

Прогнозирование экологической безопасности применения химических и биологических фунгицидов при возделывании пшеницы на учебно-опытном поле ОГАУ

Р.Ф. Гарипова, д.б.н., профессор,
Ю.А. Корнеева, аспирантка, Оренбургский ГАУ

Для решения проблемы прогнозирования экологической безопасности применения химических и биологических фунгицидов в производстве нами

предложена гипотеза, которая легла в основу разработки метода биотестирования. В соответствии с этой гипотезой эффективность агроприёмов, применяемых при возделывании сельскохозяйственных культур, определяется их способностью повышать жизнеспособность растений и раскры-

вать их репродуктивный потенциал. В свою очередь способность растений к репродукции, а также их выживаемость зависят от ряда эндогенных факторов, обеспечивающих адаптивные реакции. Среди них генетическая константа и константа модификационной изменчивости. Генетическая константа детерминирует проявление средних значений признаков роста и развития растений, а константа модификационной изменчивости отклонения от средних значений — в стабильных условиях культивирования. В основе иных фенотипов, спровоцированных экстремальными факторами, лежат генетические или эпигенетические изменения. Так, при графическом описании выборки однородной по генотипу популяции в оптимальных условиях культивирования морфометрические показатели роста и развития растений формируют одновершинную кривую. В экстремальных условиях культивирования при сохранении генетической константы средние значения выборки могут сохраняться, но значения крайних показателей выборки существенно изменяются. При этом кривая распределения параметров роста и развития растений уплощается, приобретает несколько вершин, что является признаком дестабилизирующего, деструктивного отбора.

Таким образом, для оценки влияния условий производства на качество получаемой сельскохозяйственной продукции и прогнозирования условий оптимизации культивирования мы предлагаем оценивать не только средние значения выборок, но и характер фенотипической изменчивости по флуктуациям кривых распределения, тем самым определяя характер отбора, спровоцированный действием препарата.

Целью исследований являлось прогнозирование экологической безопасности применения химических и биологических фунгицидов при возделывании пшеницы в учебно-опытном поле ОГАУ.

В задачи исследований входило:

1. Испытание препаратов, введённых в технологию выращивания семян зерновых культур учебно-опытного поля ОГАУ.

2. Выявление безопасных для генофонда фитопопуляций препаратов, перспективных для внедрения в семеноводство зерновых культур.

Материалы и методика исследования. При оценке качества фунгицидов применили протравленные семена, в контроле — дистиллированную воду. Тестирование проводили на двух сортах озимой пшеницы — Оренбургская 105 и Пионерская 32, одном сорте яровой пшеницы — Юго-Восточная 2. В экспериментах использованы препараты Витарос (I вар.), Дивиденд Экстрим (II вар.), Крезацин (III вар.), ТМТД Плюс (IV вар.), Мизорин (V вар.), Флавобактерин (VI вар.) в дозах, гипотетически возможных в условиях производства, приготовленных в соответствии с инструкциями к препаратам. Для графического описания и анализа результатов

применили компьютерные матрицы, разработанные на основе приложения *Excel Microsoft Windows* и методы статистического анализа по критерию Стьюдента. Анализ включал измерение длины стебля и coleoptily, определение массы стебля пшеницы в условиях опыта и контроля. Эксперименты провели в соответствии с методикой, разработанной на кафедре агротехнологий Оренбургского ГАУ [1, 2]. Данные занесли в матрицу, получили графики нормального и фактического распределений морфометрических признаков. По характеру кривых фактического и нормального распределения длины и массы стебля определяли влияние условий на органогенез; по кривым распределения длины coleoptily — влияние на зародыш изменённого эндосперма.

Результаты исследования и обсуждение. При анализе данных особое внимание уделено значениям асимметрии и эксцесса, как важным показателям эмпирических кривых, которые характеризуют важные биологические особенности материала, указывая на изменения признака в ходе отбора или в процессе географической, экологической дифференциации вида. Известно, что изучение степени и характера асимметрии и эксцесса кривых может быть специальной задачей исследования. При $E_x \leq 0,2$ эксцесс практически отсутствует. Если же $0,5 \leq E_x \leq 1$, эксцесс считается заметным, но небольшим. Крайняя степень положительного эксцесса теоретически безгранична. Предельное значение отрицательного эксцесса равно двум, что указывает на наличие двух вариационных рядов, т. е. рядов с самостоятельными центрами распределения, объединённых в одной общей совокупности [3–5].

