

ИНФЕКЦИОННОЕ УСУХАНИЕ ПОБЕГОВ *PINUS SYLVESTRIS* L. В НАСАЖДЕНИЯХ БЕЛАРУСИ

В. А. Ярмолович, Н. О. Азовская

Белорусский государственный технологический университет, mycology@tut.by

В Республике Беларусь сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) является основной лесообразующей породой, занимая более 50 % покрытой лесом площади. Ежегодно искусственное лесовосстановление и лесоразведение этой породы производится на площади свыше 25 тыс. га (около 66 % площади всех создаваемых в республике лесных культур). В лесных культурах и молодняках сосны, наряду с такими широко распространенными заболеваниями как корневые гнили, вызываемые корневой губкой и опенком осенним, большое значение имеет ряд болезней, приводящих к поражению и усыханию молодых формирующихся побегов деревьев. Они повсеместно встречаются на лесных древесных породах не только в Беларуси, но и в других странах мира, где произрастает сосна. Инфекционная этиология, а также сходные симптомы и признаки таких заболеваний позволяют объединить их в тип болезни «инфекционное усыхание побегов».

В 2009 г. лесопатологической партией РУП «Белгослес» в лесных культурах и молодняках сосны в Беларуси было выявлено массовое поражение и усыхание побегов от воздействия патогенных организмов (Сазонов и др., 2010). Распространенность болезни на многих участках достигала 40–60 %. Основного возбудителя болезни, приводящего к усыханию побегов, на момент проведения полевых исследований идентифицировать не удалось в связи с новыми для республики симптомами поражения растений сосны. Это явилось одной из основных причин проведения научных исследований в рамках данной работы. Актуальность работы обусловлена значительной распространенностью инфекционного усыхания побегов, недостаточной изученностью в Беларуси фитопатогенных организмов, вызывающих этот тип болезни, и отсутствием системы защитных мероприятий.

Изученность инфекционных болезней побегов молодых растений сосны обыкновенной

Проблемами, связанными с усыханием побегов сосны, занимались ученые на протяжении векового периода на территории более чем 30 стран в связи с широкой распространенностью и значительной вредоносностью данного типа болезни. К наиболее распространенным патогенам, вызывающим усыхание побегов сосны, Т. Kurkela (1990), Н. И. Федоров (2004) и др. относят грибы: *Gremmeniella abietina* (Lagerb.) Morelet (возбудитель побегового рака), *Sclerophoma pityophila* (Corda) v. Höhn (возбудитель склерофомоза), *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko & B. Sutton [= *Diplodia pinea* (Desm.) J. Kickx f.] (возбудитель диплодиевого некроза), *Melampsora pinitorqua* Rostr. (возбудитель искривления побегов сосны). Изучением возбудителей усыхания побегов сосны занимались в разное время на территории бывшего СССР – П. Г. Трошанин (1952), А. П. Василюскас (1969), В. Н. Федоров (1978), В. И. Крутов (1987, 1994), В. И. Крутов, М. Э. Хансо (1989), Д. Б. Беломесяцева (2007), Н. Ф. Кириленкова (2008), Э. С. Соколова (2009) и др.; в других странах – Y. Naidenow (1990), M. Sakowska-Krzencessa (1990), M. Giertych, R. Rozkowski (1990), P. Barklund (1990), K. Derome (1995), A. Donaubaauer (1995), U. Heiniger (1995), J. Kaitera et al. (1998), G. Laflamme et al. (1998) и др. В англоязычной научной литературе синонимами инфекционного усыхания побегов являются: «shoot blight» (увядание, усыхание побегов), «dieback» (отмирание, верхушечное усыхание) и «cankers» (некрозы, или раковые язвы).

Анализ литературных данных показал, что мероприятия по защите сосны от комплекса патогенных организмов, вызывающих инфекционное усыхание побегов, в основном сводятся к обрезке

и удалению пораженных побегов, правильному подбору породного состава древесных растений (в соответствии с почвенно-грунтовыми и климатическими условиями), обработке фунгицидами. Однако указанные в публикациях фунгициды в настоящее время, по большей части, исключены из оборота в связи с их опасностью для человека, животных и окружающей среды.

Материалы и методы

Исследования проводились в лесных культурах и сосновых насаждениях I–II классов возраста (молодняках) во всех трех геоботанических подзонах и 7 лесорастительных округах, выделенных на территории Республики Беларусь. Лесопатологическое обследование на площади около 4 тыс. га производилось по методам Е. Г. Мозолева и др. (1984), заложены 53 временные пробные площади, собрано более 300 образцов пораженных побегов из разных регионов республики. Систематическое положение и вид возбудителя устанавливали с помощью определителей В. С. Sutton (1980), V. A. Mel'nik (2000). Лабораторные исследования проводились общепринятыми методами (Чумаков, 1974; Федоров, Ярмолович, 2005 и др.). Биометрические показатели спороношений устанавливались по методике И. И. Минкевича (1977). При изучении степени снижения прироста пораженных деревьев использовали методические указания В. В. Молчановой, В. В. Смирновой (1967).

Фунгицидные и фунгистатические свойства 14 препаратов *in vitro* исследовали по методикам Т. В. Аристовской (1962), Н. С. Егорова (1965), *in vivo* – с использованием методических рекомендаций по регистрационным испытаниям фунгицидов и биопрепаратов (Методические указания..., 2007, 2008). Изучение популяционно-генетической структуры *S. sapinea* и анализ пространственной структурированности генотипов в насаждениях на территории 17 лесхозов Беларуси проведены по методам В. Е. Падутова и др. (2007). В опыте по изучению распределения генотипов/клонов внутри насаждений участвовали 40 изолятов гриба *S. sapinea*. Статистическая обработка данных осуществлялась методами вариационной статистики с использованием компьютерных программ MS Excel и Statistica 6.0.

Авторы благодарят научных сотрудников: О. Ю. Баранова (Институт леса НАН Беларуси); Л. И. Прищепа и Д. В. Войтка (Институт защиты растений); О. В. Молчан и Э. И. Коломиец (Ин-

ститут микробиологии НАН Беларуси); Д. Б. Беломесяцеву (Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси) за помощь, оказанную в проведении исследований.

