

УДК 57.063.8:630.332.2

Г. А. Волченкова, аспирант (БГТУ); В. Б. Звягинцев, кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой (БГТУ); А. В. Савицкий, студент (БГТУ)

СКРИНИНГ ШТАММОВ *PHLEBIOPSIS GIGANTEA* (Fr.) JÜLICH ПО ПРИЖИВАЕМОСТИ НА ПНЯХ СОСНЫ ПОСЛЕ РУБОК УХОДА

В комплексе мероприятий по ограничению вредоносности корневой губки в лесных насаждениях широкое применение получил биологический метод, заключающийся в обработке пней препаратами на основе антагонистического гриба *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich. С целью поиска эффективных белорусских штаммов гриба-антагониста была изучена приживаемость на пнях сосны семи штаммов *P. gigantea*, проявивших наилучшие антагонистические свойства в лабораторных условиях. По результатам исследований было отобрано два штамма, которые обладают наилучшей приживаемостью на древесине сосны в естественных условиях, образуя уже через шесть месяцев плодовые тела на 76,0–92,6% обработанных пней, и могут послужить основой для создания отечественного биопрепарата.

Biological method, consisted in stump treatment with preparations on the basis of antagonistic fungus *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich has a wide application in the complex of protective measures, restricting harmfulness of *Heterobasidion* spp. Efficacy of pine stump wood colonization with seven strains of *P. gigantea*, screened during laboratory experiments, was investigated for selection of effective belarusian strains of antagonist. According to conducted experiments two strains that have the best colonization ability in forming fruiting bodies on 76.0–92.6% treated stumps in six months were selected. These strains can underline development of native biological preparation.

Введение. В результате интенсификации лесохозяйственной деятельности и увеличения антропогенной нагрузки на биогеоценозы происходит ослабление лесных насаждений и резкое усиление вредоносности фитопатогенных организмов, а вызываемые ими заболевания приобретают эпифитотийный характер. Наибольшую опасность для хвойных насаждений Беларуси представляют корневые гнили, вызываемые патогенными грибами рода *Heterobasidion* spp.

Еще в середине прошлого столетия Дж. Ришбет выдвинул и подтвердил теорию о том, что массовое проникновение корневой губки в насаждение происходит путем прорастания спор патогена на свежих поверхностях пней после проведения рубок [1]. Обнаруженный факт позволил ему сделать вывод о том, что снизить количество инфекции и уменьшить патологический отпад в насаждении можно путем обработки пней химическими веществами или искусственным заселением свежесрубленных пней грибами-антагонистами. Именно биологическому методу, основанному на антагонистических и конкурентных взаимоотношениях между агентами биозащиты и возбудителем заболевания, было отдано первостепенное значение, поскольку применение данного метода в комплексе с другими лесохозяйственными мероприятиями позволяет достичь наибольшего лесозащитного и экономического эффекта, а также избежать вредного воздействия на окружающую среду [2].

В результате многочисленных исследований был предложен ряд микоризных и сапро-

трофных дереворазрушающих грибов, которые могут быть использованы в качестве агентов биологической защиты. Среди широкого спектра испытанных антагонистов наилучшие показатели имеет сапротрофный дереворазрушающий гриб *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich [3]. На его основе разработаны и успешно применяются в странах Западной Европы несколько биологических препаратов [4].

В связи с увеличением в лесах Беларуси количества сосновых насаждений, пораженных корневой губкой и низкой эффективностью проводимых лесозащитных мероприятий актуальным становится вопрос разработки отечественного биологического препарата на основе местных штаммов *P. gigantea*. Результативность такого препарата во многом зависит от индивидуальных характеристик используемого штамма гриба, поэтому изучение антагонистических свойств и отбор наиболее активных изолятов являются неотъемлемой частью процесса создания биопрепарата. Особое внимание необходимо уделять способности гриба осваивать древесный субстрат в естественных условиях. В связи с этим, наряду с лабораторными исследованиями по скринингу подходящего штамма, невозможно обойтись без полевых испытаний, являющихся завершающим этапом на пути поиска наилучшего агента биозащиты.

