

N. I. VAVILOV ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE
OF PLANT INDUSTRY (VIR)

**PROCEEDINGS ON APPLIED BOTANY,
GENETICS AND BREEDING**

volume 175
issue 4



Editorial board

O. S. Afanasenko, B. Sh. Alimgazieva, I. N. Anisimova, G. A. Batalova, L. A. Bespalova, N. B. Brutch, Y. V. Chesnokov, I. G. Chukhina, A. Diederichsen, N. I. Dzyubenko (Chief Editor), E. I. Gaevskaya (Deputy Chief Editor), K. Hammer, A. V. Kilchevsky, M. M. Levitin, I. G. Loskutov, N. P. Loskutova, S. S. Medvedev, O. P. Mitrofanova, A. I. Morgunov, H. A. Muminjanov, E. K. Potokina, E. E. Radchenko, I. Rashal, A. V. Rodionov, N. I. Savelyev, Z. Sh. Shamsutdinov, L. Y. Shipilina (Executive Secretary), M. M. Silantyeva, Y. M. Sivolap, I. A. Tikhonovich, J. Turok, E. K. Turuspekov, M. A. Vishnyakova.

Editor in charge of this issue: *E. I. Gaevskaya*

ST. PETERSBURG

2014

УДК 632.78

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КУКУРУЗЫ И УСТОЙЧИВОСТЬ К КУКУРУЗНОМУ МОТЫЛЬКУ*

В. Г. Гаркушка¹, А. Н. Фролов², И. В. Грушевая²

¹Научно-производственное объединение «КОС-МАИС»,

Краснодарский край, Россия, e-mail: kos_mais@mail.kuban.ru

²Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений,
Санкт-Петербург, Россия, e-mail: vizrspb@email.ru

Резюме

Кукуруза, занявшая лидирующие позиции в мире как по урожайности, так и по валовому производству зерна, – культура многоцелевого назначения. Современная ее селекция ориентирована на создание гибридов пищевого назначения, эффективное выращивание которых особенно нуждается в высокой устойчивости к вредным организмам. Среди них центральное место занимает кукурузный мотылек.

Ключевые слова: кукуруза, генетическое разнообразие, кукурузный мотылек.

GENETIC DIVERSITY OF MAIZE AND ITS RESISTANCE TO EUROPEAN CORN BORER

V. G. Garkushka¹, A. N. Frolov² & I. V. Grushevaya²

¹ KOS-MAIS Research & Production Association,

Krasnodar Region, Russia, e-mail: kos_mais@mail.kuban.ru

² All-Russian Research Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia,
e-mail: vizrspb@email.ru

Summary

With its worldwide leading positions in both yield per hectare and total grain production, maize serves as a crop of multipurpose use. Today, maize breeding efforts are targeted inter alia at the development of hybrids for food purposes, whose cultivation specifically requires high resistance to harmful organisms. Among the latter, European corn borer occupies the central place.

Keywords: maize, genetic diversity, European corn borer.

Введение

Кукуруза – культура многоцелевого использования, отличающаяся высоким разнообразием по морфологическим, эколого-физиологическим и иным признакам, включая свойства устойчивости, оцениваемые с помощью тех или иных шкал (например, Фролов, 1993). Благодаря потенциалу гетерозиса, достижениям селекции и биотехнологии, кукуруза в начале XXI века вышла на первое место в мире по производству зерна, опередив основные зерновые культуры Старого Света – рис и пшеницу (Тройер, 2009; Гарькавый, Раева, 2011).

* Работа выполнялась при частичной поддержке РФФИ (грант № 12-04-00552).

Хотя мировая селекция кукурузы в основном сосредоточена в гигантских международных корпорациях (Pioneer, Syngenta, Monsanto), отдельные локальные селекционные центры, ориентированные на свой регион и страну, продолжают демонстрировать высокую конкурентоспособность своей продукции. Так, Научно-производственное объединение (НПО) «КОС-МАИС», расположенное на востоке Краснодарского края, стабильно выпускает в производство в среднем по одному новому гибриду в год. Селекционные работы по кукурузе здесь ведутся в самых разных направлениях, в том числе для возделывания на зерно в южных регионах России, характеризующихся дефицитом влаги, для северных регионов с недостатком тепла, а также на пищевые цели (белозерная, сахарная, высоколизиновая). Успешность селекционных работ определяется постоянно растущими требованиями к родительским формам гибридов. Рабочая коллекция, насчитывающая более 3500 семей и линий, постоянно растет за счет новых образцов. В частности, при создании белозерных гибридов широко использовались местные сорта Северного Кавказа и Закавказья, бывшей Югославии. Основным методом селекции послужило улучшение линий в пределах сестринских скрещиваний, что позволяет увеличить семенную продуктивность самой линии, а также сохранить и улучшить ее комбинационную способность по зерну к комплементарной группе.

