



HORTUS BOTANICUS

Международный электронный журнал ботанических садов

15 / 2020



Информационно-аналитический центр Совета ботанических садов России
при Ботаническом саде Петрозаводского государственного университета

HORTUS BOTANICUS

Международный электронный журнал ботанических садов

15 / 2020

ISSN 1994-3849

Эл № ФС 77-33059 от 11.09.2008

Главный редактор

А. А. Прохоров

Редакционный совет

П. Вайс Джексон
Лей Ши
Йонг-Шик Ким
Т. С. Мамедов
В. Н. Решетников

Редакционная коллегия

Г. С. Антипина
Е. М. Арнаутова
А. В. Бобров
Ю. К. Виноградова
Е. В. Голосова
Е. Ф. Марковская
Ю. В. Наумцев
Е. В. Спиридович
К. Г. Ткаченко
А. И. Шмаков

Редакция

Е. А. Платонова
С. М. Кузьменкова
К. О. Романова
А. Г. Марахтанов

Адрес редакции

185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Красноармейская, 31, каб. 12.

E-mail: hortbot@gmail.com

<http://hb.karelia.ru>

© 2001 - 2020 А. А. Прохоров

На обложке:

Партер в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси. Фото Станислава Бакея.

Разработка и техническая поддержка

Отдел объединенной редакции научных журналов ПетрГУ, РЦ НИТ ПетрГУ,
Ботанический сад ПетрГУ

Петрозаводск
2020

Дополнения к микобиоте Ботанического сада Петрозаводского государственного университета

РУОКОЛАЙНЕН Анна Владимировна	Институт леса Карельского научного центра РАН, ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, 185000, Россия aruokolainen@mail.ru
КОТКОВА Вера Матвеевна	Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, ул. Проф. Попова, 2, Санкт-Петербург, 197376, Россия VKotkova@binran.ru
ЕГЛАЧЕВА Арина Вячеславовна	Администрация Петрозаводского городского округа, пр. Ленина, д. 2, Петрозаводск, 185000, Россия arinev@mail.ru

Ключевые слова:

арборетум, афиллофоровые грибы, базидиальные макромицеты, ботанический сад, древесные растения, интродукция, микобиота, Basidiomycetes

Аннотация:

При обследовании 66 видов интродуцированных древесных растений арборетума Ботанического сада Петрозаводского государственного университета выявлено 55 видов афиллофоровых грибов. Из них 8 – новые для биогеографической провинции Коп, включая 5 видов новых для Республики Карелия (*Athelopsis glaucina* (Bourdot et Galzin) Oberw. ex Parmasto, *Dendrothele amygdalispora* Hjortstam, *Peniophora rufomarginata* (Pers.) Bourdot et Galzin, *Trechispora nivea* (Pers.) K. H. Larss., *Xylodon rimosissimus* (Peck) Hjortstam et Ryvarde). Один вид (*Dendrothele amygdalispora*) впервые приводится для европейской части России. Для каждого вида указаны сведения о субстрате и номера гербарных образцов, хранящихся в гербариях КарНЦ РАН (PTZ) и БИН РАН (LE).

Рецензент: И. В. Змитрович

Получена: 17 декабря 2019 года

Подписана к печати: 29 мая 2020 года

Введение

Афиллофоровые грибы (*Basidiomycetes*) являются важным структурным элементом гетеротрофного блока лесных и парковых экосистем. Большинство представителей данной группы грибов являются сапротрофами, то есть разлагают отмершие, преимущественно валежные части древесных растений. Немногие виды (факультативные сапротрофы и факультативные патогены) поселяются на живых деревьях и прекращают свое развитие через некоторое время после их отмирания.

При оценке успешности интродукции тех или иных древесных растений обычно

учитываются изменение ритма развития растений, характер плодоношения, морозоустойчивость или зимостойкость (Аврорин, 1956; Базилевская, 1964; Лапин, 1974, и др.). С точки зрения декоративности и практики применения в озеленении не менее важна устойчивость растений к болезням и вредителям, а также продолжительность жизни в неповрежденном состоянии (Колмукиди, Крюкова, 2016). Поэтому для комплексной оценки перспективности использования тех или иных древесных пород в озеленении необходимо изучение микобиоты ботанических садов в целом и отдельных видов древесных растений.

В искусственных насаждениях, в частности в ботанических садах, деревья могут иметь низкую устойчивость из-за адаптации к новым климатическим условиям, а также могут быть ослаблены в результате повреждений или в силу возраста. Со временем некоторые ветви и стволы деревьев усыхают или ломаются и становятся доступным субстратом для дереворазрушающих, преимущественно афиллофоровых грибов.

Ботанический сад Петрозаводского государственного университета (ПетрГУ) был заложен в 1951 г. в зеленой зоне г. Петрозаводска на северном берегу Петрозаводской губы Онежского озера. Он относится к числу наиболее северных интродукционных пунктов России. На территории Республики Карелия это единственное место, где представлены коллекции высокоустойчивых древесных растений и показаны возможности их использования в парковом строительстве и озеленении урбанизированных территорий. В настоящее время площадь Ботанического сада ПетрГУ составляет 367 га, включая более 300 га природной территории (заповедная часть).

Арборетум Ботанического сада ПетрГУ занимает площадь 21 га и включает в себя три географических сектора, в которых выращиваются древесные растения Европы, Сибири и Дальнего Востока, Северной Америки. Коллекция арборетума насчитывает более 200 видов. Большая часть растений находится в генеративном состоянии. Возраст деревьев составляет 40–70 лет.

Изучение афиллофоровых грибов Ботанического сада ПетрГУ было начато в 1997–1999 гг. Т. Н. Овечкиной. Ею на территории сада было отмечено 12 видов макромицетов (Овечкина, 2000). В 2008–2015 гг. инвентаризацию микобиоты продолжил П. Г. Заводовский, который выявил 18 трутовых грибов, в том числе и в заповедной части сада (Заводовский, 2013). Позднее он отмечал, что на территории Ботанического сада ПетрГУ зарегистрировано 75 видов афиллофоровых грибов, однако в аннотированном списке привел только 4 новых для Ботанического сада вида: *Phellinus tremulae*, *P. conchatus*, *P. niemelai* [= *Porodaedalea laricis*], *P. robustus* (Заводовский, 2016).

