

Literatura

1. Probatova N.S., Seledec V.P., Sokolovskaja A.P. Galofil'nye rastenija morskikh poberezhij sovetskogo Dal'nego Vostoka: chisla hromosom i jekologija // Komarovskie chtenija. – Vladivostok: Izd-vo BPI DVNC AN SSSR, 1984. – Vyp. 31. – S. 189–116.
2. Bezdeleva T.A. Antropogennoe vozdejstvie na rastenija supralitorali morskogo poberezh'ja Primorskogo kraja // Mat-ly IX Dal'nevost. konf. po zapovednomu delu (Vladivostok, 20–22 oktjabrja 2010 g.). – Vladivostok: Dal'nauka, 2010. – S. 58–61.
3. Bezdeleva T.A. Zhiznennye formy i prispoblenija pribrezhno-morskikh rastenij k uslovijam obitanija // Tr. VII Mezhdunar. konf. po morfologii rastenij, posvjashh. pamjati Ivana Grigor'evicha i Tat'jany Ivanovny Serebrjakovyh. – M., 2004. – S. 29–31.
4. Voronkova N.M., Bezdeleva T.A. Prorastanie semjan, struktura prorostkov i zhiznennye formy nekotoryh pribrezhno-morskikh rastenij juga Primorskogo kraja // Vestn. KrasGAU. – 2009. – № 9. – S. 31–36.
5. D'jachenko T.N. K voprosu o zhiznennyh formah rastenij (obzor) // Gidrobiologicheskij zhurnal. – 2015. – T. 51, № 6. – S. 3–15.
6. Bezdeleva T.A., Pimenova E.A. Biomorfologicheskie osobennosti pribrezhno-morskikh rastenij // Rastenija v mussonnom klimate: mat-ly mezhdunar. konf., posvjashh. 50-letiju Botanicheskogo sada-instituta DVO RAN. – Vladivostok: Dal'nauka, 1998. – S. 91–93.
7. Shibneva S.Ju. Sposoby razmnozhenija rastenij morskogo poberezh'ja (galofitov) na juge Primorskogo kraja // Aktual'nye problemy jekologii, morskoy biologii i biotekhnologii: mat-ly VII Region. konf. studentov, aspirantov vuzov i nauchnyh organizacij Dal'nego Vostoka Rosii. – Vladivostok, 2008. – S. 161–163.
8. Sosudistye rastenija sovetskogo Dal'nego Vostoka / otv. red. S.S. Harkevich. – L.; SPb.: Nauka, 1985–1996. – T. 1–8.
9. Bezdelev A.B., Bezdeleva T.A. Zhiznennye formy semennyh rastenij rossijskogo Dal'nego Vostoka. – Vladivostok: Dal'nauka, 2006. – 296 s.

УДК 632.93

С.В. Хижняк, Н.С. Мануковский

ФИТОСАНИТАРНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВОПОДОБНОГО СУБСТРАТА\*

S.V. Khizhnyak, N.S. Manukovsky

PHYTOSANITARY PROPERTIES OF SOIL-LIKE SUBSTRATE

**Хижняк С.В.** – д-р биол. наук, проф. каф. экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск.

E-mail: skhizhnyak@yandex.ru

**Мануковский Н.С.** – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. обособленного подразделения Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН», г. Красноярск. E-mail: mana49@mail.ru

**Khizhnyak S.V.** – Dr. Biol. Sci., Prof., Chair of Ecology and Natural Sciences, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: skhizhnyak@yandex.ru

**Manukovsky N.S.** – Cand. Biol. Sci., Senior Staff Scientist, Separate Division, Federal Research Center "Krasnoyarsk Research Center, Siberian Branch of RAS", Krasnoyarsk. E-mail: mana49@mail.ru

Изучена способность почвоподобного субстрата (ППС), полученного путем биоконверсии пшеничной соломы, подавлять прорастание конидий *Bipolaris sorokiniana* и *Alternaria* sp. В исследовании использовали три образца ППС: 1) свежеприготовленный ППС, 2) ППС,

который был использован в качестве субстрата для выращивания *Cyperus esculentus* и *Stellaria media* в течение 30 дней, 3) ППС, который был использован в качестве субстрата для *Triticum aestivum* в течение 2.5 генераций.

\*Данная работа выполнена по теме № 56.1.4 программы фундаментальных исследований РАН (раздел 6) на 2013–2020 годы.

