
БИОРАЗНООБРАЗИЕ, СИСТЕМАТИКА, ЭКОЛОГИЯ

УДК 582.282.23 : 634.8

**ДРОЖЖЕВЫЕ ГРИБЫ ЖИМОЛОСТИ ГРУЗИНСКОЙ
(*LONICERA IBERICA*) И ВИНОГРАДА (*VITIS VINIFERA*),
ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ДАГЕСТАНЕ**

© 2024 г. Д. А. Абдуллабекова^{1,*}, Е. С. Магомедова^{1,**}, Г. Г. Магомедов^{1,***},
А. В. Качалкин^{2,3,****}

¹ Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского НЦ РАН, 367000 Махачкала, Россия

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119234 Москва, Россия

³ Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина ФИЦ ПНЦБИ РАН,
142290 Пушкино, Россия

*e-mail: dina2407@mail.ru

**e-mail: pibrdncran@mail.ru

***e-mail: pibrdncran@mail.ru

****e-mail: kachalkin_a@mail.ru

Поступила в редакцию 28.02.2023 г.

После доработки 30.09.2023 г.

Принята к публикации 28.12.2023 г.

Эколого-таксономическое изучение микобиоты культурных растений и естественной флоры, в т.ч. эндемичной, с позиций филогенетической систематики остается важным направлением микробной экологии. Проведено исследование структуры сообществ дрожжевых грибов на территории Дагестана — дикороса жимолости грузинской, являющегося эндемиком Кавказа, в сравнении с виноградом — традиционной для республики сельхозкультурой. Изучение дрожжевого комплекса винограда проводили в ампелоценозах, расположенных на равнине и в предгорьях, зарослей дикороса — на равнине и в горах. Численность дрожжей на исследованных растениях (в пересчете на ед. веса) выше, чем в почве, наибольшее количество дрожжей зафиксировано на листьях. В то же время поверхность ягод винограда и жимолости в большей степени колонизирована дрожжами, чем листья растений. Отмечено влияние сортовых особенностей винограда на видовое разнообразие и численность дрожжей, а также тенденция к снижению их численности при возрастании высоты над ур. м. Жимолость грузинская, произрастающая в горах, и почва под ней, напротив, заселена дрожжами больше, чем на равнине. Видовой состав ее включал пять видов, два из которых — *Aureobasidium pullulans* и *Metschnikowia pulcherrima* — характерны и для ампелоценозов. Дрожжевое население эндемика на равнине отличалось специфичностью, один из двух выявленных видов был обнаружен и идентифицирован впервые как новый вид рода *Zygorhynchus* — *Z. dagestanica*, ассоциированный с листьями и почвой, где они доминируют, составляя 79.2% от общего числа дрожжей. Несмотря на близкие климатические условия мест произрастания дикороса и винограда на равнине, таксономический состав их дрожжевых сообществ значительно различался и включал два и девять видов соответственно. Полученные результаты показывают перспективность изучения сообществ дрожжевых грибов эндемичных растений.

Ключевые слова: виноград, дрожжи, таксономический состав, численность, экология, эпифиты

DOI: 10.31857/S0026364824020029, **EDN:** vpigym

ВВЕДЕНИЕ

Эколого-таксономическое изучение дрожжевых грибов в конце XX в. получило новый импульс в связи с развитием молекулярно-биологических методов, обусловивших переход от фенотипической систематики к филогенетической (Kurtzman, Fell, 2006). Во многих странах проведено выявление видового разнообразия дрожжей, ассоциированных как

с культурными растениями агроценозов (Ribéreau Gayon et al., 2006; Sun et al., 2014; Santos et al., 2017; Into et al., 2020; Kanpiengjai et al., 2023), так и естественной флорой различных природных зон (Fonseca, Inácio, 2006). С позиций филогенетической систематики было проведено изучение таксономического состава дрожжевых грибов ампелоценозов Дагестана, где виноград, производство которого является одной

из крупнейших подотраслей сельского хозяйства, культивируют на равнине и частично в предгорьях. В результате было выявлено высокое видовое разнообразие дрожжевых грибов (45 видов), показано присутствие “эталонной” группы дрожжей, обитающих на виноградниках разных регионов, установлена их численность, годовая динамика, а также роль почвы как природного резервуара дрожжей (Kachalkin et al., 2015; Abdullabekova et al., 2020).

Наряду с таксономическим составом дрожжевых грибов виноградников, большой интерес вызывает дрожжевое население уникальной по разнообразию флоры Дагестана, территория которого охватывает несколько природных зон. Обладая рядом специфических особенностей, не свойственных другим регионам Кавказа, флора республики насчитывает около 4500 видов, из которых около 1100 являются эндемичными (Payzullayeva, 2012).

Приуроченность тех или иных видов микроорганизмов к конкретному растению, обусловленная многими биотическими и абиотическими факторами, специфична. Некоторые виды дрожжевых грибов способны развиваться лишь на определенных растительных субстратах с ограниченным распространением и имеют соответствующий ареал. Описаны случаи, когда отдельные виды эпифитных дрожжей, обитающих в филлосфере эндемичных растений, также являются эндемиками. Примерами могут служить *Metschnikowia hawaiiensis* и *M. kipukae* из цветков *Ipomoea indica* на Гавайском архипелаге, опыляемых строго определенными видами насекомых (Lachance et al., 1990, 2003).