Материалы и методы. В результате предварительного скрининга в лабораторных условиях из 46 выделенных изолятов в 2011–2012 гг. нами было отобрано 7 штаммов *P. gigantea*, обладающих большей скоростью линейного роста, лучшей антагонистической активностью по

отношению к корневой губке, высокой дерево-разрушающей способностью и интенсивностью спорообразования [5, 6]. Осенью 2011 и весной 2012 г. было заложено 3 постоянные пробные площади (ППП) для изучения эффективности биологических мероприятий по ограничению вредоносности корневой губки в Центральном лесничестве Негорельского учебно-опытного лесхоза. Краткая лесоводственно-таксационная характеристика насаждений на ППП следующая:

- ППП № 5 (квартал 60, выдел 8): возраст – 45 лет, состав – 10С, тип леса – сосняк орляковый, бонитет – I, полнота – 0,8, площадь – 5,3 га;
- ППП № 6 (квартал 19, выдел 11): возраст – 45 лет, состав – 10С, тип леса – сосняк орляковый, бонитет – I, полнота – 0,9, площадь – 3 га;
- ППП № 7 (квартал 60, выдел 9): возраст – 46 лет, состав – 10С, тип леса – сосняк орляковый, бонитет – I, полнота – 0,9, площадь – 10 га.

После проведения рубок ухода поверхности пней были обработаны при помощи ранцевого опрыскивателя суспензией одиодиспер различных штаммов *P. gigantea* концентрацией 10 млн. КОЕ/л [2]. На ППП № 5 обработка проводилась 10.11.2011 г., на ППП № 6 – 29.04.2012 г., на ППП № 7 – 14.05.2012 г.

На ППП № 5 было испытано 4 штамма *P. gigantea*, отобранные в 2011 г. (PG 10.6.2, PG 10.7.1, PG 10.8.3, PG 10.10.2). Каждая из четырех секций пробной площади, на которых проводилась обработка пней, была разбита на 2 подсекции: на одной подсекции обработанные пни прикрывались подстилкой, на другой – оставались без прикрытия. Всего обработано 118 пней сосны (в том числе штаммом PG 10.6.2 – 48 пней, PG 10.7.1 – 27, PG 10.8.3 – 23, PG 10.10.2 – 20), из которых живыми оказалось 54, а остальные – пни деревьев, усохших к моменту рубки.

Семисекционная ППП № 6 послужила опытным объектом для изучения приживаемости шести штаммов *P. gigantea* (PG 10.6.2, PG 10.7.1, PG 10.8.3, PG 10.10.2, PG 11.5.1, PG 11.15.3). На каждой секции часть пней была расположена в ряду на волоке, а другая – под пологом леса. Перед проведением обработки пней на волоке с них были срезаны диски толщиной 2–5 см. Каждая секция включала по 4 варианта обработки: свежие пни на волоке без прикрытия; свежие пни на волоке, прикрываемые мхом; свежие пни на волоке, прикрываемые выпиленными дисками; более старые пни под пологом леса без прикрытия. Всего было обработано 325 пней на волоке и 207 пней под пологом леса.

На ППП № 7 проведена обработка пней семью штаммами *P. gigantea* (PG 10.6.2, PG 10.7.1, PG 10.8.3, PG 10.10.2, PG 11.3.1, PG 11.5.1,

PG 11.13.1). Поверхности пней обновлены путем выпиливания дисков, каждая секция включает четыре варианта обработки: пни без прикрытия, пни с прикрытием мхом, пни с прикрытием дисками, пни без спиливания дисков без прикрытия. Всего было обработано 693 пня сосны. В ноябре 2012 г. был проведен визуальный учет пней, заселенных антагонистом. Средняя приживаемость *P. gigantea* для штамма, а также по вариантам обработки определялась как отношение колонизированных пней к числу обработанных пней на соответствующей подсекции.

Основная часть. На ППП № 5 перечень пней, результаты которого представлены в табл. 1, проводился спустя год после проведения инокуляции.

Таблица 1

Приживаемость штаммов *P. gigantea* на пнях сосны, % (ППП № 5)

Штамм	Вариант опыта		Средняя приживаемость
	пни без прикрытия	пни, прикрытые подстилкой	
PG 10.6.2	62,5	30,0	44,4
PG 10.7.1	75,0	21,4	33,3
PG 10.8.3	57,1	50,0	55,6
PG 10.10.2	85,7	50,0	77,8
Средняя приживаемость	69,2	28,6	48,1

В целом на данной пробной площади приживаемость *P. gigantea* оказалась достаточно низкой – лишь на 48,1% пней образовались плодовые тела гриба, которые во всех вариантах покрывали до 20% торцевой поверхности древесного субстрата. Наилучшую приживаемость проявил штамм PG 10.10.2, который колонизировал 77,8% обработанных им пней. Такая низкая приживаемость испытанных штаммов вероятнее всего связана с проведением поздней обработки: в день инокуляции среднесуточная температура воздуха составила 2°C, а за последующие 10 дней ночью опускалась до –3,8°C.

