

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ CEPHUS PYGMAEUS L. И COLLYRIA COXATOR VILL. В РАЗНЫЕ ФАЗЫ ОНТОГЕНЕЗА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В СТАВРОПОЛЬСКОМ КРАЕ

Глазунова Н.Н.

ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет», г. Ставрополь, Россия (355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12) E-mail: juliya.bezgina@mail.ru

Восьми летний массив эмпирических данных по динамике численности лета обыкновенного хлебного пилильщика и его энтомофага коллирии в разные фазы развития озимой пшеницы (трубкование, колошение, цветение, молочная спелость, восковая спелость) проанализированы с применением статистических методов (регрессионный и корреляционный анализы) и использованием базовой компьютерной программы «Статистика-6», которые позволили математически описать численность популяций насекомых, с погодно-климатическими условиями в Ставропольском крае. Установлена количественная взаимосвязь между численностью популяций фитофага и его яйцепаразитом в виде графических зависимостей и эмпирических уравнений второго порядка в разные фазы развития озимой пшеницы за период 1998-2005 гг. Показано комбинированное влияние погодно-климатических факторов на развитие популяций насекомых в виде уравнений поверхности, связывающих численность популяций с температурой и количеством осадков, выпадающих в разные периоды онтогенеза озимой пшеницы. По результатам предложено математическое моделирование, изменения динамики численности популяции обыкновенного хлебного пилильщика и его энтомофага коллирии в разные периоды онтогенеза озимой пшеницы и погодно-климатических факторов в виде эмпирических уравнений второго порядка для Ставропольского края.

Ключевые слова: обыкновенный хлебный пилильщик, коллирия, температура, осадки, фазы развития озимой пшеницы, математическое моделирование.

MATHEMATICAL MODELING OF THE RELATIONSHIP OF CLIMATIC FACTORS AND POPULATION DYNAMICS CEPHUS PYGMAEUS L. AND COLLYRIA COXATOR VILL. IN DIFFERENT PHASES OF ONTOGENESIS OF WINTER WHEAT IN THE STAVROPOL TERRITORY

Glazunova N.N.

FSBEI HPE «Stavropol State Agrarian University», Stavropol, Russia (355017, h.12, cross-street Zootechnichesky, town Stavropol) E-mail: juliya.bezgina@mail.ru

Eight year old body of empirical data on the population dynamics of an ordinary summer wheat stem sawfly and its entomophage calls in different phases of development of winter wheat (booting, earing, flowering, milk ripeness, waxy ripeness) analyzed using statistical methods (regression and correlation analyzes) and using basic computer program " Usage -6", which allowed to mathematically describe the populations of insects , weather and climatic conditions in the Stavropol region. The quantitative relationship between the size of populations and its phytophage yajtseparazitom in the form of plots and empirical equations in different phases of development of winter wheat during the period from 1998-2005. Shows the combined effect of climatic factors on the development of insect populations in the form of surface equations linking populations with temperature and amount of precipitation in different periods of ontogenesis of winter wheat. According to the results of mathematical modeling of the proposed changes the dynamics of population ordinary stem sawfly and its entomophage calls in different periods of ontogenesis of winter wheat and climatic factors in the form of empirical equations of second order for the Stavropol Territory.

Keywords: Common sawflies, Collier, temperature, precipitation, phase of development of winter wheat, and mathematical modeling.

От температуры и количества выпадаемых осадков будет зависеть и складывающийся гидротермический коэффициент (температура воздуха и почвы, влажность воздуха и почвы,

условия развития растений озимой пшеницы, испаряемость и прогреваемость посевов и т.д.).

Фенологическая фаза развития характеризует состояние озимой пшеницы: определяет рост растения, количество биомассы, служит сигналом к массовому лету обыкновенному хлебному пилильщику и началу им откладки яиц следом появляется его энтомофаг коллирия.

Целью наших исследований был анализ и установление взаимосвязи динамики численности лета обыкновенного хлебного пилильщика и его энтомофага коллирии в весенне-летние периоды онтогенеза озимой пшеницы и погодно-климатических факторов (температура и количество осадков) в виде эмпирических уравнений.

В расчетах были приняты следующие показатели: длительность фазы, τ , дни; средняя точка продолжительности фазы, дата месяца; средняя температура фазы, $^{\circ}\text{C}$ (x) и средняя величина осадков фазы, мм (y).

