

ВЛИЯНИЕ НЕОЧИЩЕННОГО ВОДНОГО ЭКСТРАКТА ЛИСТЬЕВ БРУСНИКИ НА ВОЗБУДИТЕЛЯ ГНИЛИ ЗЕМЛЯНИКИ *RHIZOPUS STOLONIFER*

Хижняк Сергей Витальевич, доктор биологических наук, доцент,
профессор кафедры «Экологии и природопользования», ИАЭТ
Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия
e-mail: skhizhnyak@yandex.ru

Еськова Елена Николаевна, кандидат биологических наук, доцент,
заведующая кафедрой «Экологии и природопользования», ИАЭТ
Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия
e-mail: nikeskov@mail.ru

Мучкин Иван Павлович, аспирант
кафедры «Экологии и природопользования», ИАЭТ
Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия
e-mail: vinni2427@gmail.com

Аннотация. Цель работы – изучить антигрибные свойства водной вытяжки листьев брусники *Vaccinium vitis-idaea* L. в отношении возбудителя текучей гнили земляники *Rhizopus stolonifer* Vuillemin (1902). Установлено, что вытяжка листьев брусники статистически значимо снижает прорастание спор *R. stolonifer* уже в концентрации 0,53 г/л в пересчёте на сухой лист. Зависимость антигрибного эффекта от концентрации вытяжки носит характер кривой с насыщением с выходом на плато в районе концентрации 17 г/л в пересчёте на сухой лист. Эта кривая может быть адекватно (коэффициент детерминации $R^2=0,997$) описана суммой двух логистических функций.

Ключевые слова: *Rhizopus stolonifer*, земляника, гниль земляники, *Vaccinium vitis-idaea*, вытяжка из листьев, прорастание спор, антигрибной эффект.

EFFECTS OF THE CRUDE WATER EXTRACT OF THE LEAVES OF LINGONBERRY ON THE CAUSATIVE AGENT OF STRAWBERRY ROT *RHIZOPUS STOLONIFER*

Khizhnyak Sergey Vitalievitch, doctor of biological sciences, associate professor,
professor of the department of “Ecology and nature management”, Institute of Agro-ecological technologies
Krasnoyarsk state agrarian university, Krasnoyarsk, Russia
e-mail: skhizhnyak@yandex.ru

Eskova Elena Nikolaevna, candidate of biological sciences, associate professor,
Head the department of “Ecology and nature management”, Institute of Agro-ecological technologies
Krasnoyarsk state agrarian university, Krasnoyarsk, Russia
e-mail: nikeskov@mail.ru

Muchkin Ivan Pavlovich, PhD student
of the department of “Ecology and nature management”, Institute of Agro-ecological technologies
Krasnoyarsk state agrarian university, Krasnoyarsk, Russia
e-mail: vinni2427@gmail.com

Abstract. The aim of this work was to study the antifungal properties of the water extract of the leaves of the lingonberry *Vaccinium vitis-idaea* L. against the causative agent of strawberry rot *Rhizopus stolonifer* Vuillemin (1902). It was found that the extract of lingonberry leaves statistically significantly reduces the germination of *R. stolonifer* spores already at a concentration of 0.53 g / l in terms of dry leaf. The dependence of the antifungal effect on the extract concentration has the character of a curve with saturation, reaching a plateau at a concentration of 17 g / L in terms of dry leaf. This curve can be adequately (coefficient of determination $R^2 = 0.997$) described by the sum of two logistic functions.

Key words: *Rhizopus stolonifer*, strawberry, strawberry rot, *Vaccinium vitis-idaea*, leaves extract, spore germination, antifungal effect.

Мицелиальный гриб *Rhizopus stolonifer* Vuillemin (1902) (отдел Zygomycota, класс Zygomycetes, порядок Mucorales, семейство Mucoraceae) является одним из наиболее распространённых возбудителей гнилей при хранении плодоовощной продукции. Благодаря

формированию столонов гриб способен к быстрой колонизации субстратов, что делает его одним из наиболее вредоносных возбудителей гнилей хранения [2, р. 1452-1462; 4, р. 47-63]. Относительно недавно *R. stolonifer* стал известен как возбудитель текучей (ризопусной) гнили земляники садовой *Fragaria × ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier (1785) [5, р. 254-255]. Болезнь практически одновременно стала актуальной для всех производящих землянику регионов, включая южные районы Российской Федерации, при этом потери урожая могут достигать 50-90% [1, с. 28-30].

