

СЕЛЕКЦИЯ КУКУРУЗЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ВРЕДНЫМ ОРГАНИЗМАМ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА РОССИИ

В.Г.Иващенко*, А.Н.Фролов*, В.С.Сотченко, В.Г.Гаркушка*****

** Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

*** Всероссийский НИИ кукурузы, Пятигорск*

**** Научно-производственное объединение "КОС МАИС", Краснодарский край*

Представленные в настоящей статье результаты - итог многолетнего планомерного сотрудничества иммунологов и селекционеров по созданию высокогетерозисных гибридов кукурузы с комплексной и групповой устойчивостью к вредным организмам. На основе изучения авторами природы устойчивости к болезням и вредителям предложены оптимальные методологические подходы с целью отбора и создания гибридов с групповой и комплексной устойчивостью к фитофагам и патогенам.

Кукуруза входит в число лидеров мирового земледелия, занимая по урожайности (36.5 ц/га) первое место в мире (Крамарев,1999). Эта культура имеет для нашей страны стратегическое значение, хотя ее возможности пока используются совершенно недостаточно (Нечаев, Александров,1999). Более того, за последние годы в России наблюдается снижение урожайности кукурузы, в том числе из-за дефицита высококачественных семян. Одновременно усиливается тенденция к повышению зависимости страны от импорта семян из-за рубежа. Реальностью 90-х годов стало ухудшение фитосанитарной ситуации, в частности вследствие вывоза части площадей из хозяйственного оборота, многократного уменьшения доз вносимых удобрений, средств химической мелиорации и защиты растений. В этих условиях стимулируется репродукция многих опасных вредителей и возбудителей грибных, бактериальных и вирусных болезней. Поэтому для стабилизации объемов производства зерна и силового и дальнейшего их увеличения необходимо расширение удельного веса площадей, занимаемых устойчивыми к вредным организмам гибридами.

Согласно многолетним исследованиям вредоносности болезней и вредителей в различных зонах кукурузосеяния, недоборы урожая составляют ежегодно 25-31% (не считая лет с эпифитотиями и эпизоотиями). Благодаря созданию устойчивых форм возможно уменьшение недо-

бора урожая от отдельных болезней в 3-12 раз, от кукурузного мотылька - до 11 раз. При этом групповая и комплексная устойчивость обуславливает снижение коэффициента суммарной вредоносности в 1.5 раза (Иващенко,1992).

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений - лидер в области иммунитета растений к вредным организмам в стране. Уже в конце 60-х годов специалисты ВИЗР проводили работы по устойчивости к болезням и кукурузному мотыльку - одному из наиболее опасных вредителей этой культуры (Шапиро,1963; Шура-Бура,1968; Иващенко,1972). С середины 80-х годов в ВИЗР были развернуты планомерные комплексные исследования в области иммунитета кукурузы к головневым грибам, стеблевым гнилям, кукурузному мотыльку, шведским мухам и тлям. Сложившийся в практике селекции на иммунитет отдельный анализ устойчивости к вредным организмам проще, чем анализ устойчивости к комплексам вредных объектов. По мере накопления и обобщения экспериментальных данных пришло понимание, что отдельный анализ приводит к завышению суммарной вредоносности. В конечном итоге селекция на устойчивость к отдельным патогенам порождает необходимость большего пестицидного прикрытия, что стало предметом широкого обсуждения в практике защиты растений (Madden,1983). Сказанное определило поиск путей инте-

грации иммунологических подходов для выявления форм с групповой или комплексной устойчивостью к вредным организмам. Слабая разработанность этого направления и несогласованность подходов к отбору подчеркнуты в работе М.Harris и R.Frederiksen (1984), которые были рассмотрены существующие концепции устойчивости к членистоногим и патогенам: филогенетическая, биогеографическая, генетическая, эпидемиологическая и другие. Хотя констатация имеющихся различий и не приблизила исследователей к решению проблемы, она инициировала поиск общих черт и закономерностей паразитизма.

