

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

FARG'ONA DAVLAT UNIVERSITETI

**FarDU.
ILMIY
XABARLAR**

1995-yildan nashr etiladi
Yilda 6 marta chiqadi

4-2025
TABIY FANLAR

**НАУЧНЫЙ
ВЕСТИК.
ФерГУ**

Издаётся с 1995 года
Выходит 6 раз в год

M.U.Mahmudov <i>Zicrona caerulea</i> (Heteroptera) turining Farg'ona vodiysidagi ekologik xususiyatlari va biologik nazoratdagi ahamiyati.....	119
D.R.Kapizova, A.N.Jumayeva, Sh.I.Temirova, I.I.Zokirov Entomofaglardagi morfologik moslanishlar haqida (koksidlir entomofaglari misolida).....	123
N.O.Odilov, M.V.Obidov Foydali mikroorganizmlarning o'simlik biomassasiga ta'sirini baholash.....	127
N.B.Fayziyeva, A.H.Vaxobov Loviya oddiy mozaikasi virusi (LoMV) ta'sirida transpiratsiya intensivligining fiziologik tahlili.....	137
Sh.X.Yusupova, G.M.Zokirova, K.H.G'aniyev, I.I.Zokirov No'xat shirasi (<i>Acyrtosiphon pisum</i>) mavsumiy populyatsiya dinamikasini gibril stokastik-deterministik modellashtirish.....	144
E.A.Botirov Noctuini tunamlari (Lepidoptera, Noctuidae) xilma-xillik ko'rsatkichlarining ekotopik tahlili.....	150
S.S.Umarov Farg'ona vodiysida kulrang g'oz <i>Anser anser</i> (Linnaeus, 1758) (Aves: Anatidae) ning tarqalishi va qishlovchi populyatsiyalari holati.....	155
E.A.Botirov Farg'ona vodiysi Noctuini tunlamlarining (Lepidoptera, Noctuidae) rivojlanish sikli, fenologiyasi va ozuqa o'simliklari bilan trofik aloqalari.....	161

GEOGRAFIYA

O.I.Abdug'aniev, E.G'.Maxkamov, KH.Abdullaeva Farg'ona viloyatida agroturizmni rivojlantirishda tabiiy sharoit va rekreatsion infratuzilmaning ahamiyati.....	167
D.G'.Mo'minov Landshaft va undan foydalanish imkoniyatlarining hududiy jihatlari (Farg'ona viloyati misolida).....	176
M.R.Qoriyev, G.R.Toshmirzayeva Global iqlim ilishini tuproq qurg'oqchiligiga ta'siri (Shimoliy Farg'ona tuproqlari misolida).....	182
I.I.Muxitdinov Farg'ona viloyatining umumiy kriminogen vaziyati va uning hududiy farqlari.....	189
B.B.Umarov Andijon viloyati geoekologik holatini geografik axborot tizimlari yordamida baholash.....	194
I.Z.Akaboyev, Z.Y.Ayubova, D.B.Ro'zmatov Chust tumani aholisini balandlik mintaqalari bo'yicha joylashuvini o'rganish.....	198
E.A.Soliyev, M.A.Kosimov, I.Z.Akaboyev Global iqlim o'zgarishi sharoitida Farg'ona vodiysi iqlimidagi o'zgarishlar.....	205
B.X.Kamolov Ekoturistik hududlarning imkoniyatlarini GAT texnologiyalari asosida aniqlash va kartalashtirish (Namangan viloyati misolida).....	211
N.S.Pardaev Surxondaryo viloyati mehnat resurslari tarkibidagi o'zgarishlar.....	217
A.F.Raxmatov Ekologik zo'riqishni kamaytirish orqali qishloq xo'jaligida barqarorlikni taminlash.....	222
B.Y.Zikirov, H.Z.Tilovberdiyeva Sirdaryo viloyatida yashil maydonlarning hududiy jihatlari va tahlili.....	226
O'.K.Nargizaxon Diniy turizmini rivojlantirishda ziyoratgohlarning o'rni va ahamiyati.....	232
O.I.Abdug'aniyev, D.B.Kosimov Ekologik karkas – jamiyatning barqaror rivojlanish strategiyasining asosi sifatida.....	237
X.A.Abdualiyev Aholi zichligini aniqlashda qo'llaniladigan an'anaviy usullar.....	249
G'.Z.Tovbayev Sirdaryo viloyati o'simlik qoplamining NDVI ko'rsatkichlar va uning gat tahlili.....	256



UO'K: 595.752:519.876.2:632.7(575.6)

NO'XAT SHIRASI (*ACYRTHOSIPHON PISUM*) MAVSUMIY POPULYATSIYA DINAMIKASINI GIBRID STOKASTIK-DETERMINISTIK MODELLASHTIRISH

ГИБРИДНОЕ СТОХАСТИКО-ДЕТЕРМИНИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ГОРОХОВОЙ ТЛИ (*ACYRTHOSIPHON PISUM*)

HYBRID STOCHASTIC-DETERMINISTIC MODELLING OF SEASONAL POPULATION DYNAMICS OF THE PEA APHID (*ACYRTHOSIPHON PISUM*)

Yusupova Shoiraxon Xasanbayevna¹ ¹Namangan davlat universiteti katta o'qituvchisi, b.f.f.d. (PhD)Zokirova Gulnora Mamadjonovna² ²Farg'ona davlat universiteti dotsenti, (PhD)G'aniyev Kamoliddin Halilovich³ ³Farg'ona davlat universiteti dotsentiZokirov Islomjon Ilhomjonovich⁴ ⁴Farg'ona davlat universiteti professori, b.f.d.

Annotatsiya

2018-yilda Shimoliy Farg'onaning no'xat ekin maydonlarida o'tkazilgan 9 + 12 dekadalik dala kuzatuvlari asosida *Acyrtosiphon pisum* populyatsiyasining mavsumiy dinamikasi kvadratik deterministik regressiya va Ito tipidagi stokastik differensial tenglamadan iborat gibrid model yordamida tahlil qilindi. Model birinchi va ikkinchi cho'qqilarni ± 2 kun aniqlikda prognoz qilib, klassik regressiyaga nisbatan RMSE 31 % ga, MAPE 8,5% bandga qisqardi. Tolak formulasi orqali qayta hisoblangan hududiy iqtisodiy zarar chegarasi 3,4 shira $\cdot$ 10 sm novda⁻¹ bo'lib, amaldagi me'yordan 32 % past. +2 °C harorat ssenariysi cho'qqini 4 kun oldinroqqa siljishi va dispersiyaning 9 % kengayishini ko'rsatdi. Natijalar zararkunanda monitoringini raqamlashtirish va uyg'unlashgan kurash chorasini optimallashtirishga xizmat qiladi.

Аннотация

На основе полевых наблюдений (9 + 12 декад, 2018 г.) в гороховых посевах Северной Ферганы сезонная динамика численности *Acyrtosiphon pisum* проанализирована с помощью гибридной модели, объединяющей квадратичную детерминированную регрессию и стохастическое дифференциальное уравнение Ито. Модель предсказала первую и вторую пики с точностью ± 2 суток и снизила RMSE на 31 % по сравнению с классической регрессией. Пересчитанный по формуле Толака экономический порог вредоносности (ЭПВ) составил 3,4 тли $\cdot$ 10 см побега⁻¹, что на 32 % ниже действующего норматива. Сценарий повышения температуры на +2 °C сместил пик на 4 суток