

соответствующим субстратом способствуют корнеобразованию. Однако после укоренения для обеспечения нормального процесса фотосинтеза необходимо изменить условия светового довольствия, водного и минерального режимов.

Литература

Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание. Учебное пособие. М., 1975. 392 с.

Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). М., 1985. 351с.

Жизнь растений. В 6-ти т. Гл. ред. Ал. А. Федоров Т.У. Мхи. Плауны. Хвощи. Папоротники. Голосеменные растения. М., 1978. С. 309-315.

Спивак Н.А., Можаяева Е.В., Спивак В.А. Изменчивость хлорофилла в листьях укореняющихся зеленых черенков яблони и крыжовника //Защита растений от вредителей и болезней: Сборник научных работ.- Сар. гос. с-х академия. 1996. С.134-154.

Карначук Р.А., Головацкая Н.Ф, Тищенко С.Ю Гормональная регуляция морфогенеза растений на свету //Международная конференция "Актуальные вопросы физиологии растений в 21 веке". Сыктывкар, 2001. С.242-243.

Сулейманова З.Н. Интродукция и опыт размножения *Ginkgo biloba* L. в оранжерее Ботанического сада института УНЦРАН //Материалы конференции, посвященной 65-летию Бот.сада им. Проф. Б.М. Козопольянского Воронежского гос ун-та (24-27 июня 2002 г). Воронеж, 2002.- 260 с.

Тарчевский И.А. Основы фотосинтеза. М., 1971. 294 с.

УДК 632.954:581.143

РОСТОВЫЕ РЕАКЦИИ ПРОРОСТКОВ КАК ОЦЕНОЧНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЙСТВИЯ ГЕРБИЦИДОВ

В.А.Спивак, Т.Н.Семихина, А.Б.Халтурин*

Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского

**Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И.Вавилова*

Потери урожая от вредителей, болезней и сорняков значительны во всем мире. Важнейшим методом борьбы с вредителями до настоящего времени остается химический метод (Пестициды, 1992). На современном этапе развития сельского хозяйства и в обозримом будущем не предвидится отказа от технологии применения гербицидов. Использование гербицидов в промышленно развитых странах высвобождает до 35% населения из сельскохозяйственного производства (Багтинг, 1997; Гамс, 1995).

До настоящего времени, однако, очень острым остается вопрос о необходимости проведения химической борьбы, возможности жесткого контроля за выпуском, применением и утилизацией ядохимикатов в экологических системах (Гумидов, 2000). К сожалению, вопрос о подготовке населения, повышения уровня знаний общественности относительно

Таблица 3 - Состояние проростков амаранта на 5-й день культивирования

Варианты опыта	Длина колеоптил я, мм	Длина первого листа, мм	Длина корня, мм	Длина колеоптил я, мм	Длина первого листа, мм	Длина корня, мм	Процент действующего вещества					Длина первого листа, мм	Длина корня, мм	
							5x10 ⁻³ %		5x10 ⁻⁴ %		5x10 ⁻⁵ %			
							\bar{x}	S_x	\bar{x}	S_x	\bar{x}			S_x
Контроль	\bar{x}	4,13	20,75	23,50	4,13	20,75	23,50	4,13	20,75	23,50	4,13	20,75	23,50	
	S_x	1,25	1,79	3,03	1,25	1,79	3,03	1,25	1,79	3,03	1,25	1,79	3,03	
Иллоксан	\bar{x}	3,72	24,72	33,86	4,00	26,28	41,43	4,00	26,28	41,43	4,00	29,57	44,43	
	S_x	1,85	1,17	2,31	0,01	1,46	1,07	0,01	1,46	1,07	0,01	2,19	2,68	
Лонтрел	\bar{x}	3,86	18,86	11,32	3,70	29,72	18,43	3,70	29,72	18,43	3,70	30,43	25,43	
	S_x	0,14	0,94	1,29	1,50	1,41	9,47	1,50	1,41	9,47	1,90	1,45	7,83	
2М-4Х	\bar{x}	1,00	2,58	7,00	2,00	7,28	4,15	2,00	7,28	4,15	3,00	20,86	12,58	
	S_x	0,08	1,08	1,26	0,00	1,81	1,32	0,00	1,81	1,32	0,01	1,15	1,58	
Раундап	\bar{x}	4,00	6,28	8,72	4,00	19,28	12,15	4,00	19,28	12,15	4,00	28,72	21,28	
	S_x	0,01	1,85	2,86	0,01	1,73	6,71	0,01	1,73	6,71	0,01	7,15	6,81	

применения пестицидов, как правило, не решается должным образом. В этой связи является актуальной проблема разработки эффективных мер борьбы для защиты растений и контроля токсичности ядов.

