

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ КУКУРУЗНОГО МОТЫЛЬКА И ЕЕ ПРОГНОЗ

А.Н. Фролов

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений

Прогноз динамики численности вредных насекомых — одна из важнейших задач сельскохозяйственной энтомологии. Достоверность прогноза определяется в первую очередь степенью изученности факторов, влияющих на численность прогнозируемого объекта, а точность прогноза зависит не только от уровня экологических знаний об объекте, но и от использованной модели прогноза. Под эффективностью прогноза, очевидно, следует понимать ожидаемую экономическую выгоду от использования информации о вероятных изменениях численности объекта (в первую очередь при планировании объема защитных мероприятий) за вычетом затрат на получение этой информации, не в последнюю очередь связанных с проведением трудоемких полевых учетов.

Существующая в настоящее время методика прогнозирования численности и вредоносности кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* (Hbn.) — опасного вредителя кукурузы в Южном, Центральном и Дальневосточном Федеральных округах России — разработана в ВИЗР в 60-х годах прошлого века (Дружелюбова и др., 1969). Она основана на учете плотности отложенных на кукурузу яиц, причем в качестве пороговой принята заселенность 18% растений яйцами в фазу 6-8 листьев, т.е. в начальный период откладки яиц. Естественно, что при высокой исходной заселенности растений яйцами конечная плотность гусениц старших возрастов, которые и наносят ущерб урожаю, будет превышать экономический порог вредоносности, составляющий 1-2 особи на растение (Хомякова, 1962, и др.). Несмотря на ряд достоинств, данная методика не лишена некоторых недостатков, главным из которых является ее относительная трудоемкость.

В задачу настоящей публикации входит анализ многолетних наблюдений автора за динамикой численности кукурузного мотылька, направленный на усовершенствование методики прогноза насекомого как в плане снижения трудоемкости учетов, так повышения точности прогноза.

Полевые наблюдения проводились в Краснодарском крае, где ежегодно развивается два полных и нередко частичное третье поколение фитофага. Мониторинг численности проводили в течение более чем 25 лет на посевах кукурузы НПО «КОС-МАИС» и Кубанской опытной станции ВИР, расположенных в равнинной степной зоне восточной части Краснодарского края. С 1994 г. каждый из учетных посевов обследовали по 21-23 раза за сезон в целях отслеживания динамики откладки яиц, развития гусениц, куколок и вылета имаго. Численность гусениц, куколок и имаго (по экзuviaм) оценивали на случайно выбранных площадках из 5 растений каждая, а перезимовавших и ушедших на зимовку гусениц учитывали в растительных остатках на 0,7 м² площадках. Плотности яиц оценивали на стационарных площадках из 10-25 растений каждая; при этом суммой оценок, полученных при периодических (через 4-5 дней) учётах, характеризовали абсолютную плотность яиц, отложенных за весь период яйцекладки. Количество площадок по каждому учету варьировало в зависимости от площади посева и численности вредителя и обычно составляло от 10 до 25. Для сопоставимости численностей зимующих и питающихся на растениях насекомых их пересчитывали на площадь, занятую под кукурузой в текущем году. Плодовитость самок определяли в лаборатории. При анализе изменений численности использовали метеорологическую информацию Отрадо-Кубанской метеостанции, которая расположена в непосредственной близости от учетных посевов. Снижение плотности представляли в виде $K = \log N_t - \log N_{t+1}$, индекс изменения плотности (размножения) рассчитывали по Моррису (Morris, 1957): $I = \frac{N_{t+1}}{N_t}$, где N_t и N_{t+1} – плотности яиц текущего (t) и следующего поколения (t+1) (Morris, 1959; Varley, Gradwell, 1970). Более подробно методика проведения учетов и расчета демографических показателей изложена в предыдущей публикации (Фролов, Малыш, 2004). Работа выполнялась при частичном финансировании грантами РФФИ № 94-04-11328, 97-04-48015, 00-04-48010, 03-04-49269.

Численность вредителя по годам менялась в широких пределах (табл. 1). За период наблюдений густота посевов в среднем составила 48100 растений на га или 4,81 на 1 м² при минимуме 2,83 и максимуме 7,32 растений на 1 м².

