



Отчет о выполнении практической работы «Экологические стратегии эпигейных фоллиозных лишайников в окрестностях ББС им. Н.А. Перцова»

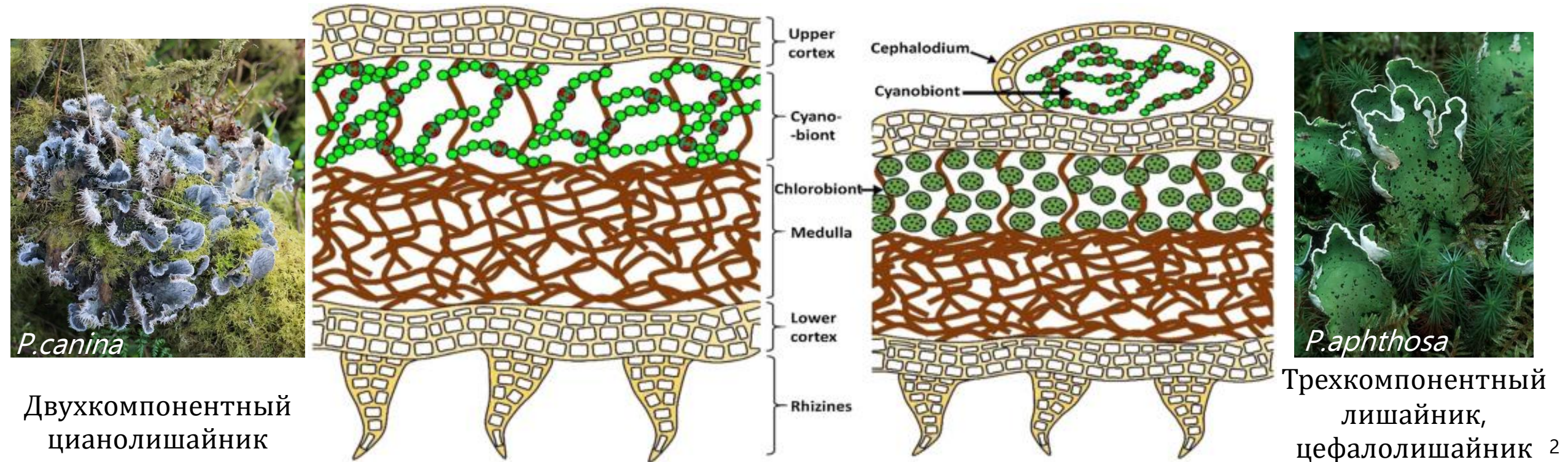
Отчет подготовили студенты 1 курса магистратуры
кафедры Микологии и альгологии
Биологического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова
Кухаренко Антон и Корнилова Полина

Научный руководитель
Проф., д.б.н., Камзолкина О.В.

2026 г.

