

7. Ваганов Е.А., Шиятов С.Г., Мазена В.С. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской субарктике. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1996. – 324 с.
8. Антропоген Таймыра. – М.: Наука, 1982. – 184 с.
9. Bradley R.S. Paleoclimatology. Reconstructing climate of the quaternary // International geophysics series. – 1999. – V. 64. – 613 p.
10. Наурзбаев М.М., Ваганов Е.А., Сидорова О.В. Изменчивость приземной температуры воздуха на севере Евразии по данным тысячелетних древесно-кольцевых хронологий // Криосфера Земли. – 2003. – Т. VII. – № 2. – С. 84–91.
11. Briffa K.R. Annual climate variability in the Holocene: interpreting the message of ancient trees // Quaternary Science Reviews, 2000. – P. 87–105.
12. Украинцева В.В., Поспелов И.Н. О связях состава растительности и состава спорово-пыльцевых спектров поверхностных проб (устье р. Оленья, полуостров Таймыр // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2006. – № 3. – С. 97–109.
13. Сулержицкий Л.Д. Радиоуглеродный метод и динамика распространения голоценовых лесов в тундровой зоне // История биогеоценозов СССР в голоцене. – М.: Наука, 1976. – С. 146–149.



УДК 633.11:58.04:581.331.2

Е.В. Козлова

ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОГАМЕТОФИТА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЯХ ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОДУДОЛЬНЫХ ГЕРБИЦИДОВ

Проведен сравнительный анализ влияния гербицидов Фенизан, Триатлон, Секатор Турбо и Прима на последующие после применения поколения яровой пшеницы сорта Новосибирская 29.

У двух последовательных поколений потомков обработанных растений обнаружены изменения частоты и структуры аномалий формирования микрогаметофита. В ряде случаев отмечена тенденция снижения урожайности.

Ключевые слова: яровая пшеница, противодудольные гербициды, пыльца, продуктивность.

E.V. Kozlova

THE SPRING WHEAT MICRO-GAMETOPHYTE FORMATION IN THE SUBSEQUENT GENERATIONS AFTER ANTI-DICOTYLEDONOUS HERBICIDE APPLICATION

The comparative analysis of Fenizan, Thriathlon, Secateurs Turbo and Prima herbicide influence on the subsequent after use generations of spring wheat sort Novosibirsk 29 is carried out.

The frequency and structure changes of micro-gametophyte formation anomalies in two consecutive generations of treated plant descendants are revealed. In some cases the tendency of productivity decrease is registered.

Key words: spring wheat, anti-dicotyledonous herbicide, pollen, productivity.

В жизненном цикле высших растений большую роль в процессе эволюции и передаче генетической информации играет гаплоидная фаза (Эмбриология цветковых растений, терминология и концепции, 1994). Эта фаза очень чувствительна к действию разнообразных факторов – физических, химических (Кравец Е.А., 2011). Стерильность пыльцевого зерна выражается в нарушениях формирования пыльцевой оболочки и клеток гаметофита, что приводит к невозможности оплодотворения (Брыль Е.А., 2009). Как результат, гаметофиты, особенно мужские, подвергаются интенсивному отбору на фоне повышенной вероятности возникновения и проявления разнообразных мутаций (Дудин Г.П., 2006; Кравец Е.А., 2011, Егоркина Г.И., Бабич Т.В., 2008). На сегодняшний день опубликованы исследования прямого влияния пестицидов на обрабатываемые растения, и что очень важно, на их генеративные органы (Дудин Г.П., 2005, Егоркина Г.И., Бабич Т.В., 2008).

Однако имеются лишь единичные работы по изучению последствий применения химических средств защиты для последующих поколений у культурных растений (Zollinger R.K., Evans J.O., 1985, Помелов А.В.,

Дудин Г.П., 2009). В нашем предыдущем исследовании был обнаружен эффект снижения фертильности пыльцы у растений яровой пшеницы, выращенных в отсутствие обработки гербицидами, но полученных от родителей, обработанных гербицидом Секатор Турбо и его смесью с граминицидом Гепард Экстра. Поэтому целью нашей дальнейшей работы было изучение влияния различных многокомпонентных противодвудольных гербицидов на качество пыльцы у яровой пшеницы, в том числе у двух последовательных поколений.

Методика исследования. Полевые исследования проводили на опытных полях ОПХ «Минино» Красноярского края в совместных исследованиях с сотрудниками КНИИСХ в 2009–2011 годах.