Известно, что одним из важных методов оценки действия гербицидов является биологический - использование тест-систем, обладающих высокой степенью чувствительности (Федтке, 1985).

Целью нашей работы являлось изучение особенностей ростовых реакций проростков пшеницы, амаранта, культивируемых на водных растворах гербицидов, с возможной рекомендацией использования их в дальнейшем в качестве биотестов. Задачей исследования являлось определение чувствительности ростовых реакций органов проростков на дозы гербицидов, различающихся способом проникновения.

Материал и методы исследования

Исследования проводились в 1999-2002 году в лаборатории физиологии растений Саратовского госуниверситета.

Объектами служили проростки яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), сорта Саратовская 36 и *Amarantus paniculatus* L.

Проращивание и культивирование семян пшеницы и амаранта осуществляли на водных растворах гербицидов в чашках Петри диаметром 9 см с фильтровальной бумагой при освещенности 4000-5000 лк и температуре 24-26⁰С. Длительность светового периода - 17 часов. Источник освещения - лампы ЛДЦ-80. Объем раствора гербицида - 9 мл на чашку Петри. Продолжительность опыта - 10 дней.

Семена перед посевом стерилизовали диацидом и инфильтрировали под вакуумом. Состояние проростков описывали и измеряли в течение декады.

В качестве испытуемых гербицидов использовали: Иллоксан, Лонтрел, 2М-4Х и Раундап в концентрациях указанных в таблице 1.

Иллоксан - селективный гербицид против злаковых растений. Разрешен для применения против однолетних злаковых сорняков путем опрыскивания в фазу кущения культуры. Норма расхода 3-4,5 л/га.

Таблица 1. Количество действующего вещества (д.в.) гербицидов, приходящееся в поле и используемое в опыте, в мкг

Используемый гербицид	Количество д.в. в поле	Количество д.в. в 9 мл водного р-ра		
	на площадь чашки Петри, Ø 9 см	$5 \times 10^{-3} \%$ д.в.	$5 \times 10^{-4} \%$ д.в.	$5 \times 10^{-5} \%$ д.в.
Иллоксан	915,8	450	45	4,5
Лонтрел	190,8	450	45	4,5
2М-4Х	1526,4	900	90	9,0
Раундап	915,8	450	45	4,5

Лонтрел - послевсходовый гербицид в посевах зерновых и других культур. Используется на ранней стадии развития сорняков. Рекомендуются для

опытно-производственного применения путем опрыскивания против видов осота, ромашки, гречишки. Период полураспада в почве около 70 дней. Норма расхода 0,16-0,66 л/га.

2М-4Х - гербицид избирательного действия предназначен для уничтожения однолетних двудольных сорняков в посевах. Период действия препарата в почве - 1 месяц (в условиях достаточного увлажнения) и 3 месяца (в условиях засухи). Норма расхода 0,9-1,4 л/га.

Раундап - системный препарат с широким спектром активности. Используется в качестве гербицида избирательного и сплошного действия для подавления однолетних и многолетних сорняков, в частности, пырея ползучего, вьюнка, мышия и др. Норма расхода 2-4 л/кг (Пестициды, 1992).

Статистическую обработку данных проводили по В.А. Доспехову (1985).

Результаты и обсуждение

Выбранные нами сверхкомплексные тест-системы (Федтке, 1985) являются информационными и объективными, поскольку принадлежат к различным группам растений - однодольным и двудольным. Эти группы растений характеризуются разными типами обмена веществ - аспартатным и глутаматным, а также различными корневыми системами, механизмами поглощения минеральных веществ и типами роста.

Установлено, что семена пшеницы в контроле и на растворах, содержащих 5×10^{-4} и 5×10^{-5} % д.в. исследуемых гербицидов, набухали и прорастали через сутки. На растворах, содержащих 5×10^{-3} % д.в., к данному сроку семена находились в состоянии набухания.

На пятые сутки культивирования проростков у опытных растений, выращенных на растворах гербицидов с концентрацией 5×10^{-4} , 5×10^{-5} % д.в., наблюдался 100%-ный (относительно контроля) рост корней, coleoptily и листа (Табл. 2). Исключением являлся вариант с Раундапом. Этот контактный гербицид вызывал ингибирование роста перечисленных органов при концентрации 5×10^{-4} % д.в. Тот же эффект наблюдался на всех растворах с гербицидами при повышении дозы до 5×10^{-3} % д.в. При этом эффект ингибирования гербицидами снижался в следующей последовательности: Раундан → Лантрел → 2М-4Х → Иллоксан.

