

**ЭКОБИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗУЧЕНИЯ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ В СИСТЕМЕ:
“КУКУРУЗА (ZEA MAYS L.) – КУКУРУЗНЫЙ МОТЫЛЁК (OSTRINIA NUBILALIS HBN.)
– ОСНОВНЫЕ ПАРАЗИТЫ КУКУРУЗНОГО МОТЫЛЬКА”**

© 2010 В.В. Заболотских

Тольяттинский государственный университет

Поступила в редакцию 14.12.2010

Применение эковиотехнологий весьма значимо для развития экоадаптивного сельского хозяйства, так как позволяет решать сразу несколько задач – охрана окружающей среды от загрязнения пестицидами, а также изучение и использование естественных регуляторных механизмов поддержания устойчивости и продуктивности экосистем. Приводятся результаты исследований взаимосвязей в трехчленной системе: “кукуруза - кукурузный мотылек - основные паразиты кукурузного мотылька”.
Ключевые слова: эковиотехнологии, пестициды, экосистемы

В практике сельскохозяйственного производства в настоящее время существует ряд проблем, которые требуют принципиально новых подходов для их решения. Так, в современной защите растений от вредителей и болезней, чаще всего применяются химические методы. Однако именно ядохимикаты являются одними из важнейших загрязнителей природной среды, которые приводят к её деградации. Они же попадают в питьевую воду и пищевые продукты, в результате чего страдает здоровье людей. Несомненно, в настоящее время необходимы новые подходы к выращиванию сельскохозяйственных культур с использованием экологически чистых технологий, среди которых особое значение приобретают эковиотехнологии.

Круг проблем, решаемых с помощью эковиотехнологий в сельском хозяйстве, чрезвычайно широк – от разработки и совершенствования методологии комплексного исследования связей в агроэкосистемах с целью повышения их устойчивости и продуктивности, до разработки безопасных и эффективных средств борьбы с болезнями и вредителями сельскохозяйственных культур, альтернативных химическим пестицидам.

Экологические биотехнологии в сельском хозяйстве – это также специфическое применение биотехнологических методов для создания и выявления сортов сельскохозяйственных культур с полезными для человека признаками – высокой питательной ценностью, продуктивностью и урожайностью.

Сорта современных культурных растений – результат длительной селекции, основанной на

внутривидовом полиморфизме и межвидовой и более отдаленной гибридизации. Современная биотехнология в состоянии управлять многими важными признаками сельскохозяйственных растений через изменения свойств сортов. К ним можно отнести повышение общей продуктивности растений, а также признаки, обеспечивающие устойчивость растений к разного рода вредителям. Изменения в сортовом составе различных культур, осуществляемые в целях повышения урожайности и продуктивности посевов, оказывают глубокое влияние на абиотические условия в агробиоценозах и биотические связи растений с населяющими их консументами первого и последующего порядков – фитофагов и их энтомофагов. Поэтому, создание устойчивых к вредителям сортов сельскохозяйственных культур может стать мощным естественным рычагом, с помощью которого возможны многолетнее эффективное регулирование численности вредителя и обеспечение защиты растений от них без применения химических средств.

Задачи обеспечения экологической безопасности растениеводства, при одновременном повышении урожайности растений и качества продукции, требуют всестороннего изучения биоценологических связей в консортных системах “растение – фитофаг – энтомофаг”, составляющих основную структуру агроценозов. Это позволит научно обосновать экологические принципы построения систем интегрированной защиты растений и управления агроэкосистемами, позволяющих сократить применение пестицидов в результате эффективного использования устойчивых сортов растений и природных энтомофагов вредителей.

Современные тенденции в селекции такой важной зерновой культуры, как кукуруза, на-

Влада Валентиновна Заболотских, кандидат биологических наук, доцент кафедры “Механика и инженерная защита окружающей среды” института химии и инженерной экологии. E-mail: V.Zabolotskikh@tltsu.ru

правлены не только на повышение ее урожайности, но и на улучшение качества зерна, в частности на обогащение белка незаменимыми аминокислотами путем соответствующего преобразования генотипов растений на основе мутации o2 (опейк 2). На основе мутации o2 создаются линии и гибриды кукурузы с повышенным содержанием белка и незаменимых аминокислот – лизина и триптофана.