В данном исследовании использовали мягкую яровую пшеницу сорта Новосибирская 29.

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 посевы яровой пшеницы обрабатывали по следующим схемам:

1 – контроль (без обработки);

2 – посевы, обработанные гербицидом Фенизан ВР (ЗАО «Щелково-Агрохим», Россия) (360 г/л дикамба кислоты +22,2 г/л хлорсульфурона) в дозе 0,2 л/га;

3 – посевы, обработанные гербицидом Секатор Турбо МД (АГ «Байер КропсСайенс», Германия) (25 г/л йодосульфурон-метил-натрия+100 г/л амидосульфурона+250 г/л мефенпир-диэтила) в дозе 0,100 кг/га (далее Секатор);

4 – посевы, обработанные гербицидом Триатлон КЭ+ВДГ (ООО «Сибagroхим», Россия) (420 г/л 2,4-Д кислоты + 60 г/л дикамбы кислоты + 750 г/л трибенурон-метила) в дозе 0,5 л/га;

5 – посевы, обработанные гербицидом Прима КЭ (ЗАО «Август», Россия) (300 г/л 2,4-Д кислоты + 6,25 г/л флорасулама) в дозе 0,5 л/га.

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

Окраску пыльников проводили 2% 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, с отставанием цитоплазмы, с отсутствием спермиев, с несколькими признаками одновременно. Затем пыльцевые зерна объединяли по группам: 1) пыльцевые зерна с аномалиями формирования клеток микрогаметофита; 2) с аномалиями микроархитектуры оболочки; 3) с аномалиями двух типов одновременно.

Биологическую продуктивность оценивали по общепринятой методике по следующим показателям: масса надземной части растений, высота растений, плотность растений, число генеративных побегов, число колосков и число зерен в колосе, масса 1000 зерен и семенная продуктивность растений.

Затем для проверки биологической полноценности семян пшеницы после применения гербицидов в 2010–2011 годах был заложен полевой мелкоделяночный опыт в ОПХ «Минино» на стационаре Красноярского НИИСХ. Повторность в опыте пятикратная, расположение площадок рендомизированное. Химобработку не проводили, сорняки удаляли вручную.

В годы проведения опытов погодные условия вегетационных периодов различались. Вегетационный период 2009 года характеризовался достаточным увлажнением, ГТК Селянинова с мая по сентябрь составил 1,52. Формирование зерна проходило при несколько пониженной температуре, так как сумма активных температур до созревания составила 1700 °С.

Погодные условия 2010 года сильно отличались от среднемноголетних. Затяжная весна характеризовалась пониженной среднемесячной температурой, значения которой в мае были ниже среднемноголетних на 3,3 °С. Предпосевной период характеризовался достаточной влагообеспеченностью: в мае выпало осадков на 8,0 мм больше, что составило выше нормы на 30 %. Гидротермический коэффициент вегетационного периода составил 1,3.

Весна в 2011 году была значительно теплей весны 2009 и 2010 годов. Среднемесячная температура мая была выше среднемноголетнего значения на 0,8 °С. Июль был холодным и дождливым. Количество осадков превышено на 57,9 мм.

Полученные данные подвергали стандартным процедурам статистической обработки, достоверность различий оценивали при помощи однофакторного дисперсионного анализа пакета анализа MS Excel по критерию Фишера.

Результаты исследования. Устойчивость культурных растений к гербицидам определяется способностью быстро нейтрализовать их действующие вещества. У более чувствительных растений медленная

детоксикация компонентов препарата приводит к некоторым нарушениям развития, не всегда заметным по морфологическим признакам, так как негативное действие гербицида может быть скомпенсировано созданием более благоприятных фитоценологических условий для развития культуры.

Видимо, поэтому в некоторых вариантах опытов в 2009 году наблюдалось снижение уровня фертильности пыльцы пшеницы (табл. 1) на фоне повышения биологической продуктивности (табл. 2). Так, при применении Фенизана, Секатора и Примы отмечалось увеличение доли аномальных пыльцевых зерен на 14,0, 29,5 и 24,6% соответственно по сравнению с контрольным вариантом. В свою очередь, в варианте с применением Триатлона данный показатель был почти в два раза ниже контроля, что выразилось в общем снижении доли аномальных пыльцевых зерен в основном за счет уменьшения частоты дефектов оболочки.

