

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕДИТЕЛЕЙ САФЛОРА: МЕТОДЫ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

Аманов Шухрат Бахтиёрович, д.с/х.н., с.н.с.,  
Эксперт Швейцарского проекта VET4UZ  
Ташкент, Узбекистан  
ORCID: 0009-0000-5903-8861)

**Аннотация.** В статье рассматриваются основные вредители сафлора (*Carthamus tinctorius* L.) в Узбекистане, включая сафлорную муху (*Acanthiophilus heliathi* Rossi.), малого сафлорного долгоносика (*Bangasternus orientalis* Cap.) и шалфейную совку (*Chloridae peltigera* Shif.). Приведены их биологические особенности, фенология развития и степень вредоносности. Основное внимание уделяется методам прогнозирования численности вредителей с использованием биологических и математических моделей. Прогнозирование численности вредителей позволяет разрабатывать эффективные меры защиты растений и минимизировать потери урожая.

**Ключевые слова:** сафлор, вредители, прогнозирование, математические модели, биологические методы, защита растений, сельское хозяйство.

**Аннотация.** Мақолада Ўзбекистондаги махсарнинг асосий зараркундалари (*Carthamus tinctorius* L.), жумладан махсар пашиаси (*Acanthiophilus heliathi* Rossi.), кичик махсар узунбуруни (*Bangasternus orientalis* Cap.) ва маврак тунлами (*Chloridae peltigera* Shif.) ҳақида сўз юритилади. Уларнинг биологик хусусиятлари, ривожланиш фенологияси ва зарарлилик даражаси келтирилган. Асосий эътибор биологик ва математик моделлардан фойдаланган ҳолда зараркундалар сонини баиорат қилиш усулларига қаратилган. Зараркундалар сонини баиорат қилиш ўсимликларни ҳимоя қилишнинг самарали чора-тадбирларини ишлаб чиқиш ва ҳосил нобудгарчилигини камайтириш имконини беради.

**Калит сўзлар:** махсар, зараркундалар, баиоратлаш, математик моделлар, биологик усуллар, ўсимликларни ҳимоя қилиш, қишлоқ ҳўжалиги.

**Abstract.** The article examines the main pests of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Uzbekistan, including the safflower fly (*Acanthiophilus heliathi* Rossi.), the small safflower weevil (*Bangasternus orientalis* Cap.), and the sage moth (*Chloridae peltigera* Shif.). Their biological characteristics, development phenology, and damage potential are presented. The study focuses on forecasting pest populations using biological and mathematical models. Predicting pest numbers allows for the development of effective plant protection measures and minimizes crop losses.

**Keywords:** safflower, pests, forecasting, mathematical models, biological methods, plant protection, agriculture

**Введение.** Сафлор (*Carthamus tinctorius* L.) — это ценное сельскохозяйственное растение, которое подвержено воздействию различных вредителей. Наиболее распространенными из них являются сафлоровая муха (*Acanthiophilus heliathi* Rossi.), сафлорный долгоносик (*Acanthoscelides obtectus*) и шалфейная совка (*Chloridae peltigera* Shif.). Прогнозирование численности этих вредителей имеет ключевое значение для разработки эффективных методов защиты растений и минимизации ущерба. В данной статье мы рассмотрим методы прогнозирования вредителей сафлора с использованием математических расчетов.

## 1. Обзор вредителей сафлора

**1.1 Сафлорная муха (*Acanthiophilus heliathi* Rossi.)** – один из самых опасных вредителей сафлора в Узбекистане. Сафлорная муха небольшое насекомое серовато-зеленого цвета, длиной 4–5 мм, в размахе крыльев 10–11 мм. Особи первого поколения сафлорной мухи появляются в конце апреля на сорняках. В первые же дни они приступают к откладке яиц. К концу мая появляется второе поколение мухи уже на сафлоре в фазе конца ветвления – начала бутонизации. Самки откладывают по одному яйцу внутрь бутона. Эмбриональный период длится от 3 до 5 дней.



