

УДК 581.557.24:581.144.2:633.88

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И СТРОЕНИЕ ЭНДОМИКОРИЗЫ У ТРЕХ ВИДОВ ЭКДИСТЕРОИДСИНТЕЗИРУЮЩИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Т.Н. ТИМОФЕЕВА*, Н.П. ТИМОФЕЕВ**

*Чебоксарский государственный университет им. И.Н. Ульянова
Чебоксары, Россия

**НПП КХ БИО
Коряжма, Россия
E-mail: cheb@leuzea.ru, timfbio@atnet.ru

Изучены особенности формирования симбиоза (эндомикоризы) корневой системы у трех видов эклистероидсинтезирующих растений (*Rhaponticum carthamoides*, *R. scariosum*, *Serratula coronata*) с гломусовыми грибами из рода *Glomus* (Glomeraceae: Glomeromycota).

Известно, что для формирования продуктивности и биосинтеза действующих веществ у эклистероидсинтезирующих (ЭС) растений *Rhaponticum carthamoides* (леuzeя сафлоровидная) и *Serratula coronata* (серпуха венценосная) теплообеспеченность района и плодородие почвы не имеют решающего значения [Тимофеев, 2009]. Также существует динамическая связь между надземными и подземными органами, взаимно влияющими на биосинтез эклистероидов и опосредованные через корневую систему [Тимофеев, 2006]. Полученные данные, подтверждающие важность подземных органов в синтезе и накоплении эклистероидов, позволили нам приступить к изучению особенностей формирования и строения эндомикоризы – симбиоза корневой системы ЭС-растений с эндофитными грибами.

Методика. Отобрано и исследовано более 200 образцов микоризы от трех видов ЭС-растений (*R. carthamoides*, *R. scariosum*, *S. coronata*) в возрасте с 1-го по 20-й год жизни. Образцы (микотрофные придаточные корни) отбирались как в течение вегетационного периода – по основным фазам развития, так и во время вынужденного и глубокого покоя в течение годового цикла – в позднеосенний, зимний и ранневесенний периоды из-под снежного покрова. В работе использовали микробиологические методы (окраска и идентификация гломусовых грибов через микроскопы БИОЛАМ-И и МИКМЕД-1 с увеличением в 150–600 раз: мацерация, делигнификация и экстракция в 16 % КОН в течение 2 ч при 100 °С, промывка, окраска лактофенолом голубым и лактофенолом пикриновым в молочной кислоте, закрепление).

Результаты. Установлено, что жизнедеятельность изученных видов ЭС-растений (*R. carthamoides*, *R. scariosum*, *S. coronata*) в онтогенезе тесно связана с симбиотическими взаимоотношениями с гломусовыми грибами ssp. *Glomus* из сем. Glomeraceae (ранее Glomaceae), относящихся к классу Glomeromycetes, отряду Glomeromycota. Ранее эндомикоризные грибы относили к классу Zigomycetes из отряда Phytomycota [Катенин, 1972].

Гломусовые грибы селятся в корнях первичного строения, имеющих тонкую клеточную стенку (у растений генеративного периода V–VIII порядка ветвления для *R. carthamoides* и III–VI порядка для *S. coronata*). Их распространение за пределы корней ограничено первичной корой. В центральном цилиндре, эндодерме, пробковом слое корней вторичного строения, а также в одревесневших корнях третичного строения (I–IV порядка ветвления для *R. carthamoides* и I–II порядка для *S. coronata*) структуры гломусовых грибов не встречаются.

Эндомикориза как морфологический фенотип возникает в результате объединения генотипов двух разных организмов, первоначально (после перезимовки) формируясь на корнях растения-хозяина последнего порядка ветвления (в генеративном периоде это V порядок для

R. carthamoides, III порядок для *S. coronata*). Тип *Arum* (дихотомически разветвленная ВАМ – везикулярно-арбускулярная микориза). Местоположение – в межклеточном пространстве апопласта и межклетниках коровой паренхимы кортекса. Распространение гриба интраадикальное, характеризуется обильным межклеточным ростом гиф гриба. Морфологическое строение, формирование и развитие ВАМ во время вегетации идентично для всех трех видов ЭС-растений.

