

## Морфология и распространение *Aspergillus niger* в лесных почвах Заилийского Алатау (Казахстан)

## Morphology and distribution of *Aspergillus niger* in the forest soils of Zailiysky Alatau (Kazakhstan)

Рахимова Е. В., Асылбек А. М., Ермакова Б. Д., Кызметова Л. А.

Rakhimova Y. V., Assylbek A. M., Yermekova B. D., Kyzmetova L. A.

Институт ботаники и фитоинтродукции, г. Алматы, Казахстан. E-mail: evrakhim@mail.ru  
Institute of Botany and Phytointroduction, Almaty, Kazakhstan

**Реферат.** В лесах Заилийского Алатау *Aspergillus niger* чаще всего отмечен в ризосфере *Picea schrenkiana*, значительно меньше – в ризосфере *Sorbus tianschanica*, *Malus sieversii* и *Juniperus* spp. В ризосфере *Armeniaca vulgaris*, *Crataegus* spp. и *Populus tremula* гриб зарегистрирован по одному разу. Морфологические признаки различных штаммов *Aspergillus niger* варьируют незначительно, однако штаммы 331б и 346б с низкой скоростью роста отличались меньшими размерами конидиальных структур. *Aspergillus niger* является типичным видом в ризосфере ели в хвойных лесах на абсолютной высоте 1700–2100 м над ур. м. и в ризосфере ели, рябины и можжевельника в арчевниках выше 2300 м над ур. м.

**Ключевые слова.** Заилийский Алатау, местонахождение, ризосфера, частота встречаемости, штамм, *Aspergillus niger*.

**Summary.** In the Zailiysky Alatau forests, *Aspergillus niger* is mostly found in the rhizosphere of *Picea schrenkiana*, much less – in the rhizosphere of *Sorbus tianschanica*, *Malus sieversii* and *Juniperus* spp. In the rhizosphere of *Armeniaca vulgaris*, *Crataegus* spp. and *Populus tremula*, the fungus was registered once. The morphological features of different strains of *Aspergillus niger* do not vary significantly, however, strains 331b and 346b with a low growth rate are characterized by smaller sizes of conidial structures. *Aspergillus niger* is a typical species in the rhizosphere of spruce in coniferous forests at an altitude of 1700–2100 m above sea level and in the rhizosphere of spruce, rowan and juniper in juniper forests above 2300 m above sea level.

**Key words.** *Aspergillus niger*; frequency of occurrence, location, rhizosphere, strain, Zailiysky Alatau.

**Введение.** Заилийский Алатау – один из крупных хребтов Северного Тянь-Шаня, его длина составляет почти 380 км. На востоке хребет распадается на горы Сюгаты, Богуты, Турайгыр, на западе продолжением хребта являются Чу-Илийские горы. Основной хребет Заилийского Алатау характеризуется Джунгаро-Северотяньшанской группой типов зональности, включающей субнивальную растительность (3300–3600 м над ур. м.), криофитные (альпинотипные) луга и кобрезники (2800–3300 м), субальпинотипные луга и арчевники (2300–2800 м), темнохвойные леса и луга (1700–2300 м), мелколиственные леса (1400–1700 м), степи (800–1400 м) и предгорные пустыни (700–800 м). Здесь отсутствуют непрерывный пояс еловых лесов и пояс альпийских тундр. Отличительным признаком является широкое распространение всех подтипов горных степей (Ботаническая география ..., 2003). Темнохвойные леса состоят из основной лесообразующей породы *Picea schrenkiana* Fisch. et C. A. Mey., подлесок составляют рябина, осина, различные виды шиповника, жимолости, можжевельника, ивы. Нижнюю зону Заилийского Алатау и долины рек занимают мелколиственные и смешанные лиственно-еловые леса. Содоминирующими видами здесь являются яблоня, абрикос, ива, береза, осина. Имеются многочисленные посадки березы и сосны, в диком виде не встречающиеся на территории исследований.