Результаты

В период с 2009 по 2012 гг. в лесных культурах и молодняках *Pinus sylvestris* L. нами было выявлено 3 вида патогенных микроорганизмов, вызывающих инфекционное усыхание побегов. Это грибы: *Melampsora pinitorqua* Rostr. (возбудитель искривления побегов сосны); *Gremmeniella abietina* (Lagerb.) Morelet (возбудитель побегового рака), *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko & B. Sutton (возбудитель диплодиоза, или диплодиевого некроза). Последний, как оказалось, наиболее широко встречается в сосновых культурах и молодняках (37,2 %) (табл. 1).

Возбудитель соснового вертуна, ржавчинный гриб *M. pinitorqua*, ежегодно широко встречается в сосновых культурах и молодняках (26,4 % от обследованной площади). Распространенность болезни на отдельных участках может достигать 50 %, однако в среднем по всем обследованным насаждениям число пораженных деревьев составляет только 1,7 % от общего их учтенного количества.

Таблица 1

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ИНФЕКЦИОННОГО УСУХАНИЯ ПОБЕГОВ В СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ БЕЛАРУСИ I–II КЛАССОВ ВОЗРАСТА, 2009–2012 ГГ.

Болезнь, возбудитель	Обследованная площадь, га	Площадь поражения	
		га	%
Сосновый вертун, <i>Melampsora pinitorqua</i>	3903,4	1031,2	26,4
Диплодиоз, <i>Sphaeropsis sapinea</i>		1452,9	37,2
Побеговый рак, <i>Gremmeniella abietina</i>		1,0	< 1,0

Основной вред болезни заключается в деформации побегов текущего года прироста, к тому же возбудитель соснового вертуна в большинстве случаев (58,8 %) поражает центральный побег, что ведет к искривлению формирующегося ствола.

Возбудитель побегового рака, сумчатый гриб *G. abietina* был обнаружен в Беларуси как патоген хвойных пород в середине прошлого столетия и с тех пор несколько десятилетий широко встречался в лесных питомниках и культурах. В настоящее время, как показали исследования, гриб обнаруживается редко и на небольших площадях (до 1 %).

Интерес представляет новый для Беларуси патогенный вид – гриб *S. sapinea*. Сведения об обнаружении гриба на древесных растениях в республике ранее содержались только в двух работах – В. И. Корзенка (Карзянок, 1990) на ели колючей и Н. Ф. Кириленковой и др. (2008) на сеянцах сосны обыкновенной (в лесных питомниках). Таким образом, в сосновых насаждениях Беларуси диплодиоз регистрируется нами впервые (Ярмолович и др., 2010).

Анализ научных публикаций показал, что диплодиевый некроз не раз привлекал внимание ученых разных стран и в разное время. Он отмечен во многих странах Европы, Америки, Африки, в Австралии на различных видах сосен, а также на видах из родов *Abies*, *Araucaria*, *Cedrus*, *Cupressus*, *Juniperus*, *Larix*, *Picea*, *Pseudotsuga*. Изучению возбудителя болезни посвящены работы зарубежных ученых: J. T. Blodgett (1997), G. W. Peterson (1977), M. A. Palmer et al. (1987), D. Smith et al. (1995), G. R. Stanosz et al. (2007), M. de Kam (1990), B. C. van Dam, M. de Kam (1984), B. Fabre (2011), H. Butin (1984). На территории бывшего СССР заболевание изучали: О. Г. Кизикелашвили

(1971), Э. С. Соколова, Г. Б. Колганихина (2009), Р. А. Уманов (2009) и др. Хотя большая часть исследований диплодиевого некроза проведена после 70-х гг. прошлого столетия, сведения о болезни и ее возбудителе приведены в классическом учебнике по фитопатологии профессора С. И. Ванина, датированном 1931 г. (Ванин, 1931).

На сосне обыкновенной в условиях Беларуси нами установлен цикл развития гриба *S. sapinea*. Заражение формирующихся побегов спорами гриба происходит в первой половине мая через устья побегов или механические повреждения. Инкубационный период может длиться от нескольких дней до 2–3 недель, после этого в местах поражения появляются темные, быстро увеличивающиеся пятна отмершей ткани. Пораженные побеги начинают увядать, они, как правило, теряют упругость по всей пораженной длине и изгибаются вниз (рис. 1, а). На побегах также могут формироваться многочисленные мелкие язвочки, часто с капельками смолы. Хвоя становится вначале матовой, затем желтеет и засыхает. Гриб также способен вызывать гибель почек побега.



а



б



в

Рис. 1. Гриб *Sphaeropsis sapinea* на сосне обыкновенной:

а – симптомы поражения; б – пикниды гриба на усохших частях растения; в – конидии (увеличено)

В первой декаде июля появляются первые спороношения гриба в виде полупогруженных в ткань растения округлых однокамерных толстостенных пикнид по цвету от темно-коричневых до угольно-черных (рис. 1, б).

В конце июля – августе, когда большинство пораженных побегов засыхает и приобретает соломенный цвет, споруляция гриба становится массовой, особенно в периоды с высокой влажностью воздуха.

На протяжении сентября–ноября пикниды продолжают появляться по всей длине побегов и хвое, причем, по большей части, наблюдаются выше места заражения. Пикниды гриба часто обнаруживаются также на шишках сосны второго года, однако при этом гриб не оказывает существенного влияния на посевные качества семян. Поражение шишек первого года происходит реже, но семена в них в таком случае могут не формироваться.

Размеры пикнид гриба *S. sapinea* варьируются в пределах 110–828 мкм по длине и 28–371 мкм по ширине, количество конидий в одной пикниде составляет от 400 до 2600 шт. Споры продолговато-цилиндрические, иногда почти булавовидные, округленные вверху (рис. 1, в). Конидии в основном одноклеточные. Двухклеточные споры встречаются редко, 0,06 % от их общего количества. Размеры конидий лежат в пределах 19–48 по длине и 4–20 мкм по ширине. Длина и ширина спор,

собранных в III лесорастительной подзоне Беларуси, существенно ($t_{\phi} > t_{0,5}$) отличаются от размеров спор I и II подзон (длина больше на 7,6 %, ширина – на 3,4 %).

Зимует гриб преимущественно на пораженных побегах в стадии пикнид; конидии, покинувшие пикниды в конце вегетационного периода, также обладают способностью выдерживать низкие отрицательные температуры и инфицировать растения при наступлении благоприятных для этого условий. Конидии распространяются, в основном, ветром, роль насекомых в переносе инфекции пока не установлена.