Весьма актуальными являются исследования влияния генотипов кукурузы с измененными в результате данной мутации свойствами растений на жизнеспособность основного вредителя этой культуры – кукурузного мотылька (КМК) и его важнейших энтомофагов. Значение этих исследований возрастает в связи с тем, что КМК является внутривредителем, против которого малоэффективны обычные средства защиты и особую роль в снижении численности вредителя приобретают устойчивые сорта и энтомофаги.

В связи с этим, нами проводились исследования влияния генотипов кукурузы с измененными в результате данной мутации свойствами растений на жизнеспособность кукурузного мотылька и его важнейших энтомофагов с целью поиска возможностей создания культур не только с высоким качеством зерна, но и устойчивых к основному вредителю и привлекательных для энтомофагов. Кроме этого, проводились эколого-физиологические исследования особенностей взаимоотношений в трехчленной системе: “кукуруза – кукурузный мотылек – основные паразиты кукурузного мотылька” на разных генотипах кукурузы. Изучались особенности влияния мутантных изменений (мутация o2) кукурузы различных генотипов на пищевое поведение консументов первого и второго порядков, а также особенности влияния изменений качества пищи, связанные с мутацией o2 на биологические, физиологические показатели кукурузного мотылька и основных паразитов его гусениц.

При изучении влияния кукурузы различных генотипов на консументов I и II порядков в качестве модельных образцов использовались 12

линий кукурузы: среди них 6 обычных линий кукурузы, различающихся по устойчивости к мотыльку и скороспелости и 6 их изогенетических аналогов мутантных по гену o2 (опейк-2) с повышенным содержанием незаменимых аминокислот лизина и триптофана (рис. 1).

Определение биологических и физиологических показателей фитофага и энтомофагов при питании на кукурузе различных генотипов проводили в лабораторных условиях ВИЗР и КОСВИР. Для этого всех гусениц КМК и их паразитов с каждой линии кукурузы собирали в отдельные сосуды в период осенней резки стеблей и проводили с ними дальнейшие исследования. При изучении влияния качества пищи (мутантные и обычные растения) на консументов I и II порядков определяли следующие биологические показатели насекомых. 1) кукурузного мотылька: смертность гусениц, средняя масса тела гусениц, плодовитость самок, соотношение полов, возрастной состав гусениц; 2) тахины: средняя масса пупариев тахины, плодовитость (потенциальная по количеству яиц в гонадах самок тахины тахины); 3) наездника: средняя масса тела личинок паразита, соотношение полов, продолжительность фазы куколки.

Сравнительный анализ жизнедеятельности насекомых на обычных и мутантных линиях кукурузы позволял учесть изменения во взаимоотношениях насекомых и растений, связанные с мутантными преобразованиями генотипов. Результаты исследований показали, что мутантные изменения растений (мутация o2) оказывали существенное влияние на биологические и физиологические особенности консументов I и II порядков. При питании кукурузного мотылька на мутантных растениях отмечались изменения средней массы тела, возрастного состава, выживаемости гусениц, плодовитости самок мотылька, соотношения полов, по сравнению с питанием фитофага на растениях обычных аналогов кукурузы (табл. 1).

Отмечены изменения биологических и популяционных показателей тахины *L.thompsoni* (массы пупариев, потенциальной плодовитости самок, соотношения полов вышедших имаго) и

Рис. 1. Модель консортной системы “кукуруза – кукурузный мотылек – основные паразиты кукурузного мотылька”

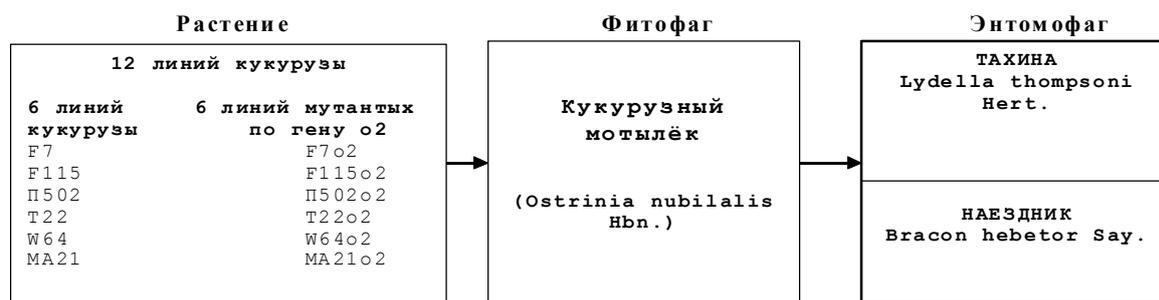


Таблица 1. Биологические показатели кукурузного мотылька при питании гусениц на растениях обычных и высоколизиновых (мутация o2) линий кукурузы