Разнообразие растений в Заилийском Алатау изучено достаточно хорошо (Иващенко, 2015). Однако в микологическом отношении Заилийский Алатау исследован недостаточно, особенно слабо изучена биота почвенных грибов (Рахимова и др., 2018). Целью предлагаемой статьи является описание

морфологии и распространение *Aspergillus niger* Tiegh. (класс Eurotiomycetes, порядок Eurotiales, семейство Trichosomaceae) в лесах Заилийского Алатау (Казахстан).

**Материалы и методы.** Образцы почвы были собраны в вегетационный период 2018–2019 гг. (апрель, май, июль и август). Образцы отбирались в почвенном горизонте 5–20 см после удаления верхнего слоя подстилки в ризосфере различных деревьев темнохвойных, мелколиственных и смешанных лесов на горнолесных почвах в Заилийском Алатау. Географическое положение каждого места сбора образцов было записано с использованием GPS (Germin). Почвенные грибы выделяли методом серийных разведений (Поликсенова и др., 2004). В качестве питательной среды использовали картофельно-сахарозный агар, культивирование грибов велось при 25 °С. Цвет, внешний вид, текстуру и скорость роста колоний наблюдали и фотографировали в возрасте 5–10 дней. Для световой микроскопии мелкие кусочки растущей грибной колонии исследовали и фотографировали с использованием фотомикроскопа Polyvar с интерференционной контрастной оптикой Номарского. Были проведены измерения различных грибных структур. Образцы были идентифицированы с помощью литературы по почвенным грибам (Саттен и др., 2001; Klich, 2002; Watanabe, 2002). Частота встречаемости вида была установлена по формуле:  $A = B / C \times 100 \%$ , где А – частота встречаемости вида; В – количество образцов, в которых вид был обнаружен; С – общее количество исследованных образцов (Мирчинк, 1988).

**Результаты и обсуждение.** Всего за два года был отобран 101 образец почвы в трех повторностях, при этом *Aspergillus niger* Tiegh. был выделен из 20 образцов (табл. 1).

Таблица 1

Данные по точкам сбора почвенных образцов, из которых был выделен *Aspergillus niger* (прочерками обозначены места после пожаров)

Ущелье	Номер точки (образца)	Высота над ур. м., м	Северная широта	Восточная долгота	Ризосфера видов
Большое Алматинское	297	2563	43°03'28.9"	76°59'18.3"	<i>Juniperus</i> spp.
	293	2480	43°03'50.6"	76°59'05.1"	<i>Picea schrenkiana</i>
	292	2446	43°03'40.7"	76°59'07.7"	<i>Juniperus</i> spp.
	296	2537	43°03'32.7"	76°59'17.1"	<i>Sorbus tianschanica</i>
	295	2499	43°03'37.7"	76°59'15.0"	<i>Picea schrenkiana</i>
	287	2363	43°04'00.2"	76°59'21.3"	-
	290	2553	43°03'33.9"	76°59'24.4"	<i>Sorbus tianschanica</i>
	328в	1507	43°06'15.7"	76°55'22.8"	-
	331б	1576	43°06'01.0"	76°56'45.6"	<i>Crataegus</i> spp.
	310б	1504	43°06'36.2"	76°54'49.1"	<i>Armeniaca vulgaris</i>
	365а	1772	43°07'42.9"	76°57'29.5"	<i>Malus sieversii</i>
	365г	1772	43°07'42.9"	76°57'29.5"	<i>Picea schrenkiana</i>
Малое Алматинское	362б	1949	43°07'51.5"	76°58'42.1"	<i>Picea schrenkiana</i>
	357б	1969	43°09'23.0"	77°01'31.0"	<i>Malus sieversii</i>
Тургенское	356б	1790	43°09'35.3"	77°01'43.0"	-
	326б	1757	43°14'10.0"	77°46'27.3"	<i>Picea schrenkiana</i>
	333а	1901	43°13'55.2"	77°46'58.0"	<i>Picea schrenkiana</i>
	337а	1814	43°13'23.6"	77°45'34.5"	<i>Picea schrenkiana</i>
Проходное	336б	1737	43°13'55.8"	77°45'27.2"	<i>Populus tremula</i>
	346б	2240	43°03'51.2"	76°54'28.6"	<i>Sorbus tianschanica</i>

*Aspergillus niger* чаще всего отмечен в ризосфере *Picea schrenkiana* (7 образцов), значительно меньше – в ризосфере *Sorbus tianschanica* Rupr. (3 образца), *Malus sieversii* (Ledeb.) M. Roem. (2 образца), *Juniperus* spp. (2 образца). Кроме того, *Aspergillus niger* изолирован из почвенных проб с трех мест после пожаров. В ризосфере *Armeniaca vulgaris* Lam., *Crataegus* spp. и *Populus tremula* L. гриб зарегистрирован по одному разу.

