УДК 595.7:633.11«324»:51(470.630)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ HAPLOTHRIPS TRITICI KURD. И AELOTHRIPS FASCIATUS L. В РАЗНЫЕ ФАЗЫ ОНТОГЕНЕЗА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ПРЕДКАВКАЗЬЕ

Глазунова Н.Н., Безгина Ю.А., Мазницына Л.В., Шарипова О.В., Устимов Д.В.

Ставропольский государственный аграрный университет

Применены статистические методы (регрессионный и корреляционный анализы) с использованием базовой компьютерной программы «Статистика-6» для обработки массива экспериментальных данных, связывающих численность популяции пшеничного трипса и его энтомофага полосатого трипса, с погодно-климатическими условиями в разные фазы развития озимой пшеницы (трубкование, колошение, цветение, молочная спелость, восковая спелость) в зоне Центрального Предкавказья. Установлена количественная взаимосвязь между численностью популяций фитофага и его хищника в виде графических зависимостей и эмпирических уравнений второго порядка в разные фазы развития озимой пшеницы за период 1998-2005 гг. Показано комбинированное влияние температуры и осадков 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 пшеничного трипса и его хищника в разные периоды онтогенеза озимой пшеницы и погодно-климатических факторов в виде эмпирических уравнений второго порядка для зоны Центрального Предкавказья.

Ключевые слова: пшеничный трипс, полосатый трипс, температура, осадки, фазы развития озимой пшеницы, математическое моделирование.

MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE RELATIONSHIP DYNAMICS OF POPULATION HAPLOTHRIPS TRITICI KURD. AND AELOTHRIPS FASCIATUS L. IN DIFFERENT PHASES OF ONTOGENESIS IN WINTER WHEAT CLIMATIC FACTORS IN THE CENTRAL ANTE

Glazunova N.N., Bezgina Y.A., Maznitsyna L.V., Sharipova O.V., Ustimov D.V.

Stavropol State Agrarian University

Applied statistical methods (regression and correlation analyzes) using basic computer programs "Statistics - 6" for the processing of experimental data linking population size and wheat thrips entomophage striped thrips , with climatic conditions in different phases of development of winter wheat (booting , earing , flowering, milk ripeness , waxy ripeness) in the area of the Central Caucasus. The quantitative relationship between population numbers phytophage and its predator 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 temperature and precipitation 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 wheat thrips population , and its predator in different periods of ontogenesis of winter wheat and climatic factors in the form of empirical equations of second order for the zone of the Central Caucasus.

Keywords: wheat thrips, striped thrips, temperature, precipitation, phase of development of winter wheat, mathematical modeling

От температуры и количества выподаемых осадков будет зависеть и складывающийся гидротермический коэффициент (влажность воздуха и почвы, испаряемость и прогреваемость посевов и т.д.).

Фенологическая фаза развития характеризует состояние озимой пшеницы: определяет рост растения, количество биомассы, активность азотного обмена и формирование

структуры будущего урожая, а также расселение и формообразование популяции пшеничного трипса, место его питания на растении, а также порог вредоносности его по отношению к растению озимой пшеницы.

Целью наших исследований был анализ и установление взаимосвязи динамики численности популяций пшеничного трипса и его хищника полосатого трипса в весенне-летние периоды онтогенеза озимой пшеницы и погодно-климатических факторов (температура и количество осадков) в виде эмпирических уравнений четвертого порядков.

В расчетах были приняты следующие показатели: длительность фазы, τ, дни; средняя точка продолжительности фазы, дата месяца; средняя температура фазы, °С (х) и средняя величина осадков фазы, мм (у).

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, восковая 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 и насекомых (полосатый и пшеничный трипсы) в 1998-2005 годы.

С помощью программы «Статистика 6» мы рассчитали и аналитические зависимости функции температуры «t = f (τ)» 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

Также были получены и аналитические зависимости функции осадков «V_{oc} = f (τ)» 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:

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

V_{oc}, мм(1999) = 173,03 – 10,061τ + 0,4215τ^2 – 0,0072τ^3 + 4E-05τ^4 (10)

V_{oc}, мм(2000) = 235,39 – 17,51τ + 0,7605τ^2 – 0,012τ^3 + 6E-05τ^4 (11)

V_{oc}, мм(2001) = 185,36 – 3,8552τ + 0,13τ^2 – 0,0027τ^3 + 2E-05τ^4 (12)

V_{oc}, мм(2002) = 9,2325 + 0,6506τ – 0,0262τ^2 + 0,0005τ^3 – 3E-06τ^4 (13)