Было установлено, что водные экстракты всех образцов статистически значимо подавляют прорастание конидий. Уровень подавления варьировал от 60,6 до 100 % (полное подавление) в зависимости от образца ППС и рода гриба. Добавление 2 % сахарозы в качестве индуктора прорастания увеличило прорастание конидий как в контроле, так и в экстрактах ППС на 10,7–47,1 процентных пункта. Тем не менее, статистически значимое подавление прорастания конидий (на 21,7–63,8 % в зависимости от образца ППС и рода гриба) наблюдалось и в присутствии сахарозы. По сумме результатов максимальная антифунгальная активность наблюдалась в образце 3 (среднее подавление прорастания конидий – 80,9 %), минимальная активность – в образце 1 (среднее подавление прорастания конидий – 57,3 %). Увеличение антифунгальной активности ППС после выращивания растений можно объяснить развитием на основе корневых выделений микробного сообщества, подавляющего рост фитопатогенных грибов.

**Ключевые слова:** почвоподобный субстрат, фитосанитарные свойства, *Bipolaris*, *Alternaria*.

*A soil-like substrate (SLS) obtained via bioconversion of wheat straw was studied for its ability to suppress *Bipolaris sorokiniana* and *Alternaria* sp. conidia germination. Three samples of SLS were used in the study: 1) freshly prepared SLS, 2) SLS which was used as a growth substrate for *Cyperus esculentus* and *Stellaria media* for 30 days, 3) SLS which was used as a growth substrate for *Triticum aestivum* for 2.5 generations. It was found out that aqueous extracts of all the samples statistically significantly suppress conidia germination. The level of suppression varied from 60.6 % to 100 % (complete suppression) depending on the SLS sample and genus of fungi. Adding of 2 % sucrose as an inductor of germination increased conidia germination both in control and in the extracts of SLS by 10.7–47.1 percentage points. Nevertheless, statistically significant suppression of conidia germination (by 21.7 % – 63.8 % depending on the SLS sample and genus of fungi) was also observed in the presence of sucrose. On the sum of the results*

*the maximal antifungal activity was observed in the sample 3 (average suppression of conidia germination 80.9 %), and the minimal activity – in the sample 1 (average suppression of conidia germination 57.3 %). This increasing of antifungal activity of SLS after plants cultivation can be explained by the development of microbial community based on root exudates, which suppresses growth of the phytopathogenic fungi.*

**Keywords:** soil-like substrate, phytosanitary properties, *Bipolaris*, *Alternaria*.

**Введение.** Одним из перспективных направлений в освоении человечеством космического пространства и других экстремальных местобитаний является создание биорегенеративных систем жизнеобеспечения, представляющих собой замкнутую экосистему, где человек играет роль гетеротрофного звена, а автотрофное звено представлено съедобными растениями [1]. Однако при построении подобных систем возникает проблема рецикла несъедобной растительной биомассы. Эта проблема может быть решена путем биоконверсии растительных отходов в почвоподобный субстрат (ППС) с достаточно высоким плодородием, позволяющим культивировать на нем растения [2, 3]. Предварительные исследования показали, что ППС проявляет фитосанитарные свойства и тем самым может предотвращать развитие заболеваний растений в замкнутой системе жизнеобеспечения [4]. Есть основания полагать, что фитосанитарные свойства ППС меняются в процессе культивирования на нем растений из-за влияния корневых выделений на микробиологический состав субстрата.

**Цель исследования:** изучение фитосанитарных свойств почвоподобного субстрата в зависимости от продолжительности культивирования на нем растений.

**Объекты и методы исследования.** Объектами исследования служили три образца ППС, полученные в Лаборатории управления биосинтезом фототрофов ИБФ СО РАН.

Образец № 1 – свежеприготовленный ППС, полученный путем поэтапной переработки пшеничной соломы с помощью гриба вешенки *Pleurotus ostreatus* в течение 30–35 суток и вер-

микопостирования в течение 180 суток калифорнийскими червями *Eisenia foetida* остаточного субстрата, образовавшегося после культивирования грибов на пшеничной соломе.

Образец № 2 – ППС после культивирования на нем растений чумы *Cyperus esculentus* L. с примесью мокреца *Stellaria media* (L.) в течение 30 суток.

Образец № 3 – ППС, отобранный из-под растений пшеницы в фазе колошения после двух полных циклов выращивания растений пшеницы.