Большая часть колоний *Aspergillus niger* быстро растущие, с хорошо развитым погруженным желтоватым мицелием (рис. 1). Низкой скоростью роста отличались штаммы 3316 и 3466 (табл. 2). Реверс колоний неокрашенный или желтоватый. Конидиеносцы длинные (до 2–3 мм), диаметром 12–20 мкм, с толстыми стенками, окрашенными в верхней части (рис. 2, 3). Конидиальные головки радиальные, диаметром 700–800 мкм, двухъярусные (рис. 4). Конидии шаровидные, диаметром 3.5–5 мкм, коричневые, шиповатые (рис. 5, 6). Морфологические признаки различных штаммов *Aspergillus niger* варьируют незначительно (табл. 2). Однако штаммы с низкой скоростью роста отличались меньшими диаметрами конидиеносцев, головок и конидий по сравнению со штаммами с высокой скоростью роста.

Таблица 2

Морфо-культуральные признаки некоторых образцов *Aspergillus niger*

Номер образца (штамма)	Признаки колонии	Скорость роста	Диаметр конидиеносцев, мкм	Диаметр головки, мкм	Диаметр конидий, мкм
292	Черная, паутинистая, реверс желтоватый	высокая	15–20	750–800	4–5
3316	Черная, паутинистая, реверс неокрашенный	низкая	12–17	700–720	3.5–4
3366	Черно-коричневая, паутинистая, реверс желтоватый	высокая	15–20	700–800	4–5
3466	Черная, паутинистая, реверс желтоватый	низкая	12–17	700–740	3.5–4
365г	Черно-коричневая, паутинистая, реверс неокрашенный	высокая	15–20	750–800	4.5–5



Рис. 1. Гифы погруженного мицелия *Aspergillus niger* (штамм 287). – Шкала = 20 мкм.



Рис. 2. Конидиеносец *Aspergillus niger* (штамм 293). – Шкала = 800 мкм.

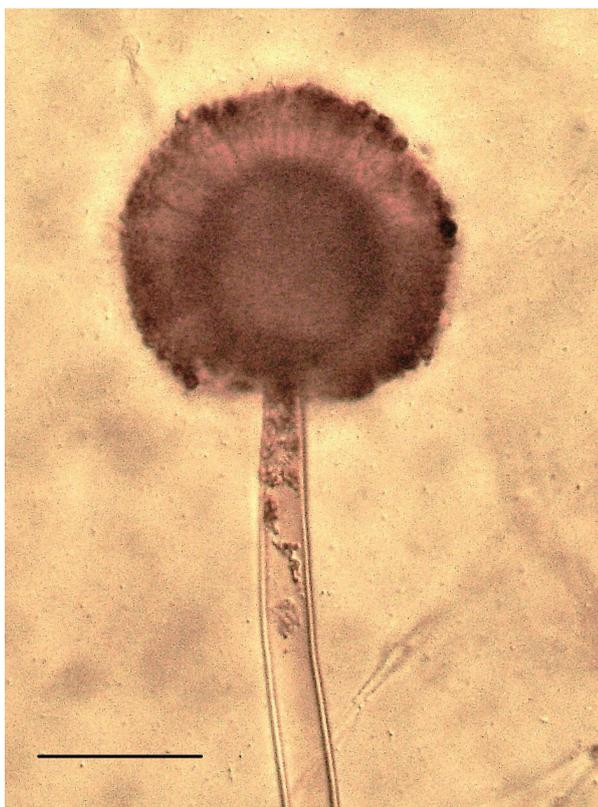


Рис. 3. Конидиеносец *Aspergillus niger* (штамм 297). – Шкала = 350 мкм.