Селекционная работа с белозерной кукурузой в НПО «КОС-МАИС» осуществляется с самого начала образования учреждения, то есть с 1993 г. Первым районированным сортом стала 'Урванская белая' (допущена к использованию с 1999 г.), а в 2004 г. был передан для госсортоиспытания и экспертной оценки гибрид 'Кубанский пищевой 450МВ', который уже отличался более высокой продуктивностью: в засушливом 2003 г. в опытах НПО он дал 40,3 ц/га, 'Урванская белая' – 27,8 ц/га; в благоприятном 2004 г. – соответственно 100,2 и 51,1 ц/га. В настоящее время в производство внедряются новые белозерные гибриды: более скороспелый 'Жемчуг Кубани СВ' и среднеспелый 'Белый тигр СВ'. Из муки пищевой белозерной кукурузы выпекаются самые разные хлебобулочные изделия, а из крупы производятся каши и плов. Продовольственная белозерная кукуруза в России – по существу новая сельскохозяйственная культура, которая призвана занять важное место в питании человека. Последние годы в НПО «КОС-МАИС» активно занимаются возрождением высоколизиновой кукурузы, которая является не только высококачественным кормом для домашних животных и птицы, но и позволит производить новые виды хлебобулочных, кондитерских и макаронных изделий.

К сожалению, высоколизиновая кукуруза гораздо сильнее обычной поражается болезнями и повреждается вредителями. В том числе и поэтому работа в области создания менее повреждаемых и поражаемых вредными организмами гибридов приобрела в НПО приоритетное значение.

Несмотря на широкое использование в США генетически модифицированной кукурузы (Troyer, 2009), интерес к природной устойчивости и в этой стране не угас (Abel et al., 2000; Bohn et al., 2003). Для

России селекционная работа с кукурузой, направленная на усиление ее природной устойчивости к кукурузному мотыльку – *Ostrinia nubilalis* Hbn. – в связи с запретом на выращивание ГМО еще более актуальна.

Материалы и методы

Оценка селекционного и коллекционного материала на устойчивость к кукурузному мотыльку проводилась согласно известным подходам (Фролов, 2008), главным образом по степени поврежденности листьев гусеницами первого поколения по балловой шкале 1–9 (Guthrie et al., 1960), модифицированной W. P. Williams и F. M. Davis (1984). Испытания гибридов кукурузы проводили в блоках, организованных по группам ФАО, на делянках площадью 10 м² каждая в 3–4 кратной повторности; посев осуществляли в конце апреля, уборку – в конце августа – сентябре, сформированная густота составляла 40–60 тыс. растений/га в зависимости от скороспелости гибридов в блоках. Помимо степени повреждения листьев кукурузным мотыльком (балл) учитывали: даты цветения початков, ломкость стеблей (%), полегание (%), уборочную влажность зерна (%) и урожайность зерна (ц/га) при 14% влажности. Параллельно на производственных посевах кукурузы НПО «КОС-МАИС» и соседствующих полях научного севооборота Кубанской опытной станции (КОС) ВИР ежегодно проводили периодические учеты плотности и смертности кукурузного мотылька на всех стадиях развития насекомого (яйца, гусеницы, куколки и имаго) согласно ранее описанным методикам (Фролов, Малыш, 2004; Фролов, 2006).

Результаты и обсуждение

Критерием поврежденности листьев кукурузы гусеницами кукурузного мотылька широко пользуются при отборах кукурузы на устойчивость к первому поколению вредителя в зоне двух генераций (Фролов, 2008). Полученные нами результаты подтверждают, что степень поврежденности листьев высоко достоверно характеризует различия между генотипами по плотности гусениц. Анализ многолетних данных обнаружил высоко достоверную ($r = -0,78$; $p = 0,00005$) связь между поврежденностью листьев растений и смертностью гусениц первого поколения, измеренной в логарифмической шкале значений $k = \log N_1 - \log N_2$, где N_1 и N_2 – оценки плотностей отродившихся из яиц и питающихся на растениях гусениц IV–V возрастов соответственно (рис. 1).

Хотя численность кукурузного мотылька обнаруживает широкий диапазон колебаний в многолетнем аспекте (рис. 2), полученные за 20 лет наблюдений материалы свидетельствуют, что плотность насекомых первого поколения, достигавшую или превышавшую пороговые значения для зерновой кукурузы, равные в среднем одной гусенице или 13 яйцам на 1 растение

(Фролов, 2006), отмечали на протяжении 11 лет из 20, по крайней мере, на 50% учетных образцов кукурузы.