Попытки подобрать фунгициды, сочетающие эффективность в отношении возбудителя ризопусной гнили с безопасностью для потребителя, на сегодняшний момент не увенчались успехом. В этой связи зарубежными исследователями рассматриваются альтернативные методы борьбы с *R. stolonifer* с помощью растительных экстрактов [3, р. 325-334; 6, р. 150-158]. Настоящее исследование посвящено проверке антифунгальной активности неочищенного водного экстракта листьев брусники *Vaccinium vitis-idaea* L. в отношении *R. stolonifer*.

Антифунгальную активность проверяли путём проращивания спор *R. stolonifer* в микрокультурах в жидкой среде Чапека-Докса в течение 12 часов при +24° С в присутствии разных концентраций экстракта листьев брусники с последующим подсчётом проросших и непроросших спор. Контролем служила жидкая среда Чапека-Докса без добавления экстракта (рис.1).

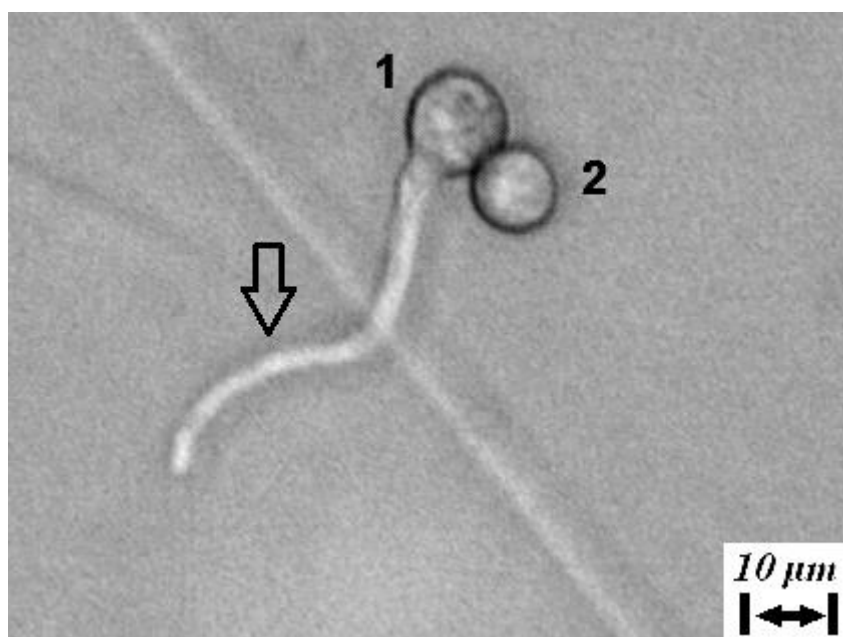


Рисунок 1 – Проросшая (1) и непроросшая (2) споры *R. stolonifer*; стрелкой показана проростковая гифа; ширина линейки 10 мкм.

Значимость различий между вариантами опыта и контролем по прорастанию спор проверяли с помощью точного F-теста для таблиц 2x2. Для множественного сравнения применяли критерий хи-квадрат. Подбор уравнений регрессии, описывающих зависимость антифунгального эффекта от концентрации экстракта, проводили с использованием модуля "Пользовательская регрессия", входящего в пакет StatSoft STATISTICA 6.0.

Установлено, что водный экстракт листьев брусники оказывает ярко выраженный антифунгальный эффект в отношении *R. stolonifer*. Статистически значимое снижение прорастания спор отмечено уже при концентрации экстракта 0,53 г/л в пересчёте на сухой лист. Кривая "доза-эффект" имеет вид кривой с насыщением с выходом на плато в районе концентрации 17 г/л в пересчёте на сухой лист. Эта кривая может быть адекватно (коэффициент детерминации $R^2=0,997$) описана суммой двух логистических функций (F1 и F2) вида

$$Y = Y_{\max} \frac{1}{1 + e^{k(X-X_0)}} \quad (1)$$

где Y – доля погибших спор, %; Y_{\max} – максимально возможная доля погибших спор, %; X – концентрация экстракта, г/л в пересчёте на сухой лист; X_0 – концентрация экстракта, при которой доля погибших спор равна половине от Y_{\max} ; k – коэффициент.

Подобранные по методу наименьших квадратов параметры Y_{max} , X_0 и k для функции F1 равны соответственно 61,04177, 0,539532 и 66,9231; для функции F2 соответственно 20,80989, 8,228941 и 0,739612. Теоретическая кривая, построенная на основе суммы функций F1 и F2, демонстрирует высокое совпадение (коэффициент детерминации $R^2=0,997$) с экспериментальными значениями (рис. 2).