По опубликованным данным (Заводовский, 2013, 2016) на древесных растениях арборетума Ботанического сада ПетрГУ до проведения наших исследований было выявлено 13 видов афиллофоровых грибов – *Fomes fomentarius*, *Hymenochaetopsis tabacina*, *Inonotus obliquus*, *Oxyporus populinus*, *Phellinus conchatus*, *P. igniarius*, *P. laricis*, *P. punctatus*, *P. robustus*, *P. tremulae*, *Piptoporus betulinus*, *Stereum rugosum*, *Trametes pubescens*. Следует отметить, что судя по субстрату (*Alnus incana*, *Sorbus aucuparia*) указания *Stereum subtomentosum* относятся к особо охраняемой зоне сада, занятой природной растительностью. Также ошибочно указание субстрата *Acer platanoides* для *Phellinus tremulae* (Заводовский, 2013), так как он приурочен только к видам рода *Populus*.

Целью настоящего исследования было выявление видового состава афиллофоровых грибов арборетума Ботанического сада ПетрГУ на интродуцированных хвойных и лиственных древесных растениях.

Объекты и методы исследований

В августе 2016 г. А. В. Руоколайнен и А. В. Еглачевой были осмотрены более 760 древесных растений трех секторов арборетума Ботанического сада ПетрГУ: флоры Европы, Сибири и Дальнего Востока, Северной Америки (61°51'58"N, 34°23'30"E). Сведения о встречаемости видов афиллофоровых грибов, хорошо распознаваемых в природе, заносили в список на основании полевых наблюдений, для остальных видов — после идентификации собранного материала. Идентификация образцов проведена А. В. Руоколайнен и В. М. Котковой в лабораторных условиях с использованием микроскопов ЛОМО Микмед-6 и ЛОМО Микмед-7, стандартных реактивов и современных определителей. Находки новых для республики и редких видов подтверждены гербарными образцами, хранящимися в гербариях Карельского научного центра (КарНЦ) РАН (PTZ) и Ботанического института им. В. Л. Комарова (БИН) РАН (LE).

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований с учетом ранее опубликованных сведений (Заводовский, 2013, 2016) на хвойных и лиственных древесных растениях арборетума Ботанического сада ПетрГУ в настоящее время выявлено 55 видов афиллофоровых грибов. Более ранние указания для данной территории 9 видов (Заводовский, 2013, 2016) были подтверждены нашими исследованиями. Зарегистрированное в арборетуме число видов составляет менее 10 % от общего числа видов, известных для Республики Карелия (Руоколайнен, Коткова, 2018, 2019). Виды относятся к 39 родам. Наиболее крупными по числу выявленных видов являются роды *Phellinus* (6 видов), *Stereum*, *Tomentella* и *Xylodon* (по 3 вида).

Среди выявленных макромицетов 5 видов впервые отмечены в Республике Карелия (*Athelopsis glaucina*, *Dendrothele amygdalispora*, *Peniophora rufomarginata*, *Trechispora nivea*, *Xylodon rimosissimus*), а 8 видов — впервые в биогеографической провинции *Karelia onegensis* (Kon). Для *Dendrothele amygdalispora* отмечено первое местонахождение в европейской части России; ранее на сопредельных территориях он был выявлен в южной части Финляндии (Kotiranta et al., 2009). Среди впервые выявленных на территории республики видов, следует отметить находку *Athelopsis glaucina*, который довольно редок в европейской части России, а на сопредельных территориях отмечен в Ленинградской области (Змитрович, 2008; Коткова, 2009) и Финляндии, преимущественно на западных территориях (Kotiranta et al., 2009). Виды *Peniophora rufomarginata*, *Trechispora nivea* и *Xylodon rimosissimus* широко распространены и довольно обычны, в том числе в ботанических садах и парках.

Ниже следует аннотированный список афиллофоровых грибов, выявленных нами в ходе исследования на территории арборетума Ботанического сада ПетрГУ. Все таксоны расположены в алфавитном порядке. Названия видов грибов приведены преимущественно согласно международной базе данных Index Fungorum (2019), с некоторыми исключениями (Ryvarden, Melo, 2017). Названия видов древесных растений — в соответствии с The Plant List. Виды, которые указываются впервые для арборетума, обозначены звездочкой (*), полужирным шрифтом выделены виды, новые для биогеографической провинции *Karelia onegensis* (Kon). В аннотациях к каждому виду приведены сведения о субстратах, а для ряда видов указаны также номера гербарных образцов, хранящихся в гербариях КарНЦ РАН (PTZ) и БИН РАН (LE).