Пораженные диплодиозом деревья в течение одного года развития болезни переходят, как правило, в категорию ослабленных, иногда усыхающих, однако за один год гибель растений происходит редко. Диплодиоз чаще развивается на боковых побегах (85,2 %), центральный побег поражен в 14,8 % случаев, что приводит к деформации ствола. У растений со слабой степенью поражения наблюдается снижение прироста по диаметру на 2 %, со средней степенью – на 15,7 %, с сильной – на 19,5 %. Годичный прирост по высоте у деревьев со слабой степенью развития болезни снижается незначительно – на 0,1–0,4 %, со средней степенью – на 7–11 %, у сильно пораженных деревьев снижение линейного прироста происходит на 20 % (рис. 2).

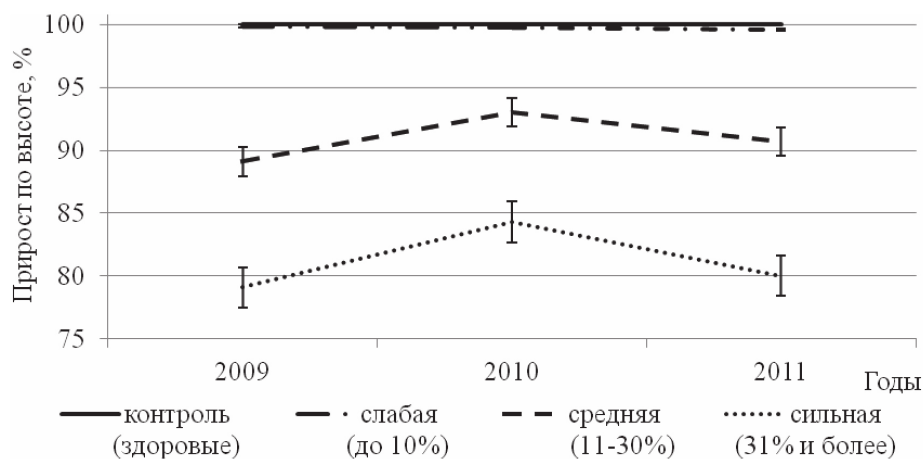


Рис. 2. Степень снижения прироста по высоте у пораженных диплодиозом деревьев, Петриковский лесхоз (за 100 % был взят прирост здоровых деревьев)

Проведенное нами лесопатологическое обследование показало, что на большинстве пораженных площадей (83,0 %) встречалась слабая степень распространенности диплодиоза (до 10 % пораженных деревьев) (табл. 2).

Участков, пораженных в сильной степени, отмечено немного (4,2 %), однако на отдельных

площадях значение распространенности достигало отметки 80 % и более.

Распространенность диплодиоза в определенной степени связана с лесоводственными таксационными показателями насаждений.

Наиболее часто возбудитель поражает деревья в возрасте до 10 лет; в молодняках старше

20 лет дипледиоз обычно встречается единично – на нижних побегах, шишках, не причиняя значительного вреда растениям. Наибольший процент пораженных деревьев наблюдается при полноте 0,6 (26,9 %) в насаждениях I–II классов бонитета (32,5 и 41,6 % от обследованной площади соответственно). Наибольшая распространен-

ность болезни отмечается в сосняках черничных (57,9 %). Заболевание широко встречается во влажных условиях произрастания (56,8 %), в субориях (44,1 %). Наиболее сильно подвержены болезни чистые или с небольшой примесью других пород сосновые насаждения (участие сосны в составе 70 % и более).

Таблица 2

СТЕПЕНЬ ПОРАЖЕНИЯ СОСНОВЫХ МОЛОДНЯКОВ ДИПЛОДИОЗОМ, га/%

Возраст сосновых молодняков, лет	Обследованная площадь	Площадь поражения дипледиозом			
		всего	в том числе по распространенности		
			слабая (до 10 %)	средняя (11–30 %)	сильная (более 31 %)
до 5	399,5 10,2	164,8 41,3	152,8 92,7	5,4 3,3	6,6 4,0
6–10	1414,0 36,2	828,3 58,6	632,6 76,4	147,9 17,8	47,8 5,8
11–15	842,8 21,6	289,7 34,4	254,5 87,9	29,0 10,0	6,2 2,1
16–20	491,0 12,6	76,1 15,5	74,8 98,3	1,3 1,7	–
21 и более	756,1 19,4	94,0 12,4	91,4 97,2	2,6 2,8	–
Итого	3903,4 100,0	1452,9 37,2	1206,1 83,0	186,2 12,8	60,6 4,2

К основным лесоводственно-таксационным показателям, влияющим на распространенность болезни, следует отнести возраст и состав насаждения, а зависимость можно выразить следующей формулой:

$$P = 72,6511 - 51,1625 \times \lg A + 1,1481^S$$

Уравнение показывает среднюю корреляционную зависимость (коэффициент корреляции $R = 0,8037$; $R^2 = 0,64$; критерий Фишера $F = 147,54$) распространенности болезни (P , %) от возраста насаждения (A , лет) и коэффициента участия сосны в составе насаждения (S , 1–10).

В разрезе геоботанических округов площадь поражения максимальная в Ошмянско-Минском (61,4 % от обследованной площади), минимальная – в Оршанско-Могилевском округе (3,3 % от обследованной площади).

Молекулярно-генетический анализ штаммов гриба *S. sapinea*, выделенных на территории Беларуси, показал наличие генетического полиморфизма среди популяций патогена, что в свою очередь указывает на наличие определенной географической изменчивости вида. Анализ значений аллельных частот для полиморфных локусов показал, что 6 из них имели редкие альтернативные аллели (частота не превышала 6 %), остальные локусы имели аллели с частотой встречаемости 23,5–47,0 % в изученной выборке. Расчет показателей генетического разнообразия (по: Nei, 1973) показал, что

значение параметра общего генетического разнообразия для *S. sapinea* является низким ($H_T = 0,043$) и полностью соответствует величинам, полученным для видов с бесполом типом размножения. Изменчивость внутри популяций практически отсутствует ($H_S \sim 0,01$), а уровень межпопуляционных различий достигает почти 99 %. Изучение уровня генетической дифференциации изолятов выявило высокую степень варьирования значения показателя генетической дистанции D_N среди изученных изолятов. Так, наибольшие различия были выявлены между образцами из Лепельского лесхоза и генотипом, представленным в Бобруйском и Слуцком лесхозах, Корневской ЭЛБ, и составили 0,148, т. е. 14,8 % локусов представлены альтернативными вариантами генотипов.