Линии кукурузы	Масса 1 гусеницы Мг; x, Sx	Возрастной состав гусениц; %			Смертность гусениц в %	Половой индекс J	Плодовитость 1 ♀ яиц X ± Sx
		3 возр.	4 возр.	5 возр.			
Ma 21	101,5 ± 3,2	0,9	9,0	90,6	28,6	0,48	330 ± 34
Ma 21 o2	103,2 ± 3,4	2,1	7,0	89,6	15,0	0,53	338 ± 45
F 7	97,3 ± 3,7	3,2	10,6	86,1	31,1	0,50	356 ± 28
F 7 o2	107,6 ± 3,4	0	6,4	93,5	16,1	0,74	444 ± 32
T 22	108,3 ± 3,6	2,6	4,23	93,8	10,3	0,77	427 ± 29
T 22 o2	93,5 ± 4,3	0	9,9	89,9	22,5	0,48	301 ± 35
F 115	100,1 ± 5,2	3,1	9,0	87,3	18,3	0,69	372 ± 26
F 115 o2	95,3 ± 4,1	0	7,9	91,5	30,0	0,42	329 ± 27
П 502	104,1 ± 4,4	1,2	12,5	86,1	25,0	0,74	379 ± 31
П 502 o2	98,0 ± 3,4	1,2	6,9	91,9	46,6	0,52	363 ± 38
W 64	105,8 ± 3,8	1,9	9,1	89,6	17,4	0,53	378 ± 24
W 64 o2	101,5 ± 4,7	0	3,7	96,2	11,1	0,66	389 ± 23

наездника *B. hebetor* (массы личинок, соотношения полов вылетевших имаго и продолжительности развития куколки) в зависимости от питания хозяина на обычных и мутантных растениях (табл. 2.). Различия в биологических и физиологических показателях фитофага и энтомофагов свидетельствуют об изменении пищевой ценности мутантных растений. Однако, подобные проявления мутации были неоднозначны и зависели от свойств обычных аналогов кукурузы. В одних случаях при развитии насекомых на мутантной кукурузе (F 7 o2, W 64 o2, Ma 21 o2), в отличие от ее обычных аналогов, гусеницы отличались большей массой тела, более высокой выживаемостью, меньшими концентрациями общего белка и тирозина. Наиболее существенные различия по этим показателям наблюдались между гусеницами, питавшимися на обычной кукурузе F 7 и мутантном

аналоге F 7 o2.

Выявлена более высокая плодовитость и преобладание самок среди имаго, выведенных из гусениц с мутантных линий (табл. 2). Аналогичные отличия физиологических показателей при питании хозяина на кукурузе F 7 o2, в отличие от F 7 были обнаружены и у основных паразитов КМК – тахины, наездника, которые характеризовались более высокими показателями массы тела, плодовитости, преимущественным отрождением самок, ускорением развития стадия куколки наездника), в отличие от насекомых с обычного аналога кукурузы F 7. В других случаях (генотипы П 502 o2, F 115 o2, T22 o2) питание на высоколизиновых растениях вызывало уменьшение массы тела и плодовитости мотылька, повышение смертности гусениц, изменение соотношения полов в пользу

Таблица 2. Показатели развития паразитов кукурузного мотылька при питании хозяина на обычных и высоколизиновых линиях кукурузы

Паразиты:	Тахина <i>Lydella thompsoni</i> Hert			Наездник <i>Bracon hebetor</i> Say		
	Линии кукурузы	Средняя масса пупариев тахины	Половой индекс J тахины	Ср. потенциальная плодовитость самок тахины, x, Sx мг	Средняя масса личинок паразита x Sx мг	Половой индекс J <i>B. hebetor</i> r
Ma 21	31 ± 1,8	0,54	298 ± 30	0,42 ± 0,048	0,49	12,5
Ma 21 o2	33 ± 2,0	0,65	334 ± 28	0,51 ± 0,055	0,58	11,8
F 7	29 ± 1,5	0,51	290 ± 32	0,39 ± 0,061	0,41	13,7
F 7 o2	41 ± 2,5	0,83	378 ± 25	0,58 ± 0,04	0,79	10,2
F 115	34 ± 2,7	0,68	325 ± 41	0,47 ± 0,058	0,49	14,5
F 115 o2	23 ± 1,8	0,31	308 ± 25	0,42 ± 0,043	0,58	13,1
П 502	38 ± 2,5	0,75	382 ± 22	0,35 ± 0,048	0,62	13,8
П 502 o2	37 ± 3,0	0,52	362 ± 38	0,31 ± 0,062	0,55	14,7