V_{oc}, мм(2003) = -48,035 + 6,5934τ –0,2714τ^2 + 0,0044τ^3 – 2E-05τ^4 (14)

V_{oc}, мм(2004) = 109,25 + 16,32τ –0,317τ^2 + 0,0018τ^3 (15)

V_{oc}, мм(2005) = 48,91 + 4,9541τ – 0,2368τ^2 + 0,0036τ^3 – 2E-05τ^4 (16)

Для установления графических и аналитических зависимостей изменения динамики численности популяций пшеничного и полосатого трипсов в различные периоды онтогенеза озимой пшеницы за 1998 – 2005 года были полученные эмпирические данные за восемь лет исследований, также обработали с использованием базовой компьютерной программы «Статистика-6».

Из полученных результатов видим, что кривые хода изменения численности пшеничного и полосатого трипсов в процессе онтогенеза озимой пшеницы отражают циклы развития данных насекомых в посевах этой культуры. Изменяются только абсолютные значения величины численности $P_{пш}$ и $P_{пп}$, которые определяются изменением погодно-климатических факторов в разные годы (рисунки 1 и 2).

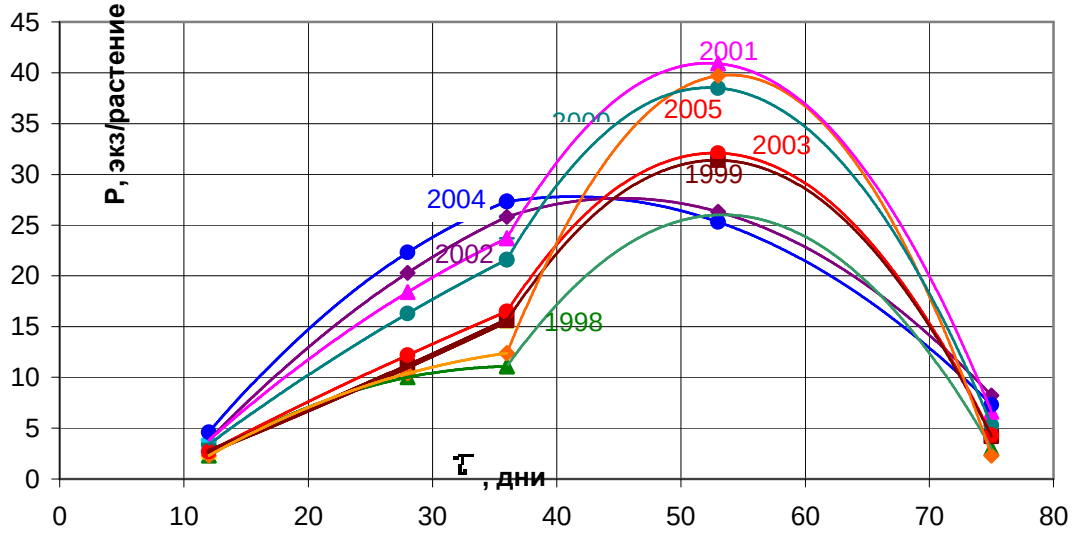

Рисунок 1 – Динамика численность популяции пшеничного трипса в различные фазы онтогенеза за 1998–2005 гг.

Из графиков динамики численности видим, что в 2002 и 2004 годах численность популяции пшеничного трипса были наименьшие, если проанализировать погодно-климатические условия этих лет то увидим, что в фазы колошения и цветения в момент выхода трипса, откладки и развития яиц стояла прохладная и сухая погода. Средне фазовая температура была ниже на 0,9 °С, а количество осадков в 2002 году ниже было на 45,7%; в 2004 году ниже на 37,1 %. Что привело к снижению плодовитости самок и гибели яиц

пшеничного трипса. Снижение численности пшеничного трипса отразилось на численности полосатого трипса, его численность в эти годы также снизилась, но, как видим на графике рисунка 2, не сразу, а в фазу молочной спелости. Эти годы выбиваются из общего хода динамики численности, как фитофага, так и его специализированного энтомофага. Наибольшая численность пшеничного и полосатого трипса нами отмечена в 2001 году, в этом году в фазу колошения озимой пшеницы стояла теплая и влажная погода. Температура в фазу колошения была не намного выше среднемноголетней, а вот осадков выпало на 210 % от средне многолетней нормы, что, на наш взгляд, и поспособствовало увеличению численности популяции данного вредителя. А наличие богатой кормовой базы способствовало увеличению численности полосатого трипса в этом году.