Введение

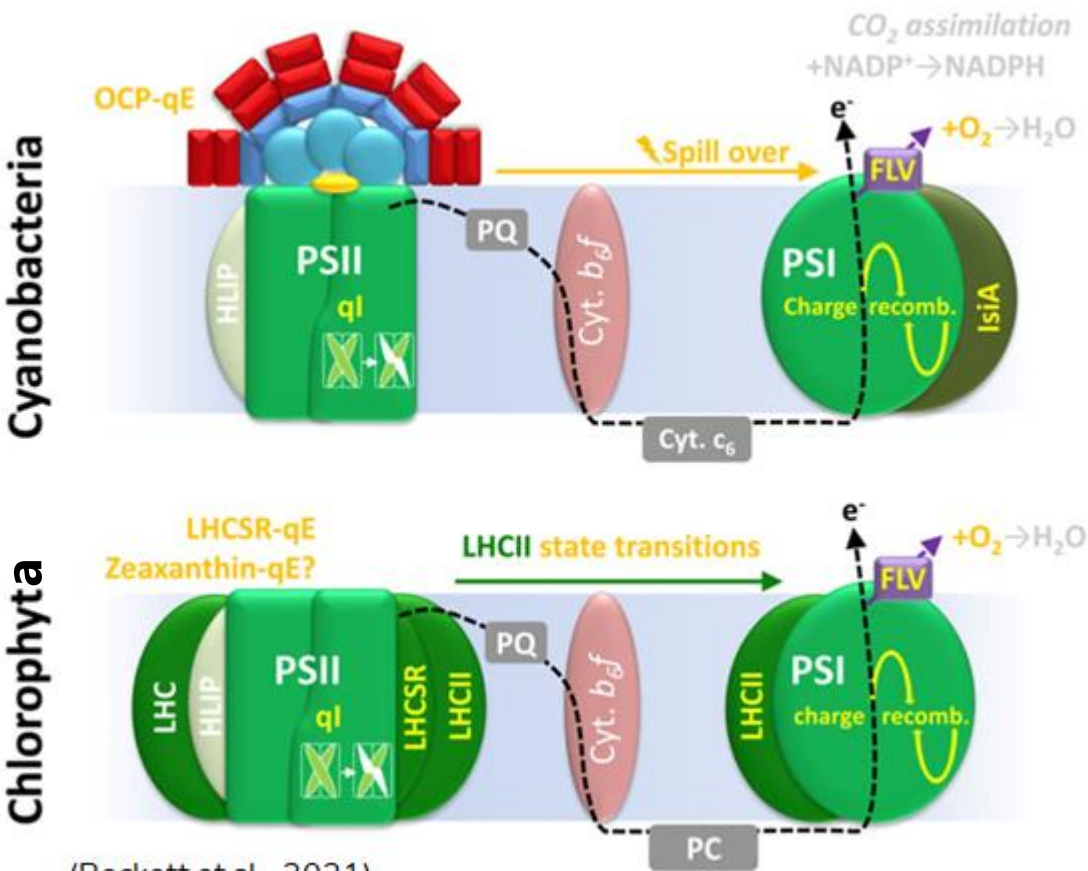
- **Лишайники** — это **сложные симбиотические системы**, состоящие нескольких компонентов: гриба (**микобионта**) и водоросли/водорослей (**фотобионт**), а также бактерий, в некоторых случаях. Фотобионтом может быть представитель отдела Chlorophyta или Cyanobacteria. **Цианобактерии** могут также выполнять **роль азотфиксаторов**.
- Существует **взаимосвязь между влагоемкостью** талломов лишайников и **затененностью местообитаний**, в которых они встречаются (Jonsson Čabrájć et al., 2010). Однако работ, посвященных этой теме, на ББС им. Н.А.Перцова практически не проводилось.
- На **фотосинтетическую активность** талломов фоллиозных лишайников сильно **влияет их анатомия** (Chekanov & Lobakova, 2021).



Введение

- Лишайники, встречающиеся в местообитаниях с **высоким уровнем инсоляции** обладают специфическими **механизмами фотоадаптации**.
- Чаще в таких местах встречаются виды, у которых фотобионт – **зеленая водоросль**, поскольку **цианобактериям** требуется **капельно-жидкая вода** для фотосинтеза (Worthy et al., 2024).

Черта	Цианобионты	Хлоробионты
Светособирающие структуры	фикобилисомы	Светособирающие комплексы
Пигменты антенн	аллофикоцианин	каротиноиды, хлорофилл
Пигменты реакционного центра	хлорофилл а, феофитин	хлорофилл а, феофитин
фотоингибирование ФСII	быстрое	быстрое
энергозависимое тушение NPQ	OCP	LHCSR
Zeaxanthin NPQ	-	некоторые виды
Spillover	есть	есть



OCP-qE: энергозависимое тушение с помощью каротиноидного белка OCP.
HLIP: фотозащитный белок.
qI: фотоингибирование.
PSII: вторая фотосистема.
PSI: первая фотосистема.
PQ: пластохинон.
Cyt. b₆f: цитохром- b₆f-комплекс.
IsiA: светособирающий белок ФС I.
FLV: флаводиин.
LHCSR-qE: белок, рассеивающий энергию при протонировании.
LHCII: светособирающий комплекс.
PC: пластоцианин.

Цель работы

- Установить различия между циано- и цефалолишайниками во влагоёмкости талломов и в предпочтении местообитаний разной освещённости на примере фоллиозных лишайников окрестностей ББС МГУ.

Задачи:

- 1) Собрать образцы нескольких видов фоллиозных лишайников в окрестностях ББС МГУ им. Н.А.Перцова.
- 2) Измерить относительную влажность талломов.
- 3) Провести оценку степени затененности субстрата в зависимости от сомкнутости крон над лишайниками.
- 4) Определить физиологически оптимальную интенсивность света для *P.apthosa* и *P.canina*.

