

7. Лившиц, И. З. Сельскохозяйственная акарология : монография / И. З. Лившиц, В. И. Митрофанов, А. З. Петрушов ; Нац. акад. аграр. наук Украины, Никитский ботан. сад – Нац. науч. центр ; под науч. ред. А. Н. Войтенко, И. В. Митрофановой. – 2 изд. исправ. – Киев : Аграрна наука, 2013. – 348 с.
8. Семена зерновых культур. Сортовые и посевные качества. Технические условия : СТБ 1073-97. – Взамен ГОСТ 10467-76, ГОСТ 10468-76, ГОСТ 10470-76, ГОСТ 26763-85 ; введ. 01.10.1997 г. – Минск, 2010. – 18 с.
9. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения заселенности вредителями : ГОСТ 12045-97. – Взамен ГОСТ 12045-81, ГОСТ 22617.5-77 ; введ. 01.07.1998. – М. : Стандартинформ, 2011. – III, 17 с.
10. Степановских, А. С. Экология : учеб. для вузов / А. С. Степановских. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 703 с.
11. Фирсова, М. К. Семенной контроль / М. К. Фирсова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, М. – 1969. – 295 с.
12. Цык, В. В. Технология хранения и переработки продукции растениеводства : курс лекций / В. В. Цык. – Горки : БГСХА, 2013. – 195 с.
13. Engemann, H. D. Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden / H. D. Engemann // Pedobiol. – 1978. – Bd. 18. – S. 378–380.

УДК 632.782:551.5

Фенологический прогноз начала развития яблонной плодовой (*Cydia pomonella* L.) в садах Беларуси

В.С. Комардина, кандидат биологических наук

Н.Е. Колтун, кандидат биологических наук

С.И. Ярчак, кандидат с.-х. наук, **Е.В. Савостьяник**, научный сотрудник

Институт защиты растений

(Дата поступления статьи в редакцию 03.04.2025)

На основании многолетних исследований разработаны алгоритмы фенологического прогноза сроков появления первых бабочек яблонной плодовой после зимовки и начала отрождения гусениц первого летнего поколения. Исходной точкой для построения прогноза является дата устойчивого перехода (не менее 3 суток) среднесуточной температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$ и сумеречных температур через $+15^{\circ}\text{C}$. Установлено, что основными предикторами прогноза начала развития вредителя являются среднесуточная температура воздуха и продолжительность фотопериода. С использованием разработанного прогноза с высокой степенью достоверности можно определить сроки начала лета и отрождения гусениц фитофага, и заблаговременно спланировать защитные мероприятия.

Based on many years of research, algorithms have been developed for phenological forecast for the periods of emergence of the first butterflies of codling moth after wintering and the beginning of hatching of the first summer generation worms. The starting point for making forecasts is the date of a stable transition (at least 3 days) of the average daily air temperature through $+10^{\circ}\text{C}$ and twilight temperatures through $+15^{\circ}\text{C}$. It's established that the main predictors of the beginning of a pest's development are the average daily air temperature and the duration of the photoperiod. Using the developed forecasts, it is possible to determine the periods of summer beginning and worm hatching with a high degree of accuracy and plan protective measures in advance.

Введение

В последние годы в связи с развитием цифровизации сельского хозяйства прогноз появления и развития фитофагов реально получить заблаговременно и с большой долей достоверности. С целью оптимизации сроков проведения тех или иных мероприятий по защите сада от яблонной плодовой в современных стратегиях популяционного контроля насекомых-вредителей основное внимание уделяется разработке и использованию фенологических прогнозов развития фитофага [3].

Необходимость постоянного и оперативного мониторинга яблонной плодовой во многом обусловлена изменением климатических условий [13]. Потепление климата приводит не только к смягчению условий зимовки вредителя, быстрому накоплению суммы эффективных температур и количества дней со среднесуточной температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$, но и к удлинению вегетационного периода в целом, что влияет на взаимоотношение фитофага с растением-хозяином, которое отражается на сроках фенологических фаз его развития [2].

Прослеживается достаточно четкая реакция фитофага на все экстремальные ситуации, связанные с резкими изменениями погоды. В условиях Московской области ранее для вылета бабочек из мест зимовки требовалась сумма эффективных температур выше $+10^{\circ}\text{C}$ (СЭТ) в пределах $90\text{--}110^{\circ}\text{C}$, в последние годы исследователями указывается на значительное колебание этого показателя от 40 до 123°C [2]. Определение сроков прохождения стадий развития яблонной плодовой в зависимости от СЭТ позволяет определять динамику развития вредителя в условиях меняющегося климата, выявлять его уязвимые стадии развития и устанавливать сроки проведения обработок [9, 12].