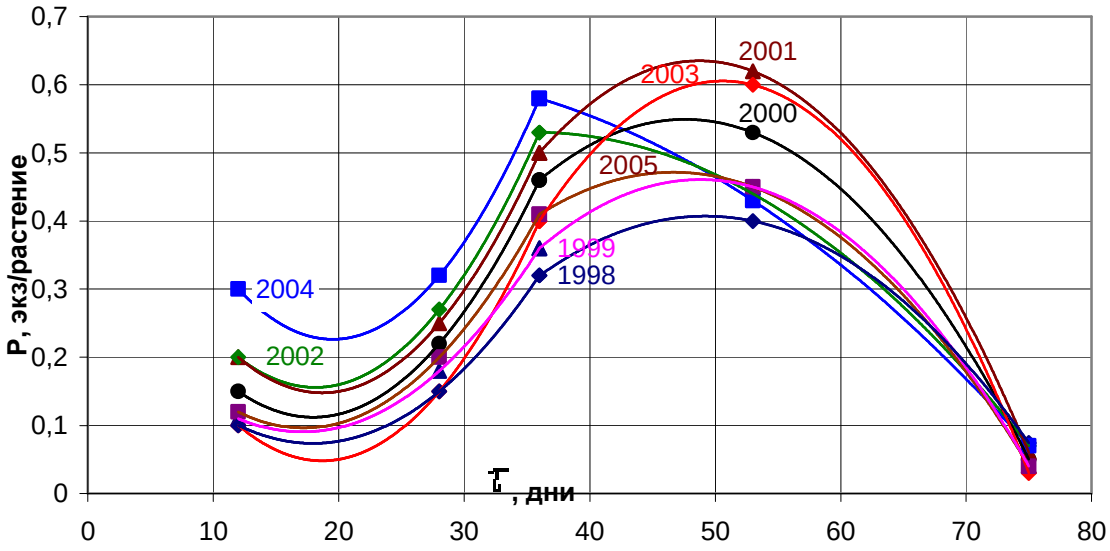

Рисунок 2 – Динамика численность популяции полосатого трипса в различные фазы онтогенеза за 1998–2005 г

Статистическая обработка экспериментальных данных позволила установить зависимости динамики численности популяции пшеничного трипса и полосатого трипса в различные периоды онтогенеза озимой пшеницы по исследуемым годам и получить уравнения линейной регрессии.

Проведенный анализ показал, что аналитические зависимости численности популяции пшеничного и полосатого трипсов в различные фазы онтогенеза за период 1998–2005 годы имеют вид уравнений линейной регрессии второй степени:

$$P_{пт} = a + в\tau + c\tau^2 \quad (17)$$

Где: $P_{пт}$ – численность пшеничного трипса
а, в, с – это коэффициенты
τ – дни развития.

В процессе онтогенеза фитофага динамика его численности популяции математически описывается в двух временных интервалах. Первый длится от начала выхода пшеничного

трипса из зимовки до начала отрождения нового поколения. Второй временной интервал представлен массовым отрождением личинок и до ухода личинок на зимовку.

При статистической обработке эмпирических данных по численности полосатого трипса в процессе онтогенеза озимой пшеницы по годам выявлено, что аналитические зависимости динамики численности их популяции за период 1998–2005 года имеют также вид уравнений линейной регрессии второй степени:

$$\mathbf{P_{пп} = a + в\tau + /\tau^2} \quad (18)$$

Где: $P_{пп}$ – численность полосатого трипса
а, в, с – это коэффициенты
τ – дни развития.

В процессе онтогенеза энтомофага динамика его численности популяции также математически описывается в двух временных интервалах. Первый длится от начала выхода имаго из зимовки до конца откладки яиц трипсами. Второй временной интервал представлен массовым отрождением личинок и до ухода нимф на зимовку. Различие наблюдалось лишь в величине коэффициентов, которые были меньше у полосатого трипса, что свидетельствует о меньшей скорости нарастания численности популяции в агроценозе озимой пшеницы.

Как видим, у энтомофага наблюдались общие с фитофагом закономерности в реакциях на воздействие абиотических факторов, но рост или снижение численности энтомофага происходили медленнее, чем рост или спад численности вредителя. Итак, численность специализированного хищника в большой степени сопряжена с численностью фитофага, о чем свидетельствует статистическая обработка эмпирических данных.