Материалы и методы

- В окрестностях ББС МГУ им. Н.А. Перцова было собрано 10 талломов 4 видов лишайников: *Nephroma arcticum* (L.) Torss., *Peltigera aphthosa* (L.) Willd., *Peltigera canina* (L.) Willd., и *Peltigera horizontalis* (Huds.) Baumg.



Маршруты сбора талломов и фотографирования неба



Собранные талломы перед высушиванием

Материалы и методы

- На маршрутах сбора талломов лишайников (ББС-ЛЭП и ББС-Кисло-сладкое) фотографировали небо над ними для измерения сомкнутости крон.



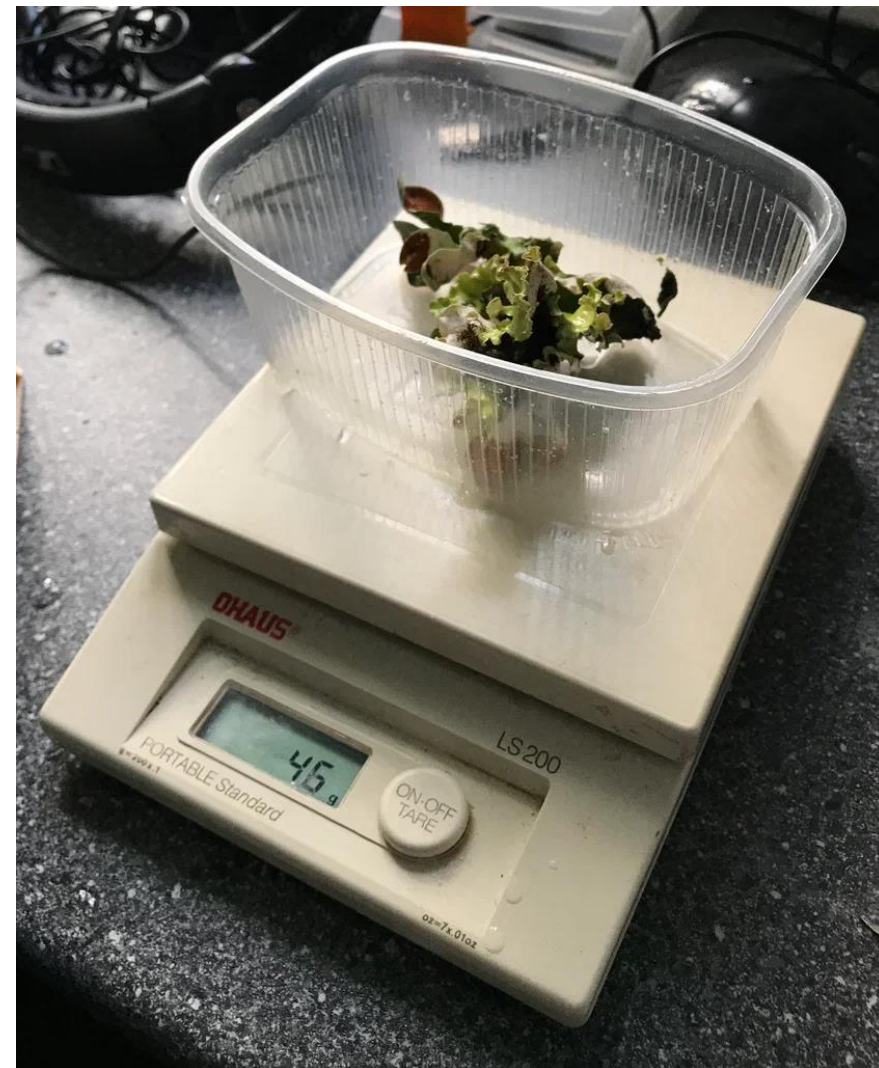
Фото неба над лишайниками

Материалы и методы

- Собранные талломы взвесили, замочили на ночь и высушили до постоянной массы для измерения влагоемкости ($WHC = \frac{(W_h - W_{dh})}{W_{dh}}$).



Высушенные талломы собранных лишайников



Взвешивание таллома

Материалы и методы

- 13 и 15 июля провели измерение переменной флуоресценции и построение световых кривых для талломов *Peltigera aphthosa* и *Peltigera canina* с помощью PAM-флуориметра DIVING-PAM-II и программы Excel.