выхода самцов, повышение содержания белка и тирозина в гомогенате гусениц кукурузного мотылька. У энтомофагов существенных различий в биологических показателях при питании хозяина на этих же парах линий кукурузы обнаружено не было (табл. 2).

Общее содержание белка в гомогенате гусениц и незаменимых аминокислот тирозина и триптофана в белке гусениц КМК определяли спектрофотометрическим методом. Исследования показали, что наиболее выраженные различия по содержанию этих веществ наблюдались при питании гусениц на аналогах кукурузы П 502 - П 502 о2, F 115 - F 115 о2.(табл 3). Это является свидетельством глубины мутантных преобразований вегетативных частей кукурузы соответствующих генотипов и, еще раз подтверждает мнение о том - что повышение лизина и триптофана происходит не только в эндосперме зерновки, но и в других органах растений.

Таким образом, в результате исследований было выявлено разностороннее влияние растений мутантных и обычных генотипов на консументов I и II порядков как внешнего - экзогенного фактора, влияющего на поведение кукурузного мотылька и его энтомофагов тахину, наездника в период заселения растений и поиска мест питания и как внутреннего - эндогенного фактора, оказывающего влияние на особенности жизнедеятельности, физиологические и популяционные показатели насекомых.

Выявленное нами различное влияние растений обычных и мутантных генотипов кукурузы на поведение и биологию кукурузного мотылька и его

энтомофагов свидетельствует об изменении в результате мутации о2 таких свойств растений - как устойчивость к мотыльку и привлекательность для энтомофагов. Выявились линии кукурузы, у которых мутация о2 проявлялась в повышении устойчивости к КМК и привлекательности для тахины и наездника. В других случаях мутация о2 вызывала снижение устойчивости линий к мотыльку и их привлекательности для энтомофагов. В третьих случаях эта мутация на поведение и развитие насекомых не влияла (табл. 4).

Неоднозначное проявление мутации о2 на кукурузе различных генотипов и неодинаковое влияние высоколизиновых растений на особенности развития и жизнедеятельности фитофага и энтомофагов представляет интерес для селекционеров и производства и создает необходимые предпосылки для выявления мутантных растений с улучшенным качеством зерна кукурузы и одновременно устойчивых к основному вредителю - кукурузному мотыльку.

Сравнительные исследования особенностей влияния кукурузы различных генотипов на фитофага и энтомофагов показали, что генотип кукурузы является важным фактором определяющим особенности проявления мутации о2, влияющим на особенности поведение и развития насекомых - консументов I и II порядков. Можно заключить, что генотип растений оказывает разностороннее влияние на функционирование консортной системы – кукуруза – кукурузный мотылек – тахина, наездник. Фенотипические изменения генотипа в результате мутации о2 оказывают влияние не только на поведение и

Таблица 3. Содержание белка и аминокислот у гусениц кукурузного мотылька (КМК) при питании на растениях обычных и высоколизиновых линий кукурузы

Линии кукурузы	Общее содержание белка в гомогенате гусениц; С, моль/л $\bar{x} \pm S_x$	Концентрация тирозина в белке КМК; Мтир, моль/г	Критерий Стьюдента t	Концентрация триптофана в белке КМК; Мтир, моль/г	Критерий Стьюдента t
Ma 21	0,28 ± 0,021	0,11 ± 0,021	- 2,6	0,037±0,0014	- 2,0
Ma 21 о2	0,29 ± 0,019	0,13 ± 0,013		0,039±0,0013	
F 7	0,33 ± 0,015	0,22 ± 0,019	1,6	0,025±0,0022	- 0,5
F 7 о2	0,30 ± 0,017	0,20 ± 0,012		0,026±0,0017	
T 22	0,31 ± 0,01	0,15 ± 0,017	- 1,5	0,029±0,0012	2,8
T 22 о2	0,38 ± 0,024	0,18 ± 0,019		0,026±0,0011	
F 115	0,23 ± 0,025	0,12 ± 0,002	- 3,6	0,036±0,0038	1,5
F 115 о2	0,36 ± 0,022	0,19 ± 0,019		0,026±0,0030	
П 502	0,31 ± 0,017	0,15 ± 0,002	- 3,9	0,029±0,0017	- 4,5
П 502 о2	0,39 ± 0,024	0,26 ± 0,028		0,032±0,0021	
W 64	0,37 ± 0,018	0,19 ± 0,032	- 0,8	0,024±0,0014	- 1 5
W 64 о2	0,32 ± 0,025	0,21 ± 0,025		0,029±0,0011	