Список афиллофоровых грибов арборетума Ботанического сада ПетрГУ

- * *Antrodiella faginea* Vampola et Pouzar – на сухих ветвях *Prunus padus*, PTZ 2282.
- * *Atheliachaete sanguinea* (Fr.) Spirin et Zmitr. [≡ *Phanerochaete sanguinea* (Fr.) Pouzar] – в расщелине спиленного ствола *Thuja occidentalis*.
- * ***Athelopsis glaucina*** (Bourdot et Galzin) Oberw. ex Parmasto – в морозобойной трещине на *Acer tataricum*, PTZ 2281, LE 310816.
- * *Baltazaria galactina* (Fr.) Leal-Dutra, Dentinger et G. W. Griff. [≡ *Scytinostroma galactinum* (Fr.) Donk] – на *Prunus maackii*, PTZ 2269.
- * ***Botryobasidium medium*** J. Erikss. – на корнях *Thuja occidentalis*, PTZ 2260.
- * *Cerrena unicolor* (Bull.) Murrill – на пне *Betula pubescens*.
- * *Clavulinopsis luteoalba* (Rea) Corner – на почве около *Larix sibirica* и *Prunus maackii*, PTZ 2255.
- * *Daedaleopsis septentrionalis* (P. Karst.) Niemelä – на усыхающем стволе *Prunus padus*, PTZ 2261.
- * ***Dendrothele amygdalispora*** Hjortstam – на коре живого ствола *Ulmus laevis*, PTZ 2268, LE 310817.
- Fomes fomentarius* (L.) Fr. – на усыхающем и буреломном стволах *Betula grossa* и *Betula pubescens*. Ранее был отмечен на *Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb. (Заводовский, 2013).
- * *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat. – на пне *Quercus* sp.
- * *Gloeophyllum sepiarium* (Wulfen) P. Karst. – на пне *Prunus pensylvanica*.
- * *Gloiothele citrina* (Pers.) Ginns et G. W. Freeman [≡ *Vesiculomyces citrinus* (Pers.) E. Hagström] – на валежных ветвях и комле ствола *Larix sibirica* и *L. gmelinii*, PTZ 2256.
- * *Hydnum repandum* L. – на почве среди посадок.
- Hymenochaetopsis tabacina* S. H. He et Jiao Yang [≡ *Hymenochaete tabacina* (Fr.) Lév., *Pseudochaete tabacina* (Sowerby) T. Wagner et M. Fisch.] – на сухих ветвях *Corylus avellana*, PTZ 2259.
- * *Hyphoderma setigerum* (Fr.) Donk – на сухих ветвях *Quercus robur* и *Prunus padus*.
- * *Hyphodontia barba-jovis* (Bull.) J. Erikss. – на сухостойных стволах *Prunus padus* и *Sorbus decora*, PTZ 2263.
- * ***Hypochnicium bombycinum*** (Sommerf.) J. Erikss. – на сухостойном стволе *Acer platanoides*.
- Inonotus obliquus* (Pers.) Pilát – на живых стволах *Betula platyphylla* subsp. *mandshurica*, *B. grossa* и *B. pubescens*. Ранее был отмечен только на *Betula pendula* var. *carelica* (Заводовский, 2013).

**Lyomyces crustosus* (Pers.) P. Karst. [≡ *Basidioradulum crustosum* (Pers.) Zmitr., Malysheva et Spirin] – на сухих ветвях *Salix caprea*, PTZ 2274.

**Oxyporus corticola* (Fr.) Ryvarden – в морозобойной трещине ствола *Acer platanoides*.

O. populinus (Schumach.) Donk – на сухих ветвях и в морозобойных трещинах *Sorbus americana* Marshall. Ранее был отмечен на *Acer negundo*, *A. platanoides* и *Ulmus laevis* (Заводовский, 2013, 2016).

****Peniophora rufomarginata*** (Pers.) Bourdot et Galzin – на сухих ветвях *Tilia cordata*, PTZ 2270.

**Phaeoclavulina abietina* (Pers.) Giachini [≡ *Ramaria abietina* (Pers.) Qué.] – на почве под деревьями *Picea pungens*, PTZ 2332.

**P. flaccida* (Fr.) Giachini [≡ *Ramaria flaccida* (Fr.) Bourdot] – на почве под *Abies fraseri*, PTZ 2333.

**Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat. – на корнях *Larix sibirica*. Ранее был отмечен в заповедной зоне в сосняке брусничном (Заводовский, 2013).

**Phanerochaete velutina* (DC.) P. Karst. – на сухостойных стволах *Prunus padus* (PTZ 2262) и *Thuja occidentalis* (PTZ 2273).

Phellinus alni (Bondartsev) Parmasto [= *P. igniarius* (L.) Qué. pro parte] – на живых и усыхающих стволах *Acer platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *A. tataricum*, *Corylus avellana*, *Prunus cerasus*, *Quercus rubra*, *Juglans mandshurica*, *Sorbus americana*. Ранее был отмечен на *Acer platanoides* и *Sorbus americana* как *Phellinus igniarius* (Заводовский, 2013).

**P. chrysoloma* (Fr.) Donk – на усыхающем стволе *Abies balsamea*, PTZ 2253.

P. conchatus (Pers.) Qué. [≡ *Phellinopsis conchata* (Pers.) Y. C. Dai] – на живом стволе *Sorbus aucuparia*. Ранее упоминался на *Sorbus amurensis* (Заводовский, 2016).

P. laricis (Jacz. ex Pilát) Pilát [= *Phellinus niemelaei* M. Fisher, ≡ *Porodaedalea laricis* (Jacz. ex Pilát) Niemelä] – на усыхающих стволах *Larix gmelinii* и *L. kaempferi*, PTZ 2254. Ранее был отмечен на *Larix gmelinii* (Заводовский, 2016).

P. punctatus (Fr.) Pilát [≡ *Fomitiporia punctata* (P. Karst.) Murrill] – на живых, усыхающих и сухих ветвях, стволах и пнях *Corylus avellana*, *Crataegus sanguinea*, *Fraxinus americana*, *F. pennsylvanica*, *Juglans mandshurica*, *Malus sylvestris*, *Prunus cerasus*, *P. padus*, *Rhamnus cathartica*, *Salix caprea*. Ранее был отмечен на *Acer tataricum* subsp. *semenovii*, *Amelanchier spicata*, *Fraxinus pennsylvanica* [= *F. lanceolata*], *Quercus robur*, *Malus sylvestris*, *Syringa josikaea*, *S. vulgaris* (Заводовский, 2013).

P. robustus (P. Karst.) Bourdot et Galzin – на живом стволе *Acer platanoides* (Заводовский, 2016).

Piptoporus betulinus (Bull.) P. Karst. [≡ *Fomitopsis betulina* (Bull.) B. K. Cui, M. L. Han et Y. C. Dai] – на стволе *Betula pendula* var. *carelica* (Заводовский, 2013).

**Polyporus badius* (Pers.) Schwein. [≡ *Picipes badius* (Pers.) Zmitr. et Kovalenko] – на пне *Crataegus sanguinea*, PTZ 2252.

**P. leptcephalus* (Jacq.) Fr. [≡ *Cerioporus leptcephalus* (Jacq.) Zmitr.] – на пне *Betula pendula* var. *carelica*.

**Porotheleum fimbriatum* (Pers.) Fr. [≡ *Stromatoscypha fimbriatum* (Pers.) Donk] – на усыхающих стволах *Sorbus aucuparia*, PTZ 2431.

****Radulomyces confluens*** (Fr.) M. P. Christ. – на сухих ветвях *Acer tataricum*, PTZ 2275.

**Ramaria gracilis* (Pers.) Quél. – на почве под *Thuja occidentalis*, PTZ 2334.

**Steccherinum fimbriatum* (Pers.) J. Erikss. – на пне *Thuja occidentalis*, PTZ 2271.

**Stereum hirsutum* (Willd.) Pers. – на сухих ветвях *Acer platanooides*, *A. tataricum* subsp. *semenovii*, *Betula pubescens*, *Quercus robur*.

