



УДК 633.11:58.04:581.331.2

Е.В. Козлова, О.В. Злотникова

КАЧЕСТВО ПЫЛЬЦЫ КАК ИНДИКАТОРНЫЙ ПРИЗНАК ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ГЕРБИЦИДОВ У КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

В статье показано влияние противооднодольных гербицидов на качество пыльцы как родительских, так и дочерних растений яровой пшеницы, не подвергавшихся обработке.

Ключевые слова: противооднодольные гербициды, яровая пшеница, пыльца.

E.V. Kozlova, O.V. Zlotnikova

THE POLLENQUALITY AS THE INDICATOR SIGN OF THE HERBICIDE AFTEREFFECT IN THE CULTIVATED PLANTS

The influence of the against-monocotyledonous herbicides on the pollenquality of the spring wheat both parent and filial plants not exposed to the processing is shown in the article.

Key words: against-monocotyledonous herbicides, spring wheat, pollen.

Введение. Химические вещества вызывают разнонаправленные реакции у живых организмов. Культурные растения постоянно подвергаются воздействию химических средств защиты – протравителей, гербицидов, регуляторов роста, фунгицидов и т.п.

Из них наиболее сильное влияние оказывают гербициды. Современные гербициды обладают высоким уровнем селективности, основанной на различиях по ряду морфологических и биохимических свойств между культурными и сорными растениями. Однако в реальных условиях (погода, почва, генетические особенности сорта и т.д.) эта селективность может оказаться весьма относительной.

Селективные гербициды традиционно подразделяются на противодвудольные (противошироколистные) и противооднодольные (граминициды, противозлаковые). Можно ожидать, что противозлаковые средства, в отличие от гербицидов другого класса, окажутся более токсичными и для злаковых культур. Известно, например, что к большинству граминцидов малоустойчивым является ячмень [1, 2, 3, 6]. Поэтому в таких гербицидах для защиты культуры присутствуют разнообразные антидоты. Однако вопрос, насколько они эффективны в конкретных природно-климатических условиях, остается открытым. Кроме того, до сих пор неизвестно, какие последствия эти химические вещества могут вызывать у защищаемых растений.

В предыдущем исследовании [5] нами было показано, что использование на посевах высокоселективных противодвудольных гербицидов, содержащих разные антидоты, не исключает некоторой степени воздействия на генеративную сферу пшеницы, что в первую очередь проявилось в снижении качества пыльцы. Более того, было обнаружено, что этот эффект сохраняется и в последующем поколении, выращенном в отсутствие химических обработок [4]. На наш взгляд, качество пыльцы пшеницы может служить индикаторным признаком наличия или отсутствия негативного воздействия примененного препарата для защищаемой культуры.

Цель исследований. Оценка влияния многокомпонентных противооднодольных гербицидов, содержащих различные антидоты на качество пыльцы у яровой пшеницы, в том числе у двух последующих поколений.

Материалы и методы исследований. В процессе исследований использовался сорт мягкой яровой пшеницы Новосибирская 29. Полевые эксперименты проводились в 2009–2011 гг. при участии сотрудников Красноярского НИИ сельского хозяйства на опытных полях ОПХ «Минино» в рамках апробации образцов ряда коммерческих средств защиты растений с одним действующим веществом феноксапропом-П-этилом,

а также с разными антидотами. Опытное хозяйство находится в условиях умеренно сухого и резко континентального климата. Почва на опытных участках – чернозем обыкновенный, маломощный. В 2009 году в фазу кущения исходные посеы яровой пшеницы обрабатывали препаратами, указанными в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика препаратов

Гербицид	Производитель	Доза внесения действующего вещества, г/га	Антидот	Соотношение между действующим веществом и антидотом
Овсюген Экспресс КЭ	ЗАО «Щелково –Агрохим», Россия	70	Клоквинтосепт- мексил	4:1
Пума Супер 100 КЭ	АГ «Байер КропСайенс», Германия	60	Мефенпирдиэтил	3,7:1
Грассер КЭ	ООО «Сибagroхим», Россия	55,2	Нафталевый ангидрид	0,552:1
Ластик ЭМВ	ЗАО «Август», Россия	100	Клоквинтосепт - мексил	5:1

Площадь делянки в производственном опыте составляла 0,5 га, повторность четырехкратная. Посев производился селекционной сеялкой ССФК-7 в агрегате с МТЗ-82. Посевы опрыскивали ОНМ-600 с шириной захвата 20 м в агрегате с МТЗ-82. Контрольный вариант не подвергался обработке.