Для количественной оценки фитосанитарных свойств ППС использовали тест по прорастанию конидий [5, 6]. В качестве тест-объектов исполь-

зовали конидии фитопатогенных грибов *Bipolaris sorokiniana* и *Alternaria* sp., выделенных из пораженных органов пшеницы. Конидии в виде суспензии вносили в водную вытяжку образцов ППС. Вытяжку готовили путем растирания 1 г ППС в 2 мл стерильной воды с настаиванием в течение 20 часов при +22...+24 °С при периодическом перемешивании и последующим декантированием надосадочной жидкости. Использовали как варианты без внесения индуктора прорастания конидий, так и варианты с индуктором прорастания конидий в виде 2 % сахарозы. Схема эксперимента представлена в таблице 1.

Таблица 1

Схема экспериментов по изучению влияния водной вытяжки ППС на прорастание конидий, мкл

Вариант	Водная вытяжка ППС	Вода	Суспензия конидий	Раствор сахарозы 24 %	Итого
Контроль без сахарозы	0	45	15	0	60
Опыт без сахарозы	40	5	15	0	60
Контроль с сахарозой	0	40	15	5	60
Опыт с сахарозой	40	0	15	5	60

Конидии проращивали в течение 7 часов при +25 °С, после чего подсчитывали число проросших и непроросших конидий в каждом варианте эксперимента. Среднее число подсчитанных конидий в каждом варианте эксперимента составило 67 шт. Значимость различий между вариантами с вытяжками ППС и контролем проверяли точным критерием Фишера для таблиц 2 × 2, значимость различий между вытяжками разных образцов ППС проверяли по критерию  $\chi^2$ .

**Результаты исследования и их обсуждение.** Водные вытяжки из всех образцов ППС оказали статистически значимое угнетающее влияние на прорастание конидий грибов р. *Bipolaris* и *Alternaria*. В зависимости от образца этот эффект варьировал от частичного до полного подавления прорастания конидий (рис.). Наибольшую фунгистатическую активность проявил образец ППС № 3, полностью подавивший прорастание конидий грибов р. *Alternaria* и *Bipolaris*. Остальные образцы статистически значимо снизили прорастание конидий на 60,6–91,4 % относительно контроля (табл. 2).

При этом в реакции фитопатогенных грибов на водную вытяжку разных образцов ППС проявилась видовая специфика. Так, снижение прорастания конидий р. *Alternaria* в водной вытяжке образцов № 1 и 2 практически не отличалось (соответственно 60,6 и 65,1 %). В то же время для конидий р. *Bipolaris* образец № 1 проявил статистически значимо более сильный фунгистатический эффект, чем образец № 2 (снижение прорастания соответственно на 91,4 и 78,1 %), в то время как образец № 1 оказал лишь слабое воздействие (снижение прорастания на 21,7 %).

В целом можно констатировать, что конидии грибов р. *Alternaria* оказались менее чувствительными к фунгистатическому действию изучаемых образцов ППС. Так, среднее по всем образцам снижение прорастания конидий в водных вытяжках для р. *Alternaria* составило 75,3 % против 89,8 % для р. *Bipolaris*.

Внесение сахарозы в качестве индуктора прорастания статистически значимо ( $P < 0,001$ ) повысило процент проросших конидий во всех вариантах эксперимента (на 10,7–47,1 процент-