Сафлорная муха, личинки и пипарии

Таблица 1

Фенология развития сафлорной мухи

| АВ.ЛОД              | МАРТ |     | АПРЕЛЬ |     |                                                                                   | МАЙ                                                                               |                                                                                   |                                                                                   | ИЮНЬ                                                                                |                                                                                     |                                                                                     | ИЮЛЬ                                                                                |      |     |
|---------------------|------|-----|--------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|
|                     | II   | III | I      | II  | III                                                                               | I                                                                                 | II                                                                                | III                                                                               | I                                                                                   | II                                                                                  | III                                                                                 | I                                                                                   | II   | III |
| I<br>на<br>сорняках |      |     |        |     |  |  |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |      |     |
|                     |      |     |        |     | ○                                                                                 | ○                                                                                 |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |      |     |
|                     |      |     |        |     |  |  |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |      |     |
|                     |      |     |        |     |                                                                                   |                                                                                   |  |  |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |      |     |
| II<br>на<br>сафлоре |      |     |        |     |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |  |  |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |      |     |
|                     |      |     |        |     |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   | ○                                                                                 | ○                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |      |     |
|                     |      |     |        |     |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |  |  |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |      |     |
|                     |      |     |        |     |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |  |  |                                                                                     |                                                                                     |      |     |
|                     |      |     |        |     |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |  |  |  |      |     |
|                     |      |     | сев.   | вс. | вет.                                                                              | вет.                                                                              | бут.                                                                              | бут.                                                                              | цв.                                                                                 | цв.                                                                                 | цв.                                                                                 | соз.                                                                                | соз. |     |

Условные обозначения:



- имаго;



- откладка яиц;



- стадия личинки;



- стадия куколки.

сев. — сев; вс. — всходы; вет. — ветвление; бут. — бутонизация; цв. — цветение; соз. — созревание.

——— - оптимальный срок борьбы.

Личинки сафлорной мухи белого цвета, безногие, с туловищем, сильно сужающимся к головке, на которой просвечивают крючкообразные челюсти. Личинки развиваются около 18–20 дней, питаются семенами. Личинки сафлорной мухи проникают в соцветие сафлора и повреждают семянки. В одном соцветии может быть несколько личинок. В поврежденных соцветиях часто наблюдается превращение семян в полужидкую кашу, что в дальнейшем приводит к загниванию. Окукливается сафлорная муха внутри соцветия. Стадия куколки продолжается 10–13 дней. В более поздние сроки в соцветиях попадают не личинки, а темно-бурые или черные пупарии (коконы). Вылет мух из пупария происходит на 10–12 день. Зимует в стадии имаго.

По данным маршрутного обследования было установлено, что вредоносность сафлорной мухи отмечена повсеместно, и степень повреждений сафлора этим вредителем в известной мере зависит от сроков посева, при этом поздний посев ведет к большому проценту повреждений.

**1.2. Малый сафлорный долгоносик (*Bangasternus orientalis* Car.).** Жук размером в среднем 4,5–6,0 мм в длину (относительно размеру зерна ячменя) и цвета темно коричневого или черного с красным оттенком. Жуки появляются в начале мая, численность долгоносика возрастает и достигает максимума (11 экз./м<sup>2</sup>) в июне, в период начала ветвления растений.

Жуки долгоносики активны в утренние и вечерние часы. Они питаются паренхимой, выедая узкие полоски на листьях с верхней стороны, не трогая нижнюю кутикулу, которая при высыхании выпадет. После интенсивного питания, которое длится около 15 дней, жуки приступают к откладке яиц (плодовитость до 470 яиц). Самки откладывают яйца внутри соцветий. Эмбриональный период составляет 3–5 дней. Отродившиеся личинки питаются завязями и сеянками молочной спелости. В одной корзинке могут обитать до 5 личинок. Их

развитие длится от 9 до 11 дней. Взрослые особи выходят через 30–38 дней после откладки яиц. Преобладающая часть жуков уходит на зимовку, а оставшаяся – с урожаем попадает в зерносклады. В местных условиях малый сафлорный долгоносик развивается в одном поколении.



Малый сафлорный долгоносик

**1.3. Шалфейная совка (*Chloridae peltigera* Shif.)** в последнее время представляет серьезную угрозу посевам сафлора во всех сафлоросеющих областях нашей страны.



Шалфейная совка *Chloridae peltigera* Shif.

Фенология развития малого сафлорного долгоносика

| МАРТ |     | АПРЕЛЬ |     |      | МАЙ                                                                               |                                                                                   |                                                                                   | ИЮНЬ                                                                              |                                                                                    |                                                                                     | ИЮЛЬ                                                                                |                                                                                     |     |
|------|-----|--------|-----|------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| II   | III | I      | II  | III  | I                                                                                 | II                                                                                | III                                                                               | I                                                                                 | II                                                                                 | III                                                                                 | I                                                                                   | II                                                                                  | III |
|      |     |        |     |      |  |  |  |  |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |     |
|      |     |        |     |      |                                                                                   | —                                                                                 | ○                                                                                 | ○                                                                                 |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |     |
|      |     |        |     |      |                                                                                   |                                                                                   |  |  |  |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |     |
|      |     |        |     |      |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |  |  |  |                                                                                     |     |
|      |     |        |     |      |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |  |  |  |     |
|      |     |        |     |      |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |  |  |  |     |
|      |     | сев.   | вс. | вет. | вет.                                                                              | бут.                                                                              | бут.                                                                              | цв.                                                                               | цв.                                                                                | цв.                                                                                 | соз.                                                                                | соз.                                                                                |     |

## Условные обозначения:



- имаго;



- откладка яиц;



- стадия личинки;



- стадия куколки.