P.aphthosa



Измерение переменной флуоресценции на *P.canina*

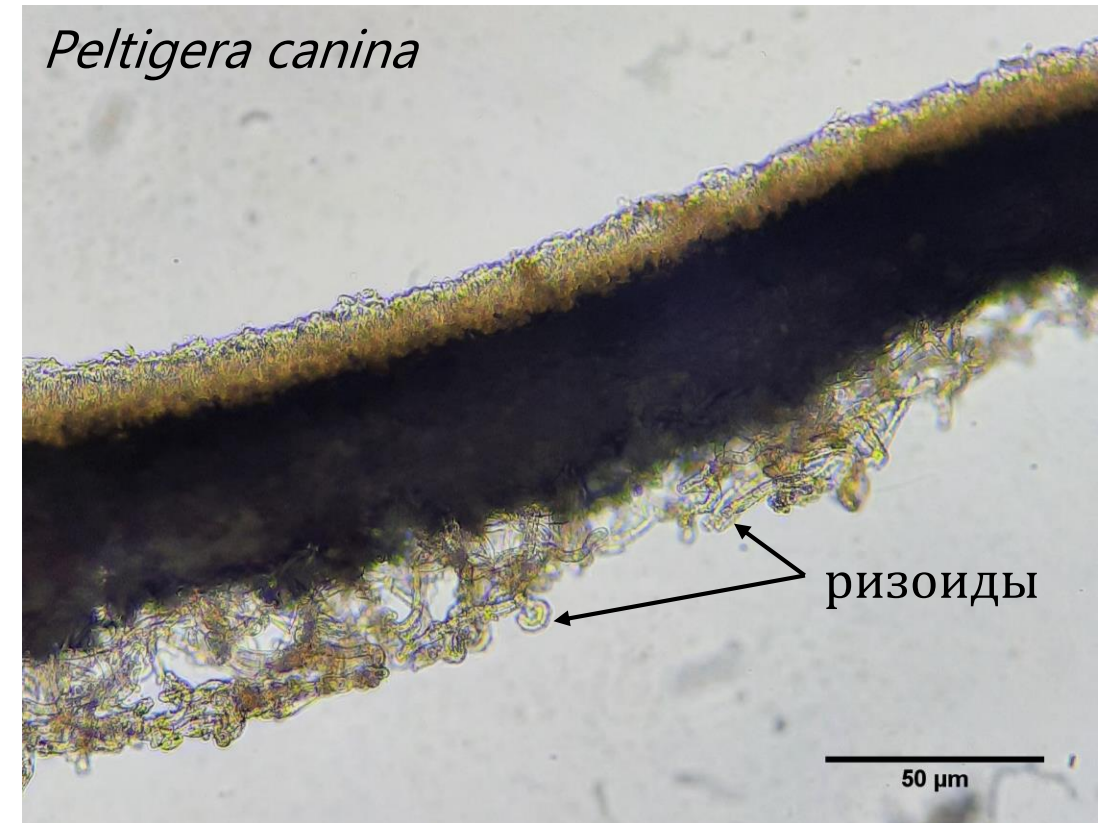
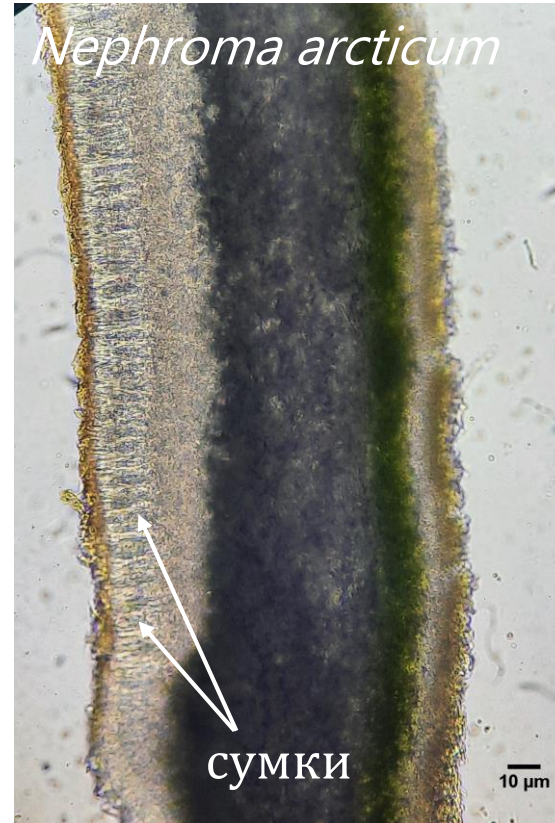