Сведения, имеющиеся в литературе, показывают, что в качестве основного фактора, влияющего на скорость развития яблонной плодовой в прогностических моделях, используются СЭТ и среднесуточные температуры воздуха. В качестве дополнительного предиктора рассматривается водный режим или влагообеспеченность (сумма осадков, относительная влажность воздуха и др.). Почти все авторы отмечают, что длительность светового периода весьма важна для

индивидуального развития яблонной плодовой, однако рассматривают этот показатель как протекающий автоматически в определенной местности и не учитывают его в разрабатываемых моделях [8, 9, 13].

В настоящее время неотъемлемым и необходимым элементом интегрированной системы защиты яблони от яблонной плодовой является феромонный мониторинг, который позволяет в режиме реального времени объективно оценивать динамику и интенсивность лета фитофага [4, 6, 10].

Для проведения защитных мероприятий в оптимальные сроки помимо определения сроков лета бабочек вредителя необходимо спрогнозировать также и период начала отрождения гусениц первого поколения из яиц и внедрения их в плоды. В Псковской области И.Н. Павловым период от массового лета бабочек до отрождения гусениц был определен как длительность ооидного развития фитофага. Анализ полученных данных показал, что данный период колебался от 7 до 11 дней при СЭТ в пределах от 63,9 до 78,7 °С (средний показатель 72,0 °С), что дает возможность определить дату выхода гусениц из яиц с погрешностью в один день [8]. Однако другие ученые указывают на то, что СЭТ сильно варьирует по годам и различается по регионам. Выявлено, что в Московской области наиболее интенсивный лет бабочек проходил при СЭТ в диапазоне 150–450 °С. Следовательно, обработку против вредителя следует проводить именно в этот интервал, ориентируясь одновременно на численность бабочек, отловленных на феромонные ловушки [5, 7].

Эффективное снижение вредоносности яблонной плодовой в садах по-прежнему лимитируется сложностью определения оптимальных сроков проведения тех или иных защитных мероприятий против вредителя.

Целью нашей работы является разработка прогноза вылета бабочек яблонной плодовой из мест зимовки и начала отрождения гусениц первого летнего поколения фитофага, на основании которых можно определить оптимальный срок проведения защитных мероприятий, что ранее в республике не проводилось.

Место и методика проведения исследований

Наблюдения за фенологией и биологией развития яблонной плодовой и полевые опыты проводились в Минской области с 2006 г. по 2024 г. в СХФ «Клецкий» ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» (Клецкий район) и в опытном саду РУП «Институт защиты растений» (Минский район).

Информация о метеоданных за требуемые периоды взята на метеостанциях, расположенных в непосредственной близости к месту проведения наблюдений. Систематизация, обобщение и статистическая обработка собранного материала проводились методом корреляционного и регрессионного анализов в программе «Excel». Связи между постоянными показателями и применением исследуемых зависимостей с целью выхода на прогностические уравнения осуществляли методом множественной регрессии. Надежность построенных оценок проверяли с помощью F-критерия Фишера и t-критерия Стьюдента, допуская 5 %-й уровень значимости. Теснота связей между исследуемыми явлениями оценивалась как надежная, если коэффициенты корреляции были не меньше или равны 0,7 [1, 11].

Результаты и их обсуждение

Для построения прогноза вылета первых бабочек яблонной плодовой из мест зимовки были взяты результаты многолетних наблюдений за период с 2006–2023 гг.

При построении логической модели прогноза начала вылета бабочек оценивали влияние различных факторов внешней среды на скорость онтогенеза вредителя (продолжительность фотопериода (мин) в день устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через +10 °С, среднесуточные температуры воздуха за этот период).

Исходной точкой для построения прогноза была выбрана дата устойчивого перехода (не менее 3 суток) среднесуточной температуры воздуха через +10 °С.