Тенденция ухудшения качества пыльцы в опытных вариантах сохранилась и у дочерних растений первого поколения, не подвергавшихся химической обработке. Самый высокий процент стерильных пыльцевых зерен отмечался в варианте с Секатором – на 26,8% выше, чем в контрольном варианте, в основном это происходило за счет возрастания частоты пыльцевых зерен с аномалиями микроархитектуры оболочки.

Таблица 1

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

Вариант	Число просмотренных пыльцевых зерен	Доля морфологически аномальных пыльцевых зерен, %			
		всего	В том числе		
			с аномалиями формирования клеток микрогаметофита	с аномалиями микроархитектуры оболочки	с аномалиями двух типов одновременно
<i>Родительские растения (2009 г.)</i>					
Контроль	2378	41,9	33,4	7,9	0,2
Фенизан	2490	47,8	17,2	30,1	0,5
Секатор	2506	54,3	25,3	28,5	0,5
Триатлон	2391	23,7	15,8	7,5	0,2
Прима	2610	35,5	27,2	25,0	0,7
<i>Дочерние растения 1-го поколения (2010 г.)</i>					
Контроль	2012	43,3	12,3	25,6	5,4
Фенизан	2131	64,1	4,8	38,8	20,6
Секатор	2013	70,1	8,6	48,1	13,4
Триатлон	2001	49,4	10,2	27,2	12,0
Прима	2120	49,5	15,9	28,2	5,4
<i>Дочерние растения 2-го поколения (2011 г.)</i>					
Контроль	2090	30,1	16,8	5,8	7,5
Фенизан	2262	24,4	7,4	13,5	3,5
Секатор	2146	45,3	5,6	29,0	10,7
Триатлон	2123	63,6	13,9	34,2	15,5
Прима	2041	55,1	7,3	27,7	20,1

В результате исследования пыльцы, собранной с дочерних растений второго поколения, установлено, что применение Триатлона оказало наиболее пагубное влияние на качество пыльцы, здесь доля аномальных пыльцевых зерен была выше на 111,3 %, чем в контроле. При сравнении с другими годами видно, что в

варианте с препаратом Триатлон увеличивается доля аномальных пыльцевых с каждым годом. При этом в варианте с Фенизаном наблюдается противоположная тенденция, а именно, происходит сглаживание действия гербицида и вследствие этого – улучшение качества пыльцы.

Гербицид Прима по поколениям обусловил примерно близкий уровень стерильности пыльцы, однако в сравнении с контролем максимальное ухудшение данного показателя наблюдалось у дочерних растений 2-го поколения, хотя вегетационный период этого года характеризовался как благоприятный.

Характерно, что у растений 1-го поколения во всех опытных вариантах в структуре аномалий доминируют пыльцевые зерна с нарушениями оболочки. То же самое наблюдается и во втором поколении, однако в данном случае у контрольных растений в структуре аномалий доминируют пыльцевые зерна с нарушениями формирования клеток гаметофита.

Анализ влияния обработок гербицидами посевов на биологическую продуктивность показал, что препараты Фенизан, Секатор и Прима вызвали достоверное снижение высоты родительских растений. Однако за счет увеличения продуктивного стеблестоя и устранения сорняков была увеличена семенная продуктивность во всех вариантах, обработанных препаратами. При этом в опытном варианте с Секатором отмечено достоверное увеличение массы 1000 зерен на 9,6% по сравнению с контролем (см. табл. 2).

Таблица 2

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	Число 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 растения	г/м ²
<i>Родительские растения (2009 г.)</i>											
Контроль	510,0	1,8	77,4	286,0	357,3	11,5	21,7	1,9	36,4	1,0	282,2
Фенизан	685,0*	1,9	67,6*	363,0*	429,4*	12,2	21,0	1,7	36,8	0,9	331,8
Секатор	630,0	1,8	67,0*	345,9*	426,4*	11,3	21,0	1,9	39,9*	1,0	357,3
Триатлон	645,5	1,7	73,5	385,0*	462,0*	12,5	21,8	1,7	35,2	0,9	354,5
Прима	710,5*	1,8	66,3*	398,7*	474,4*	11,5	21,6	1,9	35,3	0,9	361,7*
<i>Дочерние растения 1-го поколения (2010 г.)</i>											
Контроль	647,0	1,9	68,8	344,4	445,8	11,7	22,5	1,9	40,3	1,2	404,2
Фенизан	588,0	2,0	69,6	289,8	394,0*	13,2*	21,8	1,7	39,3	1,2	337,6
Секатор	663,2	2,1	69,0	313,6	341,8*	11,9	21,5	1,8	36,6*	0,9	269,0*
Триатлон	705,0	2,0	70,5	346,6	413,0	13,7*	22,2	1,6	41,0	1,1	375,9
Прима	644,8	2,4	67,6	270,2	383,6*	12,1	22,3	1,8	36,6*	1,2	313,1*
<i>Дочерние растения 2-го поколения (2011 г.)</i>											
Контроль	835,0	2,1	94,0	299,5	343,0	15,9	35,3	2,2	36,9	1,5	446,8
Фенизан	710,0*	1,9	91,0	365,5	425,5*	13,5*	31,1*	2,3	39,0*	1,4	516,1*
Секатор	701,7*	2,6	89,7	272,0	341,3	13,8*	31,6*	2,3	41,4*	1,6	446,9
Триатлон	892,5	2,9	91,5	311,5	354,5	13,5*	28,1*	2,1	38,4	1,2	382,5*
Прима	723,3*	2,7	91,0	271,0	325,0	14,5	32,1*	2,2	39,3*	1,5	410,0*