Изучение структуры сообществ дрожжевых грибов в коэволюционной системе, которую они образуют с растениями, имеющими ограниченный ареал, интересны в таксономическом и экологическом аспекте. При исследовании эндемичной растительности или растений уникальных местообитаний возрастает вероятность обнаружения среди эпифитных микроорганизмов редких и новых видов дрожжей, имеющих локальное распространение.

В связи с этим актуально изучение видового разнообразия дрожжей одного из эндемиков Кавказа — жимолости грузинской (*Lonicera iberica*), которая в Дагестане имеет широкую экологическую амплитуду встречаемости — от засушливой предгорной части республики до среднегорий. *L. iberica* — кустарник до 1.5 м выс. с красно-желтыми цветками, красными плодами и весьма плотной древесиной. Vegetация со второй половины апреля до конца октября — начала ноября, растет быстро, цветение и плодоношение нерегулярное. Цветет с пяти-шести лет в июле, плодоносит с шести — восьми лет, плоды созревают во второй половине августа — первой половине сентября.

Результаты исследования содержания липидов и антиоксидантной активности ягод жимолости грузинской показали их высокий ресурсный потенциал (Gaziyeu et al., 2008; Ergün, 2021).

Цель исследований — проведение сравнительного анализа таксономического состава сообщества дрожжей жимолости грузинской и культивируемого винограда.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служили дрожжи, ассоциированные с дикорастущими кустарниками жимолостью грузинской (*L. iberica*), виноградом сортов Молдова, Ркацители и почвой под ними. Все пробы были отобраны в сентябре 2014 г. в период зрелости ягод.

Место произрастания популяции жимолости грузинской — Дагестан пгт Тарки, расположено на отметке 180 м над ур.м. (42°57'21" с.ш.; 47°29'06" в.д.) и с. Гуниб на отметке 1400 м над ур.м. (42°23'15" с.ш.; 46°57'54" в.д.). Заросли занимают небольшую площадь в пределах 250—300 м². Количество кустов, выбранных для отбора проб, составило в Тарках и Гунибе девять и семь соответственно. Пробы отбирали 01.09 (пгт Тарки) и 18.09.2014 (с. Гуниб).

Образцы с сортов винограда Молдова и Ркацители, культивируемых в с. Муцалаул (43 м над ур.м.) отбирали 08.09.2014, сорта Молдова в с. Новочуртах (237 м над ур.м.) — 02.09.2014. Собранные образцы листьев, ягод и почвы под кустами для проведения исследований в тот же день доставляли в лабораторию и выполняли посеы. Для десорбции клеток из каждой пробы почвы и листьев, предварительно измельченных, отбирали навески 2.50 и 1.25 г соответственно, навески ягод винограда сорта Ркацители варьировали в пределах 11.05—12.83 г, сорта Молдова — 18.10—19.60 г, ягод жимолости грузинской — 1.80—4.90 г. Навески помещали в центрифужные пробирки типа Falcon со стерильной водой, объем которой составлял 25 мл, и обрабатывали на вортексе в течение 10 мин. Из каждого разведения брали аликвоты 0.1 мл и высевали в 2—3 чашки Петри на агаризованную среду ГПД (20 г/л глюкозы, 10 г/л пептона, 5 г/л дрожжевого экстракта, 20 г/л агара и 0.5 г/л хлорамфеникола для подавления роста бактерий), которые инкубировали при 25 °С в течение 3—4 сут. Выросшие колонии дрожжей дифференцировали на макроморфологические типы с помощью стереоскопического микроскопа и выделяли в чистую культуру для идентификации. Ингибиторы для подавления быстрорастущих грибов в работе не использовали. Генетическую идентификацию дрожжей

проводили по протоколам, опубликованным ранее (Kachalkin et al., 2015; Abdullabekova et al., 2020).

На основе полученных результатов были произведены расчеты численности дрожжей на единицу веса исследованных субстратов (КОЕ/г), а также была выполнена оценка количества дрожжей на единицу поверхности растения (КОЕ/см²).

Определение площади поверхности листьев исследуемых растений проводили, используя программу LeafArea (Skyberry), площадь поверхности ягод определяли по формуле для эллипсоида. Для пересчета численности дрожжей с единицы веса на единицу площади были проведены измерения веса и площади поверхности 34 ягод и 18 листьев исследуемых растений. Полученные средние значения веса ягод и площади поверхности листьев были использованы для расчета площади для 1 г исследованного субстрата, что являлось коэффициентом пересчета численности дрожжевых грибов с единицы веса на единицу площади.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Определение численности дрожжей, с учетом вида *Aureobasidium pullulans*, относящегося к так называемой группе дрожжеподобных грибов, производили из расчета на единицу веса (КОЕ/г) исследуемого субстрата, что является универсальным подходом при необходимости сопоставления данных между такими разными типами образцов, как почва и части растения (Chernov, 2013). Известно, что численность дрожжей-эпифитов на листьях растений в среднем составляет 10⁴–10⁵ КОЕ/г, что соответствует величине 10³–10⁴ КОЕ/см² (Fonseca, Inácio, 2006). Полученные нами результаты измерения площади и веса листьев, а также ягод исследуемых растений показали, что коэффициент пересчета численности дрожжей с единицы веса на единицу площади для листьев винограда составляет 144.4, для листьев жимолости — 86.7, для ягод винограда — 3.22–3.49, а для ягод жимолости — 2.06. Данные по численности дрожжей на жимолости

и винограде, приведенные на единицу веса и на единицу площади, представлены в табл. 1.