DIVING-PAM-II в работе

Результаты и обсуждение

Определение видовой принадлежности лишайников и изучение анатомии талломов

- В ходе работы было собрано 10 образцов аскомицетных фоллиозных лишайников, относящихся к 4 видам: *Nephroma arcticum* (L.) Torss., *Peltigera aphthosa* (L.) Willd., *Peltigera canina* (L.) Willd., и *Peltigera horizontalis* (Huds.) Baumg. Виды рода *Peltigera* относятся к семейству Peltigeraceae, *Nephroma* — Nephromaceae. Оба этих семейства принадлежат к одному порядку — Peltigerales (Species Fungorum, 2026).
- Для определения фотобионта делали анатомические срезы талломов для изучения под световым микроскопом.



Результаты и обсуждение

Исследованные виды лишайников

Peltigera canina и *Peltigera horizontalis*

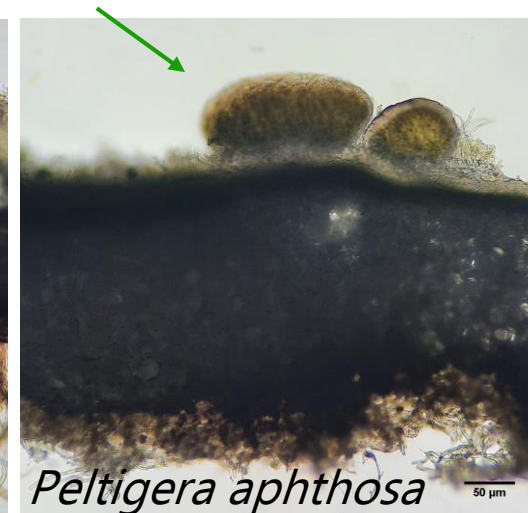
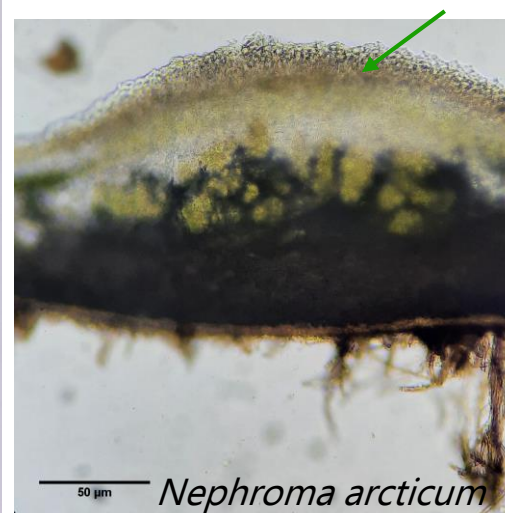
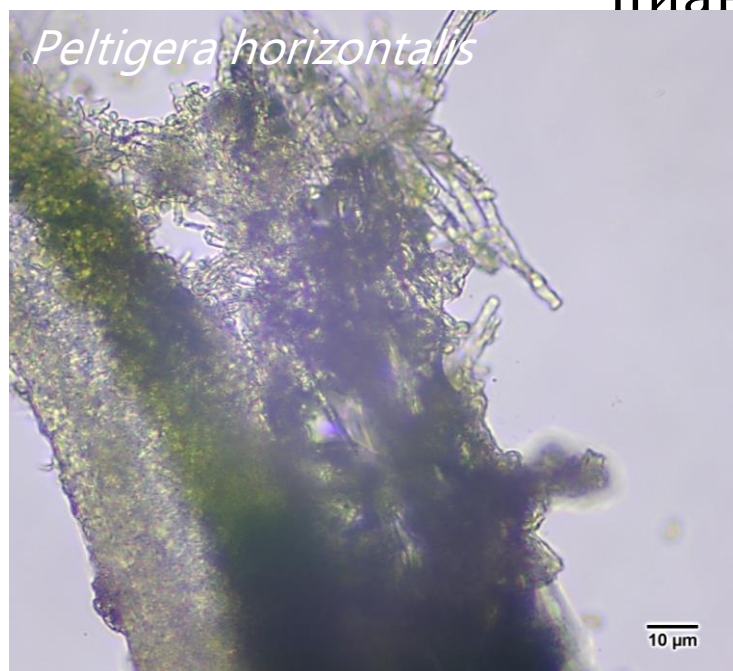
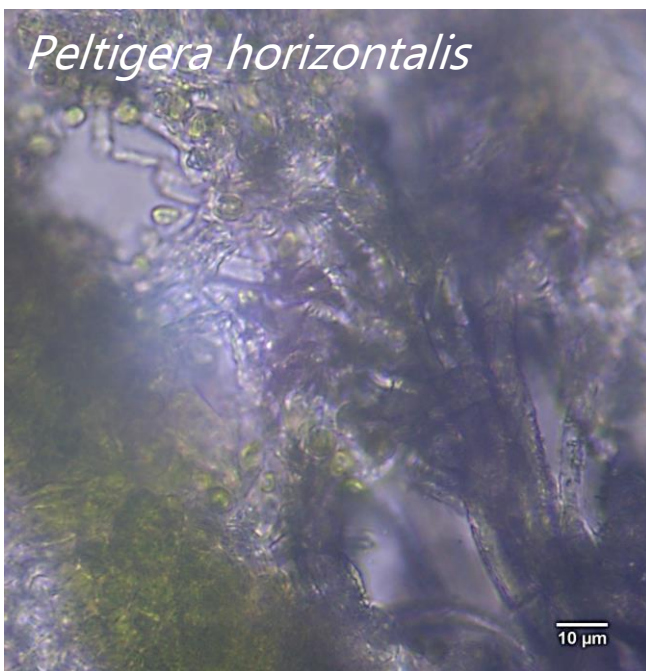
Nephroma arcticum и *Peltigera aphthosa*