В то же время для ряда популяций, характеризующихся идентичными генотипами, был определен нулевой уровень различий. В среднем значение показателя D_N среди изолятов не превысило 0,07. На основании значений коэффициентов генетической дистанции D_N , используя невзвешенный парно-групповой метод кластерного анализа (UPGMA), построена дендрограмма (рис. 3), позволяющая проиллюстрировать степень генетической дифференциации среди изученных изолятов *S. sapinea*, и построена карта распределения генотипов на территории страны.

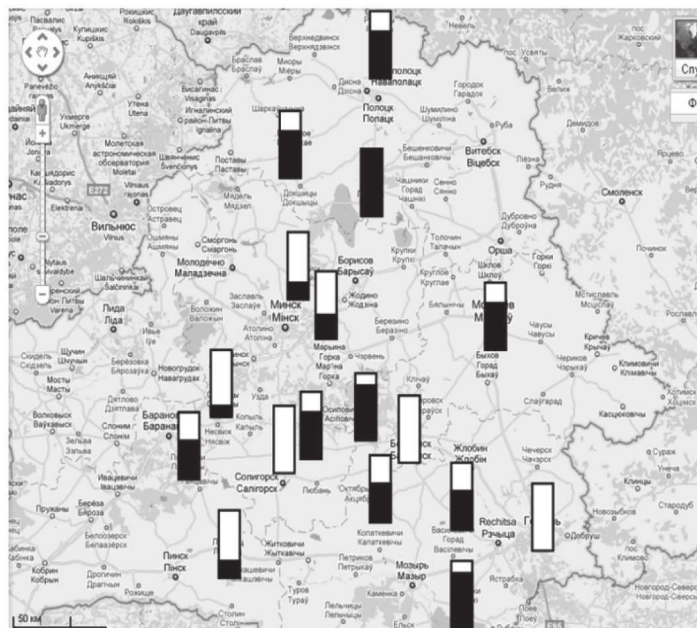
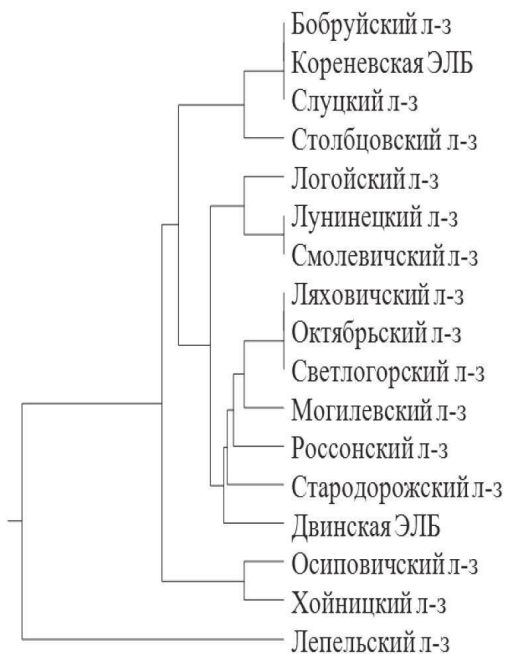


Рис. 3. Дендрограмма степени генетической дифференциации среди исследованных изолятов *Sphaeropsis sapinea* и карта распределения генотипов

В ходе изучения распределения генотипов/клонов внутри определенного насаждения было выявлено два варианта генотипов, имеющих уровень генетической дифференциации, равный 6,8 %, что не превышает среднее значение для D_N изолятов *S. sapinea* в Беларуси.

Характер распределения генотипов представлен на рис. 4.

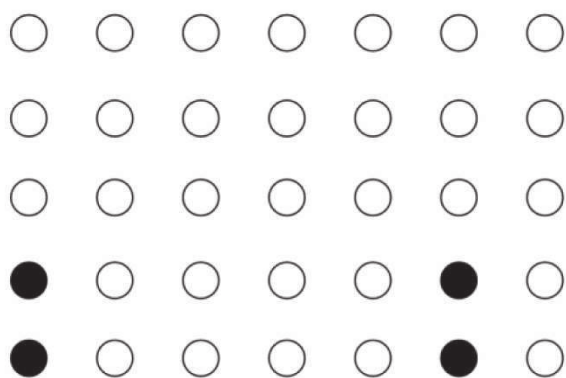


Рис. 4. Распределение генотипов на пробной площади, Негорельский учебно-опытный лесхоз (○ – генотип 1, ● – генотип 2)

Размещение клонов носит кластерный характер и соответствует эффекту основателя. На основании анализа RAPD-локусов показано, что уровень генетического разнообразия *S. sapinea* является низким, что соответствует данным, полученным для грибов, размножающихся преи-

мущественно бесполом путем. Тем не менее наличие различных комбинаций генотипов указывает на наличие процессов рекомбинации у данного вида. В целом анализ географического распределения генетической структуры *S. sapinea* по территории Беларуси свидетельствует о том, что данный вид не является инвазивным для республики.

В опытах *in vitro* с чистыми культурами гриба *S. sapinea* наибольшая скорость роста мицелия наблюдалась на питательных средах МЕА (20,8 мм/сут) и Мурасиге-Скуга (19,8 мм/сут), наименьшая – на средах Чапека (6,0 мм/сут) и ЧМС (в среднем 6,5 мм/сут). Мицелий гриба *S. sapinea* на всех средах – воздушный, серый; по морфологии мицелия и биометрическим показателям спороношения установлено, что в условиях Беларуси гриб представлен морфотипом А (по Ченг-Гуо [Cheng–Guo, 1985]). Для гриба *G. abietina* наибольшая скорость роста мицелия – на среде Уайта (8,0 мм/сут), наименьшая – на среде Мурасиге-Скуга (4,6 мм/сут). Мицелий *G. abietina* стелющийся или воздушный, серый или серо-зеленый. Спорношений *in vitro* оба гриба (вне зависимости от питательной среды) не формировали.

Анализ предикторов эпифитотии диплоидиоза показал, что ее возникновение в 2009 г., вероятно, в определенной степени связано с повышением среднегодовой температуры воздуха (по срав-

нению с климатической нормой) и определенным дефицитом влаги в Беларуси в период с 2006 по 2008 гг., что привело к ослаблению защитных механизмов растений сосны и позволило факультативному паразиту заселять живые ткани дерева.