S. rugosum Pers. – на спиленном суку, в морозобойных трещинах, пнях *Corylus avellana*, *Juglans mandshurica*, *Quercus rubra*, *Rhamnus cathartica* и *Sorbus decora*. Ранее был отмечен на *Amelanchier spicata*, *Quercus robur* (Заводовский, 2013).

**S. sanguinolentum* (Alb. et Schwein.) Fr. – на пне *Pseudotsuga menziesii*, PTZ 2265.

**Subulicystidium longisporum* (Pat.) Parmasto – на пне *Sorbus aucuparia* subsp. *sibirica*, PTZ 2257.

**Thelephora palmata* Scop. (Fr.) – на почве под *Abies balsamea*, PTZ 2258.

**T. terrestris* Ehrh. – на комле стволов *Abies balsamea* и *Pseudotsuga menziesii*.

**Tomentella ellisii* (Sacc.) Jülich et Stalpers – на стволе *Thuja occidentalis*, PTZ 2278.

**T. radiosa* (P. Karst.) Rick – на пне *Betula grossa* и корне *Prunus maackii*, PTZ 2279.

**T. stuposa* (Link) Stalpers – на разрушенном пне *Corylus avellana*, PTZ 2277.

**Trametes ochracea* (Pers.) Gilb. et Ryvar den – на валежном буреломном стволе *Betula pubescens*.

T. pubescens (Schumach.) Pilát – на усыхающем стволе *Acer tataricum*. Ранее был отмечен на *Malus sylvestris* (Заводовский, 2016).

****Trechispora nivea*** (Pers.) K. H. Larss. – в морозобойной трещине на *Acer tataricum*, PTZ 2276.

**Xylodon radula* (Fr.) Tura, Zmitr., Wasser et Spirin [≡ *Basidioradulum radula* (Fr.) Nobles] – на усыхающих стволах и ветвях *Prunus maackii* и *Syringa josikaea*, PTZ 2264.

****X. rimosissimus*** (Peck) Hjortstam et Ryvar den – на сухих ветвях *Rhamnus cathartica*, PTZ 2272.

**X. sambuci* (Pers.) Tura, Zmitr., Wasser et Spirin [≡ *Lyomyces sambuci* (Pers.) P. Karst.] – на сухих ветвях *Pyrus pulcherrima* var. *scheideckeri*, PTZ 2283.

Среди хвойных древесных растений обследовано 24 вида. В настоящее время на большинстве из них плодовых тел афиллофоровых грибов не обнаружено. По 1–2 вида

афиллофоровых грибов отмечены только на 7 видах хвойных пород, исключение составляют деревья *Larix sibirica* и *Thuja occidentalis*, на которых выявлено 3 и 4 вида, соответственно (табл. 1). Макромицеты не обнаружены на деревьях из родов *Picea* и *Pinus*.

Состояние нескольких деревьев хвойных пород вызывает наибольшее беспокойство. Среди них *Abies balsamea*, *Larix gmelinii*, *L. kaempferi* и *L. sibirica*, которые повреждены *Phellinus chrysoloma* (*Abies balsamea* – 1 из 31 дерева) и *P. laricis* (*Larix gmelinii* – 1 из 8, *L. kaempferi* – 2 из 8, *L. sibirica* – 1 из 56), вызывающими ядровую гниль. При поражении деревьев этими грибами древесина становится рыхлой и распадается на волокна, в ней появляются пустоты и дупла, что впоследствии может стать причиной бурелома. Также на корнях *Larix sibirica* (на 2 из 56 деревьев) обнаружены плодовые тела *Phaeolus schweinitzii*, вызывающего бурую корневую и комлевую гниль, которая распространяется в нижней части стволов на высоту до 3 м. Наличие плодовых тел свидетельствует о повреждении корневой системы, что в дальнейшем может стать причиной ветровала.

Таблица 1. Число видов афиллофоровых грибов, выявленных на интродуцированных деревьях хвойных пород арборетума Ботанического сада ПетргУ.

Table 1. The number of aphyllorphoroid fungi of coniferous introduced trees in arboretum of Botanic Garden Petrozavodsk State University.

Вид древесного растения (число обследованных деревьев, шт.)	Общее число выявленных видов грибов	Число грибов, общих с другими древесными растениями арборетума / уникальных
<i>Abies balsamea</i> (L.) Mill. (31)	2	1 / 1
<i>A. concolor</i> (Gordon) Lindl. ex Hildebr. (5)	–	–
<i>A. fraseri</i> (Pursh) Poir. (18)	–	–
<i>A. holophylla</i> Maxim. (2)	–	–
<i>A. lasiocarpa</i> var. <i>arizonica</i> (Merriam) Lemmon (1)	–	–
<i>A. sibirica</i> Ledeb. (30)	–	–
<i>Larix archangelica</i> C. Lawson (2)	–	–
<i>L. czekanowskii</i> Szafer (2)	–	–
<i>L. decidua</i> Mill. (<i>L. decidua</i> var. <i>polonica</i> (Racib. ex Wóycicki) Ostenf. et Syrach) (5)	–	–
<i>L. gmelinii</i> (Rupr.) Kuzen. (8)	2	2 / –
<i>L. kaempferi</i> (Lamb.) Carrière (8)	1	1 / –
<i>Larix</i> × <i>polonica</i> Racib. (1)	–	–
<i>Larix sibirica</i> Ledeb. (56)	3	3 / –
<i>Picea</i> × <i>fennica</i> (Regel) Kom. (2)	–	–
<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss (21)	–	–
<i>P. omorika</i> (Pancic) Purk. (3)	–	–

<i>P. pungens</i> Engelm. (<i>P. pungens</i> f. <i>glauca</i> , <i>P. pungens</i> f. <i>viridis</i>) (33)	1	– / 1
<i>Pinus mugo</i> Turra (2)	–	–
<i>P. peuce</i> Griseb. (9)	–	–
<i>P. pumila</i> (Pall.) Regel (1)	–	–
<i>P. sibirica</i> Du Tour (18)	–	–
<i>P. strobus</i> L. (8)	–	–
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco (9)	2	1 / 1
<i>Thuja occidentalis</i> L. (18)	4	1 / 3

Таблица 2. Число видов афиллофоровых грибов, отмеченных на интродуцированных лиственных деревьях арборетума Ботанического сада ПетрГУ.

