of Volgograd Region. Plants and mushrooms (2006b). Volgograd (in Russ.)

Safonov MA, Flechina OA, Kameneva IN (2013) The long term dynamics of specific structure of local micobioty in forests of predgoriti of South Ural. Fundamental researches.10(3):575—579 (in Russ.)

Schwabe H (1844) Sonnenbeobachtungen im Jahre 1843. Astronomiche Nachrichten 21:283

Vasilkov BP (1942) A little-known family *Morhella-ceae*. Sov Botanika 6:50—51 (in Russ.)

Vasilkov BP (1949) Edible and poisonous mushrooms midle belt of the European part of the USSR. Moscow, Leningrad (in Russ.)

Vasilkov BP (1968) Methods of account of edible mushrooms in the forests of the USSR. Leningrad (in Russ.)

Vasilyeva LN (1973) *Agaricales* fungi of the Primorsky Krai. Leningrad (in Russ.)

Volk TJ, Leonard TJ (1990) Cytology of the life-cycle of *Morhella*. Mycol Res 94(3):399—406

Zhakov SI (1970) Climate. In: Nature of the Penza Region. Saratov (in Russ.)

Александров Ф. А. (Aleksandrov) Урожайность строчков и сморчков в Кировской области // Раст. ресурсы. 1972. Т. 8. С. 421.

Бакайтис В. И., Че С. Р. (Bakaitis, Che) Влияние замачивания на содержания тяжелых металлов в грибах // Техника и технология пищевых производств. 2012. № 4. С. 453—457.

Бондарцев А. С., Зингер Р. А. (Bondartsev, Singer) Руководство по сбору высших базидиальных грибов для научного их изучения // Тр. Ботанического института АН СССР. 1950. Сер. 2, вып. 6. С. 499—543.

Васильева Л. Н. (Vasilyeva) Агариковые шляпочные грибы (пор. Agaricales) Приморского края. Л.: Наука, 1973. 331 с.

Васильков Б. П. (Vasilkov) Съедобные и ядовитые грибы средней полосы европейской части СССР. М.; Л.: Наука, 1949. 134 с.

Васильков Б. П. (Vasilkov) О сморчке степном *Morhella steppicola* Zerova // Бот. матер. Отдела споровых растений Ботанического института им. В. Л. Комарова АН СССР. 1952. Вып. 7. С. 100—104.

Горохова А. Г., Иванов А. И., Костычев А. А. Содержание мышьяка в природных средах на водосборной площади Пензенского водохранилища // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2013. № 2(27). С. 28—35.

Жаков С. И. (Zhakov) Климат // Природа Пензенской области. Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1970. С. 47—82.

Иванов А. И., Вулло И. С. (Ivanov, Vullo) Как избежать отравлений грибами. Пенза: Типография «Пензенская правда», 1993. 23 с.

Иванов А. И. (Ivanov) Съедобные, ядовитые, лекарственные и культивируемые грибы средней полосы европейской части России. Пенза: ПГСХА, 2012. 151 с.

Иванов А. И., Горохова А. Г., Андреева М. И. (Ivanov et al.) Мониторинг содержания кадмия в лесных экосистемах Приволжской возвышенности // Итоги прошлого и проблемы настоящего: Науч.-метод. журн. 2015. № 5(27). С. 15—20.

Иванов А. И., Костычев А. В. (Ivanov, Kostychev) Характер накопления некоторых металлов и мышьяка в базидиомах грибов порядка Boletales // Микология и фитопатология. 2007. Т. 41, вып. 6. С. 500—505.

Иванов А. И., Костычев А. А., Скобанев А. В. (Ivanov et al.) Аккумуляция тяжелых металлов и мышьяка базидиомами макромицетов различных трофических и таксономических групп // Поволж. экол. журн. 2008. № 3. С. 190—199.

Иванов А. И., Плотников М. А. (Ivanov, Plotnikov) Биологическая аккумуляция природных и искусственных радионуклидов плодовыми телами агарикомицетов в лесных экосистемах Пензенской области // Микология и фитопатология. 2015. Т. 49, вып. 3. С. 173—181.

Кравченко К. Л. (Kravchenko) Характер воздействия солнечной активности на динамику экспериментальной популяции дрозофилы. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иркутск, 2004. 25 с.

Красная книга СССР (Red data book) Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений. Т. 2. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 480 с.

Красная книга Ростовской области (Red data book) Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения грибы, лишайники и растения. Т. 2. Ростов-на-Дону: Малыш, 2004. 333 с.

Красная книга Волгоградской области (Red data book) Растения и грибы. Т. 2. Волгоград: Волгоград, 2006. 236 с.

Красная книга Саратовской области (Red data book) Грибы. Лишайники. Растения. Животные. Саратов: Изд-во Торгово-промышленной палаты Саратовской обл., 2006. 528 с.

Лагунина У. А., Егошина Т. Л. (Lagunina, Egoshina) Ресурсы дикорастущих съедобных грибов Северо-Восточного федерального округа // Вести Самарского центра РАН. 2015. С. 132—137.

Ловелиус Т. В. (Lovelius) О влиянии солнечной активности на факторы среды обитания (на примерах гидрометеорологических элементов и поголовья оленей Таймыра) // Общество. Окружающая среда. Развитие (Terra Humana). 2006. № 1. С. 61—69.

Мильков Ф. Н. (Milkov) Среднее Поволжье. М.: Изд-во АН СССР, 1953. 153 с.

Новикова Л. А. (Novikova) Структура и динамика травяной растительности лесостепной зоны на западных склонах Приволжской возвышенности и пути ее оптимизации: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Саратов, 2011. 43 с.

Переведенцева Л. Г. (Perevedentseva) Лекарственные грибы Пермского края. Пермь: ООО Проектное бюро «Рекьявик», 2011. 146 с.

Попов Е. С. (Pоров) Время сморчков // Планета грибов. 2012. № 1. С. 7—13.

Ребриев Ю. А., Русанов В. А., Булгаков Т. С., Светашева Т. Ю., Змитрович И. В., Попов Е. С. (Rebriev et al.) Микобиота аридных территорий юго-запада России. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2012. 88 с.

Сафонов М. А., Флешина О. А., Камелина И. Н. (Safonov et al.) Продолжительная динамика локальной мико-

биоты предгорий Южного Урала // Фундаментальные исследования. 2013. № 10(3). С. 575—579.

Черкасов А. Ф. (Cherkasov) Метод оценки запасов дикорастущих ягод и грибов при лесоустройстве в центральной части подзоны южной тайги и севера подзоны смешанных лесов европейской части РСФСР. М.: ВНИЛМ, 1990. 28 с.

Поступила 14 09 2016