Система мероприятий по повышению биологической устойчивости и защите молодняков сосны

Интегрированная защита растений от инфекционного усыхания побегов должна включать лесопатологический надзор и обследования, лесохозяйственный метод защиты, и, в отдельные годы, проведение химических и биологических обработок древесных растений.

Своевременное выявление очагов болезни должно проводиться в системе лесопатологических надзора и обследований. Рекогносцировочный надзор за распространением и развитием диплодиоза следует проводить в первой декаде сентября по усыханию побегов текущего года прироста, окраске их в соломенный цвет и потере упругости, а также по наличию темных мелких пикнид на отмерших побегах и хвое. Детальный надзор за диплодиозом необходимо проводить в первой декаде сентября на ленточных пробных площадях с подразделением растений по степени поражения по разработанной нами 4-балльной шкале (табл. 3). Рекомендуется определять средневзвешенный балл поражения насаждения диплодиозом (путем суммирования произведений числа деревьев на соответствующий балл поражения и последующего деления этой суммы на общее число учтенных деревьев).

Снижения степени распространенности заболевания можно добиться внекорневой подкормкой древесных растений азотным удобрением (1 % аммиачной селитрой), так как на опытных участках после подкормки распространенность болезни не превышала 3,5 %, а развитие – 0,3 %.

Таблица 3

ШКАЛА ОЦЕНКИ ПОРАЖЕННОСТИ КУЛЬТУР И МОЛОДНЯКОВ ДИПЛОДИОЗОМ

Балл поражения	Оценка состояния деревьев, пораженных диплодиозом
0	Без признаков болезни
1	Усыхание только боковых побегов текущего года до 10 %
2	Усыхание 10–30 % боковых побегов текущего года
3	Усыхание центрального побега и / или более 30 % боковых побегов

Применение калия хлористого (1 %-й раствор) привело к снижению показателей распространенности и развития в очагах болезни до 5,0 и 0,3 % соответственно. В целом азотные или калийные удобрения рекомендуется применять для повышения устойчивости лесных культур на особо ценных участках.

При проведении рубок ухода (осветлений и прочисток) в первую очередь необходимо вырубать деревья с сильной степенью развития заболевания, а при возможности удалять и пораженные ветви, стараться не допускать повреждения здоровых растений. В особо ценных насаждениях следует проводить обрезку пораженных побегов с последующим их сжиганием.

Необходимость применения химических или биологических средств защиты обуславливается наличием участков несомкнувшихся сосновых насаждений (до 7 лет) со средней или сильной степенью развития заболевания (более 10 % или при балле поражения 2 и выше).

Лабораторные испытания современных фунгицидов и биопрепаратов показали, что высокой фунгицидной и фунгистатической активностью по отношению к патогенному грибу *S. sapinea* обладает препарат Менара, КЭ, применение которого в концентрации 0,05 % и выше приводит к полному подавлению и лизису мицелия. Также высокоэффективными в подавлении мицелия гриба являются фунгициды Абакус, СЭ в 0,01 %-й концентрации и Скор, КЭ в 1,25 %-й концентрации. Из биологических препаратов наибольшее влияние на снижение распространенности мицелия патогена в чистой культуре оказал Фрутин, Ж – зона задержки роста 42,4 мм. Биопрепараты Фитопротектин, Ж (зона задержки – 33,1 мм), Бетапротектин, Ж (32,4 мм) также показали хорошие результаты (в сравнении с испытанным препаратом Экогрин, Ж, который образовывал зону диффузии антибиотика диаметром 27,6 мм). Под влиянием препаратов Фрутин и Фитопротектин происходит деформация грибного мицелия, сопровождающаяся вакуолизацией гиф, появлением опухолеобразных вздутий и нарушением строения цитоскелета. Изменения в морфологии фитопатогена ведут к нарушению его нормального цикла развития и потере репродуктивной функции. Этот факт может объясняться воздействием антимикробных веществ, который выделяют бактерии *Bacillus subtilis*, что приводит к нарушению проницаемости клеточных мембран.

Исследования по влиянию антагонистической активности грибного препарата Триходермин-БЛ показали, что мицелий гриба *S. sapinea* практически полностью подавляется мицелием и спорами антагониста при первичном его внесении. При одновременном высеве двух грибов рост колоний одинаков, однако в конечном итоге мице-

лий гриба *Trichoderma lignorum* нарастает на мицелий патогена, подавляя его на 55 %.

Полевые исследования по биологической и химической защите лесных культур сосны подтвердили высокую биологическую эффективность фунгицида Менара, КЭ, а также биопрепаратов Фрутин, Ж; Фитопротектин, Ж; Бетапротектин, Ж (рис. 5).

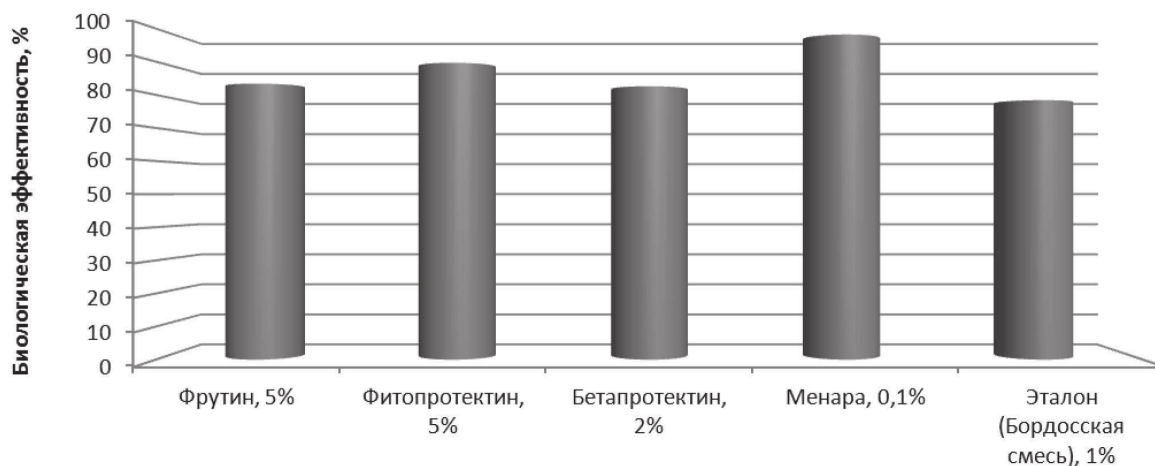


Рис. 5. Биологическая эффективность препаратов в защите сосны обыкновенной от диплоидоза (средняя за два года полевых испытаний)