Таблица 1. Средневзвешенные по учетным посевам плотности кукурузного мотылька первого и второго поколений за основные периоды развития вредителя в 1994-2004 гг.

Год	Плотность на 1 м ²					
	яиц	гусениц				куколок
		отродившихся	3-5 возрастов	перед зимовкой	после зимовки	
<u>Первое поколение</u>						
1994	22,87	13,18	0,85	-	-	0,28
1995	6,62	4,71	0,30	-	-	0,11
1996	10,42	7,34	1,76	-	-	1,18
1997	86,16	57,72	3,55	-	-	1,98
1998	55,40	24,39	2,41	-	-	1,43
1999	26,85	17,23	1,59	-	-	1,02
2000	30,24	23,19	5,12	-	-	3,96
2001	45,80	36,86	9,76	-	-	6,81
2002	82,50	67,35	17,07	-	-	12,22
2003	13,07	2,09	0,09	-	-	0,05
2004	8,11	7,28	1,54	-	-	1,25
Среднее	35,28	23,76	4,00	-	-	2,75
Макс	86,16	67,35	17,07	-	-	12,22
Мин	6,62	2,09	0,09	-	-	0,05
<u>Второе поколение</u>						
1994/95	7,79	3,82	1,87	0,44	0,14	0,13
1995/96	10,07	7,17	3,70	1,00	0,62	0,40
1996/97	135,87	87,82	46,49	27,19	7,24	1,94
1997/98	105,76	50,81	22,26	5,97	4,62	1,94
1998/99	164,77	49,06	14,43	1,28	0,84	0,33
1999/2000	115,82	42,11	16,63	4,70	2,20	1,28
2000/01	340,20	125,79	25,97	8,82	2,83	0,94
2001/02	102,11	63,63	18,99	3,46	2,47	1,12
2002/03	280,99	113,23	31,81	13,63	6,54	4,13
2003/04	4,92	2,32	1,17	0,70	0,59	0,34
2004/05	101,42	55,39	17,59	7,03		
Среднее	124,52	54,65	18,26	6,75	3,06	1,36
Макс	340,20	125,79	46,49	27,19	7,24	4,13
Мин	4,92	2,32	1,17	0,44	0,14	0,13

Резкие колебания численности насекомого (т.е. спады и подъемы) происходили только во время развития первого поколения, тогда как за период развития второго поколения какого-либо значительного роста численности не наблюдалось (рис. 1).