Селекция на групповую и комплексную устойчивость требует интеграции селекционных и иммунологических подходов в целом и фитопатологических и энтомологических - в частности. Связующими теоретическими звеньями таких исследований стали представления о системе иммунологических барьеров растений к вредителям (Вилкова,1980) и о системе защитных механизмов растений в отношении болезней (Гешеле,1978). Выполненные на уровне сопряженных патосистем исследования ускорили разработку методов оценки с целью создания гибридов, устойчивых к комплексу болезней и вредителей (Вилкова и др., 1989).

На основе изучения этиологии и патогенеза болезней и анализа литературы (Шапиро и др.,1986; Вилкова и др.,1989) авторами предложена система совмещения инфекционных и инвазионных фонов, имитирующая природные сопряженные патосистемы. Она предполагает сочетание провокационных, искусственных инфекционных (головневые грибы, болезни листьев), инвазионных (кукурузный мотылек, тли) фонов, но без нарушения целостности растений. Анализ взаимодействия вредных организмов в ассоциациях выявил очень тесную (почти функциональную) зависимость распространности пузырчатой головни и фузариоза початков от поврежденности кукурузным мотыльком: $r = (0.985 - 0.999)$.

Одновременно с развертыванием исследований по комплексному и группо-

вому иммунитету ВИЗР стал полноправным участником ТОСС - творческого объединения селекционеров по кукурузе "Север". Тесное сотрудничество с селекционерами многих ведущих учреждений России и Украины к концу 80-х - началу 90-х годов начало давать хорошие результаты и в области теории иммунитета растений к вредным организмам, и в деле создания устойчивых гибридов кукурузы. В частности, в рамках этой программы было осуществлено детальное изучение особенностей проявления устойчивости у раннеспелых форм растений против кукурузного мотылька (Фролов,1993). В соавторстве с ВИЗР были созданы и районированы комплексно - устойчивые к вредным организмам гибриды Коллективный 181 СВ, ЧКГ 280 М, Коллективный 230 СВ.

В последние годы в условиях ослабления контактов между республиками СНГ была осуществлена корректировка научно-исследовательских работ ВИЗР в этой области. В частности, круг научных учреждений, на базе которых в настоящее время проводятся работы по устойчивости кукурузы к вредным объектам, был сужен до двух - Всероссийского НИИ кукурузы и Кубанской опытной станции ВИР. Это, в значительной мере, привело к уменьшению обмена оригинальным исходным материалом со странами СНГ. Обострение проблемы исходного материала в селекции связано с невозможностью использования линий с техаским типом ЦМС и прогрессирующим в целом сужением генетического разнообразия источников зародышевой плазмы.

Бесспорно, наибольший интерес при скрининге представляет обнаружение у культивируемых растений признаков устойчивости к абиотическим и биотическим стрессам и, тем более, комплексной устойчивости. Результаты 16-летних исследований в рамках ТОС "Север" свидетельствуют, что такие формы достаточно надежно идентифицируются на разработанных ВИЗР совместно с ведущими селекционерами по раннеспелой кукурузе инвазионно-инфекционных фонах. К комплексно - устойчивым генотипам, на-

пример, можно отнести линии Б 260, Бг 317, Бг 4005, Ом 228, РН 9, РН 32, ЛВ 8, ЛВ 14 и некоторые другие. Кроме того, несколько десятков линий проявляют групповую устойчивость к головневым грибам, кукурузному мотыльку и шведским мухам, а также облигатным и факультативным патогенам. К сожалению, генотипы с готовыми сочетаниями признаков встречаются довольно редко. Создание комплексно - устойчивых гибридов требует линий, каждая из которых устойчива одновременно к основным болезням и вредителям, поскольку наличие даже большого количества источников устойчивости не решает проблем селекции на иммунитет. Лишь при условии комплексной устойчивости исходного материала могут компенсироваться негативные последствия промежуточного наследования факторов устойчивости (Иващенко,1992).