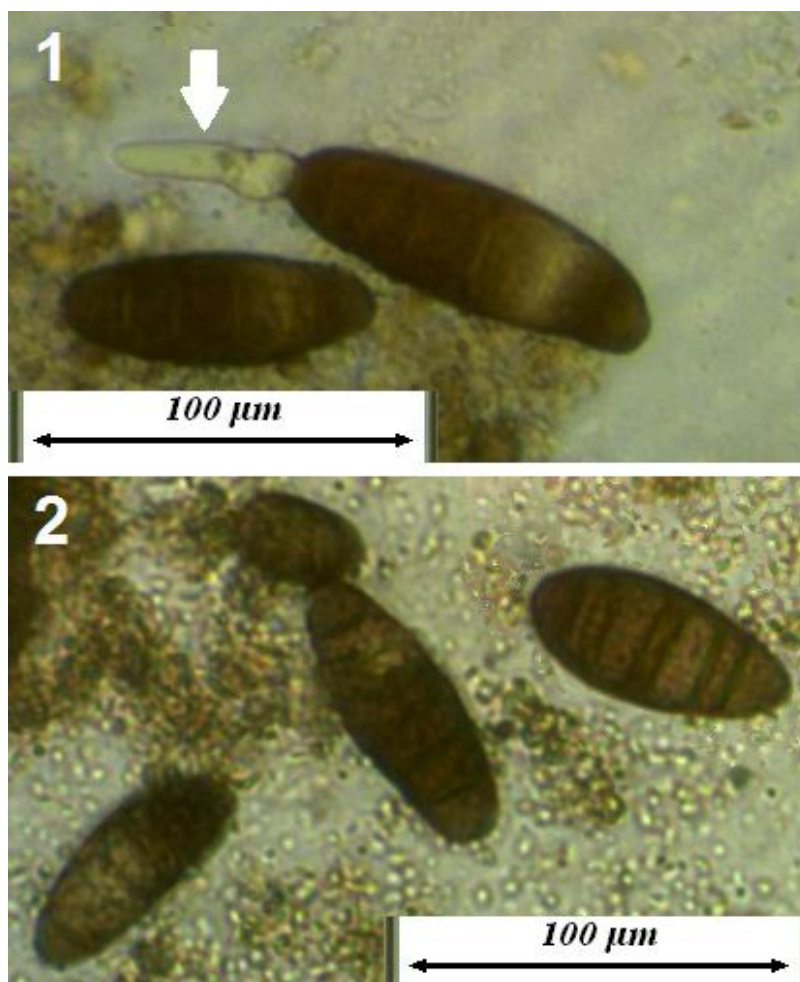
ных пункта в зависимости от варианта), однако не привело к полному устранению фунгистатического эффекта. В вытяжках всех образцов ППС в присутствии сахарозы, как и в вариантах без добавления сахарозы, отмечено статистически значимое ( $P < 0,001 \dots P < 0,05$ ) снижение прорастания конидий в сравнении с контролем (табл. 3).

Как и в варианте без сахарозы, выявилась видовая специфика в реакции фитопатогенов на почвоподобные субстраты. Так, в случае конидий р. *Bipolaris* фунгистатический эффект разных образцов ППС статистически значимо ( $P < 0,001$ ) различался и варьировал от снижения прорастания на 21,7 % (образец № 1) до снижения прорастания на 63,8 % (образец № 3). В то же время в отношении конидий р. *Alternaria* в присутствии сахарозы все образцы проявили практически одинаковое действие (снижение

прорастания на 68,2–71,4 % относительно контроля).

Таким образом, для грибов р. *Alternaria* внесение сахарозы практически полностью нивелировало различия в фунгистатическом эффекте между изучаемыми образцами ППС. Напротив, для грибов р. *Bipolaris* эти различия несколько возросли.

Для сравнения фунгистатической активности изучаемых образцов ППС в целом по всему массиву экспериментальных данных был проведен непараметрический дисперсионный анализ Фридмана. В анализ были включены данные по снижению прорастания конидий обоих фитопатогенов относительно соответствующих контролей как для вариантов без добавления сахарозы, так и для вариантов с сахарозой. Результаты анализа представлены в таблице 4.



Частичное (1) и полное (2) подавление прорастания конидий в водной вытяжке ППС на примере *Bipolaris sorokiniana* (стрелкой показана проростковая гифа)

Таблица 2

Влияние водной вытяжки ППС на прорастание конидий фитопатогенных грибов р. *Bipolaris* и *Alternaria* (ППС-1, ППС-2 и ППС-3 обозначают образцы № 1, 2 и 3 соответственно)

Вариант	Прорастание, %	Прорастание, % к контролю	Значимость различий с контролем, P
<i>Alternaria sp.</i>			
Контроль	52,9	100,0	
ППС-1	20,8	39,4	< 0,001
ППС-2	18,5	34,9	< 0,001
ППС-3	0,0	0,0	< 0,001
<i>Bipolaris sorokiniana</i>			
Контроль	40,0	100,0	
ППС-1	3,4	8,6	< 0,001
ППС-2	8,8	21,9	< 0,001
ППС-3	0,0	0,0	< 0,001

Таблица 3

Влияние водной вытяжки ППС на прорастание конидий фитопатогенных грибов р. *Bipolaris* и *Alternaria* в присутствии сахарозы (ППС-1, ППС-2 и ППС-3 обозначают образцы № 1, 2 и 3 соответственно)

Вариант	Прорастание, %	Прорастание, % к контролю	Значимость различий с контролем, P
<i>Alternaria sp.</i>			
Контроль	71,4	100,0	
ППС-1	31,8	44,5	< 0,001
ППС-2	29,2	40,8	< 0,001
ППС-3	28,6	40,0	< 0,001
<i>Bipolaris sorokiniana</i>			
Контроль	64,6	100,0	
ППС-1	50,5	78,3	< 0,05
ППС-2	24,5	37,9	< 0,001
ППС-3	23,4	36,2	< 0,001

Как видно из представленных данных, несмотря на видовую специфику в реакции грибов р. *Bipolaris* и *Alternaria* на разные образцы субстрата, а также неодинаковый эффект от внесе-

ния сахарозы в разных вариантах эксперимента, между изучаемыми образцами ППС обнаружены статистически значимые ( $P < 0,05$ ) различия по интенсивности фунгистатического действия.