Table 2. The number of aphylloroid fungi of deciduous introduced trees in arboretum of Botanic Garden Petrozavodsk State University.

Вид древесного растения (число обследованных деревьев, шт.)	Общее число выявленных видов грибов	Число видов грибов, общих с другими древесными растениями арборетума / уникальных
<i>Acer negundo</i> L. (3)	1	1 / –
<i>A. platanoides</i> L. (= <i>A. platanoides</i> f. <i>schwedleri</i> (K. Koch) Schwer.) (46)	6	– / 3
<i>A. pseudoplatanus</i> L. (5)	1	1 / –
<i>A. tataricum</i> L. (9)	5	2 / 3
<i>A. tataricum</i> subsp. <i>ginnala</i> (Maxim.) Wesm. (6)	–	–
<i>A. tataricum</i> subsp. <i>semenovii</i> (Regel et Herder) A.E. Murray (3)	2	2 / –
<i>Aesculus hippocastanum</i> L. (2)	–	–
<i>Betula alleghaniensis</i> Britton (2)	–	–
<i>B. ermanii</i> Cham. (4)	–	–
<i>B. grossa</i> Siebold et Zucc. (6)	3	3 / –
<i>B. pendula</i> var. <i>carelica</i> (Merckl.) Hämet-Ahti (22)	3	1 / 2
<i>B. platyphylla</i> subsp. <i>mandshurica</i> (Regel) Kitag. (4)	1	1 / –
<i>B. pubescens</i> Ehrh. (27)	5	4 / 1
<i>Corylus avellana</i> L. (11)	5	3 / 2
<i>C. sieboldiana</i> var. <i>mandshurica</i> (Maxim.) C.K. Schneid. (2)	–	–

<i>Crataegus korolkowii</i> Regel ex C.K. Schneid. (2)	–	–
<i>C. sanguinea</i> Pall. (1)	2	1 / 1
<i>Fraxinus americana</i> L. (8)	1	1 / –
<i>F. excelsior</i> L. (7)	–	–
<i>F. pennsylvanica</i> Marshall (14)	1	1 / –
<i>Juglans mandshurica</i> Maxim. (10)	3	3 / –
<i>Malus baccata</i> (L.) Borkh. (5)	–	–
<i>M. sylvestris</i> (L.) Mill. (1)	2	2 / –
<i>Prunus cerasus</i> L. (5)	2	2 / –
<i>P. maackii</i> Rupr. (6)	4	3 / 1
<i>P. padus</i> L. (6)	6	4 / 2
<i>P. pensylvanica</i> L.f. (8)	1	1 / –
<i>Pyrus pulcherrima</i> var. <i>scheideckeri</i> (hort. ex Späth) L. H. Bailey (= <i>Malus</i> × <i>scheideckeri</i> (hort. ex Spath) Zabel) (2)	1	– / 1
<i>Quercus robur</i> L. (62)	4	4 / –
<i>Q. rubra</i> L. (12)	2	2 / –
<i>Q. sp.</i> (= <i>Q. mongolica</i> Fisch. ex Ledeb.) (1)	1	1 / –
<i>Rhamnus cathartica</i> L. (5)	3	2 / 1
*<i>Salix caprea</i> L. (1)	2	1 / 1
*<i>S. pentandra</i> L. (1)	–	–
<i>Sorbus americana</i> Marshall (14)	2	2 / –
<i>S. aucuparia</i> L. (19)	2	1 / 1
<i>S. aucuparia</i> subsp. <i>sibirica</i> (Hedl.) Krylov (1)	1	– / 1
<i>S. decora</i> (Sarg.) C.K. Schneid. (3)	2	2 / –
<i>S. discolor</i> (Maxim.) Maxim. (3)	–	–
<i>Syringa josikaea</i> J. Jacq. ex Rchb. f. (1)	2	2 / –
<i>Tilia amurensis</i> Rupr. (1)	–	–
<i>T. cordata</i> Mill. (22)	1	– / 1
<i>Ulmus laevis</i> Pall. (22)	2	1 / 1

Примечание. Полужирным шрифтом выделены аборигенные виды, но введенные в культуру (интродуцированные) на территории арборетума. Полужирным шрифтом со звездочкой выделены аборигенные виды, самосевные

Note. Native species introduced to the culture in arboretum are highlighted in bold. Native

species are highlighted in bold with star.

Кроме этого, на почве в арборетуме около хвойных пород выявлены 3 вида подстилочных сапротрофов, развивающихся на опаде – *Clavulinopsis luteoalba*, *Phaeoclavulina abietina*, *Ph. flaccida* и 4 вида эктомикоризообразователей – *Hydnum repandum*, *Ramaria gracilis*, *Thelephora palmata* и *T. terrestris*.

Среди лиственных растений арборетума обследовано 42 вида. Наибольшее число видов грибов обнаружено на стволах и ветвях 7 видов лиственных деревьев: на *Acer tataricum* (включая подвиды) – 7 видов афиллофоровых грибов, на *Acer platanoides* и *Prunus padus* – по 6, на *Betula pubescens* и *Corylus avellana* – по 5, на *Prunus maackii* и *Quercus robur* – по 4 (табл. 2). Афиллофоровые грибы не выявлены на *Aesculus hippocastanum*, *Betula alleghaniensis*, *B. ermanii*, *B. pubescens*, *Corylus sieboldiana* var. *mandshurica*, *Crataegus korolkowii*, *Malus baccata*, *Fraxinus excelsior*, *Populus tremula*, *Salix pentandra*, *Sorbus discolor*, *Tilia amurensis*.