Аналитические зависимости численности популяции пшеничного и полосатого трипсов 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 популяций пшеничного и полосатого трипсов в различные периоды онтогенеза озимой пшеницы за 1998 – 2005 годы были разбиты по исследуемым фазам (трубкование, колошение, цветение, молочная спелость, восковая спелость и полная спелость) и проанализированы по годам с использованием базовой компьютерной программы «Статистика-6».

В результате статистической обработки данных мы выяснили, что развитие популяций пшеничного трипса и его энтомофага полосатого трипса в фазы трубкования, колошения, цветения и восковой спелости характеризуется уравнениями линейной регрессии четвертой степени типа:

$$y = a + вx + cx^2 + dx^3 + fx^4, \quad (19)$$

где y – численность популяции, Р, экз/м^2;

x – среднее значение фазы развития, τ, дни.

В фазу молочной спелости в момент массового отрождения личинок характеризуется уравнениями линейной регрессии пятой степени типа:

$$y = a + вx + cx^2 + dx^3 + fx^4 + gx^5, \quad (20)$$

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

$$P, экз/м^2 = a + в*t + c*V_{ос} \quad (21)$$

$$P, экз/м^2 = a - в*t + c*V_{ос} + d*t^2 - e*t*V_{ос} - f*V_{ос}^2, \quad (22)$$

На рисунках 3 и 4 представлены графические зависимости «P = f(t; $V_{ос}$)» в виде поверхности второго порядка для пшеничного трипса и полосатого трипса в период колошения за 1998–2005 годы, полученные согласно базовой компьютерной программе «Статистика-6».

Изменение динамики численности популяции пшеничного трипса и полосатого трипса в фазу трубкования в зависимости от температуры и количества осадков происходят по следующим уравнениям:

$$P_{пш.т} = 4{,}8382 + 0{,}8925*t - 0{,}1437*V_{ос} - 0{,}0566*t^2 + 0{,}006*t*V_{ос} + 0{,}0003*V_{ос}^2 \quad (23)$$

$$P_{пп.т} = -0{,}9857 + 0{,}1351*t + 0{,}0129*V_{ос} - 0{,}0033*t^2 - 0{,}0006*t*V_{ос} - 5{,}4578E\text{-}6*V_{ос}^2 \quad (24)$$

Изменение динамики численности популяции пшеничного трипса и полосатого трипса в фазу цветения в зависимости от температуры и количества осадков происходят по следующим уравнениям:

$$P_{пш.т} = -371{,}0313 + 37{,}4972*t + 1{,}0234*V_{ос} - 0{,}907*t^2 - 0{,}0479*t*V_{ос} - 0{,}0004*V_{ос}^2 \quad (25)$$

$$P_{пп.т} = -0{,}9857 + 0{,}1351*t + 0{,}0129*V_{ос} - 0{,}0033*t^2 - 0{,}0006*t*V_{ос} - 5{,}4578E\text{-}6*V_{ос}^2 \quad (26)$$

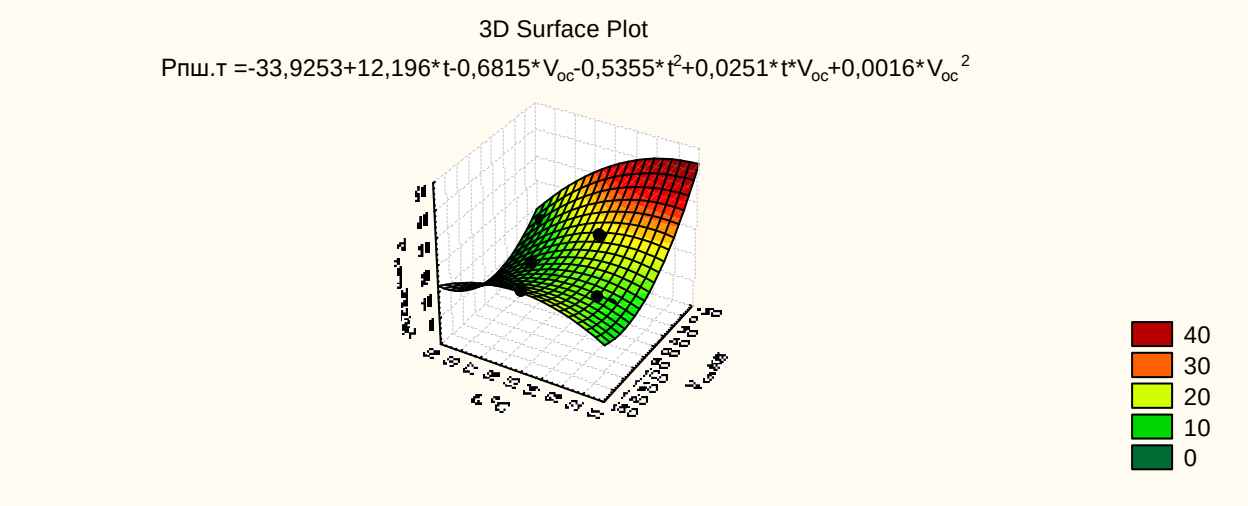

Рисунок 3 – Изменение численности популяции пшеничного трипса в период колошения в зависимости от температуры и количества осадков (экз/растение).

