

УДК 632.4+ 630.228.7:630.232.32

## УСТОЙЧИВОСТЬ К ГРИБНЫМ БОЛЕЗНЯМ КЕДРОВЫХ СОСЕН (*PINUS SIBIRICA* DU TOUR И *PINUS KORAIENSIS* SIEBOLD ET ZUCC.) В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ НА ЮГЕ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

© 2014 г. И. Д. Гродницкая, Г. В. Кузнецова

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН

660036, Красноярск, Академгородок, 50/28

E-mail: igrod@ksc.krasn.ru, galva@ksc.krasn.ru

Поступила в редакцию 06.06.2014 г.

Установлена причина эпифитотии в географических культурах сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) и корейской (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) в предгорье Западного Саяна (юг Красноярского края). Причиной усыхания хвои и гибели кедровых сосен стало серое шютте, возбудитель – плодосумчатый гриб *Lophodermella sulcigena*. Наибольшая доля гибели деревьев вследствие эпифитотии зарегистрирована у потомства кедрового таштагольского климатипа (21 %). Популяции кедрового корейского обладают большей устойчивостью к заболеваниям.

**Ключевые слова:** географические культуры, климатипы, кедр сибирский, кедр корейский, грибные инфекции, усыхание хвои, смолотечение, устойчивость к фитопатогенам, юг Красноярского края.

### ВВЕДЕНИЕ

Географические культуры, по современным литературным данным, представляют собой объекты эколого-генетического разнообразия и являются бесценными в качестве генного банка видов и экотипов. Они используются в лесной селекции для отбора потомства, адаптированного к специфическим или разнообразным условиям среды, и изучения эколого-географической дифференциации видов. Дифференциация по устойчивости одного из признаков проявления адаптации древесных видов к различным факторам (в том числе антропогенным) является необходимой для выявления наиболее продуктивных видов в определенных условиях произрастания.

В настоящее время накоплен огромный экспериментальный материал по изучению географических культур видов хвойных, свидетельствующий о генетической разнокачественности их адаптационных способностей, в частности по специфике их устойчивости к действию неблагоприятных климатических факторов.

Отдельные географические популяции обнаруживают различную приспособляемость к местному природному типу динамики метеорологических факторов и показывают явное снижение продуктивности и устойчивости в случае перемещения в другой регион с заметным отличием от привычного. Чем больше отличий, тем заметнее снижение продуктивности и устойчивости. Характер изменения природно-климатических факторов обуславливает всю специфику приспособления растений к новым условиям существования, влияет на их внутривидовую гетерогенность по физиолого-биохимическим и продукционным особенностям.

Ряд исследователей рассматривают географические культуры как природную модель имитации климатических изменений, прогноза реакций внутривидовых таксонов, как на региональное, так и на глобальное изменение климата (Matyas, 1994; Davis, Shawe, 2001; Rehfeldt et al., 2002, 2003; Persson, Andersson, 2003; Carrer, Urbinati, 2004; Tchebakova et al., 2005).

Одной из проблем выращивания географических культур является сохранение их в местах выращивания и выявление у них инфекци-

онных заболеваний на всех стадиях развития (Синадский, 1983). Оценка устойчивости семенного материала к фитопатогенным нагрузкам является важной задачей для получения здорового репродуктивного генофонда, что служит показателем целесообразности выращивания их в данном регионе.

Следовательно, для лесного хозяйства ранняя диагностика болезней и мониторинг почвы, ризо- и филлосферы хвойных в искусственных фитоценозах приобретает огромную практическую значимость. Инфекционные заболевания хвойных в лесных экосистемах Сибири, вызываемые фитопатогенными микроорганизмами, имеют важное диагностическое значение не только с точки зрения их этиологии, но и для предупреждения широкого распространения инфекций, эффективной борьбы с ними на ранних стадиях. Существенная роль среди возбудителей инфекционных болезней растений отводится фитопатогенным микромицетам. Большинство популяций фитопатогенов, проявляющих паразитические свойства, имеет широкую специализацию в отношении видов хвойных. Болезни растений являются естественным компонентом искусственных экосистем, а степень их развития и вредоносность определяются воздействием трех главных групп факторов – свойств патогена, особенностей восприимчивости растения и благоприятных условий окружающей среды.

Исследование направлено на определение причины возникновения эпифитотии в посадках географических культур и оценку устойчивости различных популяций (климатипов) кедровых сосен к грибным болезням на юге Красноярского края.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследовали географические культуры кедрового сибирского и кедрового корейского, расположенные в Ермаковском районе (юг Красноярского края), в предгорье смешанных лесов Алтае-Саянской провинции (500 м над ур. м.). Географические культуры кедровых сосен были созданы в 1983 г. путем посадки 3-летних саженцев кедрового сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) и 6-летних – кедрового корейского (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.). Густота

посадки принималась из расчета 10 тыс. саженцев на 1 га с размещением  $1.5 \times 0.7$  м.

Потомство каждого климатипа занимает один блок в трех повторностях. Кедровые сосны представлены потомствами трех климатипов кедрового сибирского: таштагольским Кемеровской области, шегарским Томской области и местным ермаковским климатипом Красноярского края, а также потомствами двух климатипов кедрового корейского – облуженским Еврейской автономной области (ЕАО) и чугуевским Приморского края. За время испытания географических культур кедровых сосен у потомств разных климатипов изучены рост, сохранность, фенология и заболевания (Кузнецова, 1988, 2010; Кузнецова, Гродницкая, 2009).

Исследование филлосферы пораженных растений и выделение фитопатогенных микромицетов проводили методами влажной камеры и посева гомогенизированных пораженных органов на агаризированные питательные среды: сусло-агар (СА) и картофельный агар (КА). Для поверхностной стерилизации растений использовали 2 %-й раствор  $KMnO_4$  (объекты выдерживали в растворе в течение 2–3 мин и многократно промывали стерильной водой) (Основные методы..., 1974).

Идентификацию фитопатогенных микромицетов проводили на основании изучения органов и типов спороношения, используя метод микрокультуры (Билай, Элланская, 1975). Виды грибов определяли по определителям (Журавлев и др., 1979; Minter, 1986; Sinclair, Lyon, 2005; Watanabe, 2000; Webster, 2007).

Статистическую обработку данных проводили при помощи пакета методов статистического анализа в программе Microsoft Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка устойчивости географических культур кедровых сосен к грибным заболеваниям является одним из важных адаптационных показателей, характеризующих целесообразность выращивания их в Красноярском крае. За период 2005–2012 гг. в исследуемых географических культурах кедровых сосен зарегистрирована мощная эпифитотия, вследствие которой была поражена и погибла часть

деревьев, высаженных на экспериментальную площадь (табл. 1).

Ежегодные исследования состояния географических культур кедра сибирского и корейского разных популяций (климатипов), позволили установить, что инфекционным заболеваниям в большей степени подвергается потомство кедра сибирского таштагольского климатипа, которое отличалось меньшими показателями роста еще в питомнике. После пересадки на лесокультурную площадь саженцы таштагольского климатипа также сохраняли меньшие показатели роста и сохранности (табл. 1).

Ростовые показатели потомства таштагольского климатипа наследственно обусловлены, так как материнские деревья данного климатипа растут в горно-таежной зоне на высоте около 3000 м над ур. м. и отличаются меньшим ростом. Потомство таких деревьев в новых условиях произрастания более ослаблено в первые годы роста слабее и подвержено различным заболеваниям. Кроме того, темп роста климатипов обусловлен не только наследственными особенностями, но и адаптацией их к погодным условиям.

В результате проведенных фенологических исследований установлено, что кедровым соснам, как и другим растениям, свойственна межвидовая фенологическая гетерогенность, одни и те же фенологические фазы у кедра сибирского и корейского проходят в разные сроки при одинаковых условиях произраста-

ния (Кузнецова, Череповский, 1998; Кузнецова, 2010). В условиях оптимального роста кедра сибирского, в Ермаковском лесхозе (юг Красноярского края), у кедра корейского наступление фенологических фаз отстает на 7–8 дней от кедра сибирского, что генетически обусловлено потребностью тепла.

Различия в прохождении фенологических фаз среди климатипов кедра сибирского не отмечены (Кузнецова, Череповский, 1998). После 20-летнего возраста средние показатели роста у климатипов кедра сибирского почти выровнялись, но сохранность, вследствие раннего и последующего заражения грибными болезнями таштагольского климатипа, оставалась пониженной. Вследствие эпифитотии 2005–2012 гг. гибель деревьев кедра сибирского таштагольского климатипа составила 21 %, в то время как у кедра сибирского ермаковского (местного) – всего 1 %. Высокой устойчивостью к заболеванию отличались популяции кедра корейского: в посадках облученского климатипа гибель древостоя составила 1 %, чугуевского – 5 % (см. табл. 1; рис. 1).

Признаками заболевания потомства таштагольского (кемеровского) климатипа было ежегодное пожелтение и усыхание хвои на отдельных деревьях. Массовое поражение деревьев этого климатипа отмечено в 10- и 26-летнем возрасте в первой посадке. В начале заболевания хвоя, как правило, поражалась только в нижней (до 1.5 м) части дерева (рис. 1, А).

**Таблица 1.** Изменение высоты и сохранность (от исходного количества саженцев) древостоя кедровых сосен разных климатипов (Ермаковский лесхоз)

Край (область), климатип	Высота, м				Сохранность, %			
	Год				Год			
	1990	1999	2006	2013	1990	1999	2006	2013
<i>Сосна кедровая сибирская</i>								
Кемеровская, таштагольский	1.14±0.19	4.5±0.12	7.5±0.31	7.7±0.25	75	69	56	35
Красноярский, ермаковский	1.20±0.16	5.3±0.10	7.8±0.47	9.6±0.32	93	87	87	86
Томская, шегарский	1.29±0.16	5.0±0.10	7.4±0.47	7.6±0.25	91	89	86	38*
<i>Сосна кедровая корейская</i>								
ЕАО, облученский	1.49±0.34	5.6±0.11	10.3±0.61	11.2±0.37	89	80	80	79
Приморский, чугуевский	1.57±0.22	5.6±0.13	10.0±0.75	8.5±0.28	92	89	88	83

\* Сохранность уменьшилась за счет вырубki деревьев при проведении ЛЭП.



А

Б

Рис. 1. Состояние кедровых сосен в географических культурах во время (А) и после (Б) грибной эпифитотии (серое шютте).

В меньшей степени заболеванию были подвержены деревья кедров сибирского ермаковского и томского климатипов. Обе популяции кедров корейского (облученский и чугуевский) продемонстрировали высокую устойчивость к болезни.

В условиях влажного климата Ермаковского района заражение хвои у кедров и развитие болезни происходят весной во время таяния снега, так как ежегодно образуется высокий снежный покров (более 50 см). В начале лета

(июнь) на зараженных деревьях сначала желтели кончики хвои, резко отделяясь от здоровой части бурой полосой шириной до 2–3 мм. Побеги, где закладывались почки, оставались некоторое время живыми. Затем пораженная хвоя становилась красновато-рыжей, позднее – серой, хвоинки обламывались (крошились), но почти не опадали. В это же время на пораженной хвое формировались пикниды, имеющие вид мелких черных точек. К осени пораженная хвоя отмирала, становилась пепельно-се-



Рис. 2. Апотеции гриба *Lophodermella sulcigena* (Link) Höhn. на хвое кедров сибирского (таштагольский климатип), заболевание – серое шютте.

рой, при этом долгое время сохранялась на ветвях. Впоследствии на ней развивались плодовые тела гриба – апотеции, погруженные, черные, продолговатые и выпуклые (рис. 2). В последующие годы апотеции развивались на хвое всего дерева, переходили на здоровую хвою соседних деревьев, и болезнь принимала куртинный характер. При сильном поражении хвой растения погибали (Гродницкая, Кузнецова, 2012).

Установлена причина болезни кедровых сосен – серое шютте и выявлен возбудитель заболевания хвой – плодосумчатый гриб *Lophodermella sulcigena* (Link) Nöhn. 1917 (Ascomycota). В литературе есть сведения о том, что патоген поражает разные виды сосны, чаще – сосну обыкновенную в возрасте 3–10, а иногда и 30 лет (Шевченко, Цилюрик, 1986).

У потомства кедра корейского в первые годы роста, заболеваний и поражений хвой не отмечено. Впервые очаговые заболевания были обнаружены после 25-летнего возраста в крайних рядах посадки. Несмотря на тесное соседство полностью пораженных болезнью деревьев кедра сибирского таштагольского и ермаковского климатипов, корейские популяции кедровых сосен оказались устойчивыми к заболеванию. Вследствие эпифитотии погибло до 6 %

деревьев облученского и чугуевского климатипов (см. табл. 1, рис. 1, Б).

Вероятно, это можно объяснить тем, что в результате позднего прохождения всех фенологических фаз и более позднего появления хвой (Кузнецова, Череповский, 1998) популяции кедра корейского менее подвержены заболеванию серым шютте в данных условиях произрастания, так как фенофазы развития растения и фитопатогена не совпадают во времени. Среди популяций кедра сибирского дерева таштагольского потомства (Кемеровской области) начинают вегетацию раньше, чем другие климатипы, совпадая с развитием фитопатогенных микромицетов, поэтому и происходит большее их заражение грибными болезнями.

Вследствие фитопатологического обследования кедровых сосен всех климатипов после эпифитотии (август 2013 г.) отмечены обильное смолотечение на стволах переболевших деревьев (рис. 3, А) и образование смоляных «пузырей» (желваков) в местах рубки ветвей (рис. 3, Б).

Возможно, это признак нового заболевания ослабленных кедровых сосен. Полагаем, что после нескольких лет поражения серым шютте у одних популяций кедра произошло существенное ослабление иммунитета, что выразилось



А

Б

**Рис. 3.** Обильное смолотечение (А) на стволах, ослабленных после болезни кедров, и образование смоляных пузырей (желваков) (Б) в местах отрубленных ветвей (август 2013 г.).

в обильном смолотечении и, вероятно, возникновении еще одного опасного заболевания (пока не идентифицированного), а другие приобрели устойчивость к заболеваниям.

На здоровой хвое отмечены сапротрофные и условно-патогенные грибы из родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Mucor*, *Trichoderma*, *Fusarium*. На больной и погибшей хвое встречались патогенные микромицеты – *Lophodermella sulcigena* и *Lophodermium pinastri*.

Проведенный учет кедровых сосен каждого климатипа позволил выявить долю живых и пораженных болезнями деревьев (табл. 2.).

Наибольшая доля больных деревьев (22.5 %) выявлена у потомства кедра сибирского таштагольского климатипа, как более ослабленного в данных условиях произрастания. В меньшей степени отмечены признаки заболевания и повреждения у кедра корейского (см. табл. 2).

На протяжении всего периода произраста-

**Таблица 2.** Фитопатологическая оценка заболеваний у климатипов кедровых сосен в посадках географических культур на юге Красноярского края (Ермаковский лесхоз, август 2013 г.)

Регион, климатип, повторность	Живые, шт.	С признаками болезни, %	Среднее значение
<i>Сосна кедровая сибирская</i>			
Красноярский край, ермаковский:			
1-я			
2-я	548	6.7	7.6
3-я	338	7.4	
	260	8.8	
Кемеровская обл., таштагольский:			
1-я			
2-я	275	22.5	13.6
	322	4.6	
<i>Сосна кедровая корейская</i>			
ЕАО, облученский:			
1-я	446	3.0	1.6
2-я	624	0.8	
3-я	617	1.1	
Приморский край, чугуевский:			
1-я			
2-я	562	1.1	1.2
3-я	314	1.3	
	81	1.2	

ния популяции кедра корейского отличались большей устойчивостью к инфекционным заболеваниям, чем климатипы кедра сибирского (кроме местного, ермаковского), что является свидетельством их высоких адаптационных возможностей к новым климатическим условиям произрастания.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования установлена причина усыхания географических культур сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) и корейской (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) в Ермаковском лесхозе (предгорье Западного Саяна). Возбудителем усыхания хвои является плодосумчатый гриб *Lophodermella sulcigena* (серое шютте). Усыханию и гибели в наибольшей степени подверглось потомство кедра сибирского таштагольского климатипа (21 %). Потомство кедра корейского и местного сибирского (ермаковский) климатипов обладало большей устойчивостью к заболеванию, гибель древостоя этих популяций составила 1–5 %. В целом потомство обеих популяций кедра корейского в меньшей степени поражено заболеваниями (усыханием хвои, смолотечением по стволу, образованием смоляных желваков), чем кедровые климатипы. Отмечено, что интенсивному развитию заболевания кедровых сосен сопутствовали наличие монокультуры, высокая концентрация патогена и загущенная посадка деревьев.

На хвое переболевших деревьев отмечены возбудители серого и обыкновенного шютте (*Lophodermella sulcigena*, *Lophodermium pinastri*). Сопутствующие микроскопические грибы представлены родами *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Mucor*, *Trichoderma*, *Fusarium*.

Полученные данные по фенотипическим, морфологическим признакам и фитопатологическому обследованию популяций географических культур кедра сибирского и корейского в искусственных фитоценозах на юге Красноярского края отражают степень их приспособленности к новым условиям произрастания.

Исследование поддержано проектом РФФИ №13-04-01671.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Билай В. И., Элланская И. А. Метод микрокультуры для получения типичного конидиеобразования у фузариев // Микология и фитопатология. 1975. Т. 9. Вып. 1. С. 74–76.
- Гродницкая И. Д., Кузнецова Г. В. Заболевания *Pinus sylvestris* L. и *Pinus sibirica* Du Tour в географических культурах и лесных питомниках Красноярского края и Хакасии // Хвойные бореальной зоны. 2012. Т. 30, № 1–2. С. 55–60.
- Журавлев И. И., Селиванова Т. Н., Черемиснов Н. А. Определитель грибных болезней деревьев и кустарников: Справочник. М.: Лесн. пром-сть, 1979. 247 с.
- Кузнецова Г. В. Географические культуры кедра сибирского и кедра корейского в Красноярском крае // Проблемы лесовосстановления в таежной зоне СССР. Тез. докл. Всесоюз. конф. Красноярск, 1988. С. 126–127.
- Кузнецова Г. В. Рост, состояние и развитие кедровых сосен в географических культурах на юге Красноярского края // Хвойные бореальной зоны. 2010. Т. 27, № 1–2. С. 102–107.
- Кузнецова Г. В., Гродницкая И. Д. Заболевания кедровых сосен в географических культурах // Лесн. вестн. Вестн. МГУЛ. 2009. Вып. 5(68). С. 158–161.
- Кузнецова Г. В., Череповский Ю. А. Фенологические особенности кедра сибирского и кедра корейского в географических культурах // Реконструкция гомеостаза. Мат-лы IX Междунар. симп. Т. 2. Красноярск, 1998. С. 82–85.
- Основные методы фитопатологических исследований // Науч. тр. ВАСХНИЛ / Под ред. А. Е. Чумакова. М.: Колос, 1974. 192 с.
- Синадский Ю. В. Сосна, ее вредители и болезни. М.: Наука, 1983. 344 с.
- Шевченко С. В., Циллюрик А. В. Лесная фитопатология. Киев: Вища школа, 1986. С. 157–162.
- Carrer M., Urbinati C. Age-dependent tree-ring growth to climate in *Larix decidua* and *Pinus cembra* // Ecology. 2004. V. 85. P. 730–740.
- Davis M. B., Shawe R. G. Rang shifts and adaptive responses to quaternary climate change // Science. 2001. V. 292. P. 673–679.
- Matyas C. Modeling climate change effects with provenance test data // Tree Physiol. 1994. V. 14. P. 797–804.
- Minter D. W. Some members of the *Rhytismataceae* (Ascomycetes) on conifer needles from Central and North America // Recent Research on conifer diseases. Conf. Proc., USA, Jan. 1986. P. 71–106.
- Persson T., Andersson B. Genetic variance and covariance patterns of growth and survival in northern *Pinus sylvestris* // Scand. J. For. Res. 2003. V. 18. P. 332–343.
- Rehfeldt G. E., Tchebakova N. M., Milyutin L. I. et al. Assessing population responses to climate in *Pinus sylvestris* and *Larix* spp. of Eurasia with Climate-Transfer Models // Euras. J. For. Res. 2003. V. 6–2. P. 83–98.
- Rehfeldt G. E., Tchebakova N. M., Parfenova Y. I. et al. Intraspecific responses to climate in *Pinus sylvestris* // Glob. Change Biol. 2002. V. 8. P. 1–18.
- Sinclair W. A., Lyon H. H. Diseases of trees and shrubs. Ithaka and London: Comstock Publ. As., a div. of Cornell Univ., 2005. 660 p.
- Tchebakova N. M., Rehfeldt G. E., Parfenova Y. I. Impacts of climate change on the distribution of *Larix* spp. and *Pinus sylvestris* and their climatypes in Siberia // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 2005. V. 11. P. 861–882.
- Watanabe T. Pictorial atlas of soil and seed fungi: Morphologies of cultured fungi and key to species. Florida, 2000. 411 p.
- Webster J. Introduction to fungi. Third Ed. Cambridge University Press, 2007. 842 p.

## **Resistance to Fungal Diseases of the Siberian (*Pinus sibirica* Du Tour) and Korean (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) Stone Pines in the Provenance Trails at the South of Krasnoyarsk Territory**

**I. D. Grodnitskaya, G. V. Kuznetsova**

*V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch  
Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation*

Email: igrod@ksc.krasn.ru, galva@ksc.krasn.ru

The reason of the epiphytoty in the provenance trials of the Siberian (*Pinus sibirica* Du Tour) and Korean (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) stone pines in the foothills of the Western Sayan (south of Krasnoyarsk territory) was established. The cause of stone pine needles drying was disease – grey pine-leaf cast (grey Schutte). The causative agent was pathogenic fungus *Lophodermella sulcigena*. The Siberian stone pine trees of Tashtagol'skii climate type were drying (fatally) to the greatest extent (21 %). The populations of the Korean stone pine showed higher resistance to fungal infections comparing to the Siberian stone pine climate type.

**Keywords:** *provenance trials, climatypes, Siberian stone pine, Korean stone pine, fungal infections, needle shrinkage, gummosis, resistance to phytopathogens, south of Krasnoyarsk territory.*