

environment. When exposed to heavy metal pollution, wood sorrel loses the all symbiotic relations with fungi (Veselkin 2003).

The aim of the study has been to identify the ecological characteristics of the boreal species *Oxalis acetosella* growing in a landscape transformed by urbanization. This aim involved the following tasks: 1) study chemical properties of soils in undisturbed and disturbed ecosystems; 2) study the biological activity of soils; 3) identify distinctive patterns in the growth of the species in question. Surveys were carried out in middle taiga of Karelia. Material was sampled from Kivach strict nature reserve: mature bilberry spruce stand (control), and in the city of Petrozavodsk: under the canopy of small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) in a nature recreation area (Culture and Recreation Park). Soil for microbial-biochemical analyses was sampled following a conventional technique (Methods... 1996). The results show the edaphic conditions in the site changed abruptly under anthropogenic pressure. Changes in acidity, ash content, concentrations of nutrients and heavy metals were detected in urban soils. Disturbed soils demonstrated also structural and functional transformation of the microbial community. The resultant data disclose the mechanisms of physiological adaptation in plants, namely adaptation of forest plants to urban conditions, wherefore research into functional relations among biotic components in the plant-soil-microorganism system under specific site conditions needs to be continued.

ЭКТОМИКОРИЗНЫЕ ГРИБЫ В АЗОТНОМ РЕЖИМЕ ГРУБОГУМУСНЫХ ПОЧВ

Шубин В. И.

*Институт леса Карельского научного центра РАН,
Петрозаводск, Пушкинская, 11, Россия. 76-81-60
shubin@krc.karelia.ru*

Эктомикоризные грибы (ЭМГ) функционируют в состоянии эктомикориз древесных растений, мицелия и плодовых тел. Особенность ЭМГ является получение простых углеводов от симбионта-

растения (биотрофия), которые в первую очередь расходуются на формирование эктомикориз, затем – мицелия и в последнюю – плодовых тел. Главное значение ЭМГ в лесных биогеоценозах – участие в разложении органики (сапротрофия) и закрепление азота в корнеобитаемом слое почвы.

Сапротрофию ЭМГ можно условно разделить на непосредственную и ассоциативную. Непосредственная обусловлена происхождением ЭМГ от макромицетов-сапротрофов (Шубин, 2004). Выделена группа факультативных ЭМГ у которых сапротрофия преобладает. Однако у большинства ЭМГ сапротрофия значительно слабее, чем у макромицетов-сапротрофов или не обнаруживается. Основное значение в разложении органики принадлежит ассоциативной сапротрофии эктомикориз. В настоящее время формируется представление об эктомикоризе как многокомпонентной системе. В ней, кроме основных макросимбионтов (гриб-растение), участвуют несколько микросимбионтов в том числе, сапротрофов микромицетов и бактерий, а также азотофиксирующих микроорганизмов, обеспечивающих стабильное и продуктивное функционирование системы в целом (Лобакова, 2004). В грубогумусных почвах большая часть эктомикориз сосредоточена в лесной подстилке и гнилой древесине пней, валежных стволов и крупных корней. Непосредственная и ассоциативная сапротрофия эктомикориз обеспечивает древесным растениям получение органического азота непосредственно из лесного опада и отпада.

Закрепление азота в корнеобитаемом слое почвы осуществляется через его иммобилизацию в биомассе эктомикориз, мицелия и плодовых телах ЭМГ. В эктомикоризах грибные структуры составляют до 45% их объема. Разложение эктомикориз происходит в 4–5 раз быстрее, чем безмикоризных сосущих корешков. Сухой вес эктомикориз в сосняках зеленомошных южной подзоны тайги достигает 2,2 т/га (Орлов, Кошельков, 1971). Средняя продолжительность функционирования эктомикориз сосны около 4 лет. Отмирание эктомикориз происходит постепенно, обогащая почву элементами питания в зоне корней. В хвойных лесах Швеции до 20% лабильного азота заключено в эктомикоризах (Read, 1991). Основное функциональное значение