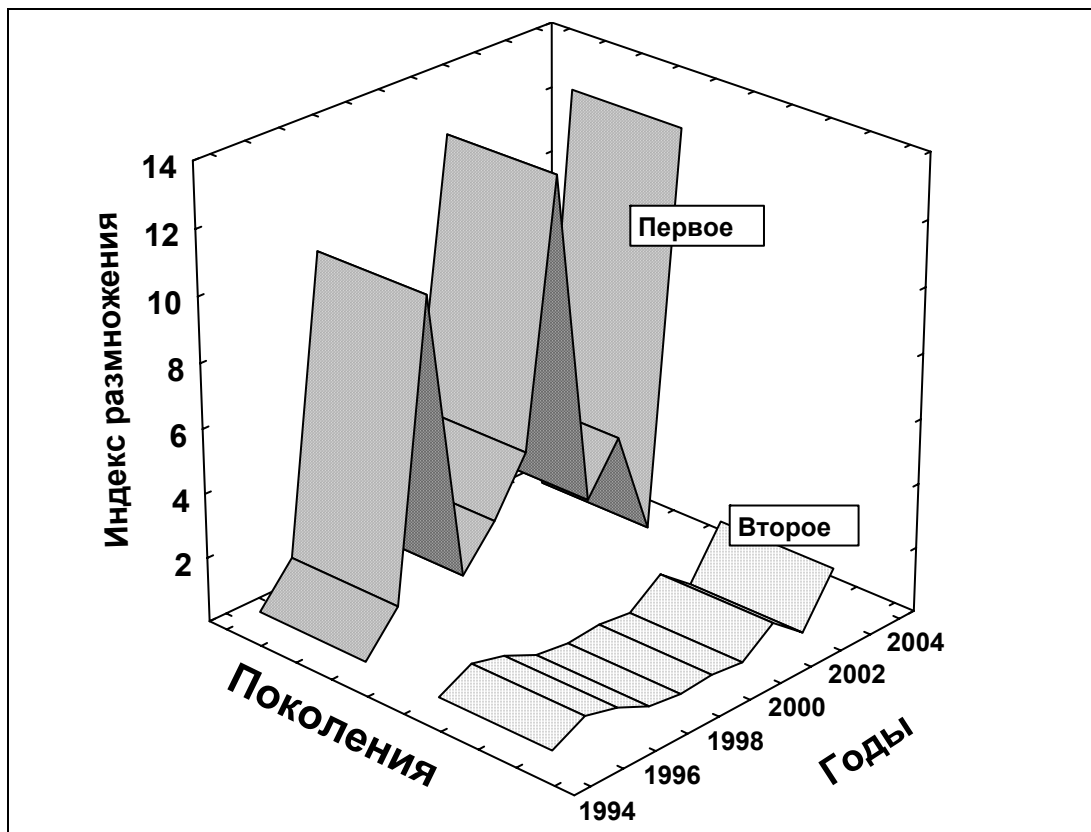


Рис. 1. Динамика индекса размножения кукурузного мотылька по поколениям в 1994-2004 гг.

Суммарная смертность за поколение в первой генерации не зависела от исходной плотности яиц ($r = -0,09$), тогда как во второй генерации такая связь установлена ($r = 0,84$) (рис. 2). Сделан вывод, что во время развития второго поколения численность закономерно меняется под действием естественных факторов регуляции, тогда как в период развития первой генерации регуляция если и имеет место, то лишь при массовом размножении фитофага в течение нескольких последовательных поколений. Благоприятные условия для регулирующей деятельности энтомофагов, в том числе паразитов и хищников яиц, гусениц и куколок во втором поколении видимо определяются тем обстоятельством, что численность насекомых обычно гораздо выше, а их продолжительность жизни (с июля по май) почти в 3 раза дольше, чем особей первого поколения (май – август). Например, хорошо прослежена зависимость смертности насекомых, перезимовывающих в растительных остатках, от их плотности, что в первую очередь обусловлено концентрацией птиц и мелких млекопитающих в местах повышенной численности вредителя.