Установлено, что основными предикторами прогноза начала лета имаго вредителя являются длина фотопериода и среднесуточные температуры воздуха в период устойчивого перехода среднесуточных температур через +10 °С. Математическая модель прогноза начала лета яблонной плодовой выражена уравнением регрессии (1), отражающим количественные характеристики зависимости прогнозируемого события от условий внешней среды:

$$y = 155,7 - 0,09 x_1 - 2,42 x_2 \quad (D=0,91) \quad (1),$$

где y – количество дней от даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через +10 °С до вылета бабочек; x_1 – длина светового дня на дату устойчивого перехода через +10 °С (мин); x_2 – среднесуточная температура воздуха в этот период.

Доверительные интервалы: для x_1 – 600–800 мин, для x_2 – 5–15 °С.

Практическая значимость установленной корреляционно-регрессионной зависимости заключается в том, что по показателям среднесуточной температуры воздуха и продолжительности фотопериода с использованием уравнения регрессии, отражающего количественные параметры взаимозависимости этих двух факторов, определяют точную дату начала лета имаго перезимовавшего поколения яблонной плодовой. С этого периода в садах необходимо начинать феромонный мониторинг интенсивности лета вредителя для определения целесообразности проведения защитных мероприятий.

Оправдываемость разработанного прогноза начала вылета бабочек яблонной плодовой была оценена в 2024 г. Дата перехода среднесуточной температуры воздуха через +10 °С была отмечена 24 марта при длине светового дня – 762 мин. При среднесуточной температуре воздуха +12 °С расчетное количество дней до вылета бабочек составило 58 суток и прогнозировалось на 20 мая. По факту вылет бабочек отмечен 16 мая – через 54 сутки.

Таким образом, чем позже происходит переход среднесуточных температур воздуха через +10 °С при большей продолжительности светового дня и чем выше будет температура в дальнейшем, тем меньше период до вылета бабочек.

По многочисленным литературным сведениям и по данным наших многолетних наблюдений, при дости-

жении температуры воздуха в сумеречные часы выше +15 °С начинается продуктивный лет имаго, т.е. начинается спаривание и откладка яиц самками вредителя.

Поскольку гусеницы яблонной плодовой гусеницы ведут скрытный образ жизни, внедряясь в завязи плодов и питаясь внутри, для эффективного проведения защитных мероприятий против вредителя необходимо определить точную дату начала отрождения гусениц из яиц.

Для построения прогноза сроков начала отрождения гусениц из яиц были использованы результаты многолетних наблюдений за 2016–2023 гг. Установлено, что основным показателем, определяющим продолжительность периода развития яиц, является среднесуточная температура воздуха. За все годы наблюдений продолжительность ооидного развития плодовой гусеницы колебалась от 10 до 22 суток.

Исходной точкой для построения фенологического прогноза является дата начала продуктивного лета, т.е. лета с откладкой яиц, когда температура воздуха в сумерки превышает +15 °С. Уравнение регрессии, отражающее количественную взаимосвязь вышеуказанных показателей, записывается следующим образом:

$$y = 72,8 - 3,52x \quad (R^2 = 0,96) \quad (2),$$

где y – количество дней до отрождения гусениц вредителя;
 x – среднесуточная температура воздуха в этот период.

Доверительный интервал для x – 10–20 °С.

Расчитанное прогностическое уравнение имеет вид отрицательной линейной зависимости с уровнем корреляции 96 % и с ошибкой коэффициента детерминации 0,8 % (рисунок).

Таким образом, установлено, что с повышением температурного фона период развития яиц вредителя уменьшается.

Оправдываемость разработанного прогноза была оценена в 2024 г. Продуктивный лет отмечен 17 мая при среднесуточной температуре воздуха +17,5 °С. В таких условиях начало отрождения гусениц из яиц прогнозировалось через 11 суток (28 мая). По факту первые отродившиеся гусеницы обнаружены 27 мая (через 10 суток). Следовательно, на эту дату необходимо планировать проведение защитных мероприятий против данного вредителя.

Благодаря разработанному прогнозу можно с высокой степенью достоверности определить начало отрождения гусениц яблонной плодовой гусеницы, что позволит провести опрыскивание против вредителя в оптимальные сроки и повысит эффективность данного мероприятия.

