

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО



УДК 630*907.1

И.А. Фрейберг,
С.К. Стеценко

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОТКЛИКИ СОСНЫ НА ДЕЙСТВИЕ ПЕСТИЦИДОВ

Ключевые слова: сосна, сеянцы сосны, фенотип, пестициды, морфогенез, фотосинтез, хлорофилл, каротиноиды, фитогормоны.

Введение

Включение пестицидов в агротехнику выращивания сеянцев сосны сопровождается негативными явлениями: загрязнение ими почвы и формирование тератоморфных сеянцев. В почве пестициды и их метаболиты распределяются неравномерно. Наряду с локусами почвы, содержащими концентрацию пестицидов выше (в 5-10 раз) рекомендованных для применения доз, наблюдаются локусы со значительно меньшим их содержанием или даже полным отсутствием. В этих условиях помимо сеянцев нормального фенотипа формируются тератоморфные сеянцы двух фенотипов: аномальные и условно нормальные, в разной степени затронутые пестицидной активностью. Для первых характерны дополнительные побеги на стволике, для вторых – нарушение корреляции между длиной хвои и стволика, равной или большей 0,7.

Пестициды, содержащиеся в почвенном растворе, поглощаются корневой системой, поступают в организм и, обладая системным действием, вызывают изменения в некоторых анатомо-морфоло-

гических и физиолого-биохимических показателях. По мнению А.А. Федорова, нарушение морфоструктур растений появляется лишь в том случае, когда изменен нормальный обмен веществ в них, что изменяет характер и направление развития активных очагов роста (меристем) [1].

Цель работы состояла в исследовании изменения метаболизма тератоморфных сеянцев сосны под влиянием пестицидов. В **задачу** входило изучение таких показателей, определяющих жизнеспособность растений при переносе их из лесного питомника на лесокультурную площадь, как активность пероксидазы, рН гомогената хвои, водоудерживающей способности тканей хвои, а также ассимиляционной деятельности фотосинтезирующего аппарата и распределение его продуктов.

Объекты и методы

Для определения морфологического состояния 2-летних сеянцев сосны в полевых отделениях лесных питомников и мелкоделяночных экспериментах открытого грунта отбирались образцы из 300-500 сеянцев. Фенотип сеянцев (нормальные, условно нормальные, аномальные) устанавливался согласно разработанным нами критериям [2]. У 50 растений каждого фенотипа определялись биометрические характеристики (высота, диаметр,

длина хвои, приросты) и фитомасса. Показатели физиолого-биохимических процессов сеянцев каждого фенотипа исследовались по частным методикам. Определялись по методам: А.Н. Бояркина (1951) – пероксидаза с использованием фотоколориметра КФК-2 [3]; С.П. Васфилова (1989) – рН гомогената хвои с применением иономера И-120.1, ошибка прибора не более 0,02 ед. рН [4]; А.А. Ничипоровича (1926) – водоудерживающая способность хвои [5]; Vernon (1960), в изложении М.В. Гусева [6] – содержание пигментов в хвое с помощью спектрофотометра СФ-46 при длинах волн 665 нм и 649 нм – определение хлорофилла соответственно и при длине волны 440,5 нм – каратиноидов. Масса частей сеянцев в абсолютно-сухом состоянии определялась весовым способом. В основу изучения лесных культур положена методика В.В. Огиевского и А.А. Хирова (1964) [7]. Рост саженцев (деревьев) оценивался по относительной высоте (отношение высоты дерева к диаметру).

Обработка материалов выполнялась с использованием методов вариационной статистики и по программе Statistica 6.0.

Результаты и их обсуждение

При исследовании активности пероксидазы было установлено, что тератоморфным сеянцам достоверно свойственен более напряженный обмен веществ. Если активность пероксидазы сеянцев нормального фенотипа принять за 100%, то активность этого фермента условно нормальных сеянцев составляет $147,5 \pm 8,06\%$, а аномальных – $190,9 \pm 13,30\%$.

Важным показателем, определяющим успешность лесовосстановительных мероприятий, является водоудерживающая способность сеянцев. Это связано с тем, что при пересадке сеянцев на лесокультурную площадь, когда еще не образовалась новая корневая система, опасно обезвоживание организма. Полученные данные о водоудерживающей способности хвои сеянцев трех фенотипов показывают, что хвоя сеянцев тератоморфных растений в первые часы теряет влаги в 2-4 раза больше, чем хвоя сеянцев нормального фенотипа.

Кислотность гомогената хвои можно считать интегрированным показателем, отражающим особенности процессов в цитоплазме. Тератоморфные сеянцы характеризуются более низкими значениями рН гомогената хвои по сравнению с сеян-

цами нормального фенотипа. Например, рН гомогената хвои у сеянцев нормального, условно нормального и аномального фенотипов составляет, соответственно, 3,42; 3,27; 3,24. Из работ по изучению фотосинтеза [8] следует, что наибольшей активности фотосинтеза соответствует самое высокое накопление органических кислот.

