

УДК630\*181:630\*41

**О.В. Толкач, С.Л. Соколов, А. Шнайдер**

Толкач Ольга Владимировна родилась в 1955 г., окончила в 1978 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лесного отдела Ботанического сада УрО РАН. Имеет более 60 публикаций в области лесоведения и лесоводства.



Соколов Сергей Леонидович родился в 1957 г., окончил в 1980 г. Уральский лесотехнический институт, главный лесничий Свердловского лесхоза. Имеет 3 публикации в области охраны и защиты леса.



### **РЕАКЦИЯ ГОДИЧНОГО РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА НА ВНЕШНИЕ УСЛОВИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ТОЛЕРАНТНОСТИ БЕРЕЗОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ**

Рассмотрена связь толерантности и резистентности березовых древостоев к дефолиации ЛОК в зависимости от динамики годичного радиального прироста.

*Ключевые слова:* годичный радиальный прирост, толерантность, резистентность.

Оценка потенциальной устойчивости насаждений к насекомым-вредителям является в настоящее время одной из основных задач, стоящих перед службами защиты леса. В 1999–2000 гг. в Свердловской, Челябинской, Курганской областях была отмечена широкомасштабная вспышка летне-осеннего комплекса листогрызущих насекомых (ЛОК). По данным станций защиты леса ГУПР, сплошная (100 %) и высокая (более 75 %) дефолиация отмечалась в 1999 г. на площади 106264, в 2000 г. – 170480 га. Известно, что после дефолиации деревьев ЛОК в обычные сроки (последняя декада августа – начало сентября) усыхания древостоев не наблюдается [1]. Если деревья дефолированы в более ранние сроки (первая – вторая декады августа), отмечается частичное и диффузное усыхание [2]. В период изученной вспышки участки сплошной дефолиации появились в конце июля 2000 г., а к середине августа была дефолирована большая часть березовых древостоев. Наряду с этим, имелись участки насаждений, не подвергшихся дефолиации, или резистентных. Под резистентностью понимается невосприимчивость древостоев к энтомофактору, т.е. отсутствие дефолиации, несмотря на достаточное для нее количество насекомых в начальной стадии питающей фазы.

На следующий год наблюдалось диффузное, а на небольших площадях и сплошное усыхание древостоев, подвергшихся дефолиации. Причины различной реакции древостоев на дефолиацию насекомыми-филлофагами в

настоящее время до конца не установлены. В последние годы проведен ряд исследований [4, 8], указывающих на связь радиального прироста с толерантностью древостоев к дефолиации. Под толерантностью понимается отсутствие реакции деревьев на дефолиацию, выражающейся в усыхании кроны. Динамика годичного радиального прироста является интегральным показателем влияния на древостой метеоусловий и гидрологического режима условий произрастания [5]. Кроме того, этот показатель обусловлен генетически, так как в однородных и оптимальных условиях произрастания он сильно варьирует.

Цель наших исследований – установить связь степени толерантности и резистентности березовых древостоев к дефолиации ЛОК с динамикой годичного радиального прироста.