Известно, что в устойчивости кукурузы к болезням и вредителям ведущая роль принадлежит анатомическому и физиологическому барьерам. Благодаря последним активно растущие меристематические ткани стеблей и початков защищены от возбудителей пузырчатой головни, фузариоза, гиббереллеза и диплоидоза початков, стеблей и других болезней. Однако эти барьеры не являются непреодолимыми для шведских мух, кукурузного мотылька и хлопковой совки. Эти насекомые в процессе питания открывают пути для проникновения грибной, бактериальной и вирусной инфекции. Таким образом, например, осуществляется локальное проникновение возбудителей гнилей стеблей и початков, усиливающее негативное влияние системных (семенных) инфекций. Разнообразие путей проникновения увеличивает объемы колонизации тканей стеблей и ускоряет процесс их естественного старения. Так, совместное развитие стеблевой гнили и кукурузного мотылька на 7-10 дней ускоряет усыхание листьев, сокращает продолжительность антибиотического воздействия хозяина на патогенов и фитофагов, что затрудняет отбор на скороспелость. Типичными примерами сопряженных патосистем служат ассоциации

возбудителей стеблевых гнилей, фузариоза початков и пузырчатой головни, с одной стороны, и шведских мух, кукурузного мотылька, хлопковой совки, - с другой. Полученные нами данные и анализ литературы показали, что закономерности наследования устойчивости растений к вредителям и патогенам сходны: участвуют как ядерные, так и цитоплазматические факторы. Преобладание аддитивных эффектов генов в генетическом контроле устойчивости к стеблевым гнилям, фузариозу початков, головне, кукурузному мотыльку, хлопковой совке (табл.1) позволяет по фенотипу оценивать взаимодействия в патосистемах и проводить отбор на устойчивость.

Таблица 1. Генетический контроль устойчивости кукурузы к вредным организмам (В.Г.Иващенко,1992)

Вредные организмы	Эффекты генов устойчивости	Наследуемость Н ²	h ² : Н ²
Стеблевые гнили:			
балл поражения развитие болезни	a, ad	0.57	h ² > Н ²
Пыльная головня	a, d, ad	0.47	h ² > Н ²
Фузариоз початков	d, ad	0.81	h ² ≥ Н ²
Кукурузный мотылек	a, ad	0.96	h ² < Н ²
	a, ad	0.71	h ² > Н ²

a - аддитивные, d - доминантные, ad - аддитивные доминантные эффекты

Кукуруза - одна из немногих культур, сохранившая до настоящего времени необходимый уровень горизонтальной устойчивости к ржавчине и пузырчатой головне благодаря правильно выбранной стратегии селекции (Hooker,1967; Расселл,1982).

Стратегическим направлением в селекции кукурузы на устойчивость к вредителям является изучение закономерностей динамики численности растительных насекомых. Такие исследования на кукурузном мотыльке проводятся в ВИЗР с 1994 г. С 1999 г. совместно с ВИР

развернуты исследования по изучению генетического контроля антибиоза и антиксеноза.

В условиях Краснодарского края численность кукурузного мотылька колеблется более чем десятикратно. С помощью К-факторного анализа установлено,

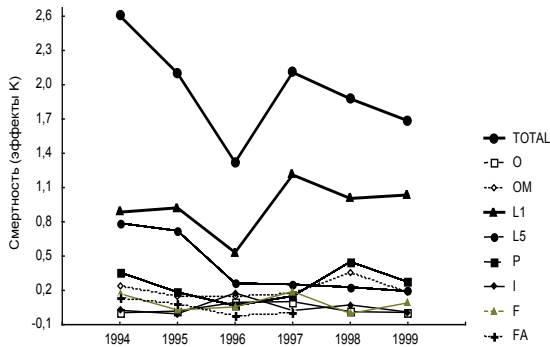


Рис.1. Кривые возрастных и общей смертности у кукурузного мотылька первого поколения ($K = \lg x_i - \lg x_{i-1}$) (НПО "КОС МАИС", 1994-1999). Возрастные интервалы развития:

O - яиц, OM- яиц на кукурузе, L1 - гусениц 1-2 возр., L5 - гусениц 3-5 возр., P - куколок, I - имаго, F - самок, FA - самок со средним уровнем плодовитости, Total - сумма K за генерацию

Уровень заселенности и, соответственно, поврежденности кукурузы гусеницами кукурузного мотылька определяется также вариацией плотности отложенных на посевах яиц. Плотность последних на посевах очень сильно зависит от того, имеются ли рядом с ним благоприятные для спаривания и дневного отдыха насекомых стадии (Фролов и др., 1996). Зависимость заселенности посевов от их пространственного размещения и от засоренности дает возможность прогнозировать их заселенность вредителем по картам полей и данным исходной плотности насекомых.

Одной из наиболее актуальных задач в селекции на адаптивность является создание исходного материала и гибридов с высоким уровнем устойчивости к засухе и вредным организмам - основы стабильного получения гибридных семян и товарного зерна. Совместные исследования по этой проблеме специалисты ВНИИ кукурузы и ВИЗР проводят с 1998 г.

В связи с тенденцией глобального по-

что ключевым фактором динамики численности вредителя является гибель гусениц 1-2 возраста первого поколения (рис.1). Выживаемость насекомых в этот период колеблется от 6.2 до 29.4% и весьма строго связана с генотипической устойчивостью кукурузы (рис.2).

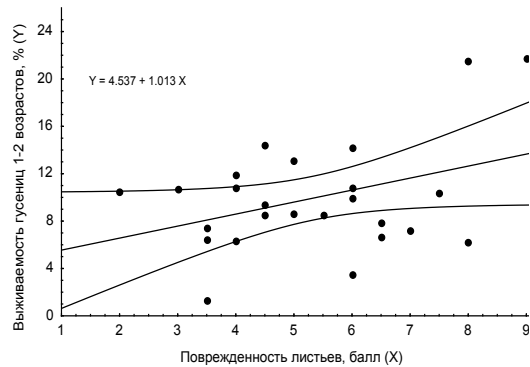


Рис.2. Зависимость выживаемости гусениц 1-2 возрастов от сортовой устойчивости кукурузы (НПО "КОС МАИС", 1994-1998)

тепления климата планеты актуальны развернутые с середины 80-х годов исследования фотопериодических реакций исходного и гибридного материала, особенно при создании гибридов для зон с длинным днем и коротким безморозным периодом.

Современный этап сельскохозяйственного производства характеризуется значительным ослаблением действия факторов экзогенного регулирования процессов формирования продуктивности и адаптивного потенциала растений. Поэтому при анализе сопряженных патосистем необходимо первоочередное определение типа реакций генотипа на абиотический и биотический стрессы. Исследования по этой проблеме могли бы ускорить идентификацию и количественную оценку предрасполагающих факторов с целью снижения их отрицательного влияния на урожайность, а также лучшего управления продукционным процессом и отбора источников с групповой и комплексной устойчивостью. В этой

связи корректная программа улучшения растений предполагает осуществлять вначале отбор на засухоустойчивость, а среди генотипов, сохранивших приемлемый уровень урожайности, - на устойчивость к болезням и вредителям. Как показал опыт исследований последних лет ВНИИ кукурузы и НПО "КОС МАИС", такой подход весьма результативен для регионов России с часто повторяющимися засухами. Это позволяет выделять гибриды с урожайностью 50-60 ц/га зерна в условиях острого дефицита влаги. При этом уровень устойчивости гибридов, передаваемых в Госкомиссию по сортоиспытанию, в целом не обнаруживает тенденции к снижению (табл.2).