При анализе статистических характеристик выборок по трём сортам пшеницы (Оренбургская 105, Пионерская 32, Юго-Восточная 2), индуцированных препаратами, пришли к заключению о соответствии эмпирического распределения признаков нормальному распределению и возможности сравнения средних значений с использованием t-критерия Стьюдента (при уровне значимости 0,05). По кривым распределения признаков выявлено, что препараты Витарос, Дивиденд Экстрим, Мизорин способствовали формированию нормы реакции у проростков, характерной для адаптированной популяции (табл. 1).

Под влиянием препаратов Дивиденд Экстрим, Мизорин, Флавобактерин на трёх сортах снижалась всхожесть семян на 49–7%. Всхожесть семян относительно контроля повышалась после их протравливания препаратами Витарос, Крезацин на пшенице сортов Оренбургская 105 и Пионерская 32. На пшенице сорта Юго-Восточная 2 ни один из препаратов не стимулировал прорастание семян. Особое внимание следует уделить препаратам Витарос и Крезацин, которые повышали всхожесть семян на 23–45% относительно контроля (табл. 2).

1. Заключение о стабильности популяции по описаниям кривых распределения, значениям эксцесса и асимметрии

Препарат	Описание кривых распределения; эксцесс/асимметрия; заключение о стабильности популяции		
	сорт пшеницы		
	Оренбургская 105	Пионерская 32	Юго-Восточная 2
1	2	3	4
Без препарата (контрольный вар.)	одновершинные, но с признаками расслоения популяции на две субгруппы	двухвершинные	одновершинные
	$ 0,2 \div 0,9 $ $ 0,1 \div 0,6 $	$0,8 \div 1,4 $ $ 0,2 \div 0,3 $	$ 0,1 \div 0,5 $ $ 0,4 \div 0,6 $
	относительно стабильная	стабильная	стабильная
Витарос (I вар.)	одновершинные	одновершинные	одновершинные, незначительно улучшена форма кривой и увеличен крайний максимальный интервал по показателю — длина колеоптиле
	$ 0,2 \div 1,1 $ $ 0,3 \div 0,7 $	$ 0,1 \div 0,4 $ $ 0,3 \div 0,6 $	$ 0,4 \div 1,1 $ $ 0,3 \div 0,4 $
	стабильная	стабильная	стабильная
Дивиденд Экстрим (II вар.)	одновершинная, незначительно увеличен крайний максимальный интервал в кривых, характеризующих длину стебля	одновершинная	одновершинная
	$ 0,3 \div 1,1 $ $ 0,5 \div 1,1 $	$ 0,2 \div 1,0 $ $ 0,3 \div 0,8 $	$ 0,3 \div 2,3 $ $ 0,1 \div 1,3 $
	стабильная	стабильная	стабильная
Крезацин (III вар.)	одновершинные, уплощённые кривые, наблюдается тенденция к расслоению популяции, в кривых распределения длин колеоптиле выявляются две субгруппы; кривые по длине и массе стебля не отличаются от контрольных	двухвершинные кривые незначительно отличаются от контрольных, фиксируются перераспределения частот в сторону больших значений вершин и крайних интервалов (стимулирующее действие препарата)	двухвершинные кривые в распределении по длине стебля, выявлено перераспределение частот в сторону больших значений крайних интервалов (стимулирующее действие препарата)
	$ 0,1 \div 0,7 $ $ 0,4 \div 0,6 $	$ 0,4 \div 0,7 $ $ 0,4 \div 0,6 $	$ 0,7 \div 0,9 $ $ 0,0 \div 0,4 $
	нестабильная	нестабильная	нестабильная
ТМТД Плюс (IV вар.)	одновершинные кривые, не отличающиеся от контроля по характеру распределения длин корня, колеоптиле, массе стебля	двухвершинные, отличающиеся от контроля большим уплощением кривой; кривые распределения длин колеоптиле и массы стебля подобны контрольному распределению	уплощённые кривые распределения длин и массы стебля имеют две или несколько вершин; кривая распределения длин колеоптиле подобна контрольному распределению
	$ 0,8 \div 0,9 $ $ 0,6 \div 0,8 $	$ 0,8 \div 0,9 $ $ 0,3 \div 0,8 $	$ 0,7 \div 0,9 $ $ 0,1 \div 0,4 $
	стабильная	нестабильная	нестабильная
Мизорин (V вар.)	одновершинные кривые, незначительно отличающиеся от контроля; при этом по кривым распределения массы стебля выявлено, что пик частот и значения крайних интервалов приходятся на значительно меньшие величины, чем в контроле	с улучшенной относительно контроля нормой реакции, что отражено в кривых распределения по трём показателям; при этом по кривым распределения массы стебля выявлено, что значения крайних интервалов приходятся на значительно меньшие величины, чем в контроле	с улучшенной относительно контроля нормой реакции, что отражено в кривых распределения по трём показателям; при этом по кривым распределения массы стебля выявлено, что значения крайних интервалов приходятся на значительно меньшие величины, чем в контроле
	$ 0,3 \div 2,1 $ $ 0,2 \div 0,8 $	$ 0,1 \div 0,8 $ $ 0,1 \div 0,7 $	$0,2 \div 0,5 $ $ 0,2 \div 0,9 $
	стабильная	стабильная	стабильная