Таблица 4

Непараметрический дисперсионный анализ (анализ Фридмана) различий между образцами ППС по способности подавлять прорастание фитопатогенных грибов ( $P < 0,03878$ )

Вариант	Средний ранг	Сумма рангов	Среднее снижение прорастания относительно контроля, %	Стандартное отклонение от среднего
ППС-1	1,250000	5,000000	57,29498	28,53959
ППС-2	1,750000	7,000000	66,12117	8,36455
ППС-3	3,000000	12,000000	80,94729	22,05449

Максимальной активностью обладает образец № 3 (среднее снижение прорастания конидий – 80,9 %), минимальной активностью – образец №1 (среднее снижение прорастания конидий – 57,3 %). Образец № 2, занимающий второе место по фунгистатической активности, показал максимальную стабильность эффекта в разных вариантах эксперимента (стандартное отклонение от среднего составило 8,4 против 28,5 и 22,1 у образцов № 1 и 3).

Суммируя результаты проведенных исследований, можно отметить следующее. Все изученные образцы ППС обладают способностью подавлять прорастание конидий фитопатогенных грибов р. *Bipolaris* и *Alternaria* как в отсутствии индуктора прорастания, так и в присутствии индуктора прорастания в виде сахарозы. Максимальное подавление прорастания наблюдается в образце № 3, минимальное – в образце № 1. Указанные различия между образцами почвоподобного субстрата по степени проявления фунгистатической активности прямо коррелируют с длительностью использования субстрата для выращивания растений: минимальная активность наблюдается у свежеприготовленного субстрата, максимальная – у субстрата, на котором было проведено 2,5 цикла выращивания пшеницы. Вероятной причиной данного феномена является стимулирующее действие корневых выделений растений на развитие в субстрате микробного сообщества, обладающего антагонистической активностью в отношении фитопатогенных грибов.

### Выводы

1. В отсутствии сахарозы все образцы почвоподобного субстрата статистически значимо ингибируют прорастание конидий фитопатогенных грибов р. *Bipolaris* и *Alternaria*. В зависимости от вида фитопатогена и образца субстрата эффект варьирует от полного подавления прорастания конидий до снижения прорастания на 60,6 % относительно контроля.

2. Внесение индуктора прорастания в виде сахарозы увеличивает прорастание конидий как в контроле, так и в вариантах с почвоподобным субстратом на 10,7–47,1 процентных пунктов в зависимости от фитопатогена и от образца субстрата. Тем не менее, статистически значимое снижение прорастания конидий (на 21,7–63,8 %

относительно контроля) под влиянием почвоподобного субстрата в присутствии сахарозы сохраняется во всех вариантах эксперимента.

3. В целом по всем вариантам эксперимента максимальной антифунгальной активностью обладает образец почвоподобного субстрата, на котором было проведено два цикла выращивания пшеницы (среднее снижение прорастания конидий – на 80,9 %), минимальной активностью – свежеприготовленный образец (среднее снижение прорастания конидий – на 57,3 %).

### Литература

1. Gitelson J.I., Lisovsky H.M., MacElroy R.D. Manmade Closed Ecological Systems. – London: Taylot and Frangis, 2003. – 402 p.
2. Waste bioregeneration in life support CES: development of soil organic substrate / N.S. Manukovsky, V.S. Kovalev, V.Ye. Rygalov [et al.] // Advances in Space Research (includes Cospar Information Bulletin). – 1997. – Vol. 20, № 10. – P. 1827–1832.
3. Soil-like substrate for plant growing derived from inedible plant mass: preparing, composition, fertility / J.B. Gros, C. Lasseur, A.A. Tikhomirov [et al.] // Acta Hort. (ISHS). – 2004. – № 644. – P. 151–155.
4. Testing anti-fungal activity of a soil-like substrate for growing plants in bioregenerative life support systems / E.V. Nesterenko, V.A. Kozlov, S.V. Khizhnyak [et al.] // Advances in Space Research, Volume 44, Issue 8, 15 October 2009, P. 958–964.
5. Physiological and Morphological Aspects of *Bipolaris sorokiniana* Conidia Surviving on Wheat Straw / R. Chand, H.V. Singh, A.K. Joshi [et al.] // Plant Pathol. J. – 2002. – V. 18. – № 6. – P. 328–332.
6. Pratt R.G. Comparative survival of conidia of eight species of *Bipolaris*, *Curvularia*, and *Exserohilum* in soil and influences of swine waste amendments on survival // Applied Soil Ecology. – 2006. – № 31. – P. 159–168.