С целью определения изменения фертильности пыльцы в разных участках опытного поля отбирали по 10–12 колосьев в период колошения – начало цветения. Из средней части колоса выделяли по 3–4 цветка, отделяли пыльники и затем их фиксировали в уксусном спирте (1:3) в течение 1 сут, хранили до анализа в холодильнике при температуре + 3°C.

Окраску пыльников проводили 2 %-м ацетокармином. В каждом варианте опыта просматривали не менее 2000 пыльцевых зерен. При анализе выделяли следующие признаки: пыльцевые зерна без вегетативного ядра, пустые, дегенеративные, с одним спермием, отставанием цитоплазмы, отсутствием спермиев, несколькими признаками одновременно. Затем квалифицировали по трем показателям: доля пыльцевых зерен с аномалиями формирования клеток микрогаметофита, микроархитектуры оболочки и двух типов одновременно.

Чтобы оценить, насколько эти изменения качества пыльцы значимы, оценивали биологическую продуктивность культуры по общепринятой методике по показателям: масса надземной части растений, высота растений, плотность растений, число генеративных побегов, число колосков и число зерен в колосе, масса 1000 зерен и масса зерна с 1 колоса, семенная продуктивность растения и общая семенная продуктивность.

Затем для проверки биологической полноценности семян пшеницы после применения гербицидов в 2010–2011 гг. были заложены полевые мелкоделяночные опыты в ОПХ «Минино» на стационаре Красноярского НИИСХ. Повторность в опыте пятикратная, расположение площадок рендомизированное. Химобработку не проводили, сорняки удаляли вручную. Изучение влияния гербицидов на последующие поколения проводили методами, указанными выше.

Данные, полученные в исследованиях, подвергали стандартным процедурам статистической обработки, достоверность различий оценивали при помощи однофакторного дисперсионного анализа пакета анализа MS Excel по критерию Фишера.

Необходимо отметить, что опыты проводились при разных погодных условиях, чем можно объяснить различия в контрольных вариантах. Так, вегетационный период 2009–2010 гг. характеризовался достаточным увлажнением и пониженной температурой. Погодные условия 2011 г. были самыми благоприятными для развития культуры.

Результаты исследований и их обсуждение. Несмотря на то что в состав всех апробируемых средств защиты входит одно и то же действующее вещество (феноксапроп-П-этил), содержится оно в разной концентрации, и итоговые дозы внесения именно действующего вещества различаются в зависимости от рекомендации производителя. Кроме того, в состав препаратов входят антидоты, разные по химической

природе, а содержание и внесение их с препаратом также отличается. Поэтому не стоит ждать, что степень воздействия исследуемых гербицидов будет напрямую зависеть от внесения действующего вещества.

При анализе качества пыльцы с обработанных родительских растений было выявлено неоднозначное влияние изучаемых ксенобиотиков. Как видно из табл. 2, в некоторых вариантах опытов наблюдалось повышение уровня качества пыльцы. Так, при применении Грассера и Овсюгена выявлено снижение доли аномальных пыльцевых зерен в 1,2 и 1,9 раза по сравнению с контрольным вариантом (табл. 2). Наиболее существенное ухудшение состояния пыльцы отмечено при обработке посевов препаратом Пума – в 1,4 раза по сравнению с контролем. В основном это происходит за счет возрастания частоты аномалий пыльцевой оболочки более чем в 2 раза.

Таблица 2

Доля аномальных пыльцевых зерен при воздействии на посевы яровой пшеницы противодольными гербицидами

Вариант	Число просмотренных пыльцевых зерен	Доля морфологически аномальных пыльцевых зерен, %			
		Всего	В том числе		
			с аномалиями формирования клеток микрогаметофита	с аномалиями микроархитек-туры оболочки	с аномалиями двух типов одновременно
Родительские растения (2009 г.)					
Контроль	2341	41,9	33,4	7,9	0,2
Овсюген	2702	22,6	16,2	6,3	0,2
Пума	2533	56,5	36,9	18,2	0,5
Грассер	2529	35,1	28,2	6,5	0,4
Ластик	2473	35,5	23,0	11,7	0,8
Дочерние растения 1-го поколения (2010 г.)					
Контроль	2012	43,3	12,3	25,6	5,4
Овсюген	2206	86,1	19,0	7,8	59,3
Пума	2050	56,0	6,9	40,1	8,9
Грассер	2001	66,4	9,9	46,2	10,2
Ластик	2017	52,0	8,3	38,3	5,4
Дочерние растения 2-го поколения (2011 г.)					
Контроль	2090	30,1	16,8	5,8	7,5
Овсюген	2119	34,2	21,8	7,2	5,2
Пума	2081	57,3	32,3	4,2	20,8
Грассер	2016	41,4	26,8	6,5	8,1
Ластик	2022	50,6	26,4	5,4	18,8

