

5. Кумаков В.А., Березина О.В., Архипова Л.Н. Структурные и функциональные особенности фотосинтетического аппарата сортов яровой пшеницы в связи с их продуктивностью // Фотосинтез и продуктивный процесс. – Свердловск: УралГУ, 1988. – С. 6-20.

6. Березина О.В. Структурно функциональная организация фотосинтетического аппарата сортов твердой и мягкой пшеницы в связи с их продуктивностью: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Казань, 1989. – 26 с.

7. Александров В.Г., Александрова О.Г. Распределение и строение ассимиляционной ткани в колосе пшеницы // Доклады АН СССР – 1940. – Т. 27. – № 5. – С. 497-500.

8. Сыбанбеков К.Ж. К вопросу о функциональном значении чешуй колоса у пше-

ницы // Бот. журн. – 1965. – Т. 50. – № 12. – С. 1673-1685.

9. Зверева Г.К. Особенности структуры мезофилла листьев хлебных злаков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 3(65). – С. 62-67.

10. Зверева Г.К. Пространственная организация мезофилла листовых пластинок фестукоидных злаков (*Poaceae*) и её экологическое значение // Бот. журн. – 2009. – Т. 94. – № 8. – С. 1204-1215.

11. Зверева Г.К. Анатомическое строение мезофилла листьев злаков (*Poaceae*). – Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2011. – 201 с.

12. Сыбанбеков К.Ж. Особенности расположения тканевых структур в чешуях колоса различных сортов пшеницы // Бот. журн. – 1966. – Т. 51. – № 9. – С. 1321-1329.



УДК 630\*907.1

**И.А. Фрейберг,  
С.К. Стеценко**

## РЕАКЦИЯ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ НА ПЕСТИЦИДНУЮ ТОКСИЧНОСТЬ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДОВОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

**Ключевые слова:** сосна, ель, редис, проросток, биоиндикация, пестициды, раундап, морфогенез.

### Введение

Широкое применение пестицидов приводит к загрязнению природной среды и является, по выражению Л.А. Федорова, А.В. Яблокова, мощным ударом по биосфере [1]. По классификации академика Л.И. Медведя пестициды относятся к непреодолимым загрязнителям, т.е. попадая в биосферу, они длительное время циркулируют в ней, выпадая с дождем и снегом [2]. Под их влияние по трофическим цепям попадают как растения, так и животный мир, в том числе человек, что ведет к различным заболеваниям. Опасность пестицидов также заключается в том, что они обладают генотоксичностью и способны к мутагенному эффекту [3]. Многие исследова-

тели указывают на то, что проявление фитотоксичности их зависит от многих факторов: сам химический препарат, климатические условия, типы почвы и почвенные особенности, погодные условия и ряд других, среди которых важное место занимает вид растений. Из этого следует, что рекомендации по применению пестицидов не должны быть шаблонными, без учета природных условий и видовых особенностей растений. Таким образом, использование пестицидов является во многом достаточно ответственным мероприятием.

При использовании пестицидов, значительная часть этих веществ поступает в почву, которая является их аккумулятором. При этом у почвы не изменяется морфология профиля, а также химизм и водно-физические свойства, но она приобретает «избирательное плодородие», т.е. одни растения могут расти на почве, содержа-

щей пестицид, а другие не могут [4]. После окончания применения пестицидов они сохраняются в почве и 10, и более лет [5]. Для определения остаточных количеств существуют различные физико-химические методы определения: газовая, газожидкостная и тонкослойная хроматография, дополненная в последнее время другими современными физико-химическими методами и их комбинациями с тонкослойной хроматографией [6]. Недостатком этих методов является то, что количественное определение ведется адресное – отдельно по каждому пестициду, который был использован. Чувствительность физико-химических методов недостаточна для определения небольших остаточных количеств пестицидов, которые в то же время токсичны. Кроме того, значительная сложность анализов не позволяет проводить массовые определения, а также не определяются метаболиты пестицидов, которые могут быть не менее токсичны. Во многих случаях использование этих методов необходимо, но нужны простые и высокопроизводительные методы, учитывающие суммарную токсичность остатков пестицидов и их метаболитов. Таким методом является биоиндикация (биотестирование), способная оценивать интегральную токсичность почвы на основе реакции живых организмов. Мы считаем, что этот метод необходимо использовать для оценки результатов биоремедиации почв лесных питомников. О возможностях метода биоиндикации на основе своей многолетней работы убедительно высказывается целый ряд исследователей [7]. Также отмечается широкое использование данного метода за рубежом. В нашей стране в качестве классического биотеста используется, предложенный кафедрой агрохимии МГУ редис разных сортов. По мнению М.И. Лулева, для оценки пестицидной токсичности важна информация не столько о количественном содержании пестицида, сколько о его фитотоксичном действии на растение в связи его видовой принадлежностью.

К.И. Мочалкиной с соавторами исходя из положения, что чувствительность проростков к пестицидам коррелирует с реакцией взрослого растения, была проведена оценка видовой чувствительности некоторых сельскохозяйственных растений к гербицидам на проростки [8]. В отношении древесных растений такие исследования не проводились.

**Целью работы** было установление с помощью метода проростков реакции сосны и ели в сравнении с реакцией редиса на загрязнение почвы раундапом. В **задачу** входило сравнительное изучение биометрических показателей проростков хвойных растений и редиса в зависимости от дозы пестицида в лабораторном эксперименте.

