

также с участками покосов (17,0 ос. на км²), пойменные березово-сосновые леса с пихтой, тополем, прилегающие к отстойникам (12 ос. на км²), пойменные березово-пихтовые леса с елью, тополем и развитым подлеском (10 ос. на км²),

Как упоминалось ранее многими авторами, что буроголовые гаички во время гнездового периода населяют практически все лесные биотопы, однако их распространение повсюду весьма неравномерно [3]. Высокая численность буроголовой гаички в данных биотопах объясняется тем, что территории обильны запасами кормовых ресурсов, ведь в летний период ½ рациона занимает животная пища, богатая белком. Взрослые особи в большом количестве поедают мелких жуков (особенно долгоносиков), пауков и бабочек, на всех стадиях их развития. Кормятся в среднем ярусе леса, в том числе среди подлеска и низкорастущей кустарниковой растительности, однако на землю спускаются крайне редко. Зимой разыскивают уснувших насекомых в укромных местах стволов деревьев, а также в хвое. Молодняк выкармливают исключительно членистоногими: насекомыми, гусеницами бабочек и пауками, с небольшим добавлением растительных кормов [3].

Обычен этот вид в населенных пунктах малоэтажной каменной и деревянной застройки (8 ос. на км²), заболоченных и частично заболоченных отстойниках с облесенными и закустаренными дамбами (7,3 ос. на км²), в пойменных предгорных кедрово-пихтовых, пихтово-еловых лесах с развитым подлеском и лугами (5,3 ос. на км²), в мозаичных по облесенности и закустаренности территориях с частично заболоченными водоемами, прилегающими к золоотвалам (3,6 ос. на км²).

Таким образом, пространственное распределение буроголовой гаички в первой половине лета

определяется, в первую очередь, наличием мест для гнездования, которые в свою очередь в большей степени представлены на облесенных территориях.

Список литературы:

1. Богородский Ю.В. Птицы Южного Прибайкалья. /Ю.В. Богородский– Иркутск: Изд-во ИГУ, 1989.-208 с.
2. Васильченко А.А. Птицы Хамар-Дабана. / А.А. Васильченко. – Новосибирск: Наука, 1987.
3. Елаев Э.Н. Экология симпатрических популяций синиц (на примере бассейна озера Байкал). / Э.Н. Елаев. - Издательство Бурятского государственного университета, Улан-Удэ, 1997. - С.83-100
4. Измайлов И.В. Птицы Юго-Западного Забайкалья. / И.В. Измайлов, Г.К. Боровицкая– Владимир, 1973.-315 с.
5. Кузьякин А.П. Зоогеография СССР. / А.П. Кузьякин// Учен.зап.Моск. обл. пед. ин- та им. Н.К. Крупской. 1962. Т. 109. С. 3-182.
6. Равкин Ю.С. Опыт количественного учета птиц в лесных ландшафтах в зимний и весенний периоды / Ю. С Равкин // — Вопросы организации и методы учета ресурсов фауны наземных позвоночных. – М., 1961. – С. 128-131.
7. Равкин Ю.С. К методике учета птиц в лесных ландшафтах / Ю. С Равкин // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск: Наука, 1967. С. 66-75.
8. Рябицев В.К. Птицы Сибири: справочник-определитель в 2 т. / В.К. Рябицев. – Москва; Екатеринбург: Кабинетный ученый, 2014. Т.1. – С. 357.
9. Саловаров В.О. Птицы техногенных ландшафтов Южного Прибайкалья /В.О. Саловаров, Д.В. Кузнецова // – Иркутск: Изд-во Иркутского государственного университета 2005. – С. 215-319.

УДК 579.6:577.15

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛАГЕНОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МИКРОМИЦЕТОВ

Никитина З.К.,

д-р биол. наук, профессор, гл. научн. сотрудник ФГБНУ ВИЛАР,
г. Москва,

Гордонова И.К.,

канд. биол. наук, ведущий научн. сотрудник ФГБНУ ВИЛАР,
г. Москва,

АННОТАЦИЯ

Целью настоящего исследования являлось сравнительное изучение коллагенолитической активности микромицетов, относящихся к двум родам: *Penicillium* и *Aspergillus*. Показано, что все исследованные виды мицелиальных грибов можно рассматривать в качестве потенциальных продуцентов коллагеназы. Представители рода *Penicillium* обладают более высоким адаптационным потенциалом по сравнению с аспергиллами при росте на среде с коллагеном.