При исследовании качества пыльцы растений 1-го поколения отмечалось увеличение доли пыльцевых зерен с аномалиями во всех опытных вариантах. Наибольшее количество аномалий зафиксировано в вариантах с Овсюгеном и Грассером – соответственно в 2,0 и 1,5 раза по сравнению с контролем. В варианте с применением гербицида Овсюген большая часть выявленных аномалий приходилась на долю пыльцевых зерен с несколькими признаками одновременно, а именно отсутствие спермиев и отставание цитоплазмы. В остальных же опытных вариантах было большее количество пыльцевых зерен с нарушением микро-

архитектуры оболочки: в вариантах с Грассером – в 1,8 раза, Пумой – в 1,6, Ластиком – в 1,5 раза выше, чем в контроле.

Качество пыльцы с дочерних растений 1-го поколения, выращенных в отсутствие химического воздействия, снизилось во всех опытных вариантах. В тех вариантах, где наблюдалось лучшее качество пыльцы в первый год исследований, происходило ее ухудшение в последующем поколении. Наиболее ярким примером этого является вариант с применением Овсюгена, здесь доля морфологически аномальных пыльцевых зерен выросла в 3,8 раза.

В свою очередь анализ пыльцы у растений 2-го поколения показал сохранение тенденции ухудшения ее качества во всех опытных вариантах. Причем наибольшее количество аномалий наблюдалось в варианте с Пумой, где их было больше, чем в контроле, в 2 раза. Большая часть выявленных аномалий приходилась на долю формирования клеток гаметофита. Однако в вариантах с Овсюгеном и Грассером отмечено улучшение качества пыльцы по сравнению с растениями 1-го поколения, а вариантах с Пумой и Ластиком доля морфологически аномальных пыльцевых зерен осталась на уровне предыдущего года (см. табл. 2).

Такие изменения по поколениям могут быть связаны со сложными генетическими процессами, такими, как возникновение мутаций разного уровня, повышение частоты кроссинговера при мейозе и т.д. [2, 3].

Таблица 3

**Биологическая продуктивность родительских и дочерних растений пшеницы
в зависимости от варианта опыта**

Вариант опыта	Масса надземной части растений, г/м ²	Масса 1 растения, г	Высота растения, см	Плотность растений, шт./м ²	Плотность генеративных побегов, шт/м ²	Число колосков в колосе, шт.	Число зерен в 1 колосе, шт.	Число зерен на 1 колосок, шт.	Масса 1000 зерен, г	Семенная продуктивность	
										г/1 растение	г/м ²
Родительские растения (2009 г.)											
Контроль	240,0	1,3	77,4	183,5	214,0	13,5	21,6	1,6	36,4	0,95	168,3
Овсюген	670,0*	2,2*	72,4*	303,1*	360,0*	12,8	20,5	1,6	34,4*	1,00	253,9
Пума	690,6*	2,1*	72,7*	328,0*	384,0*	12,0*	21,6	1,8	34,6*	1,10*	287,0
Грассер	610,0*	2,0*	70,6*	310,4*	356,0*	12,0*	20,0*	1,7	36,4	0,95	259,2
Ластик	570,5*	2,0*	72,5*	284,0*	342,0*	12,5	19,8*	1,6	38,2*	0,91	258,7
Дочерние растения 1-го поколения (2010 г.)											
Контроль	650,0	1,9	69,5	334,6	405,2	13,0	23,7	1,8	36,9	0,87	354,4
Овсюген	709,0	2,1	71,0	333,6	429,6	13,2	22,5	1,7	39,5*	0,89	381,8
Пума	596,6	2,1	71,7	284,8*	377,8	12,2*	23,6	1,9	40,2*	0,95	358,4
Грассер	604,0	1,9	67,2	326,2	349,0*	12,0*	21,0*	1,8	39,8*	0,84	291,7
Ластик	540,0	2,2	65,8*	243,0*	365,6	13,0	21,6*	1,7	36,8	0,79	290,6
Дочерние растения 2-го поколения (2011 г.)											
Контроль	635,0	2,1	94,0	299,5	343,0	15,9	35,3	2,2	36,9	1,30	446,8
Овсюген	1012,5*	3,4*	92,0	298,5	361,0	14,1	28,6*	2,0	40,2*	1,15	415,0
Пума	635,0	2,0	85,3*	311,5	318,3	13,1*	27,0*	2,1	39,4*	1,07	338,6
Грассер	660,0	2,1	90,3	319,0	394,0	13,2*	31,0	2,3	39,4*	1,22	481,2
Ластик	685,0	2,4	88,0*	285,0	355,0	13,5	30,1*	2,2	35,5	1,21	379,3

* Различие с контролем достоверно при $\alpha \leq 0,5$.