двухкомпонентные цианолишайники

трехкомпонентные лишайники

Фотобионт – цианобактерия *Nostoc* sp.

Основной фотосинтетик – *Соссотуха* sp.,
цианобактерия *Nostoc* sp. – азотфиксатор,
располагается в цефалодиях.



Результаты и обсуждение

Влагоемкость талломов

- Талломы *Peltigera canina* обладают **наибольшей** влагоемкостью. Это соотносится с литературными данными (Worthy et al., 2024).
- Влагоемкость *Peltigera horizontalis* требует повторного изучения.
- Влагоемкость талломов *Nephroma arcticum* оказалась **ниже, чем** влагоемкость видов рода *Peltigera*.
- Можно сказать, что **исследованные талломы показывают типичные различия во влагоемкости талломов цианолишайников и цефалолишайников, описанные в литературе.**

№ образца	Вид	масса первичная, г	масса обводненных талломов, г	масса высушенных талломов, г	Влагоемкость таллома (WHC), %
1	<i>Nephroma arcticum</i> (L.) Torss.	0.3	1.2	0.2	500.0
2	<i>Nephroma arcticum</i> (L.) Torss.	0.2	1	0.2	400.0
3	<i>Nephroma arcticum</i> (L.) Torss.	2.7	11	3.4	223.5
4	<i>Peltigera aphthosa</i> (L.) Willd.	0.7	5.4	0.7	671.4
5	<i>Peltigera aphthosa</i> (L.) Willd.	2.9	23.9	3.6	563.9
6	<i>Peltigera canina</i> (L.) Willd.	0.5	2.3	0.2	1050.0
7	<i>Peltigera aphthosa</i> (L.) Willd.	1.7	14.2	2	610.0
8	<i>Peltigera canina</i> (L.) Willd.	0.4	2	0.2	900.0
9	<i>Peltigera horizontalis</i> (Huds.) Baumg	0.4	1.2	0.18	566.7
10	<i>Nephroma arcticum</i> (L.) Torss.	5.1	13.7	4.7	191.5

Зеленым обозначены виды цефалолишайников, серым – виды двухкомпонентных цианолишайников

Результаты и обсуждение.