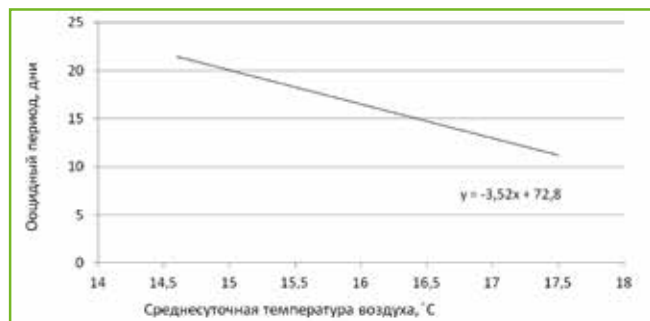


Рисунок. Прогноз продолжительности ооидного периода яблонной плодовой гусеницы по среднесуточным температурам воздуха

Выводы

На основании анализа многолетних наблюдений за биоэкологическими особенностями развития яблонной плодовой гусеницы разработан алгоритм фенологического прогноза ранних стадий развития вредителя: срок вылета бабочек фитофага из мест зимовки и срок отрождения гусениц первого летнего поколения.

Установлено, что основными предикторами прогноза являются среднесуточная температура воздуха и продолжительность фотопериода, выраженная в минутах.

Исходной точкой для определения сроков начала лета яблонной плодовой гусеницы является дата устойчивого перехода (не менее 3 дней) среднесуточной температуры воздуха через +10 °С с учетом складывающегося в дальнейшем температурного фона. Срок вылета бабочек из мест зимовки обусловлен следующей зависимостью: чем позже наступает переход температуры воздуха через +10 °С при большей продолжительности светового дня и чем выше среднесуточная температура в этот период, тем меньше период до вылета бабочек фитофага.

Прогноз сроков начала отрождения гусениц первого летнего поколения вредителя из яиц строится на оценке влияния среднесуточных температур воздуха на оогенез в период после перехода сумеречных температур воздуха через +15 °С. Чем больше среднесуточная температура воздуха в прогнозируемый период, тем раньше произойдет отрождение гусениц из яиц.

Литература

- Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б. А. Доспехов. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
- Зейналов, А. С. Адаптационные возможности и изменения в биоэкологии *Cydia pomonella* L. в Центральном районе Нечерноземной зоны России на фоне глобального потепления / А. С. Зейналов, Д. С. Орел // Аграрная наука. – 2023. – №371 (6). – С.89–93.
- Лебедев, И. В. Биологические основы моделирования популяции яблонной плодовой гусеницы : автореф. дисс. ... канд. биол. наук : 06.01.11 / Лебедев Игорь Валентинович ; Всесоюзный Орден Трудового Красного Знамени науч.-исслед. ин-т. – Ленинград-Пушкин, 1985. – 20 с.
- Митюшев, И. М. Особенности динамики сезонного лета яблонной плодовой гусеницы в годы с экстремальными погодными условиями / И. М. Митюшев // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике : матер. Второй Всеросс. конф. с межд. участием, г. Москва, 22–26 апреля 2019 г. / Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева ; отв. ред. Ю. Н. Баранчиков. – Москва; Красноярск : ИЛ СО РАН, 2019. – С. 120–121.
- Митюшев, И. М. Биоэкологическое обоснование мониторинга основных вредителей яблони в Центральном регионе России : автореф. дисс. ... канд. биол. наук : 06.01.11 / Митюшев Илья Михайлович ; Росс. гос. агр. ун-т – МСХА им. К. А. Тимирязева. – Москва, 2006. – 20 с.
- Митюшев, И. М. Влияние климатических факторов на динамику сезонного лета и эффективность феромонного мониторинга яблонной плодовой гусеницы *Cydia pomonella* L. // И. М. Митюшев // Плодоводство и ягодоводство России. – 2019. – Т. 56. – С. 148–155.
- Митюшев, И. М. Особенности феромонного мониторинга и прогноза яблонной плодовой гусеницы (*Cydia pomonella* L.) в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России / И. М. Митюшев // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике: матер. Всеросс. конф. с межд. участием, г.