Исследования пигментной системы тератоморфных сеянцев показали, что условия для активного течения фотосинтеза обеспечиваются содержанием хлорофилла в их хвое, которое не ниже, чем у сеянцев нормального фенотипа. Установлено, что сеянцы нормального фенотипа превышают тератоморфные растения по высоте, но уступают им по массе.

Отклонение рассмотренных показателей физиолого-биохимических процессов у тератоморфных сеянцев от нормы (сеянцы нормального фенотипа) свидетельствуют о снижении их иммунитета и жизнеспособности, что проявляется в низкой приживаемости сеянцев при пересадке на лесокультурную площадь (до 50-60%) и в удорожании работ как по выращиванию стандартных, жизнеспособных сеянцев в лесных питомниках, так и по созданию лесных культур сосны. Низкая приживаемость и сохранность растений на лесокультурных площадях ведут к образованию насаждений с неравномерным распределением деревьев по площади, пониженными водоохранно-защитными свойствами и запасом древесины, по сравнению с лесорастительным потенциалом [10].

Однако сосна, испытывавшая воздействие пестицидов в условиях питомника, несмотря на отклонение некоторых физиолого-биохимических процессов от нормы, способна расти на лесокультурной площади и сохранять биохимическую активность, проявляющуюся в реакциях образования органических соединений в ходе фотосинтеза. Условия последнего обеспечиваются содержанием пигментов в хлоропластах хвои, которые у тератоморфных сеянцев не ниже, чем у сеянцев нормального фенотипа (табл. 1). Об активизации процесса фотосинтеза у тератоморфных растений можно судить также по тенденции изменения отношения общего количества хлорофилла к содержанию каратиноидов. Сокращение количества каратиноидов свидетельствует о большей востребованности их для защиты хлорофилла при активизации фотосинтеза [9].

Ассимиляционная деятельность фотосинтезирующего аппарата тератоморфных семян, как и нормальных, ведет к накоплению органического вещества, о чем свидетельствуют их биометрические показатели и фитомасса (табл. 2).

Из таблицы 2 следует, что сеянцы нормального фенотипа превосходят тератоморфные растения по высоте, но уступают по размерам хвои и фитомассе.

На лесокультурных площадях значительного различия в текущем приросте по высоте у 4-летних саженцев, выращенных из тератоморфных и нормальных семян, не наблюдается – 28,8 и 31,2 см соответственно [10]. Из этого можно сделать заключение, что использование пестицидов не повлияло на основной обмен веществ сосны. Однако корреляция в соотношении высоты и диаметра у тератоморфных растений нарушена (табл. 3).

То же на достоверном уровне различий при 5%-ном уровне значимости наблюдается у деревьев, выращиваемых из тератоморфных семян на лесокультурной площади. Как правило, соотношение высоты и диаметра у них меньше (0,49), чем у деревьев, которые на питомнике не испытали воздействие пестицидов (0,55) [10]. Нарастание клеток у семян и саженцев (деревьев), испытавших действие пестицидов, происходит в большей степени в латеральном направлении, что выражается в увеличении диаметра и уменьшении высоты по сравнению с растениями, не затронутыми действием пестицидов. Хотя в результате фотосинтеза образуются новые ткани растений, но рост, по заключению А.Т. Мокроносова (1981), изучавшего онтогенетические аспекты фотосинтеза, не является прямой функцией его.

Таблица 1

Содержание пигментов в хвое 2-летних сеянцев сосны

Фенотип	Содержание, мг на 1 г сырой массы хвои				Соотношение	
	хлорофилла			каротиноидов (К)	a/b	(a+b)/K
	a	b	a + b			
Нормальный	0,919	0,350	1,269	0,268	2,63	4,73
Условно нормальный	1,155	0,382	1,537	0,225	3,02	6,83
Аномальный	1,255	0,313	1,568	0,200	4,01	7,84

Таблица 2

Показатели роста 2-летних сеянцев сосны разных фенотипов

Фенотип	Биометрические показатели				Фитомасса, г		
	диаметр, мм	высота*, см	длина хвои*, см	прирост 2-го года*, см	стволика	хвои*	стволика + хвои*
Нормальный	2,2	11,6	6,7	6,0	0,24	0,39	0,63
	0,17	1,00	0,60	0,62	0,038	0,048	0,098
Условно нормальный	2,2	7,9	9,7	3,3	0,32	0,70	1,02
	0,08	0,35	0,30	0,25	0,027	0,061	0,087
Аномальный	2,2	6,6	9,0	2,4	0,32	0,68	1,01
	0,08	0,32	0,31	0,21	0,028	0,058	0,089

Примечание. В числителе – среднеарифметическое значение, знаменателе – его ошибка. * Установлена достоверность различия между нормальным и тератоморфными фенотипами сеянцев по данным показателям.