Среди лиственных пород коррозионно-деструктивная ядровая гниль, вызванная *Inonotus obliquus*, отмечена у нескольких стволов берез: *Betula grossa* (у 1 из 6 деревьев), *B. pendula* var. *carelica* (у 3 из 22), *B. platyphylla* subsp. *mandshurica* (у 1 из 4), *Betula pubescens* (у 2 из 27). Пластинчатая ядровая гниль, вызванная *Oxyporus populinus*, выявлена на стволах *Acer platanoides* (на 10 из 46 деревьев), *A. negundo* (на 2 из 3), *Sorbus americana* (на 1 из 14), *Ulmus laevis* (на 1 из 22). Основной причиной развития этого патогена являются морозобойные трещины стволов.

На старых и поврежденных деревьях многих лиственных пород очень часто встречается быстро развивающаяся белая гниль стволов, вызванная *Phellinus alni* и *P. punctatus*. *Phellinus alni* отмечен на стволах *Acer platanoides* (на 6 из 46 деревьев), *Acer pseudoplatanus* (на 1 из 5), *Acer tataricum* (на 1 из 9), *Corylus avellana* (на 1 из 11), *Juglans mandshurica* (на 2 из 10), *Prunus cerasus* (на 1 из 5), *Quercus rubra* (на 1 из 12), *Sorbus americana* (на 2 из 14), *Phellinus punctatus* – на стволах *Acer tataricum* subsp. *semenovii* (на 1 из 3 деревьев), *Corylus avellana* (на 2 из 11), *Fraxinus americana* (на 4 из 8), *F. pennsylvanica* (на 3 из 14), *Juglans mandshurica* (на 1 из 10), *Quercus robur* (на 1 из 62), *Quercus rubra* (на 8 из 12), *Prunus cerasus* (на 1 из 5), *P. padus* (на 1 из 6), *Rhamnus cathartica* (на 1 из 5), а также на единичных стволах *Crataegus sanguinea* (на 1 из 1), *Malus sylvestris* (на 1 из 1) и *Salix caprea* (на 1 из 1).

На живых деревьях обнаружено 22 вида макромицетов. Большая часть (35) выявленных видов афиллофоровых грибов отмечена на пнях, усыхающих и сухих стволах, ветвях и сучьях. Эти грибы выполняют роль деструкторов отмерших частей растений. Несмотря на то, что количество видов, найденных на отмершей древесине, превышает количество, выявленных здесь на живых деревьях и кустарниках, оно значительно меньше количества видов, встречающихся в природных экосистемах (Руоколайнен, 2006; Бондарцева и др., 2014). Это объясняется тем, что в связи с проводимым уходом на территории сада наличие подходящих субстратов для развития грибов данной группы ограничено.

Новые для Республики Карелия виды афиллофоровых грибов выявлены в арборетуме как на интродуцированных видах деревьев (*Acer tataricum* (евразийский вид), *Thuja occidentalis* (североамериканский), *Rhamnus cathartica* (европейский)), так и на аборигенных видах, но находящихся на территории Карелии на границе своего ареала – *Acer platanoides*, *Ulmus laevis*, *Tilia cordata*.

Наибольшее число видов грибов отмечено на *Acer platanoides*, *A. tataricum*, *Corylus*

avellana и *Prunus padus*, что желательнее учитывать при закладке древесных насаждений на территории города. Среди зеленых насаждений на территории г. Петрозаводска на *Acer tataricum* отмечен еще 1 вид - *Daedaleopsis septentrionalis* (P. Karst.) Niemelä (Пуколайнен, 2006).

При сравнении результатов наших исследований по арборетуму Ботанического сада ПетрГУ с аналогичными исследованиями, проведенными в дендрарии Ботанического сада Петра Великого БИН РАН (г. Санкт-Петербург) и в дендросаде Северного научно-исследовательского института лесного хозяйства и дендрарии Северного (Арктического) федерального университета имени М. В. Ломоносова (г. Архангельск) отмечено, что чуть более половины (34 вида) выявленных видов найдены также и в других ботанических садах и дендрариях (Бондарцева и др., 2014; Ежов, 2016). К ним относятся *Antrodiella faginea*, *Baltazaria galactina*, *Cerrena unicolor*, *Daedaleopsis septentrionalis*, *Fomes fomentarius*, *Ganoderma applanatum*, *Gloeophyllum sepiarium*, *Hydnum repandum*, *Hymenochaetopsis tabacina*, *Hyphoderma setigerum*, *Hyphodontia barba-jovis*, *Hypochnicium bombycinum*, *Inonotus obliquus*, *Oxyporus populinus*, *Peniophora rufomarginata*, *Phaeolus schweinitzii*, *Phellinus alni*, *P. conchatus*, *P. laricis*, *P. punctatus*, *Piptoporus betulinus*, *Polyporus leptoccephalus*, *Radulomyces confluens*, *Stereum hirsutum*, *S. rugosum*, *S. sanguinolentum*, *Thelephora terrestris*, *Tomentella ellisii*, *T. radiosa*, *Trametes ochracea*, *T. pubescens*, *Trechispora nivea*, *Xylodon radula*, *X. sambuci*. Большая часть этих видов широко распространена как в городских насаждениях, так и в лесных экосистемах.

Специфичными для арборетума Ботанического сада ПетрГУ являются *Atheliachaete sanguinea*, *Athelopsis glaucina*, *Basidiaradulum crustosum*, *Botryobasidium medium*, *Dendrothele amygdalispora*, *Gliothele citrina*, *Oxyporus corticola*, *Phanerochaete velutina*, *Phellinus chrysoloma*, *P. robustus*, *Polyporus badius*, *Porothelium fimbriatum*, *Steccherinum fimbriatum*, *Subulicystidium longisporum*, *Tomentela stiposa*, *Xylodon rimosissimus*, а также развивающиеся на почве и подстилке *Clavulinopsis luteoalba*, *Phaeoclavulina abietina*, *P. flaccida*, *Ramaria gracilis*, *Thelephora palmata*. Многие из этих видов приурочены преимущественно к естественным насаждениям, а развитие их в арборетуме можно объяснить его близостью к большому массиву особо охраняемой зоны, занятой преимущественно лесом.

По числу выявленных видов разнообразие афиллофоровых грибов арборетума Ботанического сада ПетрГУ почти в 3 раза ниже, чем Ботанического сада Петра Великого БИН РАН (55 видов против 148). Это можно объяснить относительно небольшим возрастом посадок в арборетуме по сравнению с одним из старейших садов России, а также меньшей продолжительностью проводимых исследований.