мицелия ЭМГ заключается в регулировании скорости разложения опада для стабилизации запаса лесной подстилки в почвах с низким содержанием гумуса в минеральных горизонтах (Шубин, 2004). Осуществляется это через разнообразие ЭМГ с различной способностью к сапротрофии и требовательностью к содержанию в почве подвижного азота, а также через взаимоотношения с другими сапротрофными организмами. Доминируя в лесной подстилке мицелий ЭМГ, через усиление дефицита подвижного азота, ограничивает развитие других сапротрофных организмов. При этом ЭМГ могут накапливать биомассу мицелия занимающую до 90% объема лесной подстилки. Плодоношение ЭМГ зависит от снабжения их углеводами древесными растениями. В густых насаждениях плодоношение ЭМГ отсутствует или слабое, но не ограничивается образованием эктомикориз и развитие мицелия. Изреживание таких насаждений повышая интенсивность фотосинтеза у оставшихся деревьев, вызывает или усиливает плодоношение. При этом увеличивается содержание в почве элементов питания, что также способствует плодоношению ЭМГ. Нами установлено, что сезонные колебания урожая ЭМГ обусловлены накоплением и использованием на образование плодовых тел содержащего в почве подвижного азота (Шубин, 2008). Поэтому плодоношение ЭМГ следует также рассматривать как один из барьеров по ограничению потерь подвижного азота корнеобитаемым слоем почвы.

ECTOMYCORRHYZAL FUNGI IN THE NITROGEN REGIME OF MOR SOILS

Shubin V. I.

*Forest Research Institute, Karelian Research Centre, RAS
185910 Petrozavodsk, 11 Pushkinskaya St., 76-81-60
shubin@krc.karelia.ru*

Ectomycorrhizal fungi (EMF) may function in the form of ectomycorrhizae of woody plants, mycelium and fruitbodies. The distinctive feature of EMF is that they derive simple carbohydrates from the symbiotic plant (biotrophy), and spend them first on formation

of ectomycorrhizae, then – mycelium, and last – fruitbodies. The main role of EMF in forest coenoses is participation in organic matter decomposition (saprotrophy) and nitrogen fixation in the root-inhabited soil layer.

EMF saprotrophy can be conventionally grouped into direct and associative. Direct saprotrophy is due to EMF origin from saprotrophic macrofungi (Shubin 2004). There is a group of facultative EMF, in which saprotrophy prevails. In most EMF however, saprotrophy is much weaker than in saprotrophic macrofungi, if at all observed. The leading part in organic matter decomposition belongs to associative saprotrophy of ectomycorrhizae. The idea of ectomycorrhiza forming today is that of a multi-component system. In addition to the main symbiotic macroorganisms (fungus/plant), there participate several symbiotic microorganisms, including saprotrophic microfungi and bacteria, as well as nitrogen-fixing microorganisms, which ensure steady and productive operation of the system in general (Lobakova 2004). The bulk of ectomycorrhizae in mor soils is concentrated in the forest floor and decaying wood of stumps, fallen trunks and large roots. Owing to direct and associative ectomycorrhizal saprotrophy, woody plants get organic nitrogen directly from the forest floor and die-back.

Nitrogen is fixed in the root-inhabited layer through its immobilization in the biomass of EMF ectomycorrhizae, mycelium and fruitbodies. Fungal structures constitute up to 45% of ectomycorrhizal volume. Ectomycorrhizae decompose 4–5 times faster than non-fungus feeding roots. Dry weight of ectomycorrhizae in true moss pine forests in southern taiga is up to 2.2 tons/ha (Orlov and Koshel'kov 1971). Average active life span of pine ectomycorrhizae is about 4 years. Ectomycorrhizae die back gradually, enriching the soil in the root-inhabited zone with nutrients. In coniferous forests of Sweden, up to 20% of labile nitrogen is contained within ectomycorrhizae (Read 1991). The main functional role of EMF mycelium is regulation of litter decomposition rate to stabilize forest floor stock in soils with low humus content in mineral horizons (Shubin 2004). This is achieved through the diversity of EMF, which differ in saprotrophic capacity and demand for labile nitrogen content in the soil, as well as through

interactions with other saprotrophic organisms. Dominating in the forest floor, EMF mycelium strengthens labile nitrogen deficit thus restricting the development of other saprotrophic organisms. EMF may accumulate mycelium biomass up to 90% of the forest floor volume. EMF fruiting depends on the supply of carbohydrates from woody plants. In dense stands, EMF fruiting is poor or absent, but ectomycorrhizae formation and mycelium development are not inhibited. If such stands grow sparser, photosynthesis intensity in remaining trees grows higher, inducing or intensifying EMF fruiting. In sparser stands, nutrient content in the soil increases, also promoting EMF fruiting. We found that seasonal variations of EMF yields are due to due to accumulation and consumption in fruitbody formation of labile nitrogen in the soil (Shubin 2008). Hence, EMF fruiting should also be considered as a barrier to labile nitrogen losses from the root-inhabited soil layer.