Таблица 3

Соотношение высоты и диаметра у 2-летних сеянцев сосны при различных нормах предпосевной обработки семян и сеянцев в посевном отделении

Опытный участок, вариант обработки	Фенотип сеянцев								
	нормальный			условно нормальный			аномальный		
	диаметр, мм	высота, мм	высота : диаметр	диаметр, мм	высота, мм	высота : диаметр	диаметр, мм	высота, мм	высота : диаметр
Северка, ТМТД, 5 г кг ⁻¹ семян	1,4	93	66,4	1,6	84	52,0	1,8	85	47,2
	0,06	2,9		0,05	2,5		0,06	6,2	
Северка, фундазол 4 г кг ⁻¹ семян	1,4	90	64,3	1,7	82	48,2	1,6	69	43,1
	0,09	5,7		0,07	2,2		0,06	2,7	

Примечание. В числителе – среднеарифметическое значение, знаменателе – его ошибка.

Он имеет свою собственную регуляцию. Ассимиляционная деятельность фотосинтезирующего аппарата является предпосылкой для роста и развития растений, которые находятся под влиянием внешних и внутренних факторов. Внешние факторы для семян, рассматриваемых нами фенотипов, а в дальнейшем и деревьев, однородны. К важным внутренним факторам роста и развития растений относятся вещества высокой физиологической активности – регуляторы роста (ростовые вещества или гормоны). Они интегрированы в физиолого-биохимические реакции, которые координируют ростовой процесс на всех этапах онтогенеза. Нарушение корреляции у сосны между диаметром и высотой под влиянием пестицидов позволяет считать, что в данном случае пестициды влияют на вторичный метаболизм, выражающийся в нарушении синтеза разных специфических компонентов растительных клеток, в т.ч. фитогормонов.

Механизм действия пестицидов на растения не раскрыт, так как до сих пор не раскрыта молекулярная природа многих процессов жизнедеятельности растительных организмов, но в основе его лежит взаимодействие с чувствительными системами растений на молекулярном уровне.

Заключение

Таким образом, результаты наших исследований свидетельствуют о том, что у сосны под действием пестицидов не происходит нарушение ассимиляционной активности (основной обмен веществ), но нарушается деятельность гормонов (вторичный метаболизм), и отклоняются от нормы показатели физиолого-биохимических процессов, ведущие к ослаблению жизнедеятельности иммунитета сосны при

переносе семян на лесокультурную площадь.

Библиографический список

1. Федоров А.А. Тератология и формообразование у растений // Комаровские чтения XI. – М.; Л.: АН СССР, 1958. – 28 с.
2. Фрейберг И.А., Ермакова М.В., Стеценко С.К. Модификационная изменчивость сосны обыкновенной в условиях пестицидного загрязнения. – Екатеринбург: УрО РАН, 2004. – 74 с.
3. Бояркин А.Н. Быстрый метод определения активности пероксидазы // Биохимия. – 1951. – Вып. 16. – № 4. – С. 352-357.
4. Васфилов С.П. Динамика рН гомогената листьев у березы, осины и тополя в условиях загрязнения // Экология. – 1997. – № 1. – С. 14-18.
5. Ничипорович А.А. О потере воды срезанными растениями в процессе завядания // Журнал опытной агрономии Юго-Востока. – 1926. – Т. 3. – Вып. 1. – С. 12-15.
6. Малый практикум по физиологии растений: практ. пособие / под ред. М.В. Гусева. – 8-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 192 с.
7. Огиевский В.В., Хиров А.А. Обследование и исследование лесных культур. – М.: Лесн. пром-сть, 1964. – 49 с.
8. Мокронос А.Т. Онтогенетический аспект фотосинтеза. – М.: Наука, 1981. – 195 с.
9. Гудвин Т., Мерсер Э. Введение в биохимию растений. – М.: Мир, 1986. – Т. 1. – 393 с.
10. Фрейберг И.А., Стеценко С.К., Толкач О.В. Формирование культур сосны из обработанных пестицидами семян // Лесоведение. – 2010. – № 5. – С. 57-61.



УДК 630*182.22:566

Г.В. Андреев

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА УСТОЙЧИВО-ПРОИЗВОДНЫХ БЕРЕЗНЯКОВ ЗАПАДНОГО МАКРОСКЛОНА НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

Ключевые слова: Южный Урал, данные массовой таксации лесоустройства, структура и динамика устойчиво-производных березняков.

Введение

По Б.П. Колесникову и др., «К устойчиво-производным относятся насаждения, не имеющие условий и предпосылок для ес-