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

У дочерних растений первого поколения наблюдалась противоположная тенденция, которая выразилась в достоверном снижении числа генеративных побегов в вариантах с Фенизаном в 1,1 раза, с Секатором в 1,3 раза и с Примой в 1,2 раза в отличие от контрольного. Кроме того, в опытных вариантах с Фенизаном и Триатлоном было достоверно больше на 11,4–14,6% колосков в колосе, чем в контроле. Однако отмечена тенденция снижения массы 1000 зерен в варианте с Фенизаном и достоверное уменьшение на 10,1 % в вариантах Секатор и Прима. Такие изменения обусловили снижение семенной продуктивности в этих вариантах в 1,5 и 1,3 раза соответственно.

При исследовании дочерних растений второго поколения была отмечена тенденция увеличения массы одного растения в вариантах Секатор, Прима и Триатлон, кроме того во всех опытных вариантах наблюдалось достоверное увеличение массы 1000 зерен, причем наиболее крупное зерно было в варианте Секатор – на 10,9 % больше, чем в контроле. Однако во всех вариантах с гербицидами растения были ниже в отличие от контроля. В варианте с Фенизаном отмечено достоверно большее число генеративных побегов, отсюда и наибольшая семенная продуктивность. И несмотря на то, что в вариантах Секатор, Триатлон, Прима наблюдалось увеличение массы зерен, это не отразилось на семенной продуктивности – она была на уровне контроля, а варианте с Триатлоном даже снизилась на 16,9%.

Мы предполагаем, что различная направленность отклонений опытных вариантов от контроля по всем исследованным показателям может быть связана с изменениями физиолого-биохимического статуса растений в последующих поколениях под воздействием химических веществ разных препаратов или их метаболитов (Козлова Е.В., Ким Т.В., Злотникова О.В., 2012). В свою очередь такого рода изменения могут быть обусловлены последствиями гаметофитного отбора и, следовательно, изменениями генофонда сортовой репродукции.

Выводы

1. Влияние химической обработки на качество пыльцы с родительских растений было неоднозначным. Наибольшее количество пыльцевых зерен с аномалиями было в вариантах Фенизан и Секатор на 14,1–29,6% больше, а в вариантах Триатлон и Прима 1,8 и 1,2 раза соответственно ниже, чем в контроле.

2. Качество пыльцы дочерних растений первого поколения, не подвергавшихся обработке противодвудольными гербицидами, было ниже во всех опытных вариантах, чем в контрольном. Наибольшая доля аномальных пыльцевых зерен была в вариантах с применением Фенизана и Секатора, здесь превышение было более значимым – в 1,5 и 1,6 раза соответственно.

3. У опытных растений второго поколения последствия применения гербицидов проявились по-разному. Увеличение доли аномальных пыльцевых зерен наблюдалось в вариантах Секатор – в 1,5 раза, Прима – в 1,8 раза, Триатлон – в 2,1 раза. Только в варианте с Фенизаном наметилась тенденция уменьшения доли стерильной пыльцы по сравнению контролем.

4. Применение гербицидов оказало ретардантное действие на высоту культуры во всех опытных вариантах, но за счет устранения конкуренции со стороны сорняков способствовало повышению урожайности по сравнению с контролем.

5. При анализе биологической продуктивности дочерних растений первого поколения не было выявлено существенных различий между контрольным и опытными вариантами по всем показателям. Однако у растений второго поколения отмечена тенденция к увеличению массы одного растения и массы 1000 зерен, кроме того зафиксировано у опытных вариантов снижение высоты растений и числа зерен в одном колоске по сравнению с контролем.