Таблица 4. Отличия в устойчивости и привлекательности мутантных линий кукурузы от их обычных аналогов

Линии кукурузы	Кукурузный мотылёк 1-й генерации (Ostrinia nubilalis Hbn.)	Кукурузный мотылёк 2-й Генерации (Ostrinia nubilalis Hbn.)	Тахина (Lydella thompsoni Hert.)	Наездник (Bracon hebetor Say.)
П 502 о2	0	+	+	+
F 115 о2	0	+	-	+
T 22 о2	+	+	-	+
W 64 о2	+	+	-	+
Ma 21 о2	0	0	-	0
F 7 о2	-	-	-	-

+ - устойчивость (привлекательность) выше, чем у аналога;

- - устойчивость (привлекательность) ниже, чем у аналога;

0 - достоверных различий устойчивости (привлекательности) не выявлено

биологию фитофага, но и его энтомофагов, что в конечном итоге сказывается на численности вредителя и степени поврежденности им растений. Выявлены генотипы кукурузы (П 502, F 115), в которых мутация о2 приводила к повышению устойчивости растений к основному вредителю – кукурузному мотыльку и повышению эффективности энтомофагов в снижении численности вредителя. Эти линии кукурузы П 502 и F 115 можно рекомендовать в качестве исходных форм для создания устойчивых к КМК и благоприятных для деятельности его энтомофагов гибридов кукурузы с улучшенным качеством белка.

Таким образом, проведенные нами исследования показали, что у растений есть большой потенциал свойств, полезных для человека в плане возможностей получения высокопродуктивных и высокоурожайных сортов сельскохозяйственных культур, устойчивых к вредителям. Эти свойства могут быть задействованы в результате применения биотехнологий, использующих естественные механизмы регуляции агроэкосистем. Это позво-

лит решить сразу целый спектр проблем в области сельского хозяйства, охраны природы и глобальной продовольственной проблемы.

Работа выполнена в рамках аналитической ведомственной целевой программы Министерства образования и науки РФ “Развитие научно-го потенциала высшей школы”

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гостюхина В.В. Особенности эколого-физиологических взаимоотношений в системе: «кукуруза (*Zea mays* L.) – кукурузный мотылёк (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) – основные паразиты кукурузного мотылька: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук: защищена 6.07.1995: утв. 6.10.1995. С-Петербург, 1995. 20 с.
2. Иммуитет растений к вредителям и болезням / И.Д. Шапиро, Н.А. Вилкова, Э.И. Слепян. Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд., 1986. 192 с.
3. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: Учеб. пособие для хим., хим.технол. и биол. спец. Вузов / И.Н. Лозановская, Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова. М.: Высшая школа, 1998. 287 с.

ECOBIOLOGICAL BASIS OF STUDY RELATIONSHIP IN SYSTEM: “CORN (*ZEA MAIZE* L.) – EUROPEAN CORN BORER (*OSTRINIA NUBILALIS* HBN.) – MAIN PARASITES OF CORN BORER”

© 2010 V. V. Zabolotskikh

Togliatti State University

Using ecobiotechnologies is more significant for development eoadaptive agriculture, since allows to solve immediately several problems - a guard surrounding ambiances from using pesticides, as well as study and use natural mechanisms of the maintenance to stability and productivity agroecosystems. The results of the studies of relationship in trinomial system: “The corn - European corn borer - main parasites of European corn borer” are described in this article.

Key words: ecobiotechnologies, pesticides, ecosystems.

Vlada Zabolotskikh, Candidate of Biological Science, Associate Professor at the Mechanics and Environmental Protection Engineering Department of the Institute of Chemistry and Environmental Engineering. E-mail: V.Zabolotskikh@tltsu.ru