Как видим из результатов, представленных в табл. 3, в каждом варианте опытов направленность изменений была различной. Все препараты на исходных родительских посевах проявили ретардантное действие. По высоте растений опытные варианты между собой не отличались и были ниже контрольных растений на 6,1–8,8 %. Однако это проявление фитотоксичности препаратов было сглажено увеличением семенной продуктивности растений за счет устранения сорняков и более высокой сохранности культуры.

Обращает внимание факт уменьшения массы 1000 зерен в вариантах Овсюген и Пума. При этом растения первого и второго поколений в этих вариантах в дальнейшем формировали более крупное зерно, что может указывать на увеличение в данных вариантах частоты мутации крупнозерности.

Показатели биологической продуктивности дочерних растений 1-го поколения почти выравниваются во всех вариантах. Однако наихудшие показатели имел вариант с Ластиком: здесь отмечено уменьшение высоты растений и их плотности, числа зерен в 1 колоске, а также снижение семенной продуктивности. Кроме того, в вариантах с Овсюгеном, Пумой и Грассером, в отличие от предыдущего года, наблюдалось достоверное увеличение полновесности зерен на 6,7–8,2 %.

В варианте с Грассером на фоне увеличения крупности зерна в первом поколении была самая низкая плотность генеративных побегов (на 13,9 % ниже, чем в контроле), число колосков в 1 колосе (на 7,8 % ниже), число зерен в колосе (на 11,4 % ниже), что и привело к снижению общей семенной продуктивности на 17,7 %, несмотря на достоверно более крупное вновь сформированное зерно.

Анализ дочерних растений 2-го поколения выявил сохранение тенденции к увеличению полновесности семян контрольных вариантов в годы исследований. В варианте с Овсюгеном отмечено достоверное увеличение массы надземной части растений и массы одного растения на 29,4 % по сравнению с контролем, а также достоверное уменьшение числа зерен в одном колоске на 23,4 %; в варианте с Пумой на 30,7 %. Кроме того, в данном варианте происходило достоверное снижение высоты растений на 10,2 %, числа колосков в колосе – на 21,4 %, семенной продуктивности одного растения – на 36,7 %.

Все используемые препараты в год применения проявили слабую фитотоксичность по отношению к защищаемой культуре, что проявилось в снижении высоты растений и в ухудшении некоторых показателей колоса. Однако снижение конкуренции со стороны сорняков в опытных вариантах позволило растениям пшеницы развить большее количество генеративных побегов и увеличить семенную продуктивность.

Кроме того, все используемые препараты оказали неоднозначное влияние на генеративную сферу как родительских, так и дочерних растений, не подвергавшихся обработке. Это может быть связано как с общим токсическим эффектом, так и с изменениями направленности микрогаметофитного отбора, сохранением и накоплением части веществ препарата либо их метаболитов в зерне.

Заключение. Таким образом, качество пыльцы в экологических исследованиях может служить индикаторным признаком негативного последствия применения гербицидов. Причем, оценка пыльцы позволяет это делать на более ранних стадиях развития культуры, чем оценка биологической продуктивности.

Литература

1. *Бесалиев И.Н., Райов А.А.* Влияние средств защиты растений и стимуляторов роста на урожайность пивоваренного ячменя // *Зерновое хозяйство*. – 2004. – № 1. – С. 21–23.
2. *Дудин Г.П.* Излучение красного диапазона – источник мутационной изменчивости // *Успехи современного естествознания*. – 2005. – № 11. – С. 48–49.
3. *Дудин Г.П.* Мутабельность пшеницы при обработке семян и посевов регуляторами роста: кампозан и тур // *Успехи современного естествознания*. – 2006. – № 1 – С. 66–69.
4. *Захаренко В.А.* Борьба с сорняками в посевах зерновых колосовых культур // *Защита и карантин растений*. – 2007. – № 2. – С. 78–124.
5. *Козлова Е.В.* Формирование микрогаметофита яровой пшеницы в последующих поколениях после применения противодвудольных гербицидов // *Вестн. КрасГАУ*. – 2013. – № 3. – С. 59–63.
6. *Помелов А.В., Дудин Г.П.* Протравители семян как индукторы мутационной изменчивости ярового ячменя и пшеницы // *Сиб. вестн. с.-х. науки*. – 2009. – № 7. – С. 12–16.