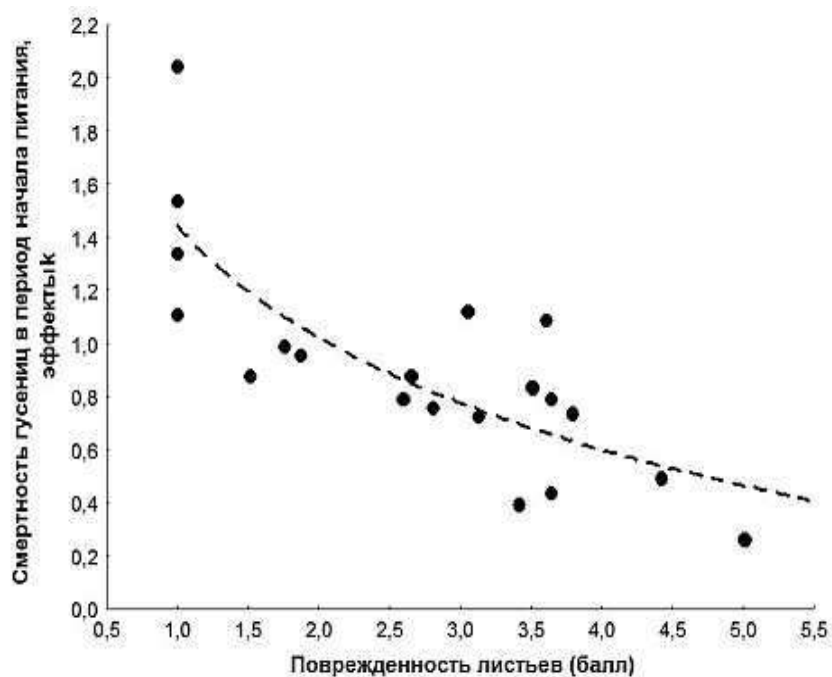


Рис. 1. Смертность гусениц первого поколения в начальный период их питания на растении и степень поврежденности листьев кукурузы (1994–2013 гг.)

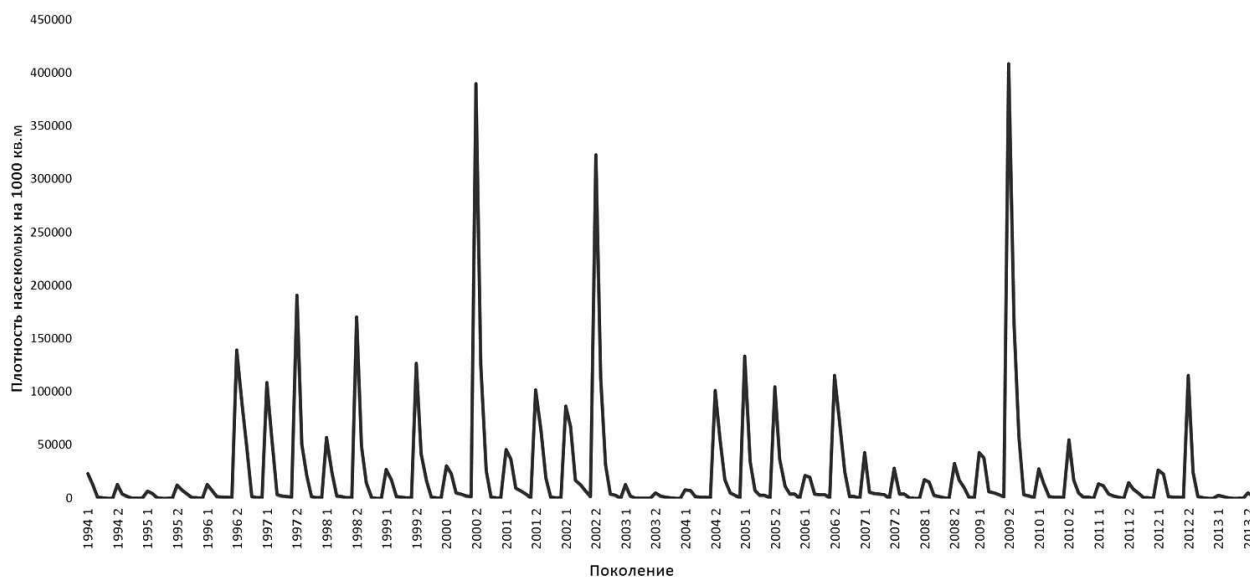


Рис. 2. Динамика плотности (периоды развития от яйца до имаго) локальной популяции кукурузного мотылька на посевах кукурузы Кубанской опытной станции ВИР (Гулькевичский р-н Краснодарского края, 1994–2013 гг.)