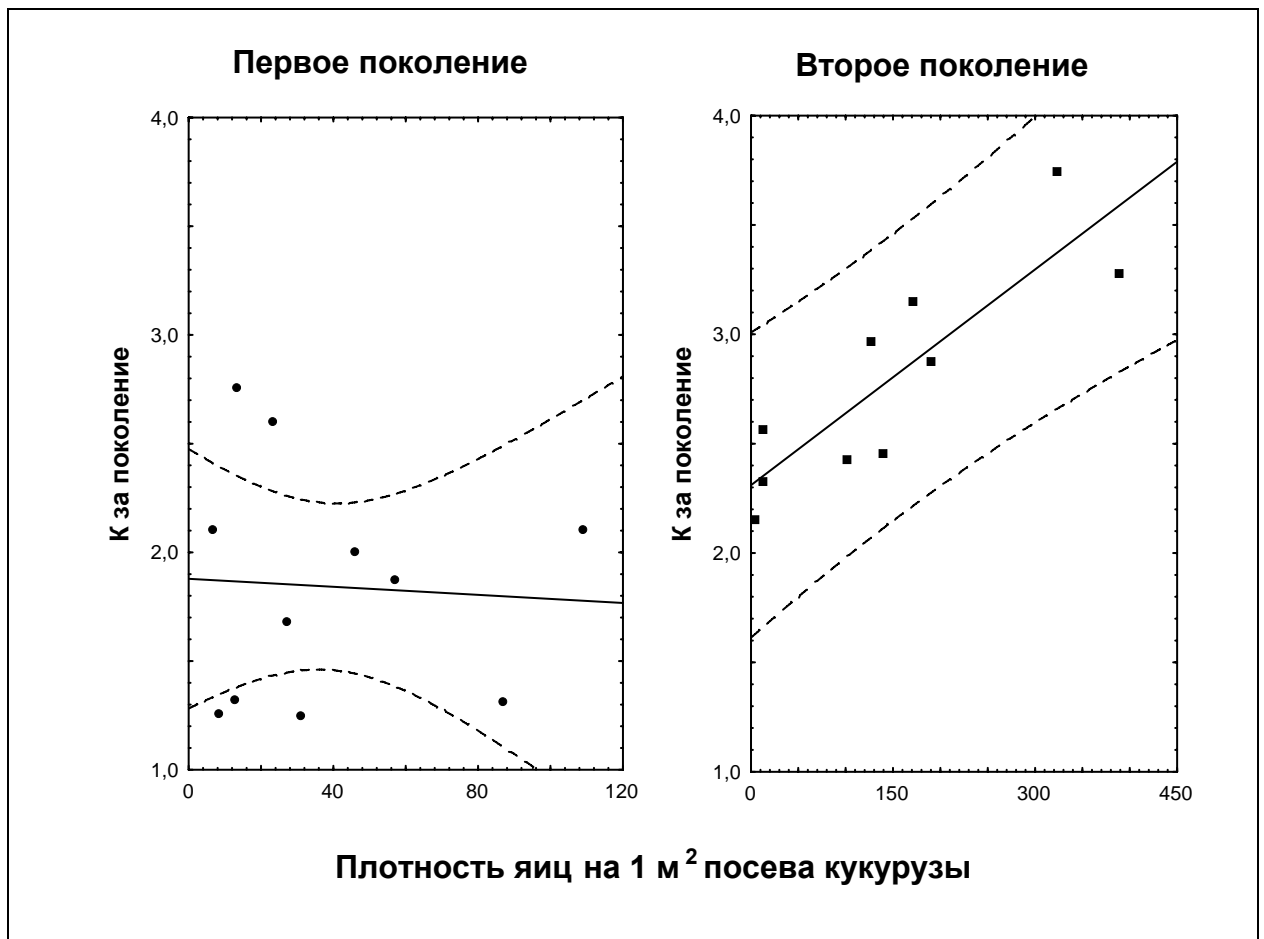


Рис. 2. Связь плотности яиц и снижения численности за поколение (К) в период развития первой и второй генераций (1994-2004 гг.)

Поскольку резкие изменения численности отмечаются в период развития первого поколения, прогноз его численности более актуален, чем второго. Кроме того, хорошо известно, что основной вред в зонах с двумя генерациями, как и в Краснодарском крае, обычно наносят гусеницы первого поколения (например, Остроухов, 1984).

Общая модель экономического порога вредоносности кукурузного мотылька на кукурузе основана на среднем уровне потерь зерна в расчете на 1 гусеницу пятого возраста, который составляет для особей первого поколения 3-5% в зависимости от генотипа и условий выращивания растений (Chiang, 1982). За период с 1994 по 2004 гг. средняя плотность гусениц первого поколения превысила пороговую 4,81 особей на 1 м² (т.е. в среднем 1 особь на растение) лишь в 2000-2002 гг., составив соответственно 5,1, 9,8 и 17,1 особей на 1 м² (или около 1,1, 2,0 и 3,5 гусениц на растение). Из таблицы 2 видно, что благоприятными для роста численности фитофага были 1996, 2000, 2002 и 2004 годы. Как в 1996, так и в 2004 г. плотность вредителя на растениях не достигла пороговых значений по

причине низкой численности перезимовавших гусениц. В менее благоприятный для развития первого поколения 2001 год средняя плотность гусениц превысила пороговое значение благодаря большому перезимовавшему запасу вредителя. Анализ связи колебаний численности кукурузного мотылька с абиотическими факторами проведен с помощью факторного анализа. Достоверную и тесную связь с общей смертностью за поколение и по учетным периодам (яйца, гусеницы, куколки, имаго) обнаружили колебания выпадения осадков, в частности, за третью декаду мая - июня ($r = 0,71$) и за июнь в целом ($r = 0,82$). Однако, наиболее тесная связь выявлена для суммы осадков за первую декаду июня ($r = 0,88$). Динамика плотностей насекомых по периодам развития свидетельствует, что общая невысокая гибель насекомых за поколение при благоприятных условиях увлажнения складывается из низких значений смертностей яиц, отродившихся и взрослых гусениц, а также повышенной плодовитости имаго.