Наиболее высокую эффективность показал химический препарат Менара, КЭ (98,2 % в среднем за два года испытаний), из биопрепаратов – Фитопротектин, Ж (89,6 %). Рекомендуемый способ обработки указанными препаратами – опрыскивание рабочей жидкостью в начале мая (с началом роста побегов) с повторной обработкой через 3 недели. По результатам проведенных нами испытаний препараты Менара, КЭ, Фрутин, Ж; Фитопротектин, Ж; Бетапротектин, Ж включены в «Государственный реестр средств защиты растений...», что позволяет применять их в лесных насаждениях Беларуси для защиты растений от диплоидоза.

Расчеты экономической эффективности использования препаратов показали, что при эпифитотийном уровне развития диплоидоза применение фунгицида Менара, КЭ позволяет сократить затраты лесного хозяйства на выращивание лесных культур сосны обыкновенной в течение 2 первых лет после посадки на 18 %, биологического препарата Фитопротектин, Ж – на 1,1 %. В масштабах республики при среднем уровне эпифитотии диплоидоза обработка лесных культур сосны препаратами позволит сэкономить средства на этом этапе выращивания культур (в пересчете на долл. США) от 7,2 тыс. долл. (при использовании препарата Фитопротектин, Ж) до 111,7 тыс. долл. (при применении препарата Менара, КЭ).

Выводы

Лесопатологическое обследование сосновых культур и молодняков Беларуси на площади около 4 тыс. га позволило выявить комплекс грибов-возбудителей инфекционного усыхания побегов сосны, включающий: облигатного паразита *Melampsora pinitorqua* Rostr., вызывающего искривление побегов (сосновый вертун), факультативного сапротрофа *Gremmeniella abietina* (Lagerb.) Morelet., вызывающего побеговый рак, и факультативного паразита *Sphaeropsis sapinea*, вызывающего диплоидоз. Сосновый вертун повсеместно встречается в лесных культурах и молодняках естественного возобновления (26,4 % от обследованной площади), распространенность болезни в среднем по республике составляет 1,7 %. Побеговый рак (склеродерриоз) был обнаружен на площади только 1,0 га с распространенностью болезни около 1 %. Доминирующее значение в усыхании побегов имеет возбудитель диплоидоза, выявленный нами на 37,2 % обследованной площади.

Наибольшая восприимчивость растений к диплоидозу наблюдается в возрасте до 15 лет с максимумом в 6–10 лет – 58,6 %. Значительный процент пораженных диплоидозом деревьев зарегистрирован при полноте 0,6 (26,9 %) в насаждениях I–II классов бонитета (32,5 и 41,6 % от обследованной площади).

дованной площади соответственно). Болезнь распространена преимущественно в сосняках черничных (57,9 %), наименьший процент поражения наблюдается в долгомошной серии типов леса (3,8 %). Заболевание чаще встречается во влажных условиях произрастания (56,8 %), в субборах (44,1 %) или борах (37,0 %). В насаждениях высоких классов бонитета, где растения меньше подвержены стрессу от недостатка элементов питания, встречаемость болезни снижается (менее 23 %). Наиболее интенсивно поражаются чистые или с небольшой примесью других пород сосновые насаждения (доля участия сосны 7 единиц и выше).

В сосновых молодняках преобладают участки слабой степени поражения диплодиозом – 1206,1 га или 83,0 % пораженной площади. В сильной степени поражено только 4,2 % площади, на отдельных участках число пораженных деревьев может достигать 80 %. У деревьев со слабой степенью поражения наблюдается снижение прироста по высоте на 4,3 %, средней степенью – на 15,5 %, с сильной – на 20,4 % по сравнению со здоровыми деревьями. По диаметру показатели роста падают на 2, 15,7 и 19,5 % соответственно. Годичный прирост по высоте у деревьев со слабой степенью развития болезни снижается незначительно – на 0,1–0,4 %, средней степенью – на 7–11 %, у сильно пораженных – на 20 % и более. Диплодиоз чаще развивается только на боковых побегах (85,2 %). Хотя центральный побег поражается реже, чем боковые, его усыхание более опасно, так как в этом случае происходит замещение центрального побега боковым, что приводит к деформации ствола.

Гриб *S. sapinea* способен проявлять высокую патогенность и агрессивность. Успешное заражение инфекционным материалом гриба в проведенных нами лабораторных опытах произошло в 75, полевых – 60 % случаев. После инокуляции в ткани побегов сосны гриб не только сохраняет жизнеспособность, но и быстро осваивает новые участки живой ткани растения.

Размеры пикнид гриба *S. sapinea* колеблются в пределах 110–828 мкм по длине и 28–371 мкм по ширине и существенно не различаются в пределах Беларуси. Количество спор в одной пикниде варьируется от 400 до 2600. Размеры спор лежат в пределах 19–48 мкм по длине и 4–20 мкм по ширине, перегородка в конидиях встречается редко (0,06 %). Гриб *S. sapinea* в республике представлен морфотипом А (по: Ченг–Гуо, 1985).

В Беларуси выявлен низкий уровень генетической изменчивости и высокая степень подразделенности между популяциями гриба *S. sapinea*. Результаты геногеографического анализа указывают на то, что *S. sapinea* не является инвазивным для Беларуси видом.

Возникновение эпифитотии диплодиоза в 2009 г. во многом связано с повышением среднегодовой температуры воздуха (по сравнению с климатической нормой) и определенным дефицитом влаги в Беларуси в период с 2006 по 2008 гг., что привело к ослаблению защитных механизмов растений сосны и позволило факультативному паразиту заселять живые ткани дерева.

Интегрированная система защитных мероприятий от инфекционного усыхания побегов должна включать рекогносцировочный и детальный надзор, лесопатологические обследования, лесохозяйственный метод защиты и (при эпифитотийном уровне развития болезни) применение химических и биологических препаратов.