### Literatura

1. Gitelson J.I., Lisovsky N.M., MacElroy R.D. Manmade Closed Ecological Systems. – London: Taylot and Frangis, 2003. – 402 p.

2. Waste bioregeneration in life support CES: development of soil organic substrate / N.S. Manukovsky, V.S. Kovalev, V.Ye. Rygalov [et al.] // *Advances in Space Research* (includes *Cospar Information Bulletin*). – 1997. – Vol. 20, № 10. – P. 1827–1832.
3. Soil-like substrate for plant growing derived from inedible plant mass: preparing, composition, fertility / J.B. Gros, C. Lasseur, A.A. Tikhomirov [et al.] // *Acta Hort.* (ISHS). – 2004. – № 644. – P. 151–155.
4. Testing anti-fungal activity of a soil-like substrate for growing plants in bioregenerative life support systems / E.V. Nesterenko, V.A. Kozlov, S.V. Khizhnyak [et al.] // *Advances in Space Research*, Volume 44, Issue 8, 15 October 2009, P. 958–964.
5. Physiological and Morphological Aspects of *Bipolaris sorokiniana* Conidia Surviving on Wheat Straw / R. Chand, H.V. Singh, A.K. Joshi [et al.] // *Plant Pathol. J.* – 2002. – V. 18. – № 6. – P. 328–332.
6. Pratt R.G. Comparative survival of conidia of eight species of *Bipolaris*, *Curvularia*, and *Exserohilum* in soil and influences of swine waste amendments on survival // *Applied Soil Ecology*. – 2006. – N. 31. – P. 159–168.



УДК 582.42:574(571.63)

В.М. Урусов, И.И. Лобанова

### К БИОЛОГИИ АРБОРИФЛОРЫ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

V.M. Urusov, I.I. Lobanova

### ON THE BIOLOGY OF ARBORIFLORA OF PRIMORSKY REGION

**Урусов В.М.** – д-р биол. наук, проф. каф. экологии Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток. E-mail: semkin@tig.dvo.ru  
**Лобанова И.И.** – вед. инженер лаб. биогеографии и экологии Тихоокеанского института географии ДВО РАН, г. Владивосток. E-mail: iriollo@mail.ru

**Urusov V.M.** – Dr. Biol. Sci., Prof., Chair of Ecology, Far Eastern Federal University, Vladivostok. E-mail: semkin@tig.dvo.ru  
**Lobanova I.I.** – Leading Engineer, Lab. of Biogeography and Ecology, Pacific Institute of Geography, Far Eastern Branch of RAS, Vladivostok. E-mail: iriollo@mail.ru

В статье рассмотрена древесная флора Приморского края по ее отношению к важным факторам среды: свету, влаге, теплу и условиям зимовки. Уточнение ее биологии необходимо для лесокультурной, интродукционной и озеленительной практик. Арборифлора Приморья достаточно однородна по отношению к этим факторам среды в пределах низкогорной и среднегорной высотных зон. Установлено, что современная биота среднегорий Приморья геологически недавно была высокогорной. Принятая в работе шкала теневыносливости древесных пород, составленная А.Л. Коркешко (1952), дополнена неучтенными ранее видами Приморского края. Так, в шкале светолюбия на первые места логичней поставить субаль-

пийцев (микробиоту перекрёстнопарную, сабину даурскую и ее приморский подвид и кедровый стланик). За можжевельником твердым – можжевельник твердый приморского подвида (стелющийся), можжевельник сибирский и сосну густоцветковую. После ильма горного (№ 18 у А.Л. Коркешко) или вместе с ним следует разместить липы и сирень Вольфа. Приведен список деревьев, кустарников и лиан по убыванию их требовательности к влаге. Отмечено, что наиболее светолюбивыми кустарниками, нетребовательными к почвенному плодородию, являются ксерофиты, а мезофиты, гигромезофиты и гигрофиты имеют как раз нарастающую теневыносливость. Распределены виды-маркеры климатических