Таблица 2. Суммы осадков за первую декаду июня, смертность за поколение (К) и индексы изменения плотности в первом поколении кукурузного мотылька (КОС ВИР, 1994-2004 г.)

Годы	Сумма осадков (мм) за 1 декаду июня	Общая смертность за поколение в логарифмическом масштабе (К)	Индекс размножения (I)
1994	2,5	2,60	0,56
1995	1,9	2,08	1,78
1996	76,5	1,23	10,75
1997	9,8	2,01	1,75
1998	5,7	1,86	2,98
1999	1,6	1,68	4,65
2000	44,3	1,24	12,66
2001	19,0	2,00	2,23
2002	26,2	1,29	3,73
2003	0,0	2,75	0,39
2004	71,0	1,24	11,25
Среднее	23,5	1,82	4,79
Макс	76,5	2,75	12,66
Мин	0,0	1,23	0,39

Полученные материалы представляют интерес для разработки более точного прогноза развития вредителя. Прежде всего, пороговая плотность гусениц первого поколения может быть достигнута лишь в том случае, если средняя плотность гусениц осенью предшествующего года в послеуборочных остатках составляла не менее 1,5 особей на 1 м², а после перезимовки сохранилась на уровне не менее чем 1 особь на 1 м². По многолетним наблюдениям, гибель насекомых за период зимовки в среднем составляет 45,3% при диапазоне колебаний от 15,9 до 73,7%, главным образом от хищников, паразитов и болезней. Что касается весеннего уточняющего прогноза, то, по нашим наблюдениям, неблагоприятные погодные условия (жаркая и сухая погода в апреле-мае) на процесс окукливания влияют незначительно и только там, где после кукурузы высеяны не зерновые колосовые, а пропашные культуры. Во всяком случае дефицита капельно-жидкой влаги, необходимой для окукливания, гусеницы по всей видимости не испытывают, так как по крайней мере в зоне проведения наблюдений в это время мы периодически наблюдали образование росы. Определенное отрицательное влияние на динамику численности вредителя оказывает лишь устойчивое и длительное потепление в феврале-марте, которое может стимулировать чрезмерно раннее окукливание и вылет насекомых, когда кукуруза еще не посеяна. По многолетним данным в условиях восточной части Краснодарского края начало лёта имаго перезимовавшего поколения обычно регистрируется во второй половине мая и при высокой численности лёт продолжается вплоть до начала июля. Массовая откладка яиц чаще всего регистрируются с 8 по 15 июня. Таким образом, можно полагать, что осадки, выпавшие перед самым началом массовой откладки яиц бабочками перезимовавшего поколения, оказывают решающее влияние на судьбу первого поколения. В том случае, если за 1 декаду июня вообще не выпало осадков, или их было очень мало (до 10 мм и менее), то маловероятно, что плотность гусениц превысит пороговое значение даже при условии большого перезимовавшего запаса. В том случае, если осадков выпадет 30 мм и более, то численность вредителя существенно вырастет и при условии достаточного перезимовавшего запаса с большой вероятностью превысит пороговую величину.

Плотность заселения кукурузы кукурузным мотыльком зависит от очень многих факторов. Однако, несмотря на колебания уровня смертности яиц и гусениц от самых разных причин, оказывается, что плотность отложенных яиц — основной фактор, определяющий плотность гусениц на растениях (Фролов и др., 1999). По результатам наблюдений 1994-2004 гг. между плотностью отложенных яиц с одной стороны и плотностями отродившихся из яиц и гусениц старших возрастов с другой обнаруживаются статистически достоверные связи. Эти связи более тесные для первого поколения ($r = 0,91$ и $0,72$ соответственно), чем второго ($r = 0,82$ и $0,50$ соответственно). Для первого поколения связь между плотностью яиц (X) и гусениц старших возрастов (Y) в расчете на 1 м^2 посева описывается уравнением регрессии $Y = 0,35 + 0,07X$, т.е. плотность 4,81 гусениц на 1 м^2 посева в среднем ожидается при плотности яиц, равной 64 штуки на 1 м^2 или 13,3 яйца на растение при средней густоте 48100 растений на га. Поскольку средний размер яйцекладки у кукурузного мотылька первого поколения на кукурузе составляет 13,2 яиц (Фролов, Малыш, 2004), это означает, что достижение порога вредоносности, равного 1 взрослой гусенице на растение, следует ожидать, если за весь период откладки яиц на каждое растение в среднем будет отложено около 1 яйцекладки. В среднем за 1994-2004 гг. гибель яиц составила 34%, гусениц 1-2 возраста — 86%. Получается, что из 1 кладки среднего размера обычно доживает чуть более одной гусеницы 5 возраста, которая и наносит экономически ощутимый вред растению. Достоверность представленных оценок базируется на наблюдениях, проведенных на растительном материале разного генетического происхождения и при широком диапазоне колебаний погодных условий.