Так как диплодиоз является новым, но уже широко распространенным в республике заболеванием, особое внимание при ведении надзора и обследований следует уделить типичным для болезни симптомам. Рекогносцировочный надзор за диплодиозом следует проводить в первой декаде сентября по усыханию побегов текущего года прироста, окраске их в соломенный цвет и потере упругости, а также по наличию темных мелких пикнид на отмерших побегах и хвое. Детальный надзор необходимо проводить в первой декаде сентября на ленточных пробных площадях с подразделением растений по 4-балльной шкале по тем же симптомам, как и при рекогносцировочном надзоре.

Своевременное проведение лесохозяйственных мероприятий должно обеспечивать повышение устойчивости растений. При проведении осветления и прочистки (в возрасте сосновых участков до 10 лет) в первую очередь необходимо вырубать деревья с сильной степенью развития заболевания, а при возможности удалять и пораженные ветви, стараться не допускать повреждений здоровых растений. На особо ценных участках рекомендуется обрезать пораженные побеги с последующим их сжиганием, а также применять азотные удобрения, например, 1 %-ю аммиачную селитру (с середины апреля) или калийные, например, 1 %-й калий хлористый (с середины июля) путем внекорневой подкормки растений. На участках поражения сосновым вертуном следует избегать применения азотных

удобрений, так как они могут снижать устойчивость растений к ржавчинному грибу.

При поражении растений до 7-летнего возраста диплоидиозом с развитием болезни в средней и сильной степени (более 10 % или балле поражения 2 и выше) целесообразно проведение биологических и химических мероприятий, которые следует начинать в первой декаде мая (с началом роста побегов) с повторной обработкой через 3 недели. Для обработки рекомендуется использовать фунгицид Менара, КЭ (концентрация – 0,1 %, норма расхода препарата – 0,5 л/га). В условиях, где нежелательно применять пестициды, следует использовать биопрепараты Фрутин, Ж, Фитопротектин, Ж в концентрации 5 % (22,5 л/га) и Бетапротектин, Ж – 2 % (9 л/га). Норма расхода рабочей жидкости во всех вышеперечисленных случаях – 500 л/га.

ЛИТЕРАТУРА

- Аристовская Т. В.* Большой практикум по микробиологии / Т. В. Аристовская [и др.]. М.: Высшая школа, 1962. 492 с.
- Беломесяцева Д. Б.* Склерофомоз сосны в Беларуси / Д. Б. Беломесяцева, Н. Ф. Кириленкова // Труды БГТУ. Сер. I. Лесн. хоз-во. 2007. Вып. XV. С. 403–406.
- Егоров Н. С.* Микробы-антагонисты и биологические методы определения антибиотической активности. М.: Высшая школа, 1965. С. 38–42.
- Ванин С. И.* Курс лесной фитопатологии / С. И. Ванин. М.; Л.: Гос. изд-во сельскохоз. и колхозно-кооп. лит., 1931. 324 с.
- Василяускас А. П.* Болезни сосновых молодняков в Литовской ССР и пути разработки защитных мероприятий // Материалы всесоюзного методического совещания по вопросу вредителей и болезней сосновых молодняков. Каунас, 25–27 июня 1969 г. С. 23–26.
- Карзянок У. I.* Пагагенныя мікраміцэты сеянцаў і саджанцаў хваевых парод у гадавальніках Беларусі // Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук. 1990. № 3. С. 10–14.
- Кизикелашвили О. Г.* Результаты изучения диплоидиоза пицундской сосны в Грузии: Дис. ...канд. биол. наук. Тбилиси: Мецниереба, 1971. 84 с.
- Кириленкова Н. Ф., Федоров Н. И., Беломесяцева Д. Б.* Новые виды фитопатогенных грибов на сеянцах сосны обыкновенной в лесных питомниках // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сб. науч. тр. ИЛ НАН Беларуси. Вып. 68. Гомель: Институт леса НАН Беларуси, 2008. С. 516–520.
- Крутов В. И.* Учет и долгосрочный прогноз соснового вертуна: Метод. указания. Петрозаводск: Институт леса КФ АН СССР, 1987. 34 с.
- Крутов В. И., Хансо М. Э.* Побеговый рак (склеродерриоз) сосны: диагностика, профилактика и меры борьбы. Петрозаводск: Ротапринт, 1989. 16 с.
- Крутов В. И.* Грибные болезни молодняков хвойных пород. М.: ВНИИЦлесресурс, 1994. Вып. 4. 42 с.
- Методические указания* по проведению регистрационных испытаний биопрепаратов для защиты растений от вредителей и болезней / Составители: Л. И. Прищепа, Н. И. Микульская, Д. В. Войтка. РУП «Институт защиты растений», 2008. 56 с.
- Методические указания* по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / Под ред. С. Ф. Буга. РУП «Институт защиты растений», 2007. 508 с.
- Минкевич И. И.* Биометрические исследования фитопатогенных грибов. Л.: ЛТА, 1977. 16 с.
- Мозолевская Е. Г., Катаев О. А., Соколова Э. С.* Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 152 с.
- Молчанов В. В., Смирнов В. В.* Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука, 1967. 100 с.
- Падуттов В. Е., Баранов О. Ю., Воронаев Е. В.* Методы молекулярно-генетического анализа. Минск, 2007. 176 с.
- Сазонов А. А., Ярмолович В. А., Азовская Н. О.* Инфекционное усыхание побегов сосны в лесах Брестской области // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сб. науч. трудов ИЛ НАН Беларуси. Вып. 70. Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2010. С. 497–506.
- Соколова Э. С., Колганихина Г. Б.* Грибные болезни древесных интродуцентов в насаждениях Москвы и Подмосковья // Науч.-информ. журнал «Лесной вестник». 2009. Вып. № 5 (68). С. 145–153.
- Трошанин П. Г.* Сосновый вертун и борьба с ним. М.: Гослесбуиздат, 1952. 46 с.
- Уманов Р. А.* Диплоидиоз сосны // Науч.-информ. журнал «Лесной вестник». 2009. Вып. № 5 (68). С. 164–165.
- Федоров В. Н.* Патогенная микофлора хвойных интродуцированных пород БССР: Автореф. дис. ...канд. биол. наук. Минск, 1978. 22 с.
- Федоров Н. И.* Лесная фитопатология: Учеб. пособие для студ. спец. «Лесн. хоз-во». Минск: БГТУ, 2004. 462 с.
- Федоров Н. И., Ярмолович В. А.* Лесная фитопатология. Лабораторный практикум: Учеб. пособие для студ. спец. «Лесн. хоз-во», «Садово-парковое строительство» / Н. И. Федоров. Минск: БГТУ, 2005. 448 с.
- Чумаков А. Е.* и др. Основные методы фитопатологических исследований. М.: Колос, 1974. 192 с.
- Ярмолович В. А., Азовская Н. О., Беломесяцева Д. Б.* Диплоидиоз – опасное заболевание молодых деревьев сосны // Лесное и охотничье хозяйство. 2010. Вып. № 3 (80). С. 28–31.
- Barklund P. Gremmeniella abietina* in Sweden: historical background and symptomatology of the disease // Proceedings of an international symposium (Kórnik, Poland, May 16–20 1989). Helsinki: Finnish Forest Research Institute, 1990. P. 55–58.