По лесорастительному районированию Б.П. Колесникова [3], район исследования представлен сосново-березовым предлесостепным округом (ППП 1, 2) Зауральской холмисто-предгорной провинции и северолесостепным (колочным) округом (ППП 3–6) Зауральской равнинной провинции; по зональному делению – лесной зоной (сосново-березовые леса) (ППП 1,2) и зоной северной лесостепи (ППП 3–6). Шесть постоянных пробных площадей заложены непосредственно после вспышки в 2001–2002 гг. По степени толерантности и резистентности к дефолиации ЛОК они распределились следующим образом: ППП 6 заложена в древостое, не подвергшемся дефолиации, т. е. резистентном; на ППП 5 после дефолиации усыхание не отмечалось, древостой оказался полностью толерантен к дефолиации; на остальных пробных площадях древостой состояли из толерантных и нетолерантных деревьев; на ППП 2 и 4 была однократная дефолиация, на ППП 1 и 3 – двукратная в 1999–2000 гг. Древостой на ППП 1–5 дефолированы приблизительно в одни сроки: конец июля – начало августа. Частичное усыхание кроны на ППП 1–4 составило в среднем 37 ... 54, диффузное – 4 ... 19 %. Пробные площади закладывали по общепринятой в таксации методике. Имея близкие таксационные характеристики (возраст 50 ... 60 лет; полнота 0,8 ... 0,9; класс бонитета II–III), они различаются по условиям произрастания и типам почв. В лесной зоне пробные площади (ППП 1, 2) приурочены к дерново-подзолистым слабоподзоленным почвам, в лесостепной – к двум вариантам серых почв: темно-серым (ППП 3, 4) и светло-серым (ППП 5, 6). Более высокая полевая влажность наблюдалась на ППП 2, 4. Расстояние между пробными площадями, расположенными в соседних провинциях (зонах), составляло 10 ... 20 км.

Для анализа радиального прироста отбирали керны с деревьев, в разной степени восстановившихся после дефолиации. К нетолерантным относили деревья с усыханием свыше 75, к толерантным – менее 25 %. Для нивелирования влияния условий произрастания подбирали деревья одной ступени толщины (20 ... 24 см). Керны обрабатывали с помощью МБС-10, точность измерений 0,05 мм при двукратном увеличении, данные приведены в единицах шкалы окуляр-микрометра, которые обозначены как условные единицы измерения (у. е.). Полученные результаты анализировали ста-

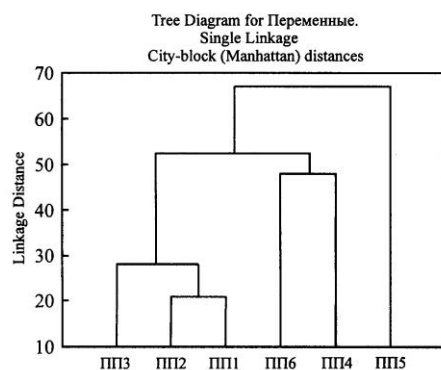


Рис. 1. Кластерный анализ средних значений годового радиального прироста на пробных площадях в 1984 – 1999 гг.

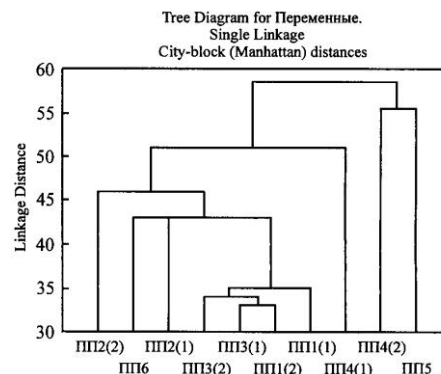


Рис. 2. Кластерный анализ средних значений годового радиального прироста в 1984 – 1999 гг. Цифрами 1 и 2 в скобках показаны соответственно усыхающие и неусыхающие после дефолиации деревья

статистическими методами (программа Statistica). По пробным площадям проведен кластерный анализ среднеарифметических значений годового прироста усыхающих и неусыхающих деревьев за 1984–1999 гг., корреляционный анализ динамики радиального прироста с метеоусловиями и рассчитаны высокочастотные колебания радиального прироста.

Поскольку пробные площади размещены в различных условиях произрастания, то в первую очередь представляло интерес выявить степень сходства показателей годового радиального прироста на них. Для этого выполнен кластерный анализ годовых радиальных приростов толерантных, резистентных и усыхающих после дефолиации деревьев (рис. 1). Наиболее тесная связь по радиальным приростам отмечена между ППП 1 и 2, относящимися к лесной зоне. Пробные площади из лесостепной и лесной зон существенно различаются, а толерантный древостой обособляется в отдельный кластер.