Для начала мы провели анализ погодно-климатических факторов. Он был выполнен для условий временного интервала исследований и шести фаз развития озимой пшеницы: трубкование, колошение, цветение, молочная спелость.

Полученные данные были обработаны с использованием базовой компьютерной программы «Статистика-6». Результаты хода изменений средних фазовых температур и объема осадков в различные периоды онтогенеза озимой пшеницы обыкновенного хлебного пилильщика и коллирии в 1998-2005 годы.

С помощью программы «Статистика 6» мы рассчитали и аналитические зависимости функции температуры « $t = f(\tau)$ » для исследуемого временного интервала для каждого года начиная с 1998 по 2005 гг. включительно.

Рассчитанные программой уравнения хода изменений средних фазовых температур имеют следующий вид:

$$t, ^{\circ}\text{C}(1998) = 17,58 - 0,3904\tau + 0,0197\tau^2 - 0,0002\tau^3 + 6\text{E}-07\tau^4, \quad (1)$$

$$t, ^{\circ}\text{C}(1999) = 13,718 - 0,364\tau + 0,0202\tau^2 - 0,0002\tau^3 + 6\text{E}-07\tau^4, \quad (2)$$

$$t, ^{\circ}\text{C}(2000) = 9,3214 + 0,3583\tau - 0,0125\tau^2 + 0,0003\tau^3 - 2\text{E}-06\tau^4, \quad (3)$$

$$t, ^{\circ}\text{C}(2001) = 13,42 + 0,1911\tau - 0,0064\tau^2 + 0,0002\tau^3 - 1\text{E}-06\tau^4, \quad (4)$$

$$t, ^{\circ}\text{C}(2002) = 9,2325 + 0,6506\tau - 0,0262\tau^2 + 0,0005\tau^3 - 3\text{E}-06\tau^4, \quad (5)$$

$$t, ^{\circ}\text{C}(2003) = 10,25 + 1,1537\tau - 0,0504\tau^2 + 0,0008\tau^3 - 4\text{E}-06\tau^4, \quad (6)$$

$$t, ^{\circ}\text{C}(2004) = 13,558 + 0,029\tau - 0,0007\tau^2 + 3\text{E}-05\tau^3 - 4\text{E}-07\tau^4, \quad (7)$$

$$t, ^{\circ}\text{C}(2005) = 11,167 + 0,7529\tau - 0,0318\tau^2 + 0,0005\tau^3 - 3\text{E}-06\tau^4, \quad (8)$$

Также были получены и аналитические зависимости функция осадков « $V_{\text{ос}} = f(\tau)$ » для 5 фаз онтогенеза озимой пшеницы за исследуемый временной интервал для каждого года.

Рассчитанные программой уравнения изменения количества осадков в эти же периоды имеют следующий вид:

$$V_{\text{ос, мм}}(1998) = 17,581 - 0,3904\tau + 0,0197\tau^2 - 0,0002\tau^3 + 6E-07\tau^4 \quad (9)$$

$$V_{\text{ос, мм}}(1999) = 173,03 - 10,061\tau + 0,4215\tau^2 - 0,0072\tau^3 + 4E-05\tau^4 \quad (10)$$

$$V_{\text{ос, мм}}(2000) = 235,39 - 17,51\tau + 0,7605\tau^2 - 0,012\tau^3 + 6E-05\tau^4 \quad (11)$$

$$V_{\text{ос, мм}}(2001) = 185,36 - 3,8552\tau + 0,13\tau^2 - 0,0027\tau^3 + 2E-05\tau^4 \quad (12)$$

$$V_{\text{ос, мм}}(2002) = 9,2325 + 0,6506\tau - 0,0262\tau^2 + 0,0005\tau^3 - 3E-06\tau^4 \quad (13)$$

$$V_{\text{ос, мм}}(2003) = -48,035 + 6,5934\tau - 0,2714\tau^2 + 0,0044\tau^3 - 2E-05\tau^4 \quad (14)$$

$$V_{\text{ос, мм}}(2004) = 109,25 + 16,32\tau - 0,317\tau^2 + 0,0018\tau^3 \quad (15)$$

$$V_{\text{ос, мм}}(2005) = 48,91 + 4,9541\tau - 0,2368\tau^2 + 0,0036\tau^3 - 2E-05\tau^4 \quad (16)$$

Для установления количественной взаимосвязи численности популяций обыкновенного хлебного пилильщика и коллирии во время лета имаго в разные годы (за 1998-2005 годы) исследований озимой пшеницы в виде эмпирических уравнений. Был проведен анализ их численности с использованием базовой компьютерной программы «Статистика-6» для четырех фаз развития озимой пшеницы: трубкование, колошение, цветение, молочная спелость.