- Москва, 18–22 апреля 2016 г. / Институт леса Сибирского отделения РАН ; отв. ред. Ю. Н. Баранчиков. – Красноярск, 2016. – С. 145–146.
8. Павлов, И. Н. Биозэкологические особенности развития яблонной плодовой гнили и совершенствование защиты яблони от нее в южной части Северо-Западного региона России : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 06.01.11 / Павлов Игорь Николаевич; Великолукская государственная сельскохозяйственная академия. – г. Великие Луки, 2002. – 167 с.
 9. Праля, И. И. Системы мониторинга вредителей и болезней / И. И. Праля // Ассоциация производителей плодов, ягод и посадочного материала. – URL: <http://asprus.ru/blog/sistemy-monitoringa-vreditel-i-boleznej>. (дата обращения: 26.02.2025).
 10. Савушкин, А. О. Биозэкологическое обоснование использования феромонов и устойчивых сортов для защиты от вредителей, повреждающих генеративные органы яблони : автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.11 / Савушкин Алексей Олегович ; Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А.Тимирязева. – г. Москва, 2009. – 22 с.
 11. Уланова, Е. С. Методы корреляционного и регрессионного анализа в агрометеорологии / Е. С. Уланова, В. Н. Забелин. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1990. – 201 с.
 12. Черкезова, С. Р. Управление численностью чешуекрылых вредителей в агроценозах яблони с учетом особенностей их развития / С. Р. Черкезова / Научные труды СКФНЦСВВ. – Краснодар, 2017. – Том 13. – С.65–73.
 13. Чернов, В. В. Особенности формирования урожайности и качества плодов яблони путем оптимизации технологии защиты против яблонной плодовой гнили: дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.11 / Чернов Василий Вячеславович ; ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия». – Краснодар, 2020. – 137 л.

УДК 632.95.028:631.445.24:[631.365.33+635.656]

Динамика деградации остаточных количеств действующих веществ пестицидов в почве, зеленой массе гороха овощного и зеленом горошке при различных системах защиты

С.А. Арашкович, научный сотрудник,

Институт защиты растений

(Дата поступления статьи в редакцию)

В статье представлены результаты исследований по динамике деградации остаточных количеств действующих веществ пестицидов в почве, зеленой массе гороха овощного и зеленом горошке. Показано, что более длительные сроки разложения в почве характерны для бифентрина (до 14 суток), флудиоксонила (до 31 суток) и мефеноксама (до 37 суток). Детоксикация хизалофоп-П-этила, бентазона, имазамокса, хлорпирифоса, бифентрина, тиаметоксама и флутриафола в зеленой массе гороха овощного наступала через 5–7 суток, для дифеноконазола – 7–14 суток, а для мефеноксама и флудиоксонила – 30–37 суток. Остаточные количества этих веществ в урожае зеленого горошка не обнаружены.

The paper presents the results of the research on the dynamics of degradation of residues of pesticides active ingredients residues in soil, green mass of pea and green pea. It's shown that longer decomposition periods in soil are typical of bifenthrin (up to 14 days), fludioxonil (up to 31 days) and mefenoxam (up to 37 days). Detoxication of quizalofop-P-ethyl, bentazone, imazamox, chlorpyrifos, bifenthrin, thiamethoxam and flutriafol in green mass of pea occurred after 5-7 days, for difenoconazole – 7-14 days, and for mefenoxam and fludioxonil – 30-37 days. Residues were not detected in green pea yield.

Введение

Горох овощной занимает особое место среди овощных культур благодаря своей высокой пищевой, диетической и биологической ценности. Он является важным источником белка, углеводов и витаминов, что делает его популярным продуктом питания среди населения [1]. Так, зерно гороха содержит 20–25 % сухого вещества, в том числе 4–8 % белка, 4,0–7,5 % сахара, 25–30 мг/100 г аскорбиновой кислоты, биологически активные и минеральные вещества. Калорийность зеленого горошка в 1,5–2 раза выше, чем у других овощей [2, 3, 4].

Для сохранения высокой урожайности гороха овощного активно используют пестициды различного спектра действия, что связано с риском накопления остаточных количеств действующих веществ препаратов в почве и растениях. При внесении в почву и опрыскивании растений химическими средствами

защиты только 25–50 % препарата задерживается на обрабатываемых объектах, остальная часть попадает в окружающую среду [5]. С течением времени вещества разлагаются на простые химические соединения, однако период разложения может длиться от 2 недель до десятков лет. Зная динамику разложения пестицида в защищаемом растении, можно прописать регламенты применения препаратов на конкретной культуре, тем самым способствуя предотвращению загрязнения сельскохозяйственной продукции и окружающей среды остатками пестицидов [6, 7]. В этой связи изучение динамики разложения остаточных количеств пестицидов в почве, зеленой массе гороха овощного и зеленом горошке в урожае является непременным условием для оценки безопасности продуктов питания и разработки рекомендаций по технологии защиты культуры.

В то же время все больше внимания уделяется усовершенствованию систем защиты растений с внедре-