ABSTRACT

The aim of this study was a comparative study of the collagenolytic activity of micromycetes belonging to two genera: *Penicillium* and *Aspergillus*. It is shown that all studied types of mycelial fungi can be considered as potential producers of collagenases. Representatives of the genus *Penicillium* have a higher adaptive potential compared to *Aspergillus* during the growth on the medium with collagen.

Ключевые слова: микромицеты, коллаген, коллагеназа, поверхностной культивирование

Keywords: micromycetes, collagen, collagenase, surface cultivation

Различные ферменты давно и достаточно широко используются в медицинской практике для энзимодиагностики, энзимотерапии, в медицинских технологиях и промышленности. Микробиологический синтез ферментов имеет ряд преимуществ, таких как неограниченность источников получения БАВ, возможность экзогенной регуляции, отсутствие прионов. Среди протеолитических ферментов особое внимание привлекает коллагеназа – эндопептидаза, расщепляющая тройную спираль молекулы нерастворимого природного белка коллагена [1]. Коллагеназа может найти широкое применение во многих областях медицины [2-6]: в хирургии, терапии, гинекологии, стоматологии, а также в косметологии (антивозрастные средства). В связи с этим поиск новых продуцентов остается достаточно актуальной задачей. Целью настоящего исследования являлось изучение коллагенолитической активности микромицетов из биокolleкции ФГБНУ ВИЛАР.

Материалы и методы

В работе использовали следующие коллекционные штаммы: *Aspergillus niger* F-51, *A. sydowii* F-25, *A. terreus* F-59, *Penicillium claviforme* F-32, *P. crustosum* F-46, *P. hirsutum* F-29, *P. malinovobranova* F-3. Культуры микромицетов выращивали на скошенной поверхности агаризованной среды Чапека следующего состава (%): NaNO_3 – 0,2; KH_2PO_4 – 0,1;

$\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,05; KCl – 0,05; $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,001; CaCO_3 – 0,3; сахароза – 2; агар – 2, (pH 6,8) в течение 7-ми суток при 26°C. Для проведения поверхностного культивирования использовали агаризованные среды, содержащие солевой фон среды Чапека с заменой сахарозы на 2% коллагена. Протеолитическую активность микроорганизма оценивали по скорости роста после посева микромицета на модифицированную агаризованную среду. Периодически осуществляли замер диаметра колоний и зон лизиса в двух перпендикулярных направлениях. Активность биосинтеза ферментов оценивали по индексу лизиса субстратов, определяемому соотношением площади лизиса к площади колонии по следующей формуле: $I_{\text{лиз}} = D_{\text{л}}^2 / D_{\text{к}}^2$, где $D_{\text{л}}$ – диаметр зоны лизиса, $D_{\text{к}}$ – диаметр колонии.

Результаты и обсуждение

Известно, что рост микроорганизмов на субстратах, содержащих белки в качестве единственного источника углерода, позволяет судить об их потенциальной протеолитической активности. Появление зон лизиса белков вокруг колоний является показателем секреции ферментов в окружающую среду. В связи с этим на первом этапе исследования фиксировались диаметры колоний и диаметры зон лизиса при культивировании микромицетов на средах с заменой сахарозы на коллаген (табл. 1).

Таблица 1.

Параметры роста микромицетов на средах с заменой сахарозы на коллаген

№ штамма	Время культивирования, сутки									
	3		4		5		6		7	
	Дк, мм	Дл, мм	Дк, мм	Дл, мм	Дк, мм	Дл, мм	Дк, мм	Дл, мм	Дк, мм	Дл, мм
51	2,4	7,0	5,8	16,7	7,4	22,3	23,3	32,0	26,0	34,5
25	3,8	7,3	11,8	19,0	17,8	28,7	25,0	36,5	26,2	43,2
59	6,5	8,7	6,8	9,7	7,6	13,3	19,6	27,6	25,7	43,2
32	9,8	21,6	14,8	26,6	20,3	30,5	26,2	40,5	30,5	46,3
46	6,2	14,2	11,2	19,2	16,8	21,3	21,3	26,8	23,8	32,5
29	12,2	20,5	17,2	25,5	22,0	34,4	26,8	39,2	27,8	40,0
3	11,2	22,7	16,2	26,7	18,2	28,8	19,8	31,3	22,8	34,3