Известно, что гломусовые грибы не могут развиваться автономно, они обязательно должны быть связаны с корневой системой растений. Предполагается, что прорастание и инфицирование растений микоризообразующими грибами стимулируется корневыми выделениями, содержащими сигнальные молекулы – эхдистероиды. Инфицирование происходит из фрагментов гиф и везикул в отмерших корнях, которые содержатся в качестве примесей внутри корневища и в почве. Первоначально это происходит в ходе прорастания семян или же гриб-симбионт внедряется и развивается в апикальных корешках диаметром 30–60 мкм (перезаражение), вызывая многократное их ветвление (на 3–4 порядка). Через сеть сосудов инфекция не передается, поэтому индекс микотрофности может меняться в широких пределах.

После инфицирования гриб вызывает дихотомическое ветвление и рост симбиотических структур. Вначале образуется линейная сеть мицелия в виде вильчато разветвленных гифов диаметром 1–2 мкм и числом нитей от 2–6 до 10–24 (32) шт. На гифах затем формируются узелковидно-клубневидные образования (везикулы) размером от $(2-5) \times (3-7)$ до $(7-10) \times (15-20)$ мкм. Крупные везикулы многочисленны во время бутонизации, они в 2–5 раз превосходят размеры растительных клеток ($60-150 \text{ мкм}^2$ против 25–40). Везикулы имеют несколько ядер, и по всей вероятности, являются центрами ферментативного синтеза и биохимической трансформации органического вещества. Через сеть интраадикального мицелия, погруженного в жидкую среду апопласта, происходит обмен веществ между почвой, грибом и растением.

В зависимости от возраста инфицированных корешков можно выделить четыре этапа развития эндомикоризы, которые соответствуют порядку ветвления придаточных корней растения-хозяина:

1. Новообразованная микориза – формируется на придаточных корнях последнего порядка ветвления диаметром 30–50 мкм. Окраска корней светлая (белесая), нити гиф редки (2–6 шт.) и тонки (1,2–1,5 мкм); везикулы мелкие, овальные, размером $(2-5) \times (3-7)$ мкм.

2. Молодая вторичная микориза – разрастается в пространстве апопласта корешков предпоследнего порядка ветвления диаметром 60–80 мкм. Окраска корней светло-желтая (желтая), нити гиф многочисленны (8–14 шт.) и толще (1,2–2,2 мкм), везикулы крупные ($5-7 \times 8-12$ мкм).

3. Зрелая микориза – присутствует в корешках диаметром 100–120 мкм. Окраска корней желто-коричневая (коричневая), нити гиф обильны (10–26 шт.), везикулы эллипсоидные, многократно превышают размеры клеток корней растения ($(7-10) \times (15-20)$ против $(3-5) \times (6-8)$ мкм).

4. Старая микориза диаметром 180–240 мкм обнаружена в корнях темного цвета. Мицелий гриба деградирован на отдельные фрагменты. В зависимости от развитости процесса лизиса число нитей гиф может быть от 0 до 26. Везикулы мелкие, размером $(3-5) \times (5-8)$ мкм.

Многочисленные структуры в отдельных клетках, похожие на арбускулы, обнаружены только после завершения вегетации и перехода в фазу покоя (ноябрь – январь). Возможно, арбускулы в теплое время года не успевают сформироваться, быстро лизируясь растением-хозяином.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке научного гранта РФФИ и Администрации Архангельской области (грант № 08-04-98840).

ЛИТЕРАТУРА

- Катенин А.Е. Микориза растений северо-востока Европейской части СССР. Л., 1972. 140 с.
Тимофеев Н.П. Влияние климатических факторов на рост, развитие и биосинтез эхдистероидов в фитомассе *Rhizoglyphus carthamoides* // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. М., 2009. Т. 2. С. 305–307.

Тимофеев Н.П. Продуктивность и динамика содержания фитоэктистероидов в агропопуляциях *Rhaponticum carthamoides* и *Serratula coronata* // Раст. ресурсы. 2006. Т. 42, вып. 2. С. 17–36.

**IDENTIFICATION AND CONSTITUTION ENDO-MYCORRHIZA
AT THREE ECDYSTEROID SYNTHESISING MEDICINAL PLANTS**

T.N. TIMOFEEVA*, N.P. TIMOFEEV**

*Chuvash State University named I. N. Ulyanov, Cheboksary

***CF BIO Research-Production Enterprise, Koryazma*

Laws of feature formation of symbiose (endomycorrhiza) an assemblage of rootlets at 3 species ecdysteroid-synthesising plants (*Rhaponticum carthamoides*, *R. scariosum*, *Serratula coronata*) with fungi from genus *Glomus* (Glomeraceae: Glomeromycota) were studied.