сев. — сев; вс. — всходы; вет. — ветвление; бут. — бутонизация; цв. — цветение; соз. — созревание.

— - оптимальный срок борьбы.

Передние крылья шалфейной совки светло-песчаные, с серым (с темной каймой) почковидным пятном и с более темной бахромкой за задней поперечной линией, которая намечена рядом с пятнышками; передний край крыла с буроватым мазком, достигающим до почковидного пятна; основная часть крыла с несколькими бурыми точками; задние крылья того же цвета, с широко затемненной черноватой вершиной, включающей близ внутреннего угла небольшое светлое пятно рядом с темным средним пятном. Размах крыльев 35–40 мм.

Гусеница бледно-зеленая, часто с сероватыми струйчатыми полосами вдоль тела; длиной до 50 мм., в отдельных светлых щетинках, сидящих на маленьких, темных бугорках; голова зеленая, (по бокам иногда более темная от коричневатых пятнышек); ложноножек - пять пар, крючочки занимают менее половины окружности подошвы.

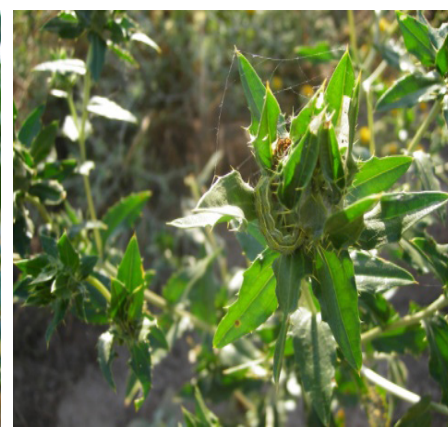
Куколка светло-красно-бурая, с двумя длинными тонкими параллельными шипами на вершине брюшка. Шалфейная совка зимует в земле в стадии куколки. Вылет бабочек первого поколения шалфейной совки начинается в середине апреля, которые вскоре приступают к откладке яиц. Стадия яйца длится 6–7 дней. Шалфейная совка откладывает яйца в основном

на листья. В конце апреля из отложенных яиц появляются гусеницы, которые в основном развиваются на сорняках.

Куколка шалфейной совки *Chloridae peltigera* Shif.

Куколки первого поколения появляются в момент образования и развития бутонов сафлора, из которых через 14–18 дней выходит второе поколение шалфейной совки. Вскоре бабочки приступают к откладке яиц. Гусеницы первого и второго возрастов второго поколения питаются в основном листьями сафлора, начиная с третьего возраста, питаются внутренним содержимым корзинок.

Вред, причиняемый гусеницами шалфейной совки, посевам сафлора в фазе розетки выражается в том, что они прогрызают небольшие, круглые сквозные отверстия. Больше

Гусеницы шалфейной совки *Chloridae peltigera* Shif.

Фенология развития шалфейной совки

| Август | Март |     | Апрель |     |                                                                                   | Май                                                                               |                                                                                   |                                                                                    | Июнь                                                                                |                                                                                     |                                                                                     | Июль                                                                                |                                                                                     |     |
|--------|------|-----|--------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|        | II   | III | I      | II  | III                                                                               | I                                                                                 | II                                                                                | III                                                                                | I                                                                                   | II                                                                                  | III                                                                                 | I                                                                                   | II                                                                                  | III |
| I      |      |     |        |     |  |  |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |     |
|        |      |     |        |     |                                                                                   |  |  |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |     |
|        |      |     |        |     |                                                                                   |                                                                                   |  |   |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |     |
| II     |      |     |        |     |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |   |   |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |     |
|        |      |     |        |     |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |  |  |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |     |
|        |      |     |        |     |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |  |  |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |     |
| III    |      |     |        |     |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |  |  |                                                                                     |                                                                                     |     |
|        |      |     |        |     |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                     |  |  |                                                                                     |     |
|        |      |     |        |     |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |  |  |     |
|        |      |     | сев.   | вс. | вет.                                                                              | вет.                                                                              | бут.                                                                              | бут.                                                                               | цв.                                                                                 | цв.                                                                                 | цв.                                                                                 | соз.                                                                                | соз.                                                                                |     |

## Условные обозначения:

 - имаго;  - откладка яиц;  - стадия личинки;  - стадия куколки.