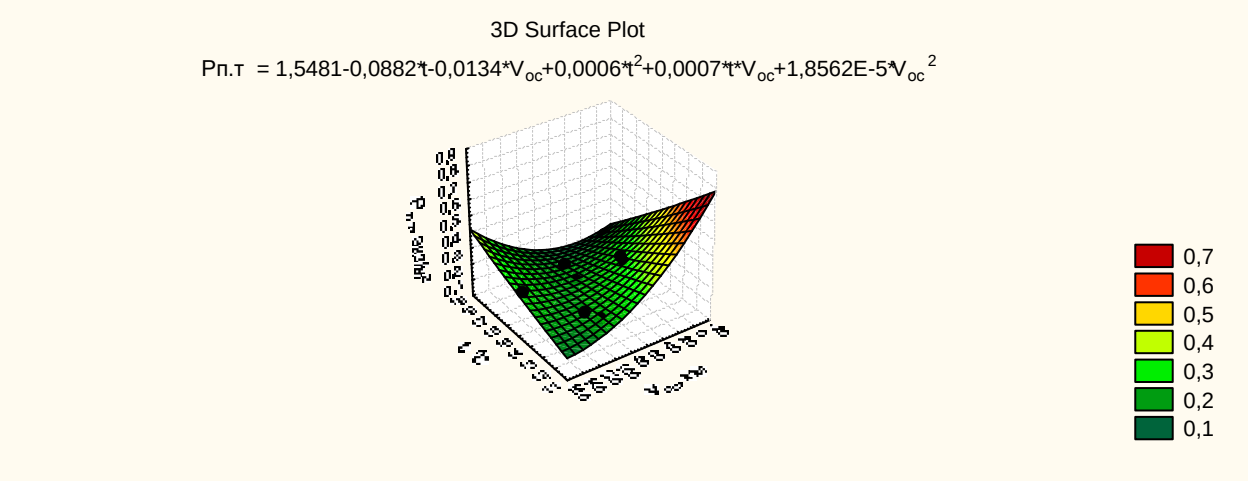

Рисунок 4 – Изменение численности популяции полосатого трипса в период колошения в зависимости от температуры и количества осадков (экз/растение).

Изменение динамики численности популяции пшеничного трипса и полосатого трипса в период молочной спелости в зависимости от температуры и количества осадков происходят по следующим уравнениям:

$$P_{пш.т}= 2221,6317-199,2763*t -6,2563*V_{ос} +4,3052*t^2+0,3738*t*V_{ос} -0,0032*V_{ос}^2 \quad (27)$$

$$P_{пп}=28,1778-2,5124*t -0,0835*V_{ос} +0,0541*t^2+0,0049*t*V_{ос} -3,1076E-5*V_{ос}^2 \quad (28)$$

Изменение динамики численности популяции пшеничного трипса и полосатого трипса в период восковой спелости в зависимости от температуры и количества осадков происходят по следующим уравнениям:

$$P_{пш.т}= -8394,85+733,1625*t-14,1807*V_{ос}-15,9194*t^2+0,5343* V_{ос}+0,0186* V_{ос}^2 \quad (29)$$

$$P_{пп}=-49,1818+4,3046*t -0,091*V_{ос} -0,0936*t^2+0,0035*t*V_{ос} +0,0001*V_{ос}^2 \quad (30)$$

Результаты проведенных анализов и расчетов по совместному влиянию температуры и выпадающих осадков на развитие динамики численности популяций пшеничного трипса и полосатого трипса 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 дальнейшее математическое моделирование численности популяций в зависимости от погодно-климатических факторов, биотических и антропогенных и на основании полученных данных разрабатывать мероприятия по контролю численности популяций насекомых и их энтомофагов.

Список литературы

1. Взаимоотношения между видами в консорции озимой пшеницы / Глазунова Н.Н. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2006. - №S5. – 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…канд. сельскохоз. 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.