При этом в годы вспышек (5 лет из 20) поврежденность растений вредителем оказывала не просто статистически достоверное, но определяющее воздействие на вариацию урожайности зерна гибридов в испытаниях, а также на пораженность другими патогенами, в частности стеблевыми гнилями (рис. 3, таблица).

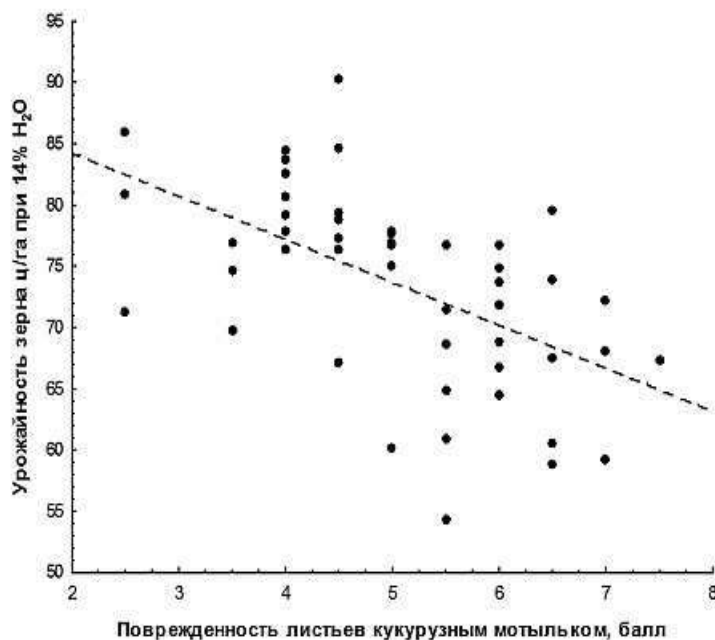


Рис. 3. Урожайность гибридов кукурузы в испытаниях и ее связь с поврежденностью растений кукурузным мотыльком первого поколения (Научно-производственное объединение «КОС-МАИС», 2010 г.).

Устойчивость растений к одному патогену далеко не всегда обеспечивает требуемый уровень защиты культуры от потерь урожая, вызываемого комплексом патогенов.

Множественный регрессионный анализ вариации паразитарной ломкости стеблей, принятой в качестве зависимой переменной ($r=0,646$; $F=33,02$; $p < 0,00001$)

(Научно-производственное объединение «КОС-МАИС», 2010 г.)

Фактор	Регрессия	Ошибка регрессии	Критерий Стьюдента	p
Повреждение листьев	1,35	0,235	5,74	0,0001

Объединенные в консортные патологические системы патогены характеризуются неаддитивностью значений вредоносности отдельных видов. Более того, видовой состав экологических комплексов вредных организмов существенно меняется в зональном плане, а также в онтогенезе поражаемого растения (Иващенко и др., 2000; Иващенко, 2003). В этой связи, очевидно, что

селекция на групповую и комплексную устойчивость к вредителям и болезням – весьма сложная задача.

Иммунологические барьеры растений к вредным организмам формировались в рамках биогеоценозов не столько к отдельным видам патогенов, сколько к сложившимся экологическим комплексам патогенов (вредителей и возбудителей заболеваний) (Шапиро, 1985; Вилкова, 2000). Известно, что ведущая роль в устойчивости кукурузы к болезням и вредителям принадлежит анатомическому и физиологическому барьерам, благодаря которым активно растущие меристематические ткани защищены от возбудителей пузырчатой головни, фузариоза, гиббереллеза и диплодиоза початков, стеблей, и других болезней. Однако эти барьеры не являются непреодолимыми для внутрискелетных вредителей, таких как кукурузный мотылек. Проникая внутрь растения, гусеницы кукурузного мотылька «открывают ворота» для грибных и бактериальных инфекций. С давних пор известно, что повреждение кукурузным мотыльком усиливает поражение кукурузы стеблевыми гнилями (Christensen, Schneider, 1950; Chiang, Wilcoxson, 1961; Chez et al., 1977), пузырчатой головней (Иващенко и др., 2000), а повреждение початков способствует поражению зерна грибами и его заражению продуктами их жизнедеятельности, в том числе микотоксинами (Dowd, 1998).

Соответственно, помимо отбора на продуктивность, высокое качество зерна, способность эффективно использовать минеральное питание, устойчивость к неблагоприятным абиотическим условиям среды, полеганию приоритетным направлением работ в НПО «КОС-МАИС» является отбор на устойчивость к кукурузному мотыльку.