сев. — сев; вс. — всходы; вет. — ветвление; бут. — бутонизация; цв. — цветение; соз. — созревание.

страдает центральная часть розетки, где находятся наиболее нежные зачатки листьев, которые зачастую съедаются целиком, что приводит к нарушению правильного развития растений. Гусеницы шалфейной совки повреждают в основном корзинки центрального, первого и второго порядка из которых получается почти весь урожай сафлора.

С появлением на поле бутонов (корзинок) с огрубевшей оберткой, характер повреждений, причиняемый гусеницами, меняется. С этого времени они питаются внутренним содержимым корзинок, прогрызая круглое отверстие в обертке головки такой величины, чтобы в него могла пройти голова гусеницы. Не редко, когда в головке образуется достаточно пустое пространство, гусеница заползает туда целиком. В большинстве случаев внутренняя часть головки съедается полностью, таким образом, уничтожается весь урожай корзинок. Только в очень редких случаях поврежденная корзинка дает частичный урожай. Уничтожив урожай одной корзинки, гусеница переползает на другую и питаясь, продолжает свою «вредоносную деятельность». В условиях Узбекистана шалфейная совка развивается в трех поколениях.

## 2. Методы прогнозирования

Прогнозирование численности и активности вредителей сафлора включает несколько методов: биологические и математические модели.

## 2.1. Биологические методы

Изучение жизненного цикла и экологии вредителей позволяет определить наиболее уязвимые фазы их развития.

## 2.2. Математические модели

Математические модели позволяют количественно оценить численность вредителей на основе различных факторов. Мы рассмотрим несколько примеров таких моделей.

## 3. Математические расчеты

## 3.1. Модель роста популяции

Для прогнозирования численности вредителей можно использовать модель логистического роста:

$$N(t) = \frac{K}{1 + \left(\frac{K-N_0}{N_0}\right) e^{-rt}}$$

где:

- $N(t)$  — численность популяции в момент времени  $t$ ,
- $K$  — максимальная емкость среды (максимальное число особей, которое может поддерживать экосистема),
- $N_0$  — начальная численность популяции,
- $r$  — коэффициент роста.

## 3.2 Модель воздействия климатических факторов

Также можно учитывать влияние климатических факторов на численность вредителей. Например, можно использовать регрессионную модель:

$$N = aT + bH + cR + d$$

где:

- $N$  — численность вредителей,
- $T$  — температура,
- $H$  — влажность,
- $R$  — количество осадков,
- $a, b, c, d$  — коэффициенты регрессии.

## 3.3 Модель временных рядов

Для анализа изменений численности вредителей можно использовать модель временных рядов. Например, модель авторегрессии:

$$N_t = c + \phi_1 N_{t-1} + \phi_2 N_{t-2} + \epsilon_t$$

где:

- $N_t$  — численность в текущий период,
- $c$  — постоянная,
- $\phi_1, \phi_2$  — коэффициенты авторегрессии,
- $\epsilon_t$  — случайная ошибка.

## 4. Практические рекомендации

Для эффективной борьбы с вредителями сафлора следует использовать интегрированный подход:

**Севооборот.** Чередование культур поможет разорвать цикл вредителей.

**Биологические методы.** Внедрение естественных врагов вредителей снижает их численность.

**Химические препараты.** Применение инсектицидов должно осуществляться в зависимости от прогнозируемой численности вредителей.

**Заключение.** Прогнозирование вредителей сафлора, таких как сафлоровая муха, сафлорный долгоносик и шалфейная совка, играет важную роль в сельском хозяйстве. Применение математических моделей позволяет более точно оценивать численность и активность вредителей, что способствует разработке эффективных методов защиты. Использование интегрированного подхода к борьбе с вредителями позволяет значительно снизить ущерб и повысить урожайность сафлора.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Сосновский, И. В., & Петров, А. Н. (2021). Агроэкология и защита растений: теоретические и практические аспекты. М.: Издательство «Аграрная наука».
2. Зайцева, Л. А. (2019). Биология и экология вредителей сельскохозяйственных культур. СПб.: Издательство «Наука».
3. Иванов, Д. Р. (2022). Интегрированная защита растений: методы и технологии. Казань: Издательство «Агропромиздат».