Заключение

Согласно результатам исследования видового разнообразия афиллофоровых грибов арборетума Ботанического сада ПетрГУ, на древесных растениях в настоящее время выявлено 55 видов, среди которых 43 вида впервые отмечены на его территории, а 5 видов — впервые в Республике Карелия, включая 1 вид, зарегистрированный впервые в европейской части России. Среди выявленных макромицетов 38 видов отмечено на лиственных деревьях, 12 — на хвойных породах, 7 — на почве. Наибольшее число видов грибов обнаружено на стволах и ветвях деревьев лиственных пород: *Acer tataricum* — 7 видов, *Acer platanoides* и *Prunus padus* — по 6, *Betula pubescens* и *Corylus avellana* — по 5, *Prunus maackii* и *Quercus robur* — по 4. На хвойных породах отмечено по 1–2 вида

афиллофоровых грибов, исключение составляют *Larix sibirica* и *Thuja occidentalis*, на которых выявлено 3 и 4 вида, соответственно.

Дальнейший мониторинг и исследования сделать правильные рекомендации для выбора наиболее устойчивых видов древесных растений для озеленения.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития Петрозаводского государственного университета (ПСР 2016) и государственного задания Карельского научного центра РАН (Институт леса). Идентификация материала проведена В. М. Котковой в рамках государственного задания согласно тематическому плану БИН РАН по теме «Биоразнообразие, экология и структурно-функциональные особенности грибов и грибообразных протистов» (AAAA-A19-119020890079-6).

Литература

Аврорин Н. А. Переселение растений на Полярный Север. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1956. 286 с.

Базилевская Н. А. Теории и методы интродукции растений. М.: Изд-во МГУ, 1964. 131 с.

Бондарцева М. А., Коткова В. М., Змитрович И. В., Волобуев С. В. Афиллофороидные и гетеробазидиальные грибы Ботанического сада Петра Великого Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург) // Ботаника: история, теория, практика (к 300-летию основания Ботанического института им. В. Л. Комарова Российской академии наук): Тр. междунар. науч. конф. / Отв. ред. Д. В. Гельтман. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. С. 23—30.

Ежов О. Н. Афиллофоровые грибы в городских зеленых насаждениях Архангельской области // Изв. ВУЗов. Лесной журнал. 2016. № 2. С. 59—68.

Заводовский П. Г. Трутовые грибы Ботанического сада Петрозаводского государственного университета // Hortus bot. 2013. Т. 8. С. 47—50. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=1781> . DOI: 10.15393/j4.art.2013.1781 .

Заводовский П. Г. Новые находки видов афиллофороидных грибов из Ботанического сада Петрозаводского государственного университета (ПетрГУ) // Заповедники Крыма – 2016: биологическое и ландшафтное разнообразие, охрана и управление: Матер. VIII Междунар. науч.-практич. конф. Симферополь, 2016. С. 193—195.

Змитрович И. В. Семейства ателиевые и амилокортициевые. (Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. Вып. 3). М., СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 278 с.

Колмукиди С. В., Крюкова Е. А. Методы эколого-патологической оценки древесных растений в условиях интродукции для выявления их адаптивного потенциала // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. 2016. № 7—1. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/metody-ekologo-patologicheskoy-otsenki-drevesnyh-rasteniy-v-usloviyah-introduktsii-dlya-vyyavleniya-ih-adaptivnogo-potentsiala> (дата обращения: 29.04.2020).

Коткова В. М. Новые данные об афиллофоровых грибах ООПТ Ленинградской области. II. Региональный ландшафтный заказник «Шалово-Перечицкий» // Новости сист. низш. раст. 2009. Т. 43. С. 122—128.

Лапин П. И. Интродукция древесных растений в средней полосе Европейской части СССР. Л.: ВАСХНИЛ, 1974. 135 с.

Овечкина Т. Н. Aphyllorphorales – компоненты некоторых лесных экосистем Карелии / Дипломная работа. Петрозаводск, 2000. 50 с.

Руоколайнен А. В. Афиллофороидные грибы г. Петрозаводска и его окрестностей. Дис. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. 230 с.

Руоколайнен А. В., Коткова В. М. Новые сведения об афиллофоровых грибах (Basidiomycota) национального парка «Водлозерский» // Труды КарНЦ РАН. Сер. Биogeография. 2018. № 8. С. 126—131. DOI: 10.17076/bg745.

Руоколайнен А. В., Коткова В. М. Афиллофоровые грибы (Basidiomycota) островов северной части Ладожского озера (Республика Карелия) // Труды КарНЦ РАН. Сер. Биogeография. 2019. № 8. С. 17—29. DOI: 10.17076/bg955.

Bernicchia A., Gorjón S. P. Fungi Europaei. Vol. 12. Corticiaceae s. l. Italia: Massimo Candusso, 2010. 1008 p.

Index Fungorum. 2019. CABI Database. URL: <http://www.indexfungorum.org> (дата обращения: 28.11.2019).

Kotiranta H., Saarenoska R., Kytövuori I. Aphyllorphoroid fungi of Finland. A check-list with ecology, distribution, and threat categories // Norrlinia. 2009. 19. P. 1—223.

Ryvarden L., Melo I. Poroid fungi of Europe. Synopsis Fungorum. 2014. 31. P. 1—455.

The Plant List. Version 1.1. URL: <http://www.theplantlist.org/> (дата обращения: 16.12.2019).