Затененность местообитаний лишайников

- Сомкнутость крон над талломами *Nephroma arcticum* значительно меньше, чем над слоевищами *Peltigera aphthosa* и *Peltigera canina*. Можно предположить, что *Nephroma arcticum* более приспособлена к высушиванию, и предпочитает селиться на открытых участках леса.
- Наибольшая влагоемкость была свойственна талломам *Peltigera canina*, найденным в местах с достаточно высокой затененностью. Это соотносится с литературными данными.
- Талломы *Nephroma arcticum* были найдены в местах с небольшой сомкнутостью крон, и при этом влагоемкость слоевищ этого вида оказалась наименьшей среди изученных лишайников.
- Судя по всему, между влагоемкостью талломов цефалолишаников и затененностью местообитаний, в которых они обитают, нет прямой взаимосвязи.



Небо над *Peltigera canina*

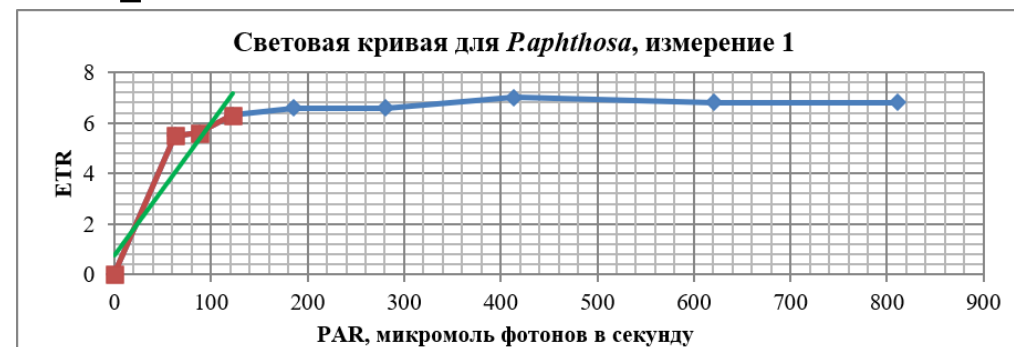
Вид	Сомкнутость крон,%	Вид	Сомкнутость крон,%	Вид	Сомкнутость крон,%
<i>Nephroma arcticum</i>	28.43	<i>Peltigera aphthosa</i>	30.76	<i>Peltigera canina</i>	57.43
	24.98		31.25		45.13
	22.58		31.89		47.64
	25.22		39.66		47.25
	19.72		49.10		21.39
	22.61		46.11		25.82
	34.04		52.16		55.12
	27.83		49.09		55.75
	30.33		42.77		60.14
	38.23		46.42		49.69
	27.77		48.76		52.28
среднее	27.43	среднее	42.54	среднее	47.06
стандартное отклонение	5.36	стандартное отклонение	7.96	стандартное отклонение	12.52

Сомкнутость крон над талломами трех видов лишайников 12

Результаты и обсуждение

Построение световых кривых

- Для *Peltigera aphthosa* и *Peltigera canina* было получено по шесть световых кривых на разных концах сростков талломов. По световым кривым для каждого сростка были рассчитаны средняя энергия насыщения и физиологически оптимальная интенсивность света (ФОИС).
- ФОИС для *Peltigera aphthosa* (около 120 $\mu\text{mol/s}$) оказалась выше, чем для *Peltigera canina* (около 90 $\mu\text{mol/s}$).
- Это согласуется с нашими результатами по измерению сомкнутости крон в местах обитания этих видов в окрестностях ББС, поэтому мы предполагаем, что *Peltigera aphthosa* приспособлена к более освещённым местообитаниям, а *Peltigera canina* – к менее освещённым.



Выводы

- 1) Талломы цианолишайника *P.canina* характеризуются значительно большей влагоемкостью, чем талломы трехкомпонентных лишайников *P.apthosa* и *N.arcticum*.
- 2) Лишайник *Nephroma arcticum* встречается на территориях с высоким уровнем инсоляции, для *P.apthosa* и *P.canina* наиболее предпочтительны местообитания с высокой затененностью.
- 3) Физиологически оптимальная интенсивность света для *P.apthosa* выше, чем для *P.canina*.

Заключение

- Экологические адаптации фолиозных лишайников вблизи ББС МГУ им. Н.А.Перцова во многом остаются неизученными. Возможно, различия во влагоемкости и предпочтениях местообитаний различными видами родов *Peltigera* и *Nephroma* связаны не только с отличиями в анатомии и физиологии лишайников как симбиотических систем, но также и с различиями в штаммах *Nostoc* sp., выполняющих роль фотобионтов.



Спасибо за внимание!