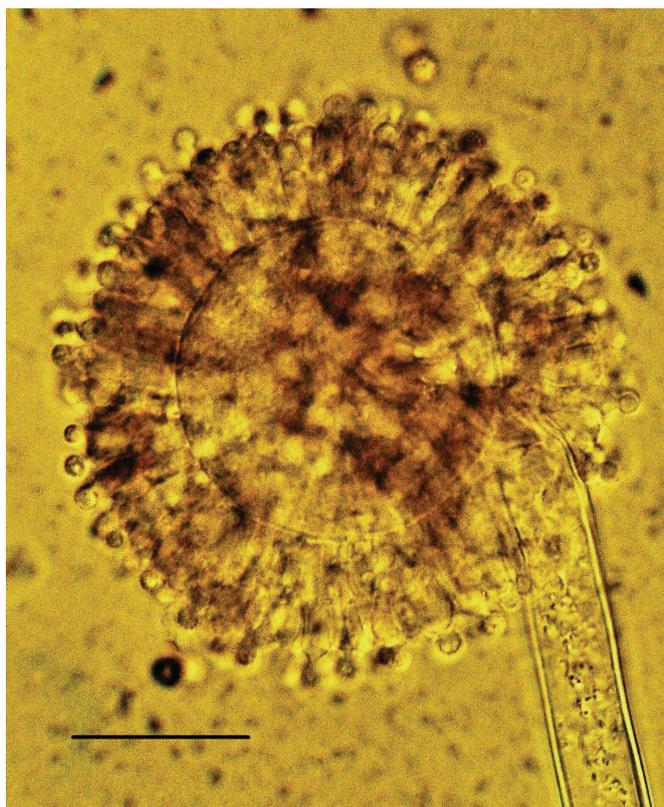


Рис. 4. Головка *Aspergillus niger* (штамм 3366). – Шкала = 270 мкм.

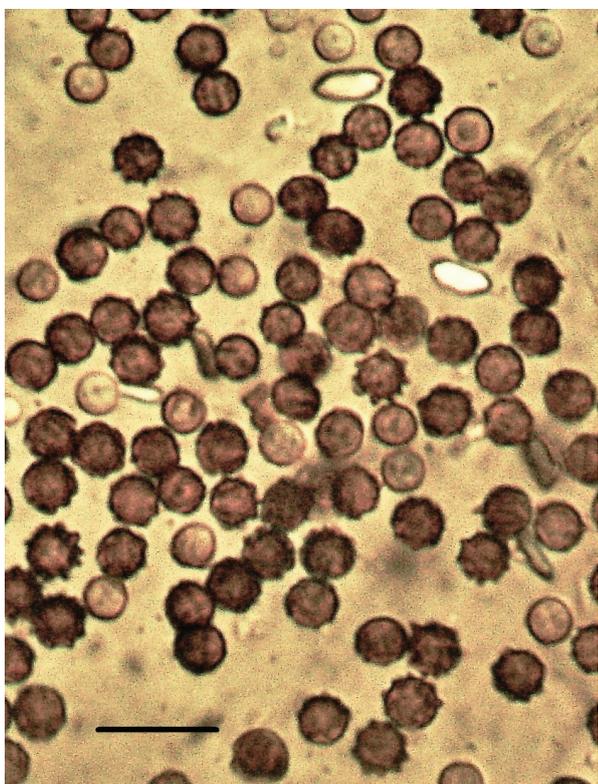


Рис. 5. Конидии *Aspergillus niger* (штамм 297). – Шкала = 10 мкм.



Рис. 6. Конидии *Aspergillus niger* (штамм 328B). – Шкала = 10 мкм.

На территории исследований, в лесах Заилийского Алатау, вид *Aspergillus niger* наблюдается в достаточно широком диапазоне высот (табл. 3). В смешанных и мелколиственных лесах на высоте 1400–700 м над ур. м. этот вид является случайным в ризосфере *Armeniaca vulgaris*, *Crataegus* spp., *Populus tremula*, *Malus sieversii*. В хвойных лесах *Aspergillus niger* является типичным видом в ризосфере *Picea schrenkiana* на абсолютной высоте 1700–2100 м над ур. м. и в ризосфере *Picea schrenkiana*, *Sorbus tianschanica* и *Juniperus* spp. в арчевниках выше 2300 м над ур. м. На высотах 2100–2300 м над ур. м. грибок встречается редко, в ризосфере *Sorbus tianschanica*.