На основании морфогенетических исследований роста органов проростков установили, что при их культивировании на растворах с системными гербицидами, корни проявляют большую чувствительность по сравнению с coleoptily и первым настоящим листом. Наименьшей чувствительностью обладал coleoptily. Данная ответная реакция coleoptily, по-видимому, обусловлена тем, что в этом органе в период прорастания в клетках доминируют не биохимические процессы, связанные с затратой или производством энергии, а биофизические, направленные на растяжение их оболочек тургорным давлением.

Проростки, культивируемые на растворах гербицидов 2М-4Х и Иллоксана с концентрациями 5×10^{-4} % и 5×10^{-5} % д.в., имели coleoptily почти тех же размеров, что и растения, выращенные в контрольных условиях. Coleoptily проростков, выращенных на растворе Лантрела (5×10^{-5} % д.в.),

Таблица 2 Состояние органов проростков пшеницы на 5-й день культивирования

Варианты опыта	Длина колеоптиля, мм	Длина первого листа, мм	Длина корня, мм	Длина колеоптил я, мм	Длина первого листа, мм	Длина корня, мм	Длина колеоптил я, мм	Длина первого листа, мм	Длина корня, мм	Длина первого листа, мм	Длина корня, мм	Процент действующего вещества		Длина первого листа, мм	Длина корня, мм				
												$5 \times 10^{-3} \%$				$5 \times 10^{-4} \%$		$5 \times 10^{-5} \%$	
												\bar{x}	S_x			\bar{x}	S_x	\bar{x}	S_x
Контроль	46,25	112,25	277,50	46,25	112,25	277,50	46,25	112,25	277,50	46,25	112,25	277,50	46,25	112,25	277,50	46,25	112,25	277,50	
	S_x	3,12	5,02	17,02	3,12	5,02	17,02	3,12	5,02	17,02	3,12	5,02	17,02	3,12	5,02	17,02	3,12	5,02	17,02
Иллоксан	36	43,75	87,25	49,80	123,00	388,40	49,80	123,00	388,40	49,80	123,00	388,40	49,80	123,00	388,40	49,80	123,00	388,40	49,80
	S_x	7,25	11,70	42,76	2,75	7,49	45,23	2,75	7,49	45,23	2,75	7,49	45,23	2,75	7,49	45,23	2,75	7,49	45,23
Лонгрел	5,50	3,00	14,50	44,00	68,40	91,20	44,00	68,40	91,20	44,00	68,40	91,20	44,00	68,40	91,20	44,00	68,40	91,20	44,00
	S_x	0,50	0,90	2,06	2,98	7,54	11,45	2,98	7,54	11,45	2,98	7,54	11,45	2,98	7,54	11,45	2,98	7,54	11,45
2М-4Х	38,30	41,00	36,00	46,38	98,50	184,75	46,38	98,50	184,75	46,38	98,50	184,75	46,38	98,50	184,75	46,38	98,50	184,75	46,38
	S_x	4,98	14,23	17,35	1,32	5,17	18,17	1,32	5,17	18,17	1,32	5,17	18,17	1,32	5,17	18,17	1,32	5,17	18,17
Раундап	0	0	0	3,33	0	5,67	3,33	0	5,67	3,33	0	5,67	3,33	0	5,67	3,33	0	5,67	3,33
	S_x	0	0	0	8,82	0	4,25	8,82	0	4,25	8,82	0	4,25	8,82	0	4,25	8,82	0	4,25

оказывались на 25% длиннее контрольных, что свидетельствует о проявлении данным гербицидом ауксинового эффекта.

У первого листа обнаруживалась еще более высокая чувствительность к концентрациям гербицидов, чем у колеоптиля. Самая высокая концентрация гербицидов Иллоксана и 2М-4Х затормаживала рост листа относительно контроля в 2,5 раза, Лонтрела - в 37 раз. Раундап оказывал летальное действие на проращиваемые семена. Снижение концентрации гербицидов на порядок приводило к снятию ингибирующего эффекта в вариантах с Иллоксаном и 2М-4Х. Растения, проросшие на водных растворах этих гербицидов, по размеру листа были близки к контрольным. Лонтрел в той же концентрации продолжал сдерживать рост, но значительно в меньшей степени. Длина листа была лишь в 2 раза меньше таковой контрольных растений. Только Раундап продолжал оказывать жесткое ингибирующее действие. Рост первого листа полностью подавлялся. Дальнейшее снижение концентрации Иллоксана и 2М-4Х до 5×10^{-5} % д.в. незначительно увеличило рост листа. Используемые в этой дозе Лонтрел и Раундап практически полностью исключали ингибирующий эффект.