- Blodgett J. T., Kruger E. L., Stanosz G. R. Effects of Moderate Water Stress on Disease Development by *Sphaeropsis sapinea* on Red pine // *Phytopathology*. 1997. Vol. 87, N 4. P. 428–433.
- Butin H. Triebspitzenschäden an *Pinus sylvestris*, verursacht durch *Sphaeropsis sapinea* (= *Diplodia pinea*) // *Allg. Forstzeitschr.* 1984. Vol. 50. P. 1256–1257.
- Cheng-Guo W. Differences in conidial morphology among isolates of *Sphaeropsis sapinea* // *Plant Diseases*. 1985. Vol. 69, N 10. P. 838–841.
- Dam B. C. van, Kam M. de. *Sphaeropsis sapinea* (*Diplodia pinea*), oorzaak van het afsterven van eindscheuten bij *Pinus* in Nederland // *Nederl. Bosbouwtijschr.* 1984. Vol. 56. P. 173–177.
- Derome K. Pathogenesis-related proteins in Scots Pine seedlings inoculated with *Gremmeniella abietina* // *Proceedings of a Joint Meeting of the Working Parties Canker and Shoot Blight of Conifers (Italy, July 6–11 1994)*. Fierenze: Tipografia Bertelli, 1995. P. 162–165.
- Donaubauer E. Epidemiology of *Gremmeniella abietina* and *G. laricina* during the past 35 years in Austria // *Proceedings of a Joint Meeting of the Working Parties Canker and Shoot Blight of Conifers (Italy, July 6–11 1994)*. Fierenze: Tipografia Bertelli, 1995. P. 204–209.
- Fabre B. Can the emergence of pine *Diplodia* shoot blight in France be explained by changes in pathogen pressure linked to climate change? / B. Fabre [etc.] // *Global Change Biology*. 2011. Vol. 17, Issue 10. P. 3218–3227.
- Giertych M., Rozkowski R. Variation between half-sib progenies of *Pinus sylvestris* L. in crown deformations by *Melampsora piniroqua* // *Proceedings of an international symposium (Kórnik, Poland, May 16–20 1989)*. Helsinki: Finnish Forest Research Institute, 1990. P. 123–126.
- Heiniger U., Frey W. Host specificity of *Gremmeniella abietina* // *Proceedings of a Joint Meeting of the Working Parties Canker and Shoot Blight of Conifers (Italy, July 6–11 1994)*. Fierenze: Tipografia Bertelli, 1995. P. 240–243.
- Kam M. de. A serious epidemic of *Sphaeropsis sapinea* in the Netherlands and the role of ammonium deposition as an epidemiological factor / M. de Kam [etc.] // *Proceedings of an international symposium (Kórnik, Poland, May 16–20 1989)*. Helsinki: Finnish Forest Research Institute, 1990. P. 93–97.
- Kaitera J., Müller M. M., Hantula J. Occurrence of *Gremmeniella abietina* var. *abietina* large- and small-treetypes in separate Scots pine stands in northern Finland and in the Kola Peninsula, Russia // *Mycological Research*. 1998. Vol. 2. P. 199–205.
- Kurkela T. Diseases of Scots pine in Finland // *Proceedings of an international symposium (Kórnik, Poland, May 16–20 1989)*. Helsinki: Finnish Forest Research Institute, 1990. P. 31–32.
- Laflamme G., Hopkin A. A., Harrison K. J. Status of the European race of *Scleroderris cancer* in Canada // *The forestry chronicle*. 1998. N 74 (4). P. 561–566.
- Mel'nik V. A. Key to the fungi of the genus *Ascochyta* Lib. (Coelomycetes) // *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem*. Heft 377. Berlin: Parey Buchverlag, 2000. 192 p.
- Naidenow Y. Propagation and biology of *Melampsora piniroqua* Rostr. in Bulgaria // *Proceedings of an international symposium (Kórnik, Poland, May 16–20 1989)*. Helsinki: Finnish Forest Research Institute, 1990. P. 127–130.
- Nei M. Analysis of gene diversity in subdivided populations // *Proc. Natl. Acad. Sci., USA*. 1973. Vol. 70. P. 3321–3323.
- Palmer M. A., Stewart E. L., Wingfield M. J. Variation among isolates of *Sphaeropsis sapinea* in the north central United States // *Phytopathology*. 1987. Vol. 77, N 6. P. 944–948.
- Peterson G. W. Infection, epidemiology, and control of *Diplodia* blight of Austrian, Ponderosa, and Scots pines // *Phytopathology*. 1977. Vol. 67. P. 511–514.
- Sakowska-Krzencessa M. The epiphytotic occurrence of *Gremmeniella abietina* in Scots pine forests of Northern Poland during 1982–1984 // *Proceedings of an international symposium (Kórnik, Poland, May 16–20 1989)*. Helsinki: Finnish Forest Research Institute, 1990. P. 85–87.
- Smith D. R., Stanosz G. R. Characterizing variation within *Sphaeropsis sapinea* from the north central united states using RAPDs // *Proceedings of a Joint Meeting of the Working Parties Canker and Shoot Blight of Conifers (Italy, July 6–11 1994)*. Fierenze: Tipografia Bertelli, 1995. P. 270.
- Stanosz G. R., Smith D. R., Leisso R. *Diplodia* shoot blight and asymptomatic persistence of *Diplodia pinea* on or in stems of jack pine nursery seedlings // *Forest Pathology*. 2007. Vol. 37, N 3. P. 145–154.
- Sutton B. C. The Coelomycetes. Fungi imperfecti with picnidia, acervuli and stromata. Kew, 1980. 696 p.