На сорте Молдова, культивируемом на различных высотных отметках, максимум дрожжей на всех типах субстратов наблюдали на винограднике, расположенном на равнине (с. Муцалаул). На этом же участке зафиксировано влияние сортовых особенностей винограда на численность дрожжей, которая в сумме на ягодах и листьях сорта Ркацители была выше, а в почве ниже, чем на сорте Молдова. Таким образом, полученные результаты показывают, что численность дрожжей в период зрелости ягод винограда на поверхности растения и почве под ним оказалась выше на равнине, чем при подъеме в горы.

На жимолости грузинской обнаружена обратная картина — кусты и почва под ними заселены дрожжами в разы больше в с. Гуниб, чем в пгт Тарки, расположенных на 1400 и 180 м над ур.м. соответственно. Для дикороса, вегетационный период которого продолжается со второй половины апреля до конца октября — начала ноября, характерно обитание в ксерофильных редколесьях и кустарниковых зарослях. Численность дрожжевых грибов здесь больше на высотной отметке 1400 м над ур.м. в основном за счет дрожжеподобных грибов *A. pullulans*, на долю которого приходится более 90% общей численности дрожжей.

Известно, что характер распространения дрожжей объясняется соответствием между их адаптивными признаками и экологическими факторами, среди которых температура, влажность, периодическое иссушение почвы, уровень инсоляции зависят от географического положения. Наиболее выраженные изменения в структуре микробных сообществ могут наблюдаться вдоль вертикально-поясного градиента (Chernov, 2013). Нельзя исключить чувствительность эпифитных дрожжей к воздействию ультрафиолетового излучения (Gunasekera et al., 1997), интенсивность которого, с учетом других факторов, может меняться в зависимости от высотной отметки.

Таблица 1. Численность дрожжей на винограде и жимолости грузинской

Растение и место произрастания	Средняя численность дрожжей, × 10 ²		
	ягоды, КОЕ/г/КОЕ/см ²	листья, КОЕ/г/КОЕ/см ²	почва, КОЕ/г
Виноград			
с. Муцалаул			
сорт Молдова	18.0/5.6	23.0/0.16	28.2
сорт Ркацители	13.0/3.8	40.0/0.28	18.2
с. Новочуртах			
сорт Молдова	1.5/0.5	19.0/0.13	9.3
Жимолость			
пгт Тарки	7.4/3.6	40.0/0.46	1.3
с. Гуниб	24.0/11.7	200.0/2.31	38.0

Исследуемые местообитания отличались друг от друга и резко контрастировали по климату. Так, на равнине, где расположен пгт Тарки, сухой, континентальный климат с малоснежной зимой и сухим жарким летом характеризуется большой разностью зимней и летней температур. В горном Гунибе климат умеренно-холодный, континентальность здесь, в отличие от равнины, проявляется в большой разности ночной и дневной температур. Средняя температура теплого и холодного периода в пгт Тарки составляет 18.4 и 12.1 °С соответственно; в с. Гуниб — 12.1 и –0.9 °С, среднее количество осадков с апреля по октябрь в пгт Тарки — 237 мм, среднегодовое количество — 411 мм, в с. Гуниб — 342 и 619 мм соответственно.

Известно, что кроме экологических факторов на численность дрожжей, ассоциированных с растениями, могут влиять миграционные процессы — взаимное заселение сходных субстратов дрожжевыми клетками. Ведущую роль при взаимной контаминации дрожжей играет фактор пространственной близости субстратов и вероятность заноса на них дрожжевых клеток (Maksimova et al., 2009). В зарослях жимолости грузинской в с. Гуниб встречались кусты шиповника, дрожжевые грибы с которых, возможно, вносили свой вклад в обогащение ее дрожжевого сообщества.

При близких климатических условиях, наблюдаемых на равнине в местах произрастания жимолости грузинской (пгт Тарки) и винограда (с. Муцалаул), характеризующегося сочными плодами, численность дрожжей на единицу площади на ягодах винограда была более высокой, чем на дикоросе, а для листьев картина была обратной. Эти различия могут быть обусловлены архитектурой и биологическими особенностями исследуемых растений. Так, поверхность винограда более подвержена воздействию инсоляции, чем плотные кусты дикорастущей жимолости, а его высокосахаристые ягоды являются природным локусом, где традиционно отмечается значительная численность дрожжевых грибов.