Таблица 2. Оценки поврежденности кукурузным мотыльком и пораженности болезнями гибридов НПО "КОС МАИС", переданных в Госкомиссию по сортоиспытанию в 1998 г.

Гибрид	Кукурузный мотылек, первое поколение					Пузырчатая головня, %
	поврежденность листьев, балл	плотность червоточин на растении	плотность насекомых на растении	Стеблевые гнили, %		
Кубанский 247 МВ	2.2	5.5	10.5	10.9	2.8	
РОСС 209МВ (стандарт)	5.6	14.0	10.5	38.9	0.1	
Кубанский 320 СВ	3.3	1.5	0.0	0.0	1.9	
Краснодарский 200 СВ (стандарт)	5.2	13.5	9.0	16.6	6.5	

В программах селекции необходимо учитывать различный спектр и уровень устойчивости к вредным организмам родительских форм в зонах семеноводства, а гибридов - в условиях производственного выращивания. Поэтому проблема создания раннеспелых гибридов кукурузы с высоким адаптивным потенциалом имеет в своем решении ряд отличительных особенностей, включающих:

- интеграцию в генотипе гибрида устойчивости к воздействию факторов

абиотической и биотической природы (засухе, высоким температурам, головным грибам, гнилям стеблей и початков, кукурузному мотыльку, хлопковой совке и др.) в зонах семеноводства;

- выявление исходного материала с высокими показателями холодостойкости, устойчивости к шведским мухам, фотопериодической нейтральностью, с высокой скоростью морфогенеза и налива зерна в зонах промышленного возделывания гибридов на силос.

Таким образом, на практике осуществляется провозглашенный Н.И.Вавиловым (1935) "географический подход в решении селекционных задач", хотя конкретная реализация указанных принципов селекции кукурузы в значительной мере зависит от экологогенетической экспрессии хозяйственно-биологических признаков (Ivaschenko, Sotchenko, 1995).

Характерной особенностью сегодняшнего дня является отрыв достигнутого уровня разработок научно-методического плана, обеспечивающих получение устойчивых гибридов, от возможностей их широкого использования в экологизированной системе защиты растений. В определенной степени это связано с явно протекционистской политикой правительственных органов по ввозу импортных семян вместо поддержки отечественных производителей.

Стабилизация объемов производства зерна, силоса и их дальнейшее увеличение прямо связаны с расширением удельного веса площадей, занимаемых гибридами с групповой и комплексной устойчивостью, среди которых можно выделить ряд новых, созданных во ВНИИ кукурузы в последние годы и переданных в Госкомиссию по сортоиспытанию в 1999 г.(табл.3).

Таким образом, результаты наших исследований свидетельствуют, что иммунологические принципы управления популяциями вредных организмов должны разрабатываться с учетом функционирования многокомпонентных патосистем. Ведущую роль в управлении патосистемами кукурузы должны играть иммунологические барьеры конституционального

Таблица 3. Оценка устойчивости к основным болезням гибридов ВНИИ кукурузы

Гибрид	Пораженность болезнями, %				Прикорневое полегание, %
	Стебле-вые гнили	Пузырчатая головня	Паразитарная ломкость*)	стеблей, %	
Нарт 150 СВ (стандарт)	16.0	9.1	12.3	0	
Корн 280 СВ	0	4.5	6.0	0	
Эрик СВ	0	3.9	13	0	
Валентин СВ	0	4.8	0	0	
Ньютон СВ	4.0	0	2.7	0	
Краснодарский 421 СВ (стандарт)	0	10.7	3.7	0	

*) ломкость от стеблевых гнилей и кукурузного мотылька

иммунитета, направленные против открывающих ворота инфекции вредящих стадий насекомых и внедряющихся с их помощью болезнетворных агентов. Складывающиеся между фитофагами и патогенами отношения (нейтрализма, протокооперации) индуцируют проявление у растения патологий, которые могут не возникать при раздельном паразитизме.