### Объекты и методы

Исследование проводили в климатической камере Сануо-351Н в три срока: июль и декабрь 2010 г., май 2011 г. Условия роста в климатической камере были следующими: температура 24°C, освещение 3 lx, влажность 70%. Фитотоксичность раундапа определяли на двухнедельных проростках редиса, сосны и ели, выращенных на агаровой среде с добавлением разных доз раундапа. Приготовление агаровой среды и внесение в нее растворов гербицида производили по методу В.А. Зинченко [9]. Агар-агар (0,8%-ный) с заданной дозой гербицида разливали в чашки Петри, после застывания среды в каждой чашке раскладывали по 30 семян.

Опыт проводился в трехкратной повторности. Через 14 дней у проростков измеряли длину проростка (без семядолей), длину корешка и длину гипокотила. В эксперименте исследовалось влияние на проростки растений широкого диапазона доз. Минимальная доза гербицида составила 0,01 л/га, максимальная – 3,0 л/га. Максимальная доза в опыте соответствует производственной при однократном применении гербицида. В контрольный вариант вместо раствора гербицида добавляли дистиллированную воду (доза 0,0 л/га).

Оценивая влияние раундапа на проростки, мы основное внимание обращали на изменение размеров корешка, так как он первый вступает в контакт с почвенным раствором, содержащим раундап. При какой дозе проявляется токсичное действие раундапа судили по общепринятому в биологии показателю: если исследуемый объект уменьшается в размерах больше чем 30% от контроля или угнетается по другим параметрам, то токсичное действие на него достоверно.

### Результаты и их обсуждение

Результаты измерения проростков приведены в таблице, откуда следует, что каждый из исследуемых видов растений характеризуется своей реакцией на токсичность раундапа. Редис реагирует уменьшением размеров корешка на дозу раундапа 0,5 л/га, сосна – 1, ель – 3 л/га. Следует отметить, что в этой фазе развития растений токсичное действие раундапа не проявляется в росте гипокотила как у редиса, так и у сосны, и ели. Подобная реакция наблюдается также у сосны под влиянием цинка. При выявлении особенностей токсического действия сульфата цинка на формирование органов в фазе проростка отмечаются угнетение роста корешка и отсутствие подавления роста гипокотила [10].

Воздействие раундапа на зародышевый корешок (см) редиса, сосны и ели в фазе проростка

Доза раундапа, л/га	Июль, 2010 г. (1-я повторность)			Декабрь, 2010 г. (2-я повторность)			Май, 2011 г. (3-я повторность)		
	редис	сосна	ель	редис	сосна	ель	редис	сосна	ель
0,00	6,16	2,34	2,44	6,61	2,16	2,50	6,48	2,23	2,33
0,01	6,34	2,56	2,53	6,99	2,47	2,42	7,06	2,18	2,35
0,05	6,08	2,52	2,75	6,81	2,53	2,49	7,65	2,08	2,68
0,10	4,29	2,62	2,52	5,42	2,23	2,60	6,59	1,99	2,61
0,50	1,60	1,98	2,47	2,01	1,92	2,42	3,25	1,92	2,42
1,00	1,13	1,49	2,27	1,37	1,53	2,14	1,68	1,49	2,41
3,00	1,00	1,05	1,54	1,12	0,99	1,45	1,08	1,13	1,59

Полученные результаты исследований характеризуют не только биологические особенности изучавшихся растений, но имеют и практическое значение. Например: 1) при проектировании в питомниках посева сосны в качестве биоиндикатора на загрязнение почвы пестицидами должна быть только она; 2) загрязнение пестицидами и непригодное для посева сосны поле может использоваться для посева и выращивания сеянцев ели, а не выводится из оборота.

### Заключение

Таким образом, в случае необходимости использовать пестициды следует считаться со всеми факторами, определяющими положительный эффект их применения, включая и видовую принадлежность растений, которые они призваны защищать. При оценке загрязнения пестицидами участка необходимо использовать в качестве биоиндикатора те растения, которые здесь предполагается культивировать.

### Библиографический список

1. Федоров Л.А., Яблоков А.В. Пестициды – токсичный удар по биосфере и человеку. – М.: Наука, 1999. – 462 с.
2. Медведь Л.И. Общие сведения о пестицидах: справочник по пестицидам (гигиена применения и токсикология). – Киев: Урожай, 1986. – С. 5-6.
3. Куринный А.И. К проблеме предупреждения генетических последствий применения пестицидов: реальность и необхо-

димось // Цитология и генетика. – 1983. – Вып. 17. – № 6. – С. 16-21.

4. Лебедева Г.Ф., Агапов В.И., Благовещенский Ю.Н., Самсонова В.П. Гербициды и почва. – М.: МГУ, 1990. – 206 с.

5. Цукерман В.Г., Чавар Э.Я. Прогноз разложения и накопления пестицидов в почве // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – С. 114-121.

6. Лунев М.И. Мониторинг пестицидов в окружающей среде и продукции: экологотоксикологические аспекты // Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева. – 2005. – Т. X. – № 3. – С. 64-70.

7. Воловик А.С., Глез В.Н., Зейрук В.Н., Ремпе Е.Х. Редис – индикатор // Защита и карантин растений. – 1996. – № 6. – С. 46-47.

8. Мочалкина К.И., Спиридонова Г.С., Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Различия в видовой чувствительности проростков к гербицидам // Химия в сельском хозяйстве. – 1979. – № 7. – С. 42-44.

9. Практикум по химической защите растений / под ред. Г.С. Груздева. – М.: Колос, 1992. – С. 271.

10. Иванов Ю.В., Савочкин Ю.В., Марченко С.И., Иванов В.П. Анализ ростовых процессов *Pinus sylvestris* на ранних стадиях онтогенеза в условиях хронического действия цинка // Лесное хозяйство. – 2011. – № 2. – С. 12-18.