На ППП № 6 уже через 3 месяца на торцевой и боковой поверхностях пней и даже на лесной подстилке вокруг пней наблюдалось интенсивное образование типичных распротертых плодовых тел антагониста, что позволило с легкостью оценить эффективность проведенной инокуляции. Результаты проведенного учета представлены в табл. 2.

Лучшую приживаемость в условиях пробной площади № 6 имеют штаммы PG 10.10.2 (заселено 92,6% обработанных пней), PG 10.6.2 и PG 10.7.1 (89,7%).

Таблица 2

Приживаемость штаммов *P. gigantea* на пнях сосны, % (ППП № 6)

Штамм	Вариант опыта				Средняя приживаемость
	пни на волоке без прикрытия	пни на волоке, прикрытые мхом	пни на волоке, прикрытые дисками	пни под пологом леса без прикрытия	
PG 10.6.2	94,4	100,0	94,4	64,3	89,7
PG 10.7.1	94,4	100,0	87,5	50,0	89,7
PG 10.8.3	100,0	73,3	85,7	80,6	84,6
PG 10.10.2	81,8	100,0	100,0	87,5	92,6
PG 11.5.1	95,7	95,7	86,4	63,9	82,7
PG 11.15.3	100,0	90,9	68,2	75,0	79,4
Средняя приживаемость	95,5	93,6	85,8	73,4	84,6

Результаты обработки на подсекциях также различались по вариантам. Вопреки нашим ожиданиям, на волоке, где пни после опрыскивания оставались неприкрытыми, наблюдалось наибольшее количество заселенных антагонистом пней (от 81,8 до 100,0% в зависимости от штамма, в среднем по варианту 95,5%). Однако в данном случае освоение грибом торцевой поверхности субстрата происходило с наименьшей интенсивностью: плодовые тела антагониста покрывали в среднем лишь 63,5% его площади. Приживаемость *P. gigantea* при прикрытии пней мхом или дисками также высока (93,6 и 85,8% соответственно), при этом наблюдается наибольшая средняя площадь покрытия поверхности пня мицелием гриба (88,0 и 77,7% поверхности соответственно). Под пологом леса, где древесина питательного субстрата была подсушена и частично уже заселена комплексом других ксилотрофных грибов, колонизировано в среднем 73,4% пней, а плодовые тела антагониста занимают 67,4% их торцевой поверхности.

На ППП № 7 так же, как и на предыдущей, в течение полугода образовались типичные плодовые тела *P. gigantea*. В табл. 3 приведены результаты пересчета колонизированных пней.

Средняя приживаемость антагониста на данной ППП оказалась несколько ниже, чем на

ППП № 6 (75,8%). Наилучшую эффективность инокуляции проявили штаммы PG 10.8.3 (83,1%), PG 11.3.1 (79,3%) и PG 10.7.1 (77,4%).

По вариантам обработки результаты также различались: на этот раз более эффективным оказалось прикрытия пней дисками (в среднем колонизировано 87,1% пней), которые создавали благоприятные условия температуры и влажности для прорастания спор, препятствуя проникновению солнечных лучей и иссушению поверхности субстрата. Прикрытия пней дисками и мхом также способствовало более интенсивному разрастанию мицелия *P. gigantea* по поверхности древесины: плодовые тела покрывали в среднем 77,3 и 79,6% торцевой поверхности пня соответственно.

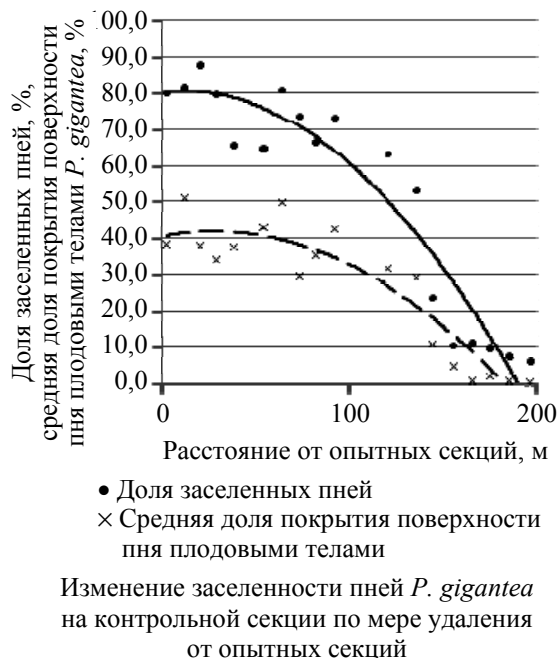
Следует отметить, что на контрольных секциях в условиях ППП № 6 и ППП № 7, где обработка пней не проводилась, также наблюдалось интенсивное образование плодовых тел *P. gigantea*. В необработанной части насаждения ППП № 6 антагонистом было колонизировано 73,1% пней, ППП № 7 – в среднем 55,4%. Следовательно, благодаря быстрому формированию плодовых тел и интенсивному спорообразованию, происходит активное распространение антагониста воздушными потоками.