Все изученные виды рода *Aspergillus* образовывали заметные колонии и зоны лизиса на агаризованных средах с заменой сахарозы на коллаген уже на начальных этапах культивирования. *A. niger* F-51 имел наименьшие диаметры колоний на 3 и 4 сутки культивирования, однако к 7 суткам диаметры колоний у трех аспергилл были практически равны. Все представители рода *Penicillium* росли и образовывали зоны лизиса на модифицированных средах, однако, активность роста и образования зон лизиса у различных видов заметно отличалась. Наиболее активно на начальных этапах культивирования росли два микромицета: *P. hirsutum* F-29 и *P. malinovobranova* F-3. Однако к 7 суткам наиболь-

шие диаметры колоний зафиксированы для *P. claviforme* F-32, для него же отмечены наибольшие зоны лизиса к этому времени. Необходимо отметить, что на всех этапах культивирования микромицетов при наличии визуального роста колоний обнаруживались отчетливо видимые зоны лизиса коллагена. При этом в процессе роста колоний отмечалось увеличение диаметров зон лизиса.

Важным показателем для оценки способности микроорганизмов утилизировать трудно гидролизуемые субстраты является их скорость роста на соответствующих средах. Анализ радиальных скоростей роста культур свидетельствует о различиях их адаптационных потенциалов (табл., рис. 1).

Радиальная скорость роста микромицетов на агаризованной среде с заменой сахарозы на коллаген (мм/сутки)

№ штамма	Время культивирования, сутки				
	3	4	5	6	7
51	0,80	1,45	1,48	3,88	3,71
25	1,27	2,95	3,56	4,17	3,74
59	2,17	1,70	1,52	3,27	3,67
32	3,27	3,70	4,06	4,37	4,36
46	2,07	2,80	3,36	3,55	3,40
29	4,07	4,30	4,40	4,47	3,97
3	3,73	4,05	3,64	3,30	3,26

Скорость роста *A. niger* F-51 и *A. sydowii* F-25 в процессе культивирования постепенно увеличивалась, достигая максимальных значений к 6 – 7 суткам, что свидетельствует об адаптации культур к использованию трудно утилизируемых субстратов. Адаптация *A. terreus* F-59 носила более сложный характер: сначала фиксировалось снижение скорости роста и только в конце культивирования проис-

ходило ее увеличение. У *P. hirsutum* F-29 и *P. malinovanovbranova* F-3 отмечены наибольшие начальные скорости роста, которые незначительно менялись в процессе культивирования, свидетельствуя о высоком и стабильном коллагенолитическом потенциале культур. Максимальные скорости роста у *P. claviforme* F-32 и *P. crustosum* F-46 наблюдались на 5 – 6 сутки культивирования, затем они не менялись или незначительно снижались (*P. crustosum* F-46).

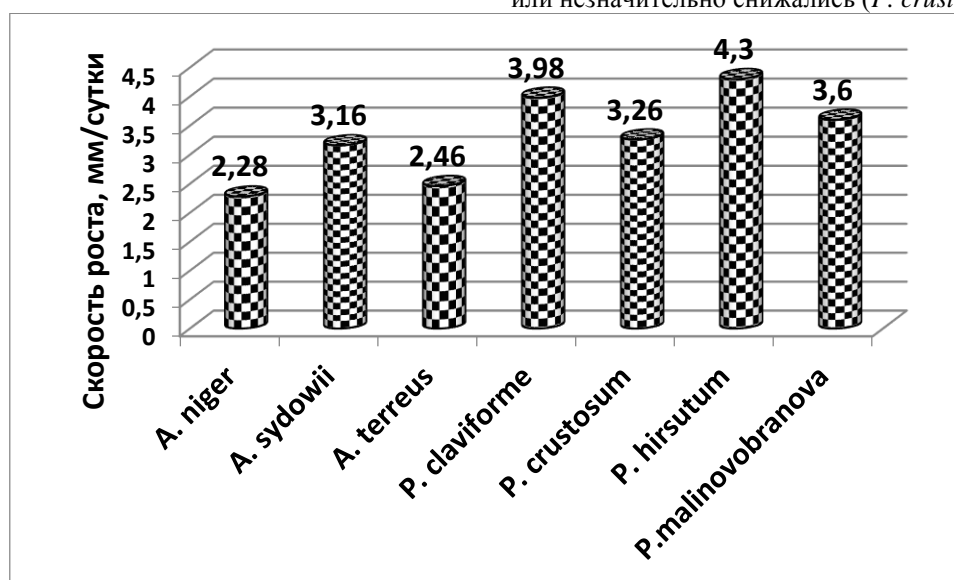


Рис. 1. Средняя скорость роста микромицетов на средах с заменой сахарозы на коллаген.