Процесс откладки яиц как правило растянут на месяц-полтора, фазу 6-8 листьев легко упустить, а осмотр растений требует существенных затрат времени, даже если обследовать только нижние поверхности листьев, как наиболее предпочитаемые для яйцекладки части растений. С практической точки зрения более приемлем учет заселенности растений не яйцами, а гусеницами в начальный период их питания внутри листовых воронок до массового внедрения в стебли. В условиях Краснодарского края в фазу средней листовой

воронки (8-12 листьев) полное разворачивание листа обычно происходит в течение трех-четырёх дней. Поэтому, если растение заселено, то спустя три-четыре дня от начала питания наличие живых гусениц легко и быстро обнаруживается по характерным сквозным отверстиям на листьях.

Между заселенностью растений и плотностью гусениц старших возрастов наблюдается достаточно тесная, хотя и нелинейная связь (рис. 3).

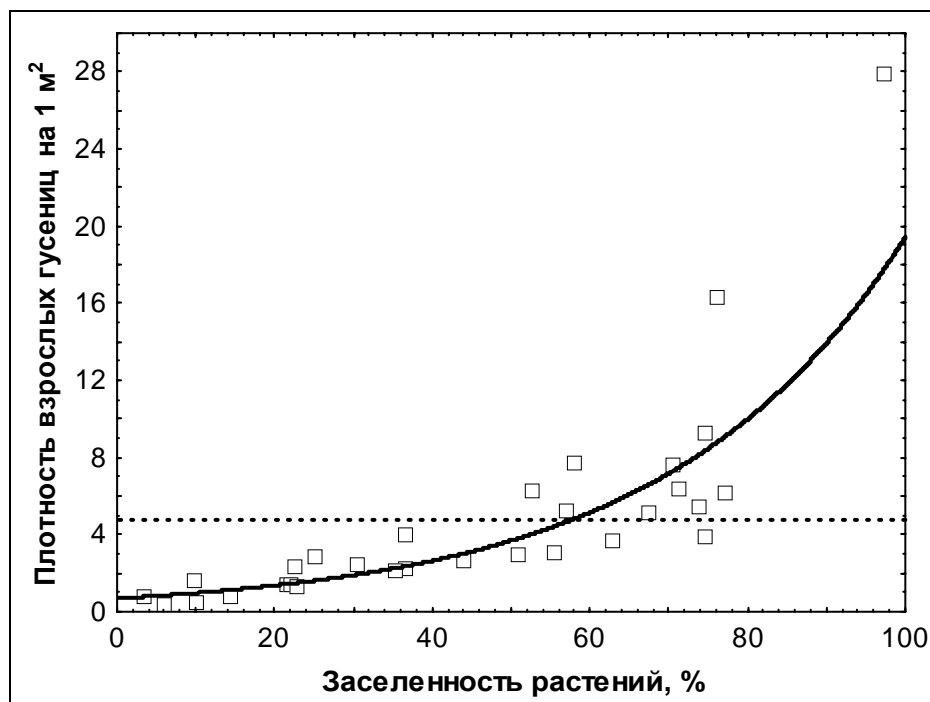


Рис. 4. Связь между заселенностью растений кукурузным мотыльком первого поколения, измеренной процентом растений с поврежденными листьями, и плотностью гусениц 3-5 возрастов. Пунктирная линия — плотность гусениц, равная 4.81 особей на 1 м² посева кукурузы

Очевидно, что для Краснодарского края порог заселенности растений за весь период яйцекладки имаго перезимовавшего поколения, при котором достигается плотность 1 взрослой гусеницы первого поколения на растение, составляет около 50-55%.