Численность дрожжей на растении в пересчете на единицу веса, независимо от его вида, выше, чем в почве, наибольшее количество дрожжей зафиксировано на листьях. Однако при пересчете количества дрожжей-эпифитов на единицу площади отмечено, что их численность на сахаристых ягодах винограда и жимолости заметно больше, чем на листьях этих растений. Экссудаты ягод по мере созревания содержат все больше глюкозы (Padgett, Morrison, 1990), кроме того, любые микроповреждения эпидермального слоя и кутикулы также приводят к выделению сахаров на поверхность ягод, давая импульс для более активного развития на них дрожжей.

Количество видов в дрожжевом комплексе, выделенном из жимолости грузинской, было меньше, чем с винограда каждого из сортов. Изменение таксономического разнообразия дрожжевых грибов винограда отмечено в зависимости от сортовой принадлежности и от места произрастания (табл. 2). Видовой состав дрожжей дикороса, произрастающего в с. Гуниб, включающий пять видов — *A. pullulans*, *Candida parapsilosis*, *Metschnikowia pulcherrima*, *Debaryomyces hansenii*, *Torulaspora delbrueckii*, — как и в исследуемых ампелоценозах, не отличался специфичностью. В целом дрожжевой комплекс жимолости грузинской и винограда совпадал только по двум видам аскомицетов — *Aureobasidium pullulans* и *Metschnikowia pulcherrima*. Первый — повсеместно распространенный, продуцирующий меланин дрожжеподобный гриб-сапротроф (Chernov, 2013), второй — выделяется в основном из энтомофильных цветков, из подстилки и с листьев (Glushakova, 2006), является обычным обитателем кишечного тракта нектароядных беспозвоночных (Terenina, Chernov, 2001; Woolfolk, Inglis, 2004), а также выделяется из фруктов и ягод (Chernov, 2013).

Дрожжи *Aureobasidium pullulans* способны к активному синтезу протеаз, хитиназ, антибиотика ауребазидина А, также известны коммерческие препараты Blossom-Protect® и Boni-Protect® с использованием штаммов этого вида для биоконтроля развития фитопатогенов (Freimoser et al., 2019). Широко известная антимикробная активность вида *Metschnikowia pulcherrima*, обусловленная продуцируемым им пигментом пульхерриминном, связывающим ионы железа, также позволяет применять эти дрожжи в качестве агента биоконтроля (Piano et al., 1997; Türkkel, Ener, 2009; Oro et al., 2014; Türkkel et al., 2014). Этот вид дрожжей также предлагается для использования при винификации (Contreras et al., 2015) и производстве искусственного пальмового масла (Abeln et al., 2000; Santomauro et al., 2014).

Виды *Debaryomyces hansenii* и *Torulaspora delbrueckii*, выделенные с жимолости грузинской, также являются аскомицетами. *Debaryomyces hansenii* — осмо- и эври-толерантный эвритоп (Nakase, Suzuki, 1985; Breuer, Harms, 2006). *Torulaspora delbrueckii* способен колонизировать различные природные субстраты — почвы (Capriotti, 1957), растения (Limtong, Koowadjanakul, 2012), фрукты (Tokuoka et al., 1985), насекомых (Nguyen et al., 2006, 2007). Наиболее известна ассоциация вида *T. delbrueckii* с виноградом, суслом и вином, эти дрожжи являются хорошими бродильщиками и рекомендуются для оптимизации некоторых параметров вина по сравнению с винами, полученными с использованием *Saccharomyces cerevisiae* в монокультуре (Benito, 2018). Присутствие *Torulaspora delbrueckii* в составе

Таблица 2. Видовой состав дрожжей, выделенных с жимолости грузинской и винограда

Виды дрожжей	Жимолость грузинская		Виноград		
			Молдова	Молдова	Ркацители
	Тарки	Гуниб	Новочуртах	Муцалаул	
<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary et Löwenthal) G. Arnaud	+	+	+	+	+
<i>Candida parapsilosis</i> (Ashford) Langeron et Talice	—	+	—	—	—
<i>C. orthopsilosis</i> Tavanti, A. Davidson, Gow, M. Maiden et Odds	—	—	—	+	—
<i>Debaryomyces hansenii</i> (Zopf) Lodder et Kreger-van Rij	—	+	—	—	—
<i>Hanseniaspora uvarum</i> (Niehaus) Shehata, Mrak et Phaff ex M.T. Sm.	—	—	+	+	+
<i>H. opuntiae</i> Čadež, Poot, Raspor et M.T. Sm.	—	—	+	+	—
<i>Lachancea thermotolerans</i> (Filippov) Kurtzman	—	—	+	+	+
<i>Metschnikowia pulcherrima</i> Pitt et M.W. Mill.	—	+	+	+	+
<i>Meyerozyma guilliermondii</i> (Wick.) Kurtzman et M. Suzuki	—	—	—	—	+
<i>Pichia terricola</i> van der Walt	—	—	+	—	+
<i>P. kudriavzevii</i> Boidin, Pignal et Besson	—	—	+	—	+
<i>Starmerella bacillaris</i> (Kroemer et Krumbholz) F.L. Duarte et Á. Fonseca	—	—	+	—	—
<i>Torulaspora delbrueckii</i> (Lindner) E.K. Novák et Zsolt	—	+	—	—	—
<i>Zygotorulaspora dagestanica</i> Kachalkin, Abdullabekova, Magomedova et Yurkov	+	—	—	—	—

дрожжевого сообщества виноградников отмечается во многих винодельческих р-нах мира, в том числе в Дагестане (Kachalkin et al., 2015; Abdullabekova et al., 2020).