Заключение

Численность кукурузного мотылька – центрального элемента консорции «кукуруза – насекомые – фитопатогенные грибы» на юге России очень часто превышает пороговые значения даже для кукурузы, выращиваемой на зерно. В условиях современной тенденции к расширению возделывания кукурузы на пищевые цели приоритетность селекции этой культуры на устойчивость к вредителю существенно возрастает.

Литература

- Вилкова Н. А.* Иммунитет растений к вредным организмам и его биоценотическое значение в стабилизации агроэкосистем и повышении устойчивости растениеводства // Вестник защиты растений. 2000. Вып. 2. С. 3–5.
- Гарькавий В. В., Раева С. А.* Мировое производство и торговля зерном кукурузы // В кн.: Материалы Межд. научно-практич. конф. г. Ставрополь, 5–7 апреля 2011 г. Т. 1. М., 2011. С. 326–334.

- Иващенко В. Г. Типы устойчивости кукурузы к болезням и пути их использования в селекционной практике // В кн.: Типы устойчивости растений к болезням. Материалы научного семинара. СПб., 2003. С. 61–82.
- Иващенко В. Г., Фролов А. Н., Сотченко В. С., Гаркушка В. Г. Селекция кукурузы на устойчивость к вредным организмам на современном этапе сельскохозяйственного производства России // Вестник защиты растений. 2000. № 2. С. 20–25.
- Фролов А. Н. Изменчивость кукурузного мотылька и устойчивость к нему кукурузы: автореф. дисс. ... д. б. н. СПб., 1993. 41 с.
- Фролов А. Н. Динамика численности кукурузного мотылька и ее прогноз // Бюлл. МОИП, отд. биол. 2006. Т. 111. Вып. 1. С. 10–14.
- Фролов А. Н. Кукурузный мотылек // В кн.: Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам. Методическое пособие. М., 2008. С. 282–305.
- Фролов А. Н., Малыш Ю. М. Плотность размещения и смертность яиц и гусениц младших возрастов кукурузного мотылька на растениях кукурузы // Вестник защиты растений. 2004. № 1. С. 42–55.
- Шануро И. Д. Иммуитет полевых культур к насекомым и клещам. Л., 1985. 321 с.
- Abel C. A., Berhow M. A. et al. Evaluation of conventional resistance to European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) and western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) in experimental maize lines developed from a backcross breeding program // J. Econ. Entomol. 2000. V. 93. № 6. P. 1814–1821.
- Bohn M., Magg T. et al. Breeding early maturing European dent maize (*Zea mays* L.) for improved agronomic performance and resistance against the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hb.) // Maydica. 2003. V. 48. P. 239–247.
- Chez D., Hudon M., Chiang M. S. Résistance du maïs à pyrale (*Ostrinia nubilalis* Hübner) et à la verse parasitaire causée par *Gibberella zeae* (Schw.) Petch. // Phytoprotection. 1977. V. 58. № 1. P. 5–17.
- Chiang H. C., Wilcoxson R. D. Interactions of the European corn borer and stalk rot in corn // J. Econ. Entomol. 1961. V. 54. № 5. P. 850–852.
- Christensen J. J., Schneider O. L. European corn borer (*Pyrausta nubilalis* Hbn.) in relation to shank, stalk, and ear rots of corn // Phytopathology. 1950. V. 40. № 3. P. 284–291.
- Dowd P. F. Involvement of arthropods in the establishment of mycotoxigenic fungi under field conditions. In: Mycotoxins in agriculture and food safety // In: Mycotoxins in Agriculture and Food Safety. Sinha K. K., Bhatnagar D. (eds.). Marcel Dekker: New York, 1998. P. 307–350.
- Guthrie W. D., Dicke F. F., Neiswander C. R. Leaf and sheath feeding resistance to the European corn borer in eight inbred lines of dent corn // Ohio Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 1960. № 860. 38 p.
- Guthrie W. D., Lillehoj E. B. et al. Aflatoxin contamination of preharvest corn: interaction of European corn borer larvae and *Aspergillus flavus*-group isolates // J. Econ. Entomol. 1982. V. 75. № 2. P. 265–269.
- Troyer A. F. Development of hybrid corn and the seed corn industry. // In: Maize Handbook. V. II: Genetics and genomics. USA, 2009. P. 87–114.
- Williams W. P., Davis F. M. Reaction of a resistant and a susceptible corn hybrid to various southwestern corn borer infestation levels // Agron. J. 1984. V. 76. № 5. P. 855–856.