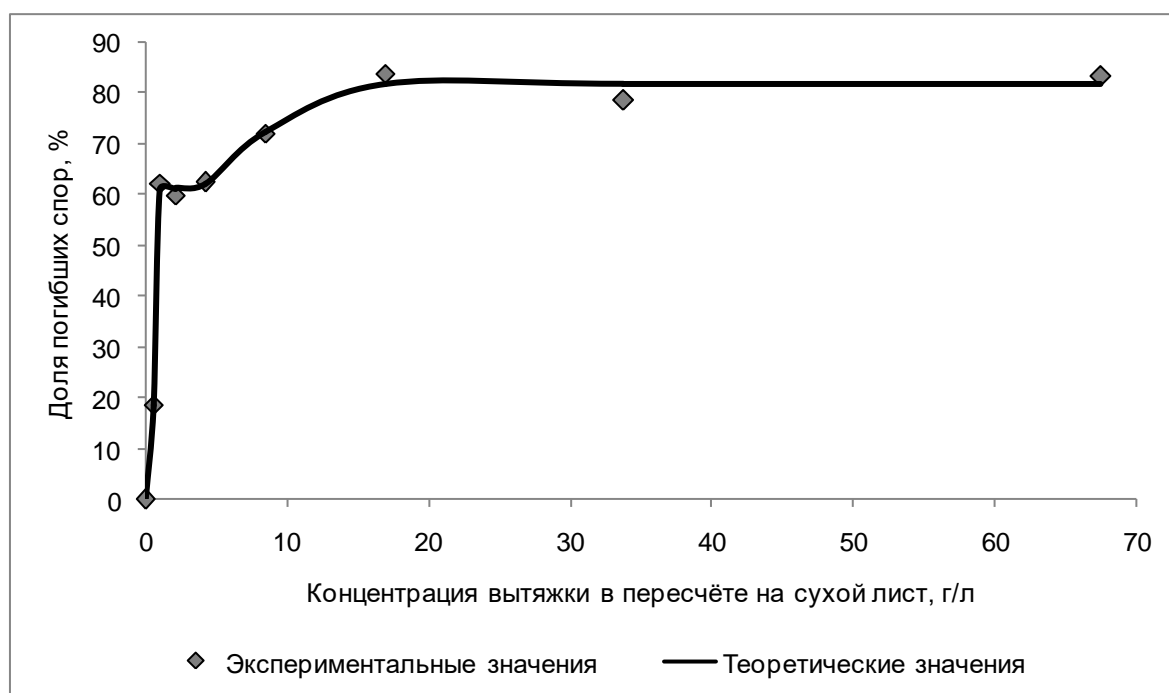


Рисунок 2 – Теоретическая кривая для суммы функций F1+F2 и экспериментальные значения.

Можно предположить, что функции F1 и F2 соответствуют двум разным фунгицидным соединениям, входящим в состав экстракта листьев брусники. Первое соединение несёт ответственность за гибель 61% спор, второе соединение – за гибель 20,8% спор.

Несмотря на то, что полного подавления *R. stolonifer* в нашем эксперименте не наблюдалось, эффективность водной вытяжки листьев брусники оказалась вполне сопоставимой с эффективностью других природных антигрибных средств, изученных в работах [3, р. 325-334] и [6, р. 150-158].

Таким образом, вытяжку из листьев брусники можно рассматривать в качестве перспективного и безопасного для потребителей фунгицида растительного происхождения для борьбы с текущей (ризопусной) гнилью земляники.

Список литературы

1. Холод Н.А. Болезни земляники на юге России / Н.А. Холод // Защита и карантин растений. 2013. №10. С. 28-30.
2. Baggio J.S. Spatiotemporal analyses of rhizopus rot progress in peach fruit inoculated with *Rhizopus stolonifer* / J.S. Baggio, B. Hau, L. Amorim // Plant Pathology. 2017. № 66. P. 1452–1462.
3. De Corato U. Evaluation of an alternative mean for controlling postharvest *Rhizopus* rot of strawberries / U. De Corato, R. Salimbeni, A. De Pretis // Adv. Hort. Sci. 2018. № 32(3). P. 325-334.
4. Feliziani E. Postharvest Decay of Strawberry Fruit: Etiology, Epidemiology, and Disease Management / E. Feliziani, G. Romanazzi // Journal of Berry Research. 2016. Vol. 6 (1). P. 47-63.
5. Lin C.P. First report of rhizopus rot of strawberry fruit caused by *Rhizopus stolonifer* in Taiwan / C.P. Lin, J.N. Tsai, P.J. Ann, J.T. Chang, P.R. Chen // Plant Disease. 2017. № 101(1). P. 254-255.
6. Oliveira J. Control of *Rhizopus stolonifer* in strawberries by the combination of essential oil with carboxymethylcellulose / J. Oliveira, M.C.M. Parisi, J.S. Baggio, P.P.M. Silva, B. Paviani, M.H.F. Spoto, E.M. Gloria // Int J Food Microbiol. 2019. № 292. P. 150-158.