Сравнение средних за все время культивирования скоростей радиального роста свидетельствует, что этот показатель больше у представителей рода *Penicillium*. Наибольшая способность к адаптации отмечена для *P. hirsutum* F-29 и *P. claviforme* F-32, для которых зарегистрированы самые высокие скорости роста.

Наряду с такими параметрами роста микроорганизмов, как диаметр колоний и скорость роста важным показателем является индекс лизиса. Индекс лизиса определяется соотношением площади колонии и площади зоны лизиса и характеризует удельную протеолитическую активность культуры, так как площадь колонии пропорциональна ее биомассе, а площадь зоны лизиса – активности секретруемых протеиназ. В связи с этим на следующем

этапе исследования были рассчитаны индексы лизиса микромицетов при росте на средах, содержащих коллаген (табл. 3).

Из всех представителей рода *Aspergillus* наибольшие индексы лизиса зафиксированы у *A. niger* F-51 на 3 – 5 сутки культивирования, к 7 суткам они резко снижались и становились меньше, чем у двух других аспергилл. *A. sydowii* F-25 характеризовался относительной стабильностью указанного показателя, который менялся в процессе культивирования в небольшом диапазоне. Изменение индекса лизиса у *A. terreus* было волнообразным: сначала отмечался рост показателя, а затем его снижение.

Индексы лизиса микромицетов на средах с заменой сахарозы на коллаген

№ штамма	Время культивирования, сутки				
	3	4	5	6	7
51	8,51	8,29	9,08	1,89	1,76
25	3,69	2,59	2,59	2,13	2,72
59	1,79	2,04	3,06	1,98	2,83
32	4,86	3,23	2,26	2,39	2,30
46	5,25	2,94	1,61	1,58	1,87
29	2,82	2,20	2,45	2,14	2,07
3	4,11	2,72	2,50	2,50	2,26

У всех видов рода *Penicillium* изменение индексов лизиса в процессе культивирования носит подобный характер: максимальный показатель фиксируется на начальных этапах, а затем происходит его постепенное снижение. Возможно, обнаруженный факт свидетельствует об интенсивной секреции протеиназа на первых этапах культивирования, необходимой для адаптации культуры к трудно утилизируемому субстрату. Средние индексы лизиса, рассчитанные за все время наблюдения, менялись в следующем ряду *A. niger* F-51 > *P. claviforme* F-32 > *P. malinovobranova* F-3 > *A. sydowii* F-25 > *P. crustosum* F-46 > *P. hirsutum* F-29 > *A. terreus* F-59.

Выводы

1. Все исследованные виды микромицетов можно рассматривать в качестве потенциальных продуцентов коллагеназа.

2. Изученные представители рода *Penicillium* обладают более высоким адаптационным потенциалом к росту на модифицированной среде по сравнению с аспергиллами.

3. Наибольший интерес для дальнейшего исследования представляют культуры *A. niger* F-51 и *P. claviforme* F-32, для которых на модифицированных средах зафиксирован высокий индекс лизиса и высокая скорость роста соответственно.

УДК 597.553

ПИТАНИЕ ЛЕНКА *BRACHYMYSTAX LENOK* И БАЙКАЛЬСКОГО ХАРИУСА *THYMALLUS BAICALENSIS* СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ЧИКОЙ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)

Евгения Павловна Горлачева,

*научный сотрудник лаборатории водных экосистем
Института природных ресурсов экологии и криологии СО РАН, Россия, г. Чита*

FOOD *LENOK BRACHYMYSTAX LENOK* AND THE *BAIKAL GRAYLING THYMALLUS BAICALENSIS* MIDDLE REACHES OF THE RIVER *CHIKOY (ZABAYKALSKY KRAI)*

Eugene P. Gorlacheva,

*researcher of the laboratory of water ecosystems
Institute of natural resources, ecology and Cryology SB RAS, Russia, Chita*

В 2017 году был изучен состав пищевого комка ленка и хариуса среднего течения р. Чикой в желудках ленка и хариуса обнаружены куколки и имаго амфибиотических насекомых. Основу рациона по массе занимали веснянки и ручейники. Установлено изменение пищевых компонентов в разные сезоны наблюдений. Состав пищи ленка и хариуса имеет отличие в разных водотоках. Все это способствует расхождению рыб по пищевым нишам и более полному использованию кормовой базы.

In 2017, we studied the composition of the bolus Lenka and chorusbridge reaches of the river Chikoy In the stomach, Lenka, grayling and discovered the pupa and imago of amphibiotic insects. The basis of the diet by mass