1	2	3	4
Флавобактерин (VI вар.)	одновершинные, уплощённые кривые, отличающиеся от контроля более выраженным расслоением на субгруппы в кривых по распределению длин и массы стебля; на графике распределения массы проростков значения крайних интервалов отклонены в сторону малых величин	одновершинные кривые, при этом оптимизация кривых длины и массы стебля происходит в диапазоне малых величин за счёт убывания субгрупп с большими величинами; кривые длин coleoptiles также оптимизированы, но отклонений в сторону меньших величин не выявлено	кривые распределения длин и массы стебля многовершинные с отклонением в диапазон малых величин. На характер формирования длин coleoptiles препарат не оказал влияния
	$ 0,2 \div 0,4 $ $ 0,0 \div 0,6 $	$0,0 \div 0,7 $ $ 0,4 \div 1,0 $	$ 0,1 \div 1,0 $ $ 0,2 \div 0,6 $
	нестабильная	стабильная	нестабильная

2. Всхожесть семян, % к контролю

Вариант опыта	Сорт пшеницы		
	Оренбургская 105	Пионерская 32	Юго-Восточная 2
Контрольный	100	100	100
Витарос (I вар.)	124*	123	76
Дивиденд Экстрим (II вар.)	72	88	51
Крезацин (III вар.)	145	130	95
ТМТД Плюс (IV вар.)	72	119	93
Мизорин (V вар.)	81	93	82
Флавобактерин (VI вар.)	93	68	57

Примечание: *жирным шрифтом выделены значения всхожести выше контроля

По отношению массы к длине стебля можно судить о регуляторной активности препаратов. При статистически незначимых сокращениях массы стебля относительно контроля ретардантное действие выражается в увеличении, а стимулирующее действие — в снижении этого показателя. Если отношение массы к длине стебля уменьшается за счёт существенного снижения массы стебля, то прогнозируют токсическое действие препарата (табл. 3).

Статистически значимое снижение массы стебля выявлено в вариантах V (Пионерская 32, Юго-Восточная 2) VI (Пионерская 32) (табл. 4). Препараты Мизорин и Флавобактерин проявляют токсичность, а не ретардантное действие. При этом Флавобактерин статистически значимо стимулировал формирование coleoptiles. Статистически значимое увеличение массы стебля или отсутствие различий с контролем при снижении показателя отношения массы к длине стебля наблюдали при применении препаратов Витарос, Дивиденд Экстрим, Крезацин, что свидетельствует о стимулирующем их действии. Стимуляция может быть обусловлена раскрытием резервов подавленного условиями среды генотипа или проявлением компенсаторных реакций на стресс.

Увеличение длины coleoptiles может свидетельствовать о способности препаратов усиливать гидролитические процессы в эндосперме. Таким статистически значимым действием обладают все

исследованные препараты, кроме препарата Мизорин. При этом Крезацин вызвал эффект в трёх тест-объектах, Витарос и Флавобактерин — в двух, Дивиденд Экстрим, ТМТД Плюс — в одном.

По результатам биотестирования препаратов получили следующие выводы:

1. Сорт озимой пшеницы Оренбургская 105 менее чувствителен к морфометрическому действию изученных препаратов, чем сорт озимой пшеницы Пионерская 32 и сорт яровой пшеницы Юго-Восточная 2. Следовательно, последние два объекта могут быть использованы как чувствительные тест-системы для выявления морфометрической активности препаратов и адаптивных реакций растений на условия произрастания.

2. Витарос способствуют формированию нормы реакции, характерной для адаптированной популяции.