Представитель рода *Candida* — вид *Candida parapsilosis*, обнаруженный на жимолости грузинской, по сравнению с другими видами этого рода, широко распространен в природе и был выделен из таких источников, как домашние животные, насекомые, почва и морская среда (Fell, Meyer, 1967). В последние два десятилетия ученые отмечают рост выделения госпитальных штаммов *C. parapsilosis* во всем мире, что является причиной споров о том, является ли он возбудителем или же сопутствующим микроорганизмом при определенных инфекциях, что требует дополнительных исследований, касающихся его эпидемиологии, микробиологии, генетики и чувствительности к противомикробным препаратам (Trofa et al., 2008). *C. parapsilosis* считается дрожжевым киллером и антагонистом грибов на основании его способности продуцировать химические вещества, оказывающие цитотоксическое действие на клетки других организмов (Robledo-Leal et al., 2014).

Обнаружение клинически значимых видов из рода *Candida* — *C. albicans*, *C. glabrata*, *C. orthopsilosis* ранее на винограде Дагестана, как и на винограде из других регионов — черта микробного населения, которая может отражать также определенный уровень антропогенной нагрузки в агроценозе (Kachalkin et al., 2015; Abdullabekova et al., 2020).

На винограде в год исследования род *Candida* был представлен видом *C. orthopsilosis*, который является менее вирулентным, чем *C. parapsilosis*, к которому филогенетически близок (Riccombeni et al., 2012). До 2005 г. вид *C. parapsilosis* делили на три группы, но дальнейшие генетические исследования выявили достаточные различия, которые привели к разделению групп на близкородственные виды: *C. parapsilosis*, *C. orthopsilosis* и *C. metapsilosis* (Tavanti et al., 2005).

Таким образом, видовое разнообразие дрожжей, обитающих на жимолости грузинской и почве под ней в Гунибе выше, чем в Тарки, но в отличие от него не специфично. Кустарники *Lonicera iberica*, произрастающие в пгт Тарки на склоне горы, и почвы под ними ней, являются первым местообитанием, где был обнаружен новый вид дрожжевых грибов рода

Таблица 3. Доля различных видов в дрожжевом сообществе жимолости грузинской

Место произрастания	Вид дрожжей	Средняя доля дрожжей (% от общего числа КОЕ)		
		ягоды	листья	почва
с. Гуниб	<i>Aureobasidium pullulans</i>	93.4	97.0	99.8
	<i>Candida parapsilosis</i>	—	0.64	—
	<i>Metschnikowia pulcherrima</i>	6.6	—	—
	<i>Debaryomyces hansenii</i>	—	2.07	—
	<i>Torulaspora delbrueckii</i>	—	0.21	0.2
пгт Тарки	<i>Aureobasidium pullulans</i>	100.0	78.3	20.8
	<i>Zygorulaspora dagestanica</i>	—	21.7	79.2

Zygorulaspora — *Z. dagestanica* (Kachalkin et al., 2021). Другие местообитания данного вида дрожжевых грибов пока не известны.

В табл. 3 представлена средняя доля видов дрожжей, обнаруженных в микобиоте жимолости грузинской.

В результате показано, что дрожжи *Z. dagestanica* ассоциированы с листьями жимолости грузинской и почвой под ней, где они доминируют, составляя 79.2% от общего числа дрожжей. Во всех остальных образцах ягод, листьев и почвы максимум приходится на дрожжи *Aureobasidium pullulans*, средняя доля которых варьирует в пределах от 78.3 до 100%. Виды *Candida parapsilosis* и *Torulaspora delbrueckii* составляют менее 1%.

Доминирование нового вида, обнаруженного в пгт Тарки, может иметь различные причины, среди них, вероятнее всего, версия, связанная с ассоциацией популяции *Zygorulaspora dagestanica* с эндемичными видами насекомых-опылителей. Как отмечалось, ранее уже были известны случаи подобных эндемичных ассоциаций насекомых и дрожжей (Lachance et al., 1990, 2003).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение видового разнообразия дрожжей дикорастущих кустарников жимолости грузинской, являющейся эндемиком Кавказа, в сравнении с широко распространенным во всем мире виноградом, выявило некоторые различия в количестве и составе выявленных видов. Дрожжевое население в обоих случаях представлено аскомицетами из родов *Aureobasidium*, *Candida*, *Debaryomyces*, *Hanseniaspora*, *Torulaspora*, обычно выделяемыми из самых разных субстратов с высоким содержанием легкодоступных сахаров (Chernov, 2013). Практически на всех типах субстратов — ягодах, листьях, почве преобладал вид *Aureobasidium pullulans*. Однако в почве под зарослями жимолости грузинской в окрестностях пгт Тарки и на листьях растения был обнаружен новый вид дрожжей

Zygorulaspora dagestanica. Это первый и пока единственный случай обнаружения *Z. dagestanica*, будет ли обнаружен этот вид в других локалитетах, или он ассоциирован только с этим местообитанием, покажет время.