В расчетах были приняты следующие показатели: длительность фазы, τ , дни; численность популяции, экз/м² (P_i). Взаимосвязь между численностью популяций обыкновенного хлебного пилильщика и его энтомофагом была установлена в виде аналитических зависимостей функции

$$P_i = f(\tau), \quad (17)$$

где P_i – численность популяции, экз/м²;

τ – длительность фаз, дни.

Расчеты значений P_i были выполнены по ежегодным эмпирическим данным, полученным за восемь лет исследований (1998-2005 гг.) по динамике численности обыкновенного хлебного пилильщика и коллирии.

Из полученных результатов видим, что лёт хлебного пилильщика тесно связан с онтогенезом озимой пшеницы, так, массовый лёт этого вредителя во все годы приходится на фазы колошения и цветения данной культуры. Лёт же его энтомофага коллирии полностью совпадает с летом фитофага. Численность как вредителя, так и его энтомофага, по годам изменяются только абсолютные значения величин P_n и P_k , которые определяются, на наш взгляд, изменением абсолютных погодно-климатических условий в разные годы.

Из полученных результатов видно, что численность специализированного яйцепаразита коллирии полностью коррелируется с численностью хлебного пилильщика по годам. Так, например, максимальную численность популяции хлебного пилильщика мы

наблюдали в 2003 году, а минимальную в 2002 году, в этих же годах отмечена максимальная и минимальная численность его паразита коллирии. На примере лета денных насекомых и сопоставления графических данных погодно климатических условий года однозначный вывод сделать сложно об отрицательном или положительном влиянии данного фактора на численность насекомых.

Статистическая обработка экспериментальных данных позволила установить зависимости численность популяции обыкновенного хлебного пилильщика коллирии в различные периоды онтогенеза озимой пшеницы по исследуемым годам и получить уравнения линейной регрессии.

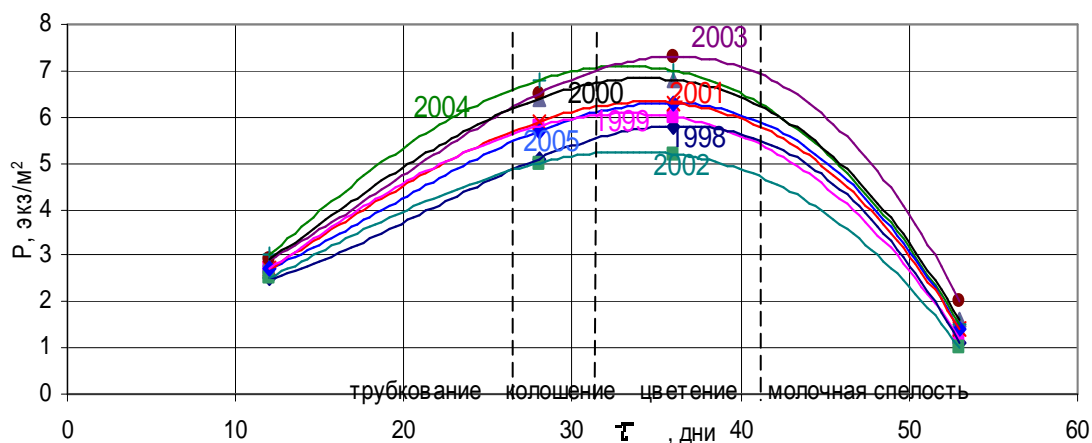


Рисунок 1 – Динамика лета обыкновенного хлебного пилильщика в различные фазы онтогенеза за 1998-2005 гг.