Корни проростков по сравнению с другими исследуемыми органами, обладали большей компетентностью к типу гербицида. Это особенно заметно при высоких дозах гербицидов (5×10^{-3} % д.в.). Раундап оказывал летальное действие на зародыш семени, а все остальные гербициды снижали прирост корней относительно контроля, хотя и в различной степени: Иллоксан - в 3 раза, 2М-4Х - в 7 раз, Лонтрел - в 20 раз. Снижение дозы д.в. на порядок приводило к еще большим контрастам ответных реакций. Так, если Раундап сохранял сильное ингибирующее действие, то Лонтрел и 2М-4Х его снижали, а Иллоксан даже стимулировал прирост корней относительно контроля на 40%. Все гербициды в дозе 5×10^{-5} % д.в. оказывали исключительно стимулирующее воздействие на рост корней, причем, если прирост корней на растворах с Раундапом и Лонтрелом мало отличался от контрольных растений, то Иллоксан усиливал прирост корней на 46%, а 2М-4Х - на 40%.

К особенностям роста проростков амаранта на растворах гербицидов системного действия следует отнести специфичность ответных реакций исследуемых органов на дозы гербицидов (Табл. 3). Так, в контроле проростки имели примерно равную длину гипокотыля и корня, а семядоли уступали им в 5 раз. Из всех органов семядоли оказывались наименее чувствительными к концентрациям Иллоксана, Лонтрела и Раундапа. Исключением являлась реакция проростков на 2М-4Х. Этот гербицид не только подавлял рост семядольных листьев, но и биосинтез в них β -цианинов, что приводило к снижению пигментации независимо от дозы.

Самой высокой чувствительностью к дозе гербицидов, как и в опытах с пшеницей, обладал корень, причем все растворы Иллоксана оказывали стимулирующее действие на его рост. Самая высокая концентрация Иллоксана стимулировала прирост корня относительно контроля на 44%. Снижение концентрации на порядок приводило к удлинению корня на 76%, на два порядка - на 89%. Максимальное ингибирование роста корней отмечалось на растворах с 2М-4Х. Постепенное удлинение корней наблюдалось по мере снижения дозы гербицида. Чувствительность корней к препарату

увеличивалась в следующей последовательности: Иллоксан→Лонтрел→Раундап→2М-4Х.

По ответной реакции на дозы гербицидов гипокотиль занимал промежуточное положение между семядолями и корнем. В растворах с 2М-4Х и Раундапом его длина, даже в самой низкой концентрации, находилась на уровне контроля, а в растворах с Иллоксаном и Лонтрелом проявлялся стимулирующий эффект. Прирост гипокотыля на растворах Иллоксана (от самой высокой до низкой дозы) увеличивался на 19%, 26% и 42% относительно контроля. Стимулирующий эффект Лонтрела наблюдался только на двух минимальных концентрациях. Таким образом, при сравнении действия испытуемых гербицидов на рост гипокотыля наблюдалось иное распределение ингибирующего воздействия, чем на корнях: Лонтрел<Иллоксан<Раундап<2М-4Х.

Итак, на основании проведенных исследований можно заключить, что наиболее чувствительными органами проростков на содержание пестицидов в растворе являются корни. Низкая чувствительность ростовых реакций семядольных листьев амаранта на дозы гербицидов обусловлена их высокой степенью дифференциации. Уровень чувствительности данных органов следует оценивать по изменениям пигментации семядолей.

Литература

Пестициды: Справочник / Мортыненко В.И., Промоненков В.К., Кукаленко С.С. и др. М., 1992. 368с.

Бантинг А.Г. Сельскохозяйственная экология в настоящем и будущем / Сб. Стратегия борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками в будущем. М., 1977. С.22-41.

Гамс Э.С. Современные тенденции развития исследований в области создания гербицидов нового поколения и генной защиты растений // Сельскохозяйственная биология. 1995. №1. С.12-17.

Гумидов А.М. Проблемы выбора и применения гербицидов // Защита и карантин растений. 2000. № 2.С.36-38.

Доспехов В.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). М., 1985. 351 с.

Федтке К. Биохимия и физиология действия гербицидов. М., 1985. 223с.