

определялась главным образом биохимическим воздействием [7]. В опытах Олгрен лесная подстилка *Abies balsamea* Mill. оказывала самое сильное ингибирующее влияние на прорастание семян травянистых, кустарниковых, а также древесных видов и на рост их всходов [12].

Таким образом, монодоминантные пихтовые сообщества возникли не под влиянием человека, а являются порождением взаимодействия пихты, ее спутников и условий среды. Они формируются в наиболее благоприятных микроклиматических, фитоклиматических и эдафических условиях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Голубець М. А. Темнохвойні ліси // Рослинність УРСР.— Київ: Наукова думка, 1971.— С. 84—136. [2]. Гродзинский А. М., Гайдамак В. М. Аллелопатическое влияние древесных растений на травянистые в условиях лесостепи Украины // Физиолого-биохимические основы взаимодействия растений в фитоценозах.— Киев: Наукова думка, 1971.— Вып. 2.— С. 3—11. [3]. Ильинский А. П. Растительность Советских Карпат // Бюл. МОИП.— 1945.— Т. 50, вып. 3—4.— С. 85—87. [4]. Косец Н. И. Основные закономерности распределения лесной растительности в Советских Карпатах и Прикарпатье // Бот. журн.— 1967.— Т. 52, № 3.— С. 317—331. [5]. Олександрович В. М. Об аллелопатической активности деревьев и кустарников, применяющихся в озеленении // Физиолого-биохимические основы взаимодействия растений в фитоценозах.— Киев: Наукова думка, 1970.— Вып. 1.— С. 186—190. [6]. Пастернак П. С. Изменение лесорастительных свойств бурых горно-лесных почв Карпат под влиянием главных древесных пород // Почвоведение лесному хозяйству.— Киев: Урожай, 1970.— С. 58—88. [7]. Райс Э. Аллелопатия.— М.: Мир, 1978.— 392 с. [8]. Шаблій О. І. Рослинність // Природа Львівської області.— Львів: Львів. ун-т, 1972.— С. 73—84. [9]. Швиденко А. И. Восстановление пихтовых фитоценозов на востоке ареала в Украинских Карпатах // Лесн. журн.— 1984.— № 4.— С. 19—22.— (Изв. высш. учеб. заведений). [10]. Швиденко А. И. Ареал *Abies alba* (*Pinaceae*) на юго-западе СССР // Бот. журн.— 1985.— Т. 70, № 6.— С. 802—805. [11]. Швиденко А. И., Тереля И. П., Зарубенко Р. Г. Структура пихтовых лесов и их распространение в Закарпатье // География и природные ресурсы.— 1983.— № 3.— С. 147—150. [12]. Ahlgren Clifford E., Ahlgren Isabel F. Some effects of different forest litters on seed germination and growth // Canadian Journ. of Forest Research.— 1981.— N 3.— P. 710—714.

Поступила 29 декабря 1985 г.

УДК 630*443.3

ЭЛЕКТРОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ В ОЧАГАХ КОРНЕВОЙ ГУБКИ

А. В. ЛЕБЕДЕВ

Архангельский лесотехнический институт

В системе защиты лесов первой группы от болезней и вредителей ведущее значение приобретают санитарные рубки. Объем их очень часто завышается и не соответствует установленным требованиям [1]. Одна из причин указанного недостатка — традиционное использование субъективных, ненадежных методов регистрации состояния древесных растений.

Многолетние исследования П. А. Положенцева, его учеников и последователей позволили выявить ряд объективных показателей прижизненной диагностики состояния деревьев при различных причинах их ослабления. Однако до сих пор остается открытым вопрос о регистрации поражения деревьев скрытой гнилью и степени нарушения их жизнеспособности при патологическом воздействии [12].

Приведенные аргументы свидетельствуют о настоятельной необходимости дальнейшей разработки методов ранней диагностики, в числе которых наиболее перспективна электроиндикация [3, 4, 10, 16]. Преиму-

щества электрофизиологического метода по сравнению с другими приемами диагностики жизнеспособности деревьев ели в очагах корневой губки охарактеризованы в нашей предыдущей работе [5]. Публикуемая статья является продолжением изложения результатов исследований, выполненных нами в 1978—1981 гг. на территории Учинского леспаркохоза Московской области.

Исследования проводили в высокобонитетных среднеполнотных ельниках-кисличниках IV класса возраста на восьми безразмерных пробных площадях, приуроченных к очагам корневой губки.

Для получения электрометрических данных было подобрано и помечено 240 деревьев ели, по 20 экземпляров в каждой из условных 12 подгрупп. Подгруппы деревьев выделяли в соответствии с категориями крупности (мелкие, средние, крупные) и состояния (условно здоровые, ослабленные, сильно ослабленные, усыхающие). Кроме того, при помощи возрастного бурава с привлечением методов внешнего описания и звуковой пробы [2] было выявлено и помечено 120 деревьев ели, пораженных корневой губкой. Затем больные деревья ранжировали по категориям крупности и следующим категориям патологического состояния:

1) бессимптомные — заметная реакция кроны и вершины отсутствует, внешнее состояние комля нормальное, наружных признаков поражения корней нет, гниль в стволе — I—II стадий, поражено не более 25 % основных корней;

2) сомнительные — заметная реакция кроны и вершины отсутствует или слабая, комель нередко несколько утолщен, наружных признаков загнивания корней нет, гниль в стволе — II—III стадий, поражено от 25 до 50 % основных корней, возможны смолотечения;

3) явно больные — заметная реакция кроны и вершины, возможно сильное утолщение комля, очевидны наружные признаки загнивания корней, гниль в стволе — III—IV стадий, поражено более 50 % основных корней, обычны смолотечения.

Стадии развития гнили древесных тканей ели устанавливали путем осмотра корневых лап и взятых буровом кернов, по характеру окраски гнилей древесины, изменению ее структуры и потере механической прочности [7]. Для выявления взаимосвязи электрического сопротивления с заселением деревьев ксилофагами нами методом биопсии [9] было подобрано по 15 ослабленных и 15 больных елей, успешно атакованных короедами: типографом, двойником, полиграфом и гравером. В этом случае деревья также подбирали в соответствии с категориями крупности (крупные, средние, мелкие) и ставили на них пометку.

У каждого помеченного дерева с четырех сторон ствола, согласно странам света, на высоте 1,3 м измеряли электрическое сопротивление камбия и живой коры (в пятикратной повторности). Для фиксации электрического сопротивления луба ели использовали реконструированный прибор — мост типа ММВ, соединенный отрезком гибкого провода с датчиком, представляющим собой стальные штифты, закрепленные на удалении 20 мм друг от друга в эбонитовом блоке.

Анализ результатов исследований позволил выявить ряд интересных зависимостей, рассмотренных ниже.

Чтобы понять патологические нарушения в жизни растений, мы должны начинать с физиологических [13], в частности, с изучения взаимосвязи электрометрических показателей с внешним обликом деревьев ели (табл. 1).

Таблица 1

Категория крупности деревьев	Электрическое сопротивление, КОм, у деревьев ели различных категорий физиологического состояния			
	здоровых	ослабленных	сильно ослабленных	усыхающих
Мелкие (12—16 см)	19—28	19—32	28—39	33—45
	$23,5 \pm 0,8$	$25,5 \pm 0,9$	$33,5 \pm 1,0$	$39,0 \pm 1,0$
Средние (20—28 см)	17—25	17—29	25—36	30—43
	$21,0 \pm 0,7$	$23,0 \pm 0,8$	$30,5 \pm 0,8$	$36,0 \pm 0,9$
Крупные (32—40 см)	15—22	15—26	22—33	27—39
	$18,5 \pm 0,8$	$20,5 \pm 0,9$	$22,5 \pm 0,9$	$33,0 \pm 1,0$

Примечание. В числителе здесь и далее — диапазоны сопротивлений; в знаменателе — среднее значение сопротивления.

Результаты исследований указывают на уменьшение электрического сопротивления с увеличением диаметра у представителей всех рассмотренных категорий и свидетельствуют о возрастании изучаемого показателя с ухудшением состояния деревьев. Наблюдаемое перекрытие диапазонов сопротивлений у экземпляров ели различных категорий состояния выявляет зональную ограниченность изучаемого диагностического приема и возможности его применения в практике только в сочетании с методом внешнего описания. Отмечаемое зарубежными специалистами неоднозначное сочетание электрического сопротивления тканей камбия и живой коры у деревьев пихты и ели с уровнем дефолиации крон еловым почкоедом [14] подтверждает справедливость нашего вывода.

Для научного обоснования санитарных рубок на патофизиологической основе очень важно установить взаимосвязь между состоянием ели и электрическим сопротивлением в комлевой части ствола (табл. 2).

Таблица 2

Категория крупности деревьев	Электрическое сопротивление, кОм, у деревьев ели различных категорий патологического состояния			
	бессимптомных		сомнительных	
	здоровых	больных	ослабленных	больных
Мелкие (12—16 см)	19—28	25—33	19—32	28—37
	$23,5 \pm 0,8$	$29,0 \pm 0,8$	$25,5 \pm 0,9$	$32,5 \pm 0,9$
Средние (20—28 см)	17—25	23—31	17—23	25—34
	$21,0 \pm 0,8$	$27,0 \pm 0,9$	$23,0 \pm 0,9$	$29,5 \pm 0,8$
Крупные (32—40 см)	15—22	21—29	15—26	22—31
	$18,5 \pm 0,9$	$25,0 \pm 0,9$	$20,5 \pm 0,8$	$26,5 \pm 0,9$

Из таблицы видно, что средние значения электрического сопротивления камбия и живой коры у больных деревьев ели выше, чем у здоровых экземпляров сходных категорий крупности, что отмечалось нами и ранее [5]. К аналогичному выводу пришли и другие исследователи, изучавшие взаимосвязь биоэлектрических характеристик периферийных тканей стволов ели с поражением их скрытой гнилью в лесах Украинских Карпат [11], Белоруссии [8] и за рубежом [15]. Нами установлено, что с усугублением патологического состояния деревьев ели электрическое сопротивление камбия и живой коры имеет тенденцию к увеличению и у сомнительных экземпляров выше, чем у бессимптомных.

У явно больных деревьев обнаруживаются еще более высокие средние значения электрического сопротивления периферийных тканей ствола, что имеет лишь физиологическое значение, так как внешние проявления заболевания очевидны. Между тем, выявленная зависимость свойственна не всем случаям и в пределах дерева носит зональный характер, что объясняется спецификой поражения деревьев ели корневой губкой. Так, в секторе здоровой части корневой системы больной ели значение изучаемого показателя может не отличаться от контрольного, тогда как в зоне наибольшего поражения гнилью электрическое сопротивление максимально.

В лесозащитной практике нередко возникают затруднения в распознавании деревьев, свежеселенных полиграфом, поскольку буровая мука высыпается только при первоначальном построении ходов, а затем остается в самих ходах. Выбросы буровой муки типографом, двойником и гравером могут прерываться, а имеющаяся на стволе буровая мука может быть смыта дождем или сметена ветром. Это подчеркивает важность изучения взаимосвязи электрического сопротивления тканей

Таблица 3

Категория крупности деревьев	Электрическое сопротивление, кОм, у деревьев ели		
	контрольных	заселяемых короедами	
		ослабленных	больших
Мелкие (12—16 см)	19—28	12—19	11—20
	23,5 ± 0,8	15,5 ± 1,0	16,0 ± 0,9
Средние (20—28 см)	17—25	10—17	10—18
	21,0 ± 0,7	13,5 ± 0,9	14,0 ± 0,8
Крупные (32—40 см)	15—22	8—15	8—16
	18,5 ± 0,8	11,5 ± 1,0	12,0 ± 1,0

луба с заселением деревьев ели ксилофагами по комлевому и одновременному типам (табл. 3).

Из таблицы видно, что деревья ели, как ослабленные, так и пораженные корневой губкой, заселяемые короедами активной группы по комлевому и одновременному типам, в зоне контакта имеют чаще всего пониженное электрическое сопротивление. В момент заселения и при малой плотности атаки рассматриваемый электрофизиологический показатель может не отличаться по значению от нормального, однако соответствует минимуму контроля.

Деревья ели, заселяемые ксилофагами по вершинному и стволловому типам, в районе толстой коры при функциональном ослаблении имеют нормальное электрическое сопротивление, а при поражении грибами — повышенное, что свидетельствует о зональной ограниченности возможностей электроиндикации [6].

Резюмируя изложенное, отметим, что, несмотря на зональную ограниченность электрометрического метода, его патофизиологическая обоснованность, особенно при поражении ели скрытой гнилью, а также при эндогенных нарушениях и короедной инвазии, не вызывает сомнений. Однако правильный диагноз причины ослабления может быть поставлен только на основе сочетания показаний омметра с морфопатологическими признаками деревьев, если таковые имеются, что позволит повысить точность лесозащитной оценки.

Результаты наших исследований могут быть использованы при организации и реализации мониторинга состояния и патологии ельников первой группы и при отборе деревьев в санитарную рубку.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Воронцов А. И. Место лесохозяйственных и биологических мероприятий в системе лесозащиты // Роль дендрофильных насекомых в таежных экосистемах.— Красноярск, 1980.— С. 24—26. [2]. Журавлев И. И. Диагностика болезней леса.— М.: Сельхозиздат, 1962.— 192 с. [3]. Кищенко Э. В., Рутковский И. В. Исследование электрофизиологических характеристик состояния древесных растений // Лесная геоботаника и биология древесных растений.— Брянск, 1975.— Вып. 3.— С. 53—60. [4]. Колковский Р. А. Биоэлектрические потенциалы древесных растений.— Новосибирск: Наука, 1980.— 177 с. [5]. Лебедев А. В. Новый подход к диагностике резистентности ели европейской // Повышение продуктивности лесов и улучшение ведения лесного хозяйства.— М.: МЛТИ, 1980.— С. 110—113. [6]. Лебедев А. В. Энтомоустойчивость ели европейской в рекреационных лесах Московской области: Автореф. дис. . . канд. биол. наук.— Воронеж, 1983.— 22 с. [7]. Негруцкий С. Ф. Корневая губка.— М.: Лесн. пром-сть, 1973.— 199 с. [8]. Полещук Ю. М. Электрическое сопротивление камбия у пораженных корневой губкой деревьев ели обыкновенной // Защита леса.— Л.: ЛТА, 1979.— С. 40—42. [9]. Положенцев П. А. Определение состояния дерева методом проб (биопсии) // Лесн. хоз-во.— 1965.— № 11.— С. 56—57. [10]. Суховольский В. Г. Сравнительный анализ электрофизиологических методов диагностики состояния деревьев // Перспективные направления развития лесного хозяйства.— Красноярск, 1980.— С. 23—24. [11]. Трибун П. А. Пути решения проблемы борьбы с корневой губкой в лесах Украинских Карпат // Защита хвойных насаждений от вредителей и болезней.— Каунас, 1978.— С. 219—223. [12]. Федоров Н. И.

Актуальные вопросы защиты хвойных насаждений от корневых гнилей // Защита хвойных насаждений от вредителей и болезней.— Каунас, 1978.— С. 231—234. [13]. Фридерикс К. Экологические основы прикладной зоологии и энтомологии.— М.; Л.: Госиздат, 1932.— 650 с. [14]. Blanchard R. O., Shortle W. C. Mechanism relating cambial electrical resistance to periodis growth rate of balsamfir // Canadian J. of Forest Research — 1983 — Vol. 13, N 3.— P. 472—480. [15]. Klaus J., Christian T. Vitalitätsmessungen an Fichten und Kiefern mittels Digitalströmungsmessgeräten und Zusammenhänge mit ertragshundlichen Messgrossen // Allgem. Vol. 95, N 10.— S. 305—306. [16]. Tattar T. A., Forstzeitung.— 1984.— Blanchard R. O. Electrical techniques for disease diagnosis // J. of Arboricultur.— 1977.— Vol. 3, N 2.— P. 21—24.

Поступила 23 августа 1985 г.

УДК 581.1 : 577.150.4

ИЗМЕНЕНИЕ ИЗОФЕРМЕНТНЫХ СПЕКТРОВ ОКСИДОРЕДУКТАЗ СЕЯНЦЕВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ХРОМА

Е. В. ЕРЕМКА, С. Ф. НЕГРУЦКИЙ

Донецкий государственный университет

Основная роль в приспособлении растений к неблагоприятным факторам среды принадлежит ферментативным системам. В обеспечении нормального хода окислительных процессов в условиях промышленного загрязнения огромную роль играют полифенолоксидаза, пероксидаза, каталаза, обладающие высокой чувствительностью к фитотоксикантам.

Устойчивость к газообразным фитотоксикантам, как известно [2—4], проявляется в изменении активности пероксидазы, полифенолоксидазы и каталазы, которые дают возможность добывать растениям энергию, необходимую для поддержания жизнедеятельности. Изменение активности названных ферментов отражает проявление защитных свойств растений, свидетельствует о патологических сдвигах в общей системе дыхания. Имеются литературные сведения об изменении активности окислительных ферментов под воздействием тяжелых металлов [7]. Среди тяжелых металлов — компонентов промышленных выбросов шестивалентный хром в силу высокой химической активности обладает наибольшей фитотоксичностью [6].

Для исследования был избран электрофоретический метод, позволяющий выявить как качественные, так и количественные изменения в изоферментных спектрах оксидоредуктаз под воздействием различного рода фитотоксикантов, в том числе и тяжелых металлов.

Объектом исследований являлись полуторамесячные сеянцы робинии обыкновенной (*Robinia pseudoacacia* L.), сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.), ели европейской (*Picea excelsa* Link.), спиреи средней (*Spiraea media* Schmidt.), аморфы кустарниковой (*Amorpha fruticosa* L.) и жимолости татарской (*Lonicera tatarica* L.). Двухнедельные проростки названных растений пересаживали на питательную среду Кюна, содержащую бихромат калия в следующих концентрациях по вариантам: I вариант опыта — $1 \cdot 10^{-5}$ моль/л, II — $1 \cdot 10^{-4}$ моль/л и III — $5 \cdot 10^{-4}$ моль/л. В контрольный вариант фитотоксикант не вводили. Наблюдения за состоянием растений вели в течение месяца. Выявлено, что токсическое действие хрома находится в прямой зависимости от его концентрации в среде, а также зависит от биологических особенностей видов. Так, сеянцы робинии обыкновенной, жимолости татарской и аморфы кустарниковой погибли на 3—5-й день после пересадки их на питательную среду с максимальным содержанием металла ($5 \cdot 10^{-4}$ моль/л), в то время как сеянцы сосны обыкновенной, ели европейской и спиреи средней сохраняли жизнеспособность в этом варианте опыта. Учитывая высоту надземной части исследуемых растений, независимо от видовой принадлежности, их можно расположить в такой последовательности по вариантам: $K > I$ ($1 \cdot 10^{-5}$ моль/л) $> II$ ($1 \cdot 10^{-4}$ моль/л) — для всех видов $> III$ ($5 \cdot 10^{-4}$ моль/л) — для сеянцев спиреи, сосны и ели.

Изоферментные спектры оксидаз определяли методом электрофореза по В. И. Сафонову и М. П. Сафоновой [5]. На каждую электрофоретическую трубочку наносили