Исследование А.В. Качалкина выполнено в рамках темы государственного задания № 121040800174-6 и при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (соглашение № 075-15-2021-1396).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Abdullabekova D.A., Magomedova E.S., Aliverdiyeva D.A. et al. Yeast communities of vineyards in Dagestan: ecological, taxonomic, and genetic characteristics. *Biology Bulletin*. 2020. V. 47 (4). P. 344—351.
<https://doi.org/10.1134/S1062359020030024>
- Abeln F., Hicks R.H., Auta H. et al. Semi-continuous pilot-scale microbial oil production with *Metschnikowia pulcherrima* on starch hydrolysate. *Biotechnology for Biofuels*. 2000. V. 13 (127). P. 1—12.
<https://doi.org/10.1186/s13068-020-01756-2>
- Benito S. The impact of *Torulaspora delbrueckii* yeast in winemaking. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2018. V. 102 (1). P. 3081—3094.
<https://doi.org/10.1007/s00253-018-8849-0>
- Breuer U., Harms H. *Debaryomyces hansenii* — an extremophilic yeast with biotechnological potential. *Yeast*. 2006. V. 23 (6). P. 415—437.
<https://doi.org/10.1002/yea.1374>
- Capriotti A. *Torulaspora nilsoni* nov. spec. *Archiv. Mikrobiol.* 1957. V. 28 (3). P. 247—254.
<https://doi.org/10.1007/BF00411496>
- Chernov I. Yu. *Yeast in nature*. КМК, Moscow, 2013. (in Russ.)
- Contreras A., Curtin C., Varela C. Yeast population dynamics reveal a potential “collaboration” between *Metschnikowia pulcherrima* and *Saccharomyces uvarum* for the production of reduced alcohol wines during Shiraz fermentation. *Appl.*