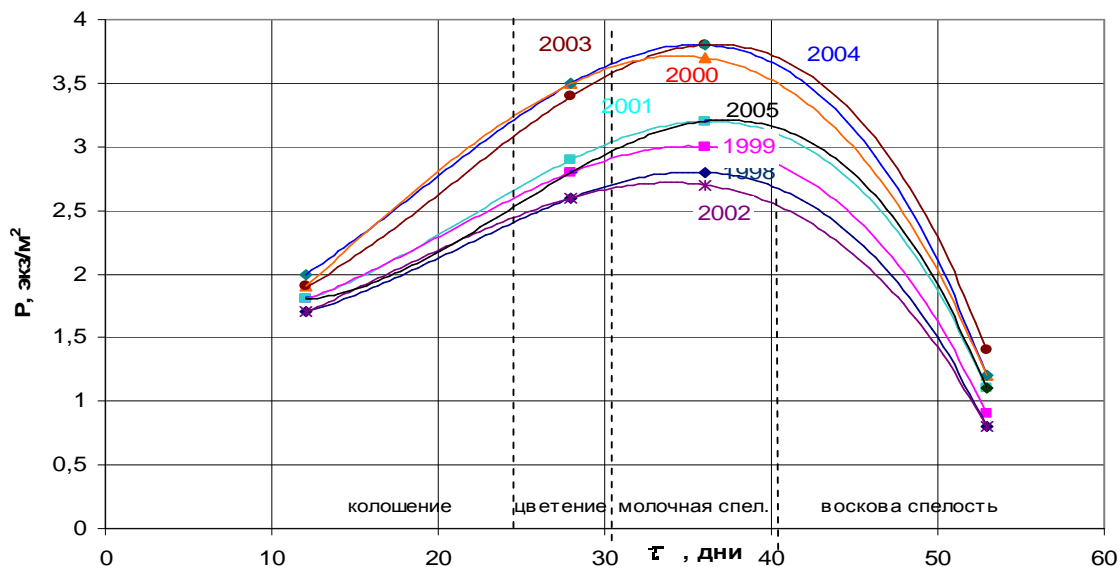


Рисунок 2 – Динамика лета коллирии в различные фазы онтогенеза за 1998-2005 г.

Проведенный анализ показал, что аналитические зависимости численности популяции обыкновенного хлебного пилильщика и коллирии в различные фазы онтогенеза за период 1998-2005 года имеют вид уравнений линейной регрессии третьей степени $P_k = a + bT + cT^2 + dT^3$. Данные уравнения описывают лёт фитофага и его энтомофага, который в

Центральном предкавказье начинается в конце фазы трубкования озимой пшеницы в первые особи фитофага нами были отмечены с 10.05. и продолжается до фазы начала молочной спелости последние особи попадались до середины июня 15.06.

Аналитические зависимости численности популяции насекомого и его паразита в различные фазы развития озимой пшеницы позволяют выполнить анализ изменения указанных зависимостей для разных фаз по годам в пределах используемого временного интервала.

Полученные аналитические зависимости изменения численности лета обыкновенного хлебного пилильщика и коллирии в различные периоды онтогенеза озимой пшеницы за 1998-2005 гг. были разбиты по исследуемым фазам (трубкование, колошение, цветение, молочная спелость) и проанализированы по годам с использованием базовой компьютерной программы «Статистика-6».

В результате статистической обработки данных мы выяснили, что лет обыкновенного хлебного пилильщика и коллирии в фазы трубкования, колошения, цветения и молочной спелости характеризуется уравнениями линейной регрессии четвертой степени типа:

$$y = a + vx + cx^2 + dx^3 + fx^4, \quad (18)$$

где y – численность популяции, P , экз/м²;

x – среднее значение фазы развития, t , дни.

Принимая во внимание тот факт, что численность популяций насекомых и паразитов зависит от двух факторов: температуры, t , °С и количества осадков, V_{oc} , мм, то эти зависимости можно представить в виде поверхности, определяемой уравнениями типа

$$P, \text{ экз/м}^2 = a + v*t + c*V_{oc} \quad (20)$$

$$P, \text{ экз/м}^2 = a - v*t + c*V_{oc} + d*t^2 - e*t*V_{oc} - f*V_{oc}^2, \quad (21)$$

На рисунках 3-6 представлены графические и аналитические зависимости « $P = f(t; V_{oc})$ » в виде поверхности второго порядка для обыкновенного хлебного пилильщика и коллирии в период колошения и цветения за 1998-2005 годы, полученные согласно базовой компьютерной программе «Статистика-6».