Таблица 3

Приживаемость штаммов *P. gigantea* на пнях сосны, % (ППП № 7)

Штамм	Вариант опыта				Средняя приживаемость
	пни без прикрытия	пни, прикрытые мхом	пни, прикрытые дисками	старые пни без прикрытия	
PG 10.6.2	64,3	79,2	75,0	50,0	67,4
PG 10.7.1	78,3	65,4	93,9	66,7	77,4
PG 10.8.3	79,2	87,0	88,0	72,7	83,1
PG 10.10.2	74,3	73,9	91,3	60,0	76,0
PG 11.3.1	95,5	90,9	88,6	60,0	79,3
PG 11.5.1	79,3	75,9	83,3	50,0	75,0
PG 11.13.1	70,0	59,1	85,3	46,7	69,4
Средняя приживаемость	76,1	75,7	87,1	58,1	75,8

С целью изучения дальности переноса спорового материала *P. gigantea* на ППП № 7 был проведен пересчет заселенных пней в необработанной части насаждения на различном удалении от границы опытной секции (рисунок).



По результатам пересчета установлено, что с удалением от обработанных секций число заселенных пней на контрольном участке постепенно снижается. На расстоянии 145 м заселенность составляет 23,9%, а на расстоянии 196 м — 6,1%. Также изменяется и среднее покрытие поверхности пня плодовыми телами (от 50,8% возле опытного участка до 0,3% на расстоянии 196 м).

Таким образом, весенние рубки ухода с последующей обработкой пней *P. gigantea* способствуют лучшей приживаемости гриба, а также повышению инфекционного фона антагониста в насаждении, что создает неблагоприятные условия для развития корневой губки.

Заключение. Все тестируемые штаммы проявили способность колонизировать поверхности пней сосны. Заселенность пней зависит от индивидуальных особенностей антагониста и способа обработки. Наилучшую приживаемость на естественном субстрате показали штаммы PG 10.10.2 (заселено от 76,0 до 92,6%, в среднем 82,1% пней) и PG 10.8.3 (заселено от 55,6 до 84,6%, в среднем 74,4% пней). Данные

штаммы отобраны для дальнейшей разработки биологического препарата.

Наиболее результативной оказалась обработка свежих поверхностей пней с прикрытием мхом и дисками. Однако обработка без прикрытия также имеет достаточно высокую эффективность и, учитывая свою простоту, может быть рекомендована для применения в лесном хозяйстве.

Весенние рубки с внесением *P. gigantea* позволяют грибу не только колонизировать обработанный древесный субстрат, но и способствуют повышению инфекционного фона антагониста в насаждении благодаря интенсивной споруляции быстрорастущих плодовых тел.

Литература

1. Rishbeth, J. Observations on the biology of *Fomes annosus*, with particular reference to East Anglian pine plantations III. Natural and experimental infection of pines, and some factors affecting severity of the disease / J. Rishbeth // Ann. of Bot. — 1951. — Vol. XV, № 58. — P. 221–247.
2. *Heterobasidion annosum*: biology, ecology impact and control / Library of Congress Cataloging in Publication Data: edited by: S. Woodward [et al.]. — Cambridge: University Press, 1998. — 589 p.
3. Волченкова, Г. А. Развитие биологических методов ограничения вредоносности корневой губки / Г. А. Волченкова, В. Б. Звягинцев // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. / Ин-т леса Нац. акад. наук Беларуси. — 2011. — Вып. 71. — С. 445–455.
4. Pratt, L. E. Comparison of three products based on *Phlebiopsis gigantea* for the control of *Heterobasidion annosum* in Europe / J. E. Pratt, M. Niemi, Z. H. Sierota // Biocontrol Science and Technology. — 2000. — № 10. — P. 467–477.
5. Разработать и внедрить рекомендации по ограничению вредоносности корневой губки в сосновых лесных культурах и повышению их устойчивости и продуктивности: отчет о НИР (промежут.) / Белорус. гос. технол. ун-т; рук. темы В. Б. Звягинцев. — Минск, 2011. — 54 с.
6. Разработать и внедрить рекомендации по ограничению вредоносности корневой губки в сосновых лесных культурах и повышению их устойчивости и продуктивности: отчет о НИР (промежут.) / Белорус. гос. технол. ун-т; рук. темы В. Б. Звягинцев. — Минск, 2012. — 76 с.

Поступила 21.01.2012