3. Дивиденд Экстрим, Мизорин также способствуют формированию нормы реакции, характерной для адаптированной популяции, но снижают выживаемость растений в момент прорастания на 4–27% относительно контроля, что является признаком влияния этих препаратов на химизм эндосперма семян.

4. Все изученные препараты, кроме препарата Мизорин, обладают стимулирующим стеблевой морфогенез действием, при этом на разных сортах в различной степени подавляют всхожесть семян.

3. Соотношение массы к длине стебля

Вариант опыта	Сорт пшеницы					
	Оренбургская 105		Пионерская 32		Юго-Восточная 2	
	соотношение массы к длине стебля, г/см	% к контролю	соотношение массы к длине стебля, г/см	% к контролю	соотношение массы к длине стебля, г/см	% к контролю
Контрольный	0,0074	100	0,0076	100	0,0069	100
Витарос (I вар.)	0,0073	98,6	0,0071	93,4	0,0067	97,1
Дивиденд Экстрим (II вар.)	0,0067	90,5	0,0064	84,2	0,0066	95,7
Крезацин (III вар.)	0,0067	90,5	0,0067	88,2	0,0059	85,5
ТМТД Плюс (IV вар.)	0,0067	90,5	0,0069	90,8	0,0059	85,5
Мизорин* (V вар.)	0,0066	89,2	0,0056	73,7	0,0059	85,5
Флавобактерин* (VI вар.)	0,0065	87,8	0,0047	61,8	0,0065	94,2

Примечание * отношение массы к длине стебля уменьшается за счёт существенного снижения массы стебля

4. Характер и статистическая значимость* различий средних значений морфометрических параметров по t-критерию Стьюдента относительно контроля

Сорт пшеницы	Длина стебля		Масса стебля		Длина coleoptile	
	характер изменений	значимость	характер	значимость	характер	значимость
Витарос (I вар.)						
Оренбургская 105	уменьшение	—	уменьшение	—	увеличение	—
Пионерская 32	увеличение	+	увеличение	+	увеличение	+
Юго-Восточная 2	увеличение	—	увеличение	—	увеличение	+
Дивиденд Экстрим (II вар.)						
Оренбургская 105	увеличение	+	увеличение	+	увеличение	—
Пионерская 32	увеличение	+	увеличение	—	увеличение	+
Юго-Восточная 2	увеличение	—	увеличение	—	увеличение	—
Крезацин (III вар.)						
Оренбургская 105	увеличение	—	уменьшение	—	увеличение	+
Пионерская 32	увеличение	+	увеличение	+	увеличение	+
Юго-Восточная 2	увеличение	+	уменьшение	—	увеличение	+
ТМТД Плюс (IV вар.)						
Оренбургская 105	увеличение	+	увеличение	+	уменьшение	—
Пионерская 32	увеличение	+	увеличение	+	увеличение	+
Юго-Восточная 2	увеличение	—	уменьшение	—	уменьшение	—
Мизорин (V вар.)						
Оренбургская 105	увеличение	—	уменьшение	—	увеличение	—
Пионерская 32	увеличение	—	уменьшение	+	увеличение	—
Юго-Восточная 2	уменьшение	+	уменьшение	+	увеличение	—
Флавобактерин (VI вар.)						
Оренбургская 105	увеличение	—	уменьшение	—	увеличение	+
Пионерская 32	уменьшение	+	уменьшение	+	увеличение	+
Юго-Восточная 2	уменьшение	—	уменьшение	—	уменьшение	—

Примечание: *статистически значимые изменения обозначены «+», незначимые «-»

5. Препаратов с ретардантным действием не выявлено.

6. Препараты Мизорин и Флавобактерин проявили токсичность, отразившуюся на снижении массы стебля.

7. Возможными адаптогенами являются препараты Витарос, Крезацин, Дивиденд Экстрим. Для установления того, что эти препараты действительно являются таковыми и безопасны для внедрения в производство семян, необходимо применение цитогенетического анализа.

Литература

1. Гарипова Р.Ф. Метод биотестирования вод, почв, подверженных техногенному загрязнению // Проблемы региональной экологии. 2009. № 5. С. 112–117.
2. Гарипова Р.Ф. Анализ эффектов последствия в фитотестах при микроэлементном загрязнении окружающей среды // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2009. № 2. С. 305–308.
3. Булавко Г.И., Мусатова О.В. Биометрия. Витебск, 2006. С. 12.
4. Крюков В.И. Генетика. Статистические методы изучения изменчивости. Орел: Изд-во ОрелГАУ, 2006. С. 22.
5. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. С. 48.