Таблица 3

Частота встречаемости (%) *Aspergillus niger* в различных местообитаниях (- – вид отсутствует, + – случайный вид, частота встречаемости – A < 30 %, ++ – типичный вид, A > 30 %, +++ – доминирующий вид, A > 50 %)

Ризосфера видов	Смешанные и мелколиственные леса	Хвойные леса			Арчевники
	1400–1700 м над ур. м.	1700–1900 м над ур. м.	1900–2100 м над ур. м.	2100–2300 м над ур. м.	2300 м над ур. м. и выше
<i>Armeniaca vulgaris</i>	+	-	-	-	-
<i>Crataegus</i> spp.	+	-	-	-	-
<i>Picea schrenkiana</i>	-	++	++	-	++
<i>Juniperus</i> spp.	-	-	-	-	++
<i>Populus tremula</i>	+	-	-	-	-
<i>Sorbus tianschanica</i>	-	-	-	+	++
<i>Malus sieversii</i>	+	+	-	-	-

Некоторые исследователи (Звягинцев, 1987; Гарибова, Лекомцева, 2005; Берсенева и др., 2008) отмечают, что грибы рода *Aspergillus* встречаются преимущественно в почвах южных зон, к северу они заменяются грибами рода *Penicillium* и *Mucor*. Однако *Aspergillus niger* был отмечен в почвах большинства исследованных арктических горных систем (Кирцидели, 2016). По данным наших исследований, *Aspergillus niger* отмечается значительно чаще на больших высотах в хвойных лесах и арчевниках, нежели в среднегорье в смешанных и мелколиственных лесах.

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке проекта «Оценка влияния почвенного запаса микромицетов на восстановительный потенциал лесов Заилийского Алатау после пожаров», ИРН АР05131258.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Берсенева О. А., Саловарова В. П., Приставка А. А.** Почвенные микромицеты основных природных зон // Известия ИрГУ. – Серия Биология, экология, 2008. – Т. 1, №1. – С. 3–9.
- Ботаническая география Казахстана и Средней Азии** (в пределах пустынной области). / Под ред. Е. И. Рачковской, Е. А. Волковой, В. Н. Храмцова. – СПб., 2003. – 424 с.
- Гарибова Л. В., Лекомцева С. Н.** Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов. – М.: ТНИ КМК, 2005. – 220 с.
- Звягинцев Д. Г.** Почва и микроорганизмы. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 286 с.
- Иващенко А. А.** Материалы к флоре Иле-Алатауского национального парка и прилегающих территорий // Тр. Иле-Алатауского национального парка. Вып. 1. – Астана: Жасыл Орда, 2015. – С. 29–71.
- Кирцидели И. Ю.** Микроскопические грибы в почвах и грунтах арктических горных систем // Биосфера, 2016. – Т. 8, № 1. – С. 63–78.
- Мирчинк Т. Г.** Почвенная микология. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 219 с.
- Поликсенова В. Д., Храмцов А. К., Пискун С. Г.** Методические указания к занятиям спецпрактикума по разделу «Микология. Методы экспериментального изучения микроскопических грибов». – Мн.: Изд-во БГУ, 2004. – 36 с.

**Рахимова Е. В., Асылбек А. М., Джетигенова У. К., Кызметова Л. А., Ермакова Б. Д.** Изучение почвенных грибов ризосферы основных лесобразующих пород Большого Алматинского ущелья Заилийского Алатау (Казахстан) // Проблемы современной науки и образования, 2018. – №11 (131). – С. 9–13.

**Саттен Д., Фотергилл А., Ринальди М.** Определитель патогенных и условно-патогенных грибов. – М., 2001. – 468 с.

**Klich M. A.** Identification of common *Aspergillus* species. – The Netherlands: Centraalbureau voor Schimmelcultures, 2002. – 116 p.

**Watanabe T.** Pictorial atlas of soil and seed fungi: Morphologies of cultured fungi and key to species. – CRC Press, 2002 – 486 p.