Изменение динамики лета обыкновенного хлебного пилильщика и коллирии в фазу трубкования в зависимости от температуры и количества осадков происходят по следующим уравнениям:

$$P_{\Pi} = 4,1648 + 0,0567*t - 0,1437*V_{oc} - 0,0009*t^2 - 0,0008*t*V_{oc} + 1,8017E-5*V_{oc}^2 \quad (22)$$

$$P_K = 1,2616 + 0,0751*t + 0,0034*V_{oc} - 0,0022*t^2 - 0,0004*t*V_{oc} + 1,043E-5*V_{oc}^2 \quad (23)$$

Изменение динамики лета обыкновенного хлебного пилильщика и коллирии в период молочной спелости в зависимости от температуры и количества осадков происходят по следующим уравнениям:

$$P_{\Pi} = -128,9742 - 11,9895*t - 0,2229*V_{oc} + 0,2726*t^2 + 0,0136*t*V_{oc} - 0,0002*V_{oc}^2 \quad (24)$$

$$P_k = 77,3991 - 7,2005 * t - 1,1094 * V_{oc} + 0,1643 * t^2 + 0,0071 * t * V_{oc} - 0,0002 * V_{oc}^2 \quad (25)$$

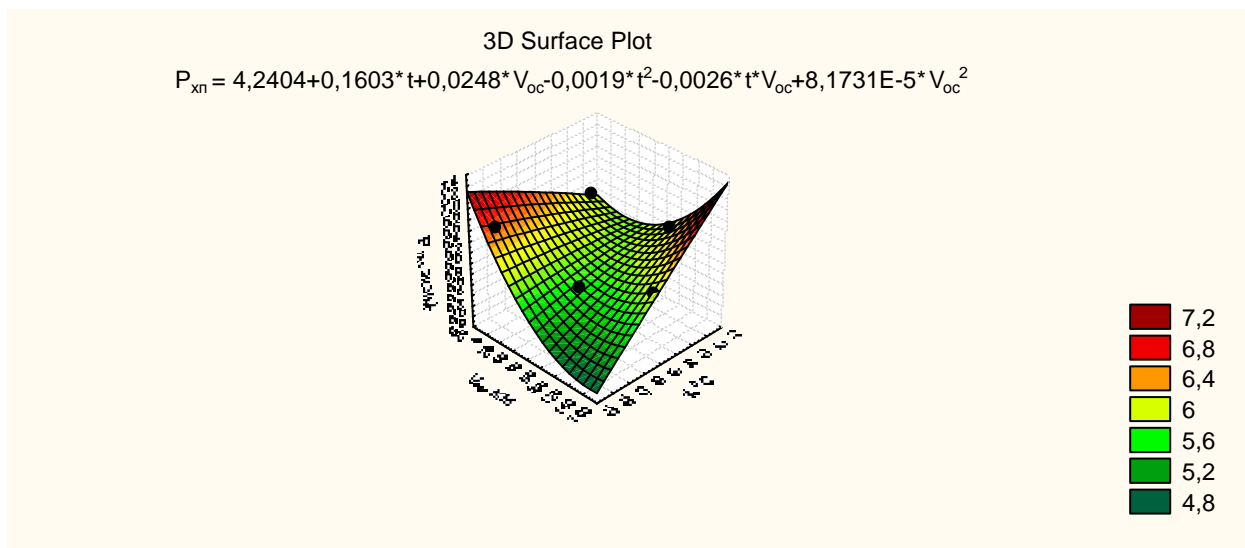


Рисунок 3 – Изменение динамики лета обыкновенного хлебного пилильщика в период колошения в зависимости от температуры и количества осадков (экз/м²).