Additions to the mycobiota of the Botanic Garden of Petrozavodsk State University

RUOKOLAINEN Anna Vladimirovna	Forest Research Institute of Karelian Research Centre RAS, Pushkinskaya, 11, Petrozavodsk, 185000, Russia aruokolainen@mail.ru
KOTKOVA Vera Matveevna	Komarov Botanical Institute of RAS, 2 Prof. Popov St., St. Petersburg, 197376, Russia VKotkova@binran.ru
EGLACHEVA Arina Vyacheslavovna	Petrozavodsk City Administration, 2 Lenin St., Petrozavodsk, 185000, Russia arinev@mail.ru

Key words:

arboretum, aphyllorphoroid fungi,
botanical garden, introduction,
mycobiota, wood plants,
Basidiomycetes

Summary: 55 species of aphyllorphoroid fungi were distinguished on 66 introduced deciduous and coniferous trees growing in the Botanical Garden's arboretum of Petrozavodsk State University (Republic Karelia). Five species (*Athelopsis glaucina*, *Dendrothele amygdalispora*, *Peniophora rufomarginata*, *Trechispora nivea*, *Xylodon rimosissimus*) are new for the Republic of Karelia, eight species - for the biogeographic province Karelia onegensis (Kon). *Dendrothele amygdalispora* is published for the first time for the European Russia. Data on habitats and substrates of all these species are presented. The specimens are kept in the Herbaria of the Karelian Research Centre (PTZ) and Komarov Botanical Institute RAS (LE). Most of the aphyllorphoroid fungi species were founded on the trunks and branches of deciduous trees: *Acer tataricum* – 7 species, *Acer platanoides* and *Prunus padus* – 6, *Betula pubescens* and *Corylus avellana* – 5, *Prunus maackii* and *Quercus robur* – 4. One–two species of aphyllorphoroid fungi were found on the conifers, with the exception of *Larix sibirica* and *Thuja occidentalis* on which 3 and 4 species of fungi were noted.

Reviewer: I. Zmitrovich

Is received: 17 december 2019 year

Is passed for the press: 29 may 2020 year

References

- Avrorin N. A. Relocation of plants to the Polar North. M., L.: Izd-vo AN SSSR, 1956. 286 p.
- Bazilevskaya N. A. Theories and methods of plant introduction. M.: Izd-vo MGU, 1964. 131 p.
- Bernicchia A., Gorjón S. P. Fungi Europaei. Vol. 12. Corticiaceae s. I. Italia: Massimo Candusso, 2010. 1008 p.
- Bondartseva M. A., Kotkova V. M., Zmitrovitch I. V., Volobuev S. V. Aphyllorphoroid and heterobasidioid fungi of the Peter the Great Botanical Garden of Komarov Botanical Institute of RAS (St. Petersburg) // Botany: history, theory, practice (to the 300th anniversary of the foundation Botanical Garden of Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Science):

Proceedings of the International Scientific Conference. Otv. red. D. V. Geltman. SPb.: Izd-vo SPbGETU «LETI», 2014. C. 23—30.

Ezhov O. N. Aphylophorales in the Urban Plantations of Arkhangelsk Region, *Izv. VUZov. Lesnoj zhurnal*. 2016. No. 2. P. 59—68.

Index Fungorum. 2019. CABI Database. URL: <http://www.indexfungorum.org> (data obratsheniya: 28.11.2019).

Kolmukidi S. V., Kryukova E. A. Methods of ecological and pathological evaluation of trees in conditions of introduction to determine their adaptive capacity // *The Science. Thought: The electronic periodical journal* 2016. No. 7—1. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/metody-ekologo-patologicheskoy-otsenki-drevesnyh-rasteniy-v-usloviyah-introduktsii-dlya-vyyavleniya-ih-adaptivnogo-potentsiala> (data obratsheniya: 29.04.2020).

Kotiranta H., Saarenoska R., Kytövuori I. Aphylophoroid fungi of Finland. A check-list with ecology, distribution, and threat categories. *Norrlinia*. 2009. 19. P. 1—223.

Kotkova V. M. New data on aphylophoraceous fungi of the protected areas of the Leningrad region. II. Regional landscape sanctuary «Shalovo-Perechitsky» // *Novosti sistematiki nizshikh rastenii*. 2009. T. 43. P. 122—128.

Lapin P. I. Introduction of woody plants in the middle lane of the European part of the USSR. L.: VASKhNIL, 1974. 135 p.

Ovetchkina T. N. Aphylophorales – components of some forest ecosystems in Karelia. *Diplomnaya rabota*. Petrozavodsk, 2000. 50 p.

Ruokolajnen A. V. Aphylophoroid fungi of Petrozavodsk and its vicinities: Cand. Biol. Sci. Diss. Petrozavodsk: KarNTs RAN, 2006. 230 p.

Ruokolajnen A. V., Kotkova V. M. Aphylophoroid fungi (Basidiomycota) on islands in the northern part of lake Ladoga (Republic of Karelia) // *Trans. KarRC RAS. Biogeography*. 2019. No. 8. C. 17—29. DOI: 10.17076/bg955.

Ruokolajnen A. V., Kotkova V. M. New data on aphylophoroid fungi (Basidiomycota) of the Vodlozersky National Park // *Trans. KarRC RAS. Biogeography*. 2018. No. 8. C. 126—131. DOI: 10.17076/bg745.

Ryvarden L., Melo I. Poroid fungi of Europe. *Synopsis Fungorum*. 2014. 31. P. 1—455.

The Plant List. Version 1.1. URL: <http://www.theplantlist.org/> (data obratsheniya: 16.12.2019).

Zavodovskij P. G. New records of the aphylophoroid fungi of the Botanical Garden of Petrozavodsk State University // *The Nature Reserves of the Crimea – 2016. Biological and Landscape Diversity, Conservation and Management: Proceedings of the VIII International Scientific-practical Conference*. Simferopol, 2016. P. 193—195.

Zavodovskij P. G. Polypore mushrooms of Botanic Garden of Petrozavodsk State University // *Hortus bot*. 2013. T. 8. C. 47—50. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=1781> . DOI: 10.15393/j4.art.2013.1781 .

Zmitrovitch I. V. Familia Atheliaceae et Amylocorticiaceae (Definitorium Fungorum Rossia. Ordo

Aphyllophorales. Fasc. 3). М., SPb.: Товарищество научныkh изданий КМК, 2008. 278 р.

Цитирование: Руоколайнен А. В., Коткова В. М., Еглачева А. В. Дополнения к микобиоте Ботанического сада Петрозаводского государственного университета // Hortus bot. 2020. Т. 15, 2020, стр. 80 - 95, URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=6865>.

DOI: [10.15393/j4.art.2020.6865](https://doi.org/10.15393/j4.art.2020.6865)

Cited as: Ruokolainen A. V., Kotkova V. M., Eglacheva A. V. (2020). Additions to the mycobiota of the Botanic Garden of Petrozavodsk State University // Hortus bot. 15, 80 - 95. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=6865>