Соответственно, завершающий этап прогноза поврежденности кукурузы вредителем состоит в проведении обследований посевов на заселенность гусеницами младших возрастов. Методика проведения такого учета давно отработана и широко используется в США и Канаде (Mason et al., 1997). Для условий Краснодарского края экономический порог вредоносности будет достигнут с высокой вероятностью, если на посевах обнаруживают 50-

55% и более заселенных растений с живыми гусеницами 2-4 возрастов, что почти совпадает с 50% оценкой заселенности, принятой в США в качестве пороговой.

Литература

Дружелюбова Т.С., Макарова Л.А., Хомякова В.О. Методика прогноза развития, численности и вредоносности озимой совки и стеблевого (кукурузного) мотылька. М.: КОЛОС, 1969. 39 с.

Остроухов М.А. Вредоносность стеблевого мотылька на кукурузе. Сб. научн. тр. КНИИСХ, 1984, 27, с. 176-182.

Фролов А.Н., Малыш Ю.М. Плотность размещения и смертность яиц и гусениц кукурузного мотылька младших возрастов на растениях кукурузы // Вестник защиты растений. 2004. № 1. С. 42-55.

Фролов А.Н., Фролова Т.А., Гаркушка В.Г., Царегородцева О.Е. Кукурузный мотылек: заселенность растений и урожай зерна кукурузы. Агро XXI. - 1999. - N 1. - С. 14-15.

Хомякова В.О. Кукурузный мотылек. М.-Л., Сельхозиздат, 1962, 36 с.

Chiang H.C. Factors to be considered in refining a general model of economic threshold. Entomophaga, 1982, 27 spec. issue, p. 99-103.

Mason, C.E., M.E. Rice, D.D. Calvin, J.W. Van Duyn, W.B. Showers, W.D. Hutchison, J.F. Witkowski, R.A. Higgins, D.W. Onstad, and G.P. Dively. European Corn Borer: Ecology and Management. NCR-327. North Central Regional Extension Publication. Iowa State University, 1997. 52 pp.

Morris R.F. The interpretation of mortality data in studies on population dynamics // Can. Entomol., 1957, 89, 2, p. 49-69.

Morris R.F. Single-factor analysis in population dynamics. Ecology, 1959, 40, 4, p. 580-588.

Varley G.C., Gradwell G.R. Recent advances in insect population dynamics. Annu. Rev. Entomol., 1970, 15, p. 1-24.

Резюме к статье А.Н. Фролова «Динамика численности кукурузного мотылька и ее прогноз»

В кратком виде изложены результаты многолетних наблюдений за динамикой численности кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* (Hbn.) в Краснодарском крае. На их основе предлагается усовершенствованная система прогноза размножения экономически значимого первого поколения фитофага, включающая следующие элементы: 1) проведение осеннего учета плотности гусениц в послеуборочных остатках кукурузы (порог 1.5 особи/м²), 2) проведение весеннего учета перезимовавших гусениц (порог 1.0 особь/м²), 3) расчет суммы осадков, выпавших за неделю, предшествующую массовой откладке яиц (в восточной части Краснодарского края — первая декада июня) (при 30 мм осадков и более следует ожидать подъема численности и достижения порога вредоносности) и 4) проведение учета заселенности растений гусеницами младших возрастов в фазу листовой воронки (порог 50-55% заселенных растений).

Summary of paper entitled “Population dynamics of the European corn borer and its forecasting” by Frolov A.N.

Features of population dynamics of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hbn.) are summarized on the basis of original data obtained during long-term observations at the Krasnodar area. As a result improved system of forecasting for the pest has been proposed. It includes the elements as follows: 1) carrying out of autumn count of larval density in debris (threshold of 1.5 larvae per sq. m), 2) spring count of larval density in debris (threshold of 1.0 larvae per sq. m), 3) calculation of precipitation dropped during a week before peak of egg-laying usually happens (in east part of Krasnodar territory this period coincides with first decade of June) (under 30 mm of precipitation and more it is necessary to expect raising of insect density up to achievement of economic threshold), and 4) estimation of plant infestation level by early instar larvae during leaf whorl stage of maize development (threshold of 50-55 % of infested plants).