6. Отмечено, что в большинстве случаев и в первом, и во втором поколениях существенное ухудшение качества пыльцы сопровождалось снижением значений отдельных элементов биологической продуктивности.

Литература

1. Брыль Е.А., Саук И.Б., Анохина В.С. Использование микрогаметофитного отбора для дифференцировки генотипов люпина на устойчивости к контрастным температурам // Генетика и биотехнология XXI века. Фундаментальные и прикладные аспекты: мат-лы Междунар. науч. конф. – Минск: Изд-во БГУ, 2009. – С.51–53.
2. Дудин Г.П. Мутабельность пшеницы при обработке семян и посевов регуляторами роста: кампозан и тур // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 1 – С. 66–66.
3. Дудин Г.П. Излучение красного диапазона – источник мутационной изменчивости // Успехи современного естествознания. – 2005. – № 11. – С. 48–49.

4. Генеративные органы цветка / под ред. Т.Б. Батыгиной // Эмбриология цветковых растений, терминология и концепции. – СПб.: Мир и Семья, 1994. – Т.1. – 262 с.
5. Егоркина Г.И., Бабич Т.В. Реакция мужского гаметофита культурных растений на загрязнение почвы тяжелыми металлами // Агрэкология. – 2008. – №5. – С. 23–26.
6. Козлова Е.В., Ким Т.В., Злотникова О.В. Особенности роста и развития проростков яровой пшеницы в зависимости от обработки родительских растений гербицидами // Вестн. КрасГАУ. – 2012. – № 8. – С. 109–113.
7. Кравец Е.А. Роль цитомиксиса и гаплонтного отбора в нормализации фертильности пыльцевых зерен *Hordeum distichum* L. после воздействия УФ-Б-облучения // Вісник українського товариства генетиків і селекціонерів. – 2011. – № 2. – С. 217–226.
8. Помелов А.В., Дудин Г.П. Протравители семян как индукторы мутационной изменчивости ярового ячменя и пшеницы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2009. – № 7. – С. 12–16.
9. Zollinger R.K. Effects of chlorsulfuron on meiosis and seed viability in rye (*Secale cereale* L.) // Proc. W. Soc. Weed. Sc. – 1985. – Т. 38. – P. 114–119.



УДК 338.48

И.С. Майоров

КОНЦЕПЦИЯ АДАПТИВНОГО БИОРЕСУРСНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Разработаны теоретико-методологические основы адаптированного биоресурсного природопользования на морских побережьях Дальнего Востока Российской Федерации.

Ключевые слова: устойчивое развитие, балансовая модель, природоохранная ориентация, социально-экономическое развитие.

I.S. Mayorov

THE CONCEPT OF THE ADAPTIVE BIORESOURCE NATURE MANAGEMENT

The theoretical and methodological bases of the adapted bio-resource nature management on the sea coast of the Russian Federation Far East are worked out.

Key words: stable development, balance model, nature protection orientation, social and economic development.

Переход к устойчивому развитию обусловил появление многочисленных концепций его реализации в плоскости решения вопросов устойчивого природопользования. Теоретическое обоснование подобного с точки зрения законов термодинамики просто невозможно, как и изобретение «вечного двигателя». Однако использование неисчерпаемых источников энергии (таких как термоядерная, солнечная, геотермальная, приливо-отливная и др.) и возобновляемых биологических ресурсов (трансгенные, клонированные и др.) позволяет говорить о возможности теоретического обоснования относительно устойчивого природопользования. Относительного, поскольку это природопользование возможно лишь в пределах балансов в приходно-расходных частях (воспроизводство – использование) природных ресурсов. Таким образом, реализация устойчивого развития возможна лишь устойчивым природопользованием, основанным на быстро возобновляемых биологических ресурсах и использовании практически неисчерпаемых источниках энергии и применении наукоемких и экофильных технологий. Это природопользование, которое нами названо адаптивным биоресурсным, сможет обеспечить решение экономических, социальных и экологических проблем с сохранением природного комплекса [9].

Исследования в этой области приобретают особую актуальность для теоретического обоснования устойчивого развития. В то же время эти исследования имеют важное прикладное значение, особенно при разработке стратегических схем природопользования, обосновании и принятии оптимальных управленческих решений, оценке природно-ресурсного потенциала и экологического состояния территорий и акваторий.