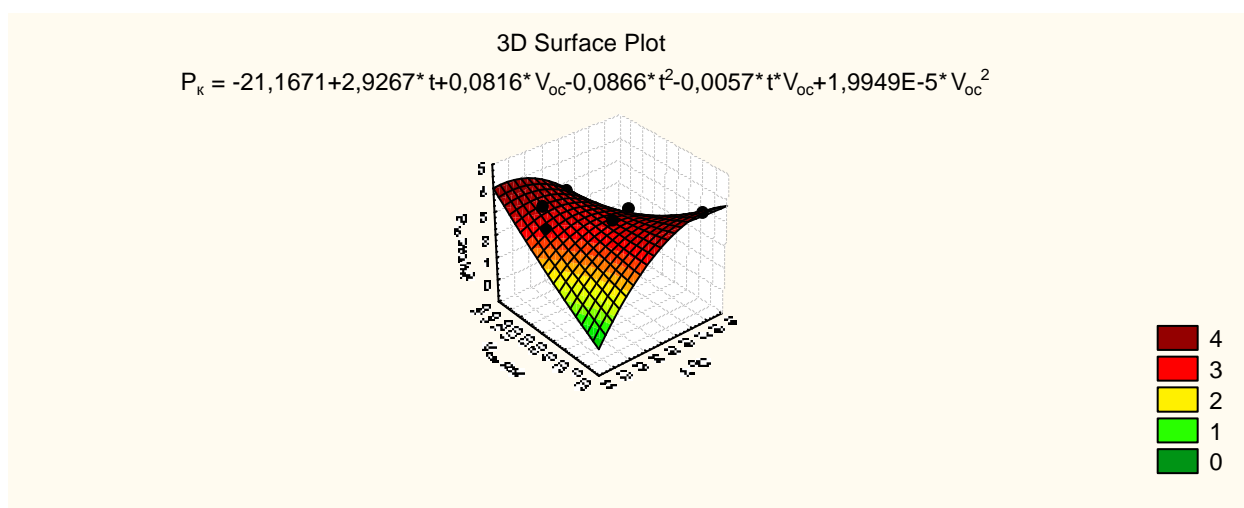


Рисунок 4 – Изменение динамики лета коллирии в период колошения в зависимости от температуры и количества осадков (экз/м²).

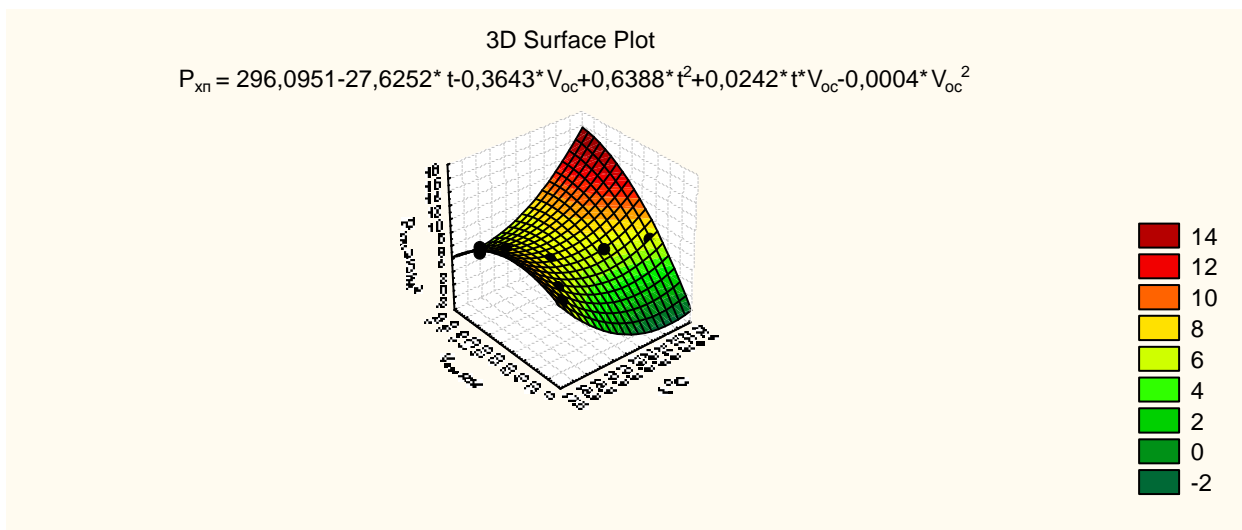


Рисунок 5 – Изменение динамики лета обыкновенного хлебного пилильщика в период цветения в зависимости от температуры и количества осадков (экз/м²).

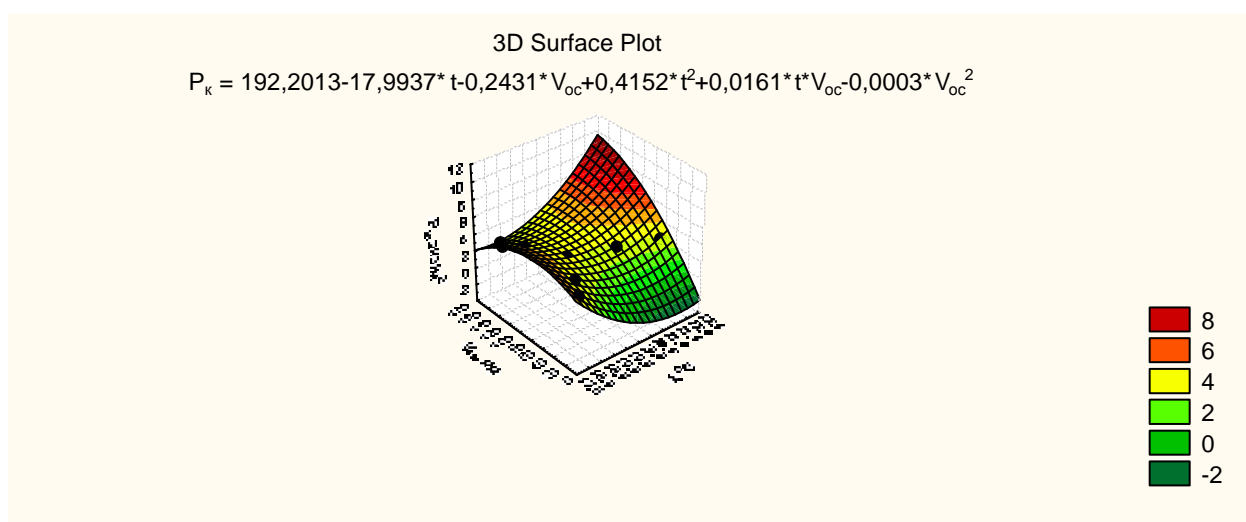


Рисунок 6 – Изменение динамики лета коллирии в период цветения в зависимости от температуры и количества осадков (экз/м²).

Результаты проведенных анализов и расчетов по совместному влиянию температуры и выпадающих осадков на развитие динамики лета популяций обыкновенного хлебного пилильщика и его энтомофага коллирии можно использовать в краткосрочном прогнозе, в виде уравнений поверхности, связывающих численность популяций с температурой и количеством осадков, выпадающих в разные периоды онтогенеза озимой пшеницы. По предложенным результатам можно проводить математическое моделирование численности популяций в зависимости от погодно-климатических факторов и на основании полученных данных разрабатывать мероприятия по контролю численности и вредоносности обыкновенного хлебного пилильщика с учетом эффективности его энтомофага коллирии.

Список литературы

1. Взаимоотношения между видами в консорции озимой пшеницы / Глазунова Н.Н. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2006. - №5. – С. 65-70.
2. Влияние лесополос на энтомофауну в агроценозе озимой пшеницы / Глазунова Н.Н. // Защита и карантин растений. – 2007. - № 4. – С. 44-45.
3. Есаулко А.Н. Оптимизация систем удобрений в севооборотах Центрального Предкавказья как фактор повышения плодородия почвы и продуктивности сельскохозяйственных культур: диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Ставрополь, 2006.
4. Пути сохранения ценных компонентов агробиоценозов / Глазунова Н.Н., Ченикалова Е.В. // Защита и карантин растений. – 2006. - №8. – С. 19-20.
5. Путь в большую науку / Морозов В., Сотникова С. // Высшее образование в России. – 2006. - № 2. – С. 125-128.
6. Трухачев В.И. Развитие науки - путь к успеху! // Достижения науки и техники АПК. – 2010. - № 9. – С. 3-4.
7. Фитосанитарное состояние и защита озимой пшеницы от сосущих вредителей в Центральном Предкавказье / Добронравова М.В., Глазунова Н.Н. // Современные проблемы науки и образования. – 2013. - № 3. – С. 425.
8. Устойчивость зерновых культур к вредителям и их вредоносность на современных сортах озимой пшеницы / Ченикалова Е.В., Мухина О.В., Щербакова С.А., Скребцова Т.И., Безгина Ю.А., Любая С.И. – Ставрополь, 2008.
9. Экологические аспекты получения и применения комплексных биопрепаратов растительного происхождения в технологиях возделывания зерновых культур / Безгина Ю.А.: Дисс. на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. – Ставрополь, 2001.
10. Эффективность физических и биологических приемов при подавлении развития микроорганизмов на зерне озимой пшеницы / Безгина Ю.А., Авдеева В.Н. // В сборнике: Новые технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности с использованием электрофизических факторов и озона, 2012. – С. 6-8.

Рецензенты:

Ченикалова Е.В., д.б.н., профессор кафедры химии и защиты растений ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет», г. Ставрополь.

Стародубцева Г.П., д.с.-х.н., профессор, заведующая кафедрой физики ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет», г. Ставрополь.