Согласно кластерному анализу динамики годового радиального прироста усыхающих и неусыхающих деревьев (рис. 2) наиболее тесная связь отмечается между ППП 1 и 3, где дефолиация была двукратной. В этом случае усыхающие деревья одной пробной площади группируются с неусыхающими (толерантными) из другой. Иными словами, в разных лесорастительных зонах деревья имеют разнонаправленную реакцию прироста, не соответствующую внешним факторам зоны произрастания, что, возможно, ведет к потере толерантности древостоя после дефолиации.

На различия в динамике годового радиального прироста может влиять видовое разнообразие и наличие гибридных форм березы. Нами сделана попытка установить связь постдефолиационного состояния деревьев

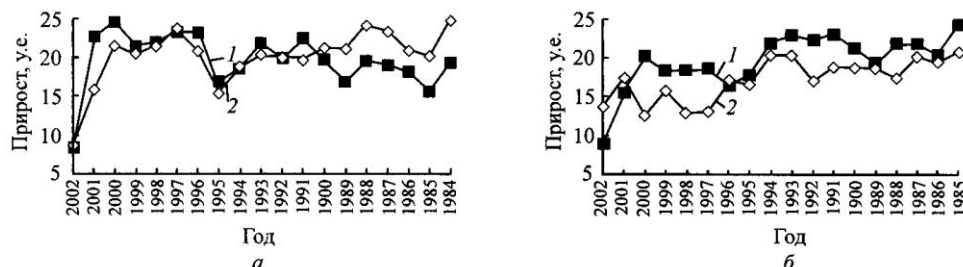


Рис. 3. Динамика средних значений годового радиального прироста усыхающих после дефолиации деревьев на пробных площадях 1 (а) и 2 (б): 1 – береза повислая; 2 – береза пушистая

березы с их видовой принадлежностью, однако четкие закономерности не выявлены. Например, на ППП 5, в березовом древостое, толерантном к дефолиации, соотношение березы повислой и пушистой составило соответственно 19 и 81%; на ППП 6, в древостое, резистентном к дефолиации, 58 и 42 %. На ППП 3 толерантные и нетолерантные деревья представлены березой повислой, а на ППП 4 преобладает береза пушистая. На ППП 1 в группе усыхающих деревьев не было достоверных различий в динамике годового радиального прироста между видами. На ППП 2 эти различия уже наблюдаются (рис. 3), что, скорее всего, связано с влиянием более высокой влажности почвы.

Из анализа данных табл. 1 следует, что в лесостепной зоне усыхают деревья с достоверно меньшим радиальным приростом. Толерантными к дефолиации оказались как деревья, так и в целом древостои (ППП 5) с большим радиальным приростом. Резистентный древостой (ППП 6) по среднему радиальному приросту не отличался от нерезистентных. В лесной зоне ситуация оказалась противоположной. Усыхают древостои с достоверно большим радиальным приростом (табл. 1).

Таблица 1

№ пробной площади	Средний радиальный прирост, у.е.	Число деревьев	Достоверность различий
1	$19,20 \pm 0,54$	28	0,0001
	$16,40 \pm 0,39$	21	
2	$19,80 \pm 0,50$	23	0,0000
	$14,30 \pm 0,45$	19	
3	$16,00 \pm 0,67$	8	0,0034
	$18,80 \pm 0,60$	13	
4	$19,30 \pm 0,68$	10	0,0002
	$23,50 \pm 0,91$	7	
5	$24,70 \pm 0,81$	10	0,0002
	$21,50 \pm 0,56$	20	

Примечание. В числителе значения для усыхающих деревьев; в знаменателе – для неусыхающих. На ППП5 деревья толерантные; на ППП6 – резистентные.