Частично исследования выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант №97-04-48015).

Литература

Вавилов Н.И. Учение об иммунитете растений к инфекционным заболеваниям (применительно к вопросам селекции). /Теоретические вопросы селекции растений. М.-Л., 1935, с.893-990.

Вилкова Н.А. Физиологические основы теории устойчивости растений к вредителям. Автореф. докт. дисс. Л., ВИЗР, 1980, 48 с.

Вилкова Н.А., Иващенко В.Г., Фролов А.Н. и др. Методические рекомендации по оценке кукурузы на комплексную устойчивость к вредителям и болезням. М., ВАСХНИЛ, 1989, 43 с.

Гешеле Э.Э. Основы фитопатологической оценки в селекции. М., Колос, 1978, 208 с.

Иващенко В.Г. Стеблевые гнили кукурузы, этиология болезней и вопросы оценок на устойчивость. Автореф. канд. дисс. Одесса, 1972, 21 с.

Иващенко В.Г. Устойчивость кукурузы к основным болезням и разработка методов ее повышения. Автореф. докт. дисс. СПб, ВИЗР, 1992, 38 с.

Крамарев С.М. Мировое производство зерна кукурузы и его дальнейшее развитие. /Кукуруза и сорго, 3, 1999, с.4-5.

Нечаев В.И., Александров В.А. Экономическая эффективность производства кукурузы на зерно. /Кукуруза и сорго, 3, 1999, с.2-3.

Расселл Г.Э. Селекция растений на устойчивость к вредителям и болезням. М., Колос, 1982, 421 с.

Фролов А.Н. Изменчивость кукурузного мотылька и устойчивость к нему кукурузы. Автореф. докт. дисс. СПб, ВИЗР, 1993, 41 с.

Фролов А.Н., Тришкин Д.С., Дятлова К.Д., Чумаков М.А. Пространственное распределение имаго кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* в зоне развития двух поколений и его связь с заселенностью кукурузы. /Зоол. журнал., 75, 11, 1996, с.1644-1652.

Шапиро И.Д. Факторы устойчивости кукурузы к вредителям. /Докл. ВАСХНИЛ., 2, 1963, с.13-16.

Шапиро И.Д., Вилкова Н.А., Иващенко В.Г., Фролов А.Н. Иммунологические основы изучения сопряженных патосистем. /Тез. докл. X научн. конф. Украинского общества паразитологов. Одесса, 1986, с.344.

Шура-Бура Г.Б. Особенности развития стеблевого мотылька на различных по устойчивости гибридах и линиях кукурузы. Автореф. канд. дисс. Л., ВИЗР, 1968, 19 с.

Ivaschenko V.G., Sotchenko V.S. Principles of estimation and breeding of maize hybrids for early-maturing and resistance to diseases for North-West regions of Russia. /XIV EUCARPIA CONGRES. Finland., 1995, p.47.

Harris M., Frederiksen R. Concepts and methods regarding host plant resistance to arthropods and pathogens. /Ann. Rev. Phytopathol., 22, 1984, p.247-272.

Hooker A.L. The genetics and expression in plants to rusts of the genus *Puccinia*. /Annual Review of Phytopathology, 5, 1967, p.163.

Madden L. Measuring modeling crop losses at the field level. /Phytopathol., 73, 11, 1983, p.1591-1596.

MAIZE BREEDING FOR RESISTANCE TO PESTS IN THE PRESENT AGRICULTURAL INDUSTRY OF RUSSIA

V.Ivashchenko, A.Frolov, V.Sotshenko, V.Garkushka

The basic directions and methodological principles of maize breeding for group and complex resistance to noxious arthropods and pathogens are developed. Ecological and genetic aspects of this resistance to individual pathogens and their groups are discussed. The information about the resistance of hybrids is given.