- Microbiol. Biotechnol. 2015. V. 99 (4). P. 1885—1895.
<https://doi.org/10.1007/s00253-014-6193-6>
- Ergün F. *Lonicera iberica* M. Bieb.: investigation antioxidant activity and bioactive chemicals. Turkish J. Agric. — Food Sci. Technol. 2021. V. 9 (6). P. 1124—1128.
<https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i6.1124-1128.4372>
- Fell J.W., Meyer S.A. Systematics of yeast species in the *Candida parapsilosis* group. Mycopathol. Mycol. Appl. 1967. V. 32 (3). P. 177—193.
<https://doi.org/10.1007/BF02049795>
- Fonseca Á., Inácio J. Phylloplane yeasts. In: G. Péter, C. Rosa (eds). Biodiversity and ecophysiology of yeasts. The yeast handbook. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006, pp. 263—301.
- Freimoser F.M., Rueda-Mejia M.P., Tilocca B. et al. Biocontrol yeasts: mechanisms and applications. World J. Microbiol. Biotechnol. 2019. V. 35 (10). P. 1—19.
<https://doi.org/10.1007/s11274-019-728-4>
- Gaziyev M.A., Musayev A.M., Zalibekov M.D. et al. Prospects for the use of bioresources of some species of dendroflora of Dagestan. Izvestiya DGPU. Estestvennyye i tochnyye nauki. 2008. V. 3 (4). P. 27—32. (In Russ.)
- Glushakova A.M. Ecology of epiphytic yeasts. Cand. Biol. Sci. Thesis, Moscow, 2006. (In Russ.)
- Gunasekera T.S., Paul N.D., Ayres P.G. Responses of phylloplane yeasts to UV-B (290—320 nm) radiation: interspecific differences in sensitivity. Mycol. Res. 1997. V. 101 (7). P. 779—785.
<https://doi.org/10.1017/S0953756296003309>
- Into P., Khunnamwong P., Jindamoragot S. et al. Yeast associated with rice phylloplane and their contribution to control of rice sheath blight disease. Microorganisms. 2020. V. 8 (3). P. 362.
<https://doi.org/10.3390/microorganisms8030362>
- Kachalkin A.V., Abdullabekova D.A., Magomedova E.S. et al. Yeasts of the vineyards in Dagestan and other regions. Microbiology. 2015. V. 84. (3). P. 360—368.
<https://doi.org/10.1134/S002626171503008X>
- Kachalkin A.V., Abdullabekova D.A., Magomedova E.S. et al. *Zygorulasporea dagestanica* sp. nov., a novel ascomycetous yeast species associated with the Georgian honeysuckle (*Lonicera iberica* M. Bieb.). Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 2021. V. 71 (4). P. e004785. P. 1—6.
<https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004785>
- Kanpiengjai A., Kodchasee P., Unban K. et al. Three new yeast species from flowers of *Camellia sinensis* var. *assamica* collected in Northern Thailand and their tannin tolerance characterization. Front. Microbiol. 2023. V. 14. e1043430.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1043430>
- Kurtzman C.P., Fell J.W. Yeast systematics and phylogeny — implications of molecular identification methods for studies in ecology. In: G. Péter, C. Rosa (eds). Biodiversity and ecophysiology of yeasts. The yeast handbook. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006, pp. 11—30.
- Lachance M.A., Bowles J.M., Starmer W.T. *Metschnikowia santaceciliae*, *Candida hawaiiensis*, and *Candida kipukae*, three new yeast species associated with insects of tropical morning glory. FEMS Yeast Res. 2003. V. 3. P. 97—103.
<https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2003.tb00144.x>
- Lachance M.A., Starmer W.T., Phaff H.J. *Metschnikowia hawaiiensis* sp. nov., a heterothallic haploid yeast from hawaiian morning glory and associated drosophilids. Int. J. Syst. Bacteriol. 1990. V. 40. P. 415—420.
<https://doi.org/10.1099/00207713-40-4-415>
- Limtong S., Koowadjanakul N. Yeasts from phylloplane and their capability to produce indole-3-acetic acid. World J. Microbiol. Biotechnol. 2012. V. 28 (12). P. 3323—3335.
<https://doi.org/10.1007/s11274-012-1144-9>
- Maksimova I.A., Yurkov A.M., Chernov I. Yu. Spatial structure of epiphytic yeast communities on fruits of *Sorbus aucuparia* L. 2009. Izvestiya RAN. Ser. Biol. V. 6. P. 721—727. (In Russ.)
- Nakase T., Suzuki M. Taxonomic studies on *Debaryomyces hansenii* (Zopf) Lodder et Kreger-van Rij and related species. I. Chemotaxonomic investigations. J. Gen. Appl. Microbiol. 1985. V. 31. P. 49—69.
<https://doi.org/10.2323/jgam.31.49>
- Nguyen N.H., Suh S.O., Blackwell M. Five novel *Candida* species in insect-associated yeast clades isolated from *Neuroptera* and other insects. Mycologia. 2007. V. 99 (6). P. 842—858.
<https://doi.org/10.3852/mycologia.99.6.842>
- Nguyen N.H., Suh S.O., Erbil C.K. et al. *Metschnikowia noctiluminum* sp. nov., *Metschnikowia corniflorae* sp. nov., and *Candida chrysomelidarum* sp. nov., isolated from green lacewings and beetles. Mycol. Res. 2006. V. 110 (3). P. 346—356.
<https://doi.org/10.1016/j.mycres.2005.11.010>
- Oro L., Ciani M., Comitini F. Antimicrobial activity of *Metschnikowia pulcherrima* on wine yeasts. J. Appl. Microbiol. 2014. V. 116 (5). P. 1209—1217.
<https://doi.org/10.1111/jam.12446>
- Padgett M., Morrison J.C. Changes in grape berry exudates during fruit development and their effect on mycelial growth of *Botrytis cinerea*. J. Amer. Soc. Horticultural Sci. 1990. V. 115 (2). P. 269—273.
<https://doi.org/10.21273/JASHS.115.2.269>
- Payzullayeva G.P. Recreational potential of natural areas republic of Dagestan: evaluation and outlook for use. Cand. Geogr. Sci. Thesis. Nalchik, 2012. (In Russ.)
- Piano S., Neyrotti V., Migheli Q. et al. Biocontrol capability of *Metschnikowia pulcherrima* against *Botrytis postharvest* rot of apple. Postharvest Biol. Technol. 1997. V. 11 (3). P. 131—140.
- Ribéreau Gayon P., Dubourdieu D., Donèche D. et al. Handbook of Enology, 2nd ed. Wiley, London, 2006.
- Riccombeni A., Vidanes G., Proux-Wéra E. et al. Sequence and analysis of the genome of the pathogenic yeast *Candida orthopsilosis*. PLOS One. 2012. V. 7 (4). e35750.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035750>

- Robledo-Leal E., Elizondo-Zertuche M., Villarreal-Treviño L. et al. Killer behavior within the *Candida parapsilosis* complex. *Folia Microbiol.* 2014. V. 59 (6). P. 503–506. <https://doi.org/10.1093/10.1007/s12223-014-0327-1>
- Santomauro F., Whiffin F.M., Scott R.J. et al. Low-cost lipid production by an oleaginous yeast cultured in non-sterile conditions using model waste resources. *Biotechnology for Biofuels.* 2014. V. 7. P. 34–43. <https://doi.org/10.1186/1754-6834-7-34>
- Santos M.C., Golt C., Joerger R.D. et al. Identification of the major yeasts isolated from high moisture corn and corn silages in the United States using genetic and biochemical methods. *J. Dairy Science.* 2017. V. 100 (2). P. 1151–1160. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11450>
- Sun Y., Guo J., Liu F. et al. Identification of indigenous yeast flora isolated from the five winegrape varieties harvested in Xiangning, China. *Antonie Van Leeuwenhoek.* 2014. V. 105 (3). P. 533–540. <https://doi.org/10.1007/s10482-013-0105-0>
- Tavanti A., Davidson A., Gow N. et al. *Candida orthopsilosis* and *Candida metapsilosis* spp. nov. to replace *Candida parapsilosis* groups II and III. *J. Clin. Microbiol.* 2005. V. 43. P. 284–292. <https://doi.org/10.1128/JCM.43.1.284-292.2005>
- Terenina Y.E., Chernov I.Y. Taxonomic structure of yeast communities associated with invertebrates. 2001. *Mikologiya i fitopatologiya.* V. 35 (4). P. 65–73. (In Russ.)
- Tokuoka K., Ishitani T., Goto S. et al. Identification of yeasts isolated from high-sugar foods. *J. General Appl. Microbiol.* 1985. V. 31 (5). P. 411–427.
- Trofa D., Gácsér A., Nosanchuk J. *Candida parapsilosis*, an emerging fungal pathogen. *Clinical Microbiology Reviews.* 2008. V. 21 (4). P. 606–625. <https://doi.org/10.1128/CMR.00013-08>
- Türkel S., Ener B. Isolation and characterization of new *Metschnikowia pulcherrima* strains as producers of the antimicrobial pigment pulcherrimin. *Z. Naturforsch. C.J. Biosci.* 2009. V. 64 (5–6). P. 405–410. <https://doi.org/10.1515/znc-2009-5-618>
- Türkel S., Korukluoğlu M., Yavuz M. Biocontrol activity of the local strain of *Metschnikowia pulcherrima* on different postharvest pathogens. *Hindawi Publishing Corporation Biotechnology Research International.* V. 2014. Art. 397167. <https://doi.org/10.1155/2014/397167>
- Woolfolk S.W., Inglis G.D. Microorganisms associated with field-collected *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) adults with emphasis on yeast symbionts. *Biol. Control.* 2004. V. 29. (2). P. 155–168. [https://doi.org/10.1016/S1049-9644\(03\)00139-7](https://doi.org/10.1016/S1049-9644(03)00139-7)
- Газиев М.А., Мусаев А.М., Залибеков М.Д. и др. (Gaziyev et al.) Перспективы использования биоресурсов некоторых видов дендрофлоры Дагестана // Известия ДГПУ. Естественные и точные науки. 2008. № 3 (4). С. 27–32.
- Глушакова А.М. (Glushakova) Экология эпифитных дрожжей. Дис. ... канд. биол. наук. М.: МГУ, 2006.
- Максимова И.А., Юрков А.М., Чернов И.Ю. (Maksimova et al.) Пространственная структура эпифитных дрожжевых сообществ на плодах *Sorbus aucuparia* L. // Изв. РАН, сер. биол. 2009. № 6. С. 721–727.
- Пайзуллаева Г.П. (Payzullayeva) Рекреационный потенциал природных районов республики Дагестан: оценка и перспективы использования. Дис. ... канд. геогр. наук. Нальчик: Высокогорный геофизический институт, 2012.
- Теренина Е.Е., Чернов И.Ю. (Terenina, Chernov) Таксономическая структура сообществ дрожжей, ассоциированных с беспозвоночными животными // Микология и фитопатология. 2001. Т. 35. № 4. С. 65–73.
- Чернов И.Ю. (Chernov) Дрожжи в природе. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. 336 с.

Yeasts of the Georgian honeysuckle (*Lonicera iberica*) and grapes (*Vitis vinifera*) in Dagestan

D.A. Abdullabekova^{a, #}, E.S. Magomedova^{a, ##}, G.G. Magomedov^{a, ###}, and A.V. Kachalkin^{b, c, ####}

^a *Precaspian Institute of Biological Resources of the Dagestan Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia*

^b *M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

^c *Skryabin Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms, PSCBR RAS, Pushchino, Russia*

[#]*e-mail: dina2407@mail.ru*

^{##}*e-mail: pibrdncran@mail.ru*

^{###}*e-mail: pibrdncran@mail.ru*

^{####}*e-mail: kachalkin_a@mail.ru*

Ecological and taxonomic study of mycobiota of cultivated plants and native flora, including endemic ones, from phylogenetic systematics' perspective, remains one of the interesting topics of microbial ecology. The structure of yeast communities of endemic to the Caucasus Georgian honeysuckle in comparison with grapes, a traditional agricultural crop of the republic, has been studied in the territory of Dagestan. The yeast complex of grapes was studied in ampelocoenoses located on the plain and in the foothills, and in shrubs of Georgian honeysuckle also on the plain and in the mountains. The number of yeasts (per unit of weight) on the plants is higher than in soils, with the highest number of yeasts found on leaves. Grape and honeysuckle berries' surfaces contain more yeasts than leaves. The influence of grape cultivars on the species diversity and abundance of yeasts was observed, as well as a tendency for their abundance to decrease with increasing altitude. On the contrary, Georgian honeysuckle growing in the mountains and the soil under it was colonized by yeasts more than on the plain. Its species structure included five species, two of which — *Aureobasidium pullulans* and *Metschnikowia pulcherrima* — are also typical for ampelocoenosis. Yeast population of plant endemic on the plain was notable for specificity, one of two isolated species was found and identified for the first time as a new species of the genus *Zygorhiza* — *Z. dagestanica*, associated with leaves and soil, where they dominate being 79.2% of the total yeast number. Despite the close climatic conditions of sites with wild plants and grapes in the plain, their taxonomic composition differed significantly and included two and nine species, respectively. The results obtained show the perspective of studying yeast communities of endemic plants.

Keywords: ecology, epiphytes, grapes, species abundance, taxonomic composition, yeasts