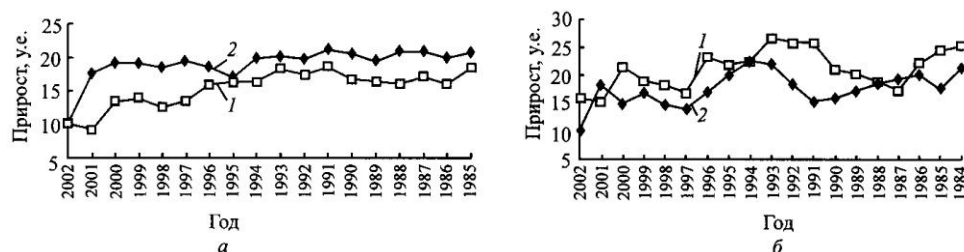


Рис. 4. Динамика средних значений радиальных приростов деревьев на пробных площадях в лесной (а) и лесостепной (б) зонах: 1 – толерантные; 2 – нетолерантные деревья

Графический анализ средних значений прироста усыхающих и неусыхающих деревьев в лесной и лесостепной зонах (рис. 4) показал, что если в лесной зоне у усыхающих деревьев наблюдался стабильно более высокий прирост, то в лесостепной динамика приростов усыхающих и неусыхающих деревьев сильно различалась. Наибольшее расхождение отмечено в периоды с высокими гидротермическими коэффициентами (ГТК) июня – июля (1990–1994 гг. и 1996–2000 гг.). Следовательно, в лесостепной зоне гидротермические условия имели большее значение для формирования радиального прироста, чем в лесной.

В связи с этим нами проанализирована корреляция радиального прироста и климатических условий. Уровень корреляции определяли в зависимости от степени толерантности деревьев березы к дефолиации ЛОК. На всех пробных площадях, где было усыхание, изучали, каким образом годичный радиальный прирост по группам толерантных и нетолерантных деревьев коррелирует со среднемесячными значениями осадков, температуры и ГТК Селянинова вегетационных периодов текущего и предшествовавшего сезонов в течение 14 лет до года дефолиации.

Анализ показал, что в лесной зоне радиальный прирост усыхающих деревьев коррелирует с условиями прошлого года, у неусыхающих не отмечается корреляция с ГТК и текущего, и предыдущего годов.

В лесостепи у дефолированных деревьев наблюдается реакция на климат и текущего, и прошлого годов. При этом у неусыхающих деревьев прослеживается корреляция с гидротермическими условиями этих лет, у усыхающих – только прошлого, у резистентного древостоя – только текущего года.

Наряду с исследованиями климатической зависимости для выявления показателя, определяющего устойчивость деревьев к дефолиации, нами проведен спектральный анализ динамики радиального прироста по методике В.Т. Суховольского и Н.В. Артемьевой [6]. Временной ряд данных о радиальном приросте для каждого дерева разделен на низкочастотные и высокочастотные составляющие. Для выделения низкочастотных составляющих использовали фильтр Ганна. Затем низкочастотную составляющую удаляли

Таблица 2

№ пробной площади	Высокочастотные колебания приростов, кол./год, для деревьев	
	толерантных	усыхающих
1	0,34	0,31
2	0,37	0,33
3	0,26	0,25
4	0,37	0,34
5	0,35	–

из спектра колебаний текущего радиального прироста и определяли высокочастотную составляющую у каждого дерева. Мы рассматриваем высокочастотную часть спектра колебаний радиального прироста как отклик организма на нестандартные внешние факторы (табл. 2).

Из таблицы следует, что на одних и тех же участках значения высокочастотных колебаний больше у толерантных и резистентных к дефолиации деревьев березы, меньше у усыхающих после дефолиации. А наибольший показатель частоты был у резистентного к дефолиации древостоя (0,39). Значит, толерантные и резистентные деревья по динамике годичного радиального прироста деревьев березы более чувствительны и бурно реагируют на изменения экзогенного фактора, усыхающие же их частично игнорируют.

Кроме того, если у толерантных деревьев реакция на дефолиацию на следующий год не отличалась от известных в литературе данных, т. е. радиальный прирост снижался, то у большинства нетолерантных радиальный прирост увеличился в лесостепной зоне и очень незначительно сократился в лесной (рис. 4). Такая парадоксальная реакция, насколько нам известно, в литературе не отмечалась. Одной из причин ее может быть наблюдаемый у нетолерантных деревьев эффект запаздывания отклика годичного радиального прироста на климатические условия, другой – более интенсивная транспирация воды усыхающими деревьями весной следующего года после дефолиации в связи с длительным периодом распускания и формирования листвы. При этом расход и так незначительного в связи с дефолиацией прошлого года запаса питательных веществ на построение водопроводящих путей может усиливать процесс усыхания. Высокую вероятность второй причины подтверждают следующие факты. В лесной зоне, где отмечено незначительное снижение радиального прироста после дефолиации, на ППП 2 (в более влажных условиях) у березы пушистой радиальный прирост увеличился, у бородавчатой снизился. На ППП 1 (в более сухих условиях) радиальный прирост уменьшился у обоих видов, причем у березы пушистой значительно сильнее (см. рис. 3). По данным Ю.А. Терешина [7], во влажных условиях значительно интенсивнее транспирирует береза пушистая, в сухих – бородавчатая.

Таким образом, динамика годичного радиального прироста усыхающих и толерантных деревьев различается. В лесостепной зоне усыхают деревья с меньшим радиальным приростом, в лесной – с большим. Рези-

стентный древостой по среднему радиальному приросту не отличался от других.

Полученные данные свидетельствуют о том, что радиальный прирост может быть использован как критерий устойчивости древостоев к дефолиации насекомыми-филлофагами, но только с учетом лесорастительных и зональных условий произрастания. На дефолированных площадях сходство в динамике радиального прироста у резистентных древостоев более заметно с толерантными деревьями, чем с нетолерантными.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гниненко, Ю.И. Вспышки массового размножения лесных насекомых в Сибири и на Дальнем Востоке в последней четверти XX в. [Текст] / Ю.И. Гниненко // Лесохоз. информ. – 2003. – № 1. – С. 46–57.
2. Ильинский, А.И. Надзор, учет и прогноз массовых размножений хвое- и листогрызущих насекомых в лесах СССР [Текст] / А.И. Ильинский. – М.: Лесн. пром-сть, 1965. – 525 с.
3. Колесников, Б.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области [Текст] / Б.П. Колесников. – Свердловск, 1973. – 175 с.
4. Колтунов, Е.В. Ранговые параметры факторов устойчивости березовых лесов Урала к дефолиации листогрызущими насекомыми в условиях антропогенного воздействия [Текст] / Е.В. Колтунов, В.И. Пономарев, С.И. Федоренко // Технологические воздействия на лесные сообщества и проблемы их восстановления и сохранения: сб. науч. тр. – Екатеринбург, 1992. – С. 124–134.
5. Крамер, П. Физиология древесных растений [Текст] / П. Крамер, Т. Козловский. – М., 1963. – 563 с.
6. Суховольский, В.Т. Радиальный прирост хвойных как прогнозный показатель их устойчивости к повреждению филлофагами [Текст] / В.Т. Суховольский, Н.В. Артемьева // Лесоведение. – 1992. – № 3. – С. 33–39.
7. Терешин, Ю.А. Факторы среды и транспирация древесных растений в молодых лесах Ильменского заповедника [Текст] / Ю.А. Терешин // Тр. Ин-та экологии растений и животных УНЦ АН СССР. – 1968. – Вып. 62. – С. 123–132.
8. Федоренко, С.И. Толерантность березовых древостоев северной лесостепи Зауралья к абиотическому и биотическому стрессу [Текст] / С.И. Федоренко // Экология. – 2001. – № 6. – С. 466–470.

Уральский государственный  
лесотехнический университет

Поступила 10.02.05

*O.V. Tolkach, S.L. Sokolov, A. Shnider*

#### **Response of Annual Radial Increment to Environment Depending on Degree of Birch Stands Tolerance**

The relation of tolerance and resistance of birch stands to LOK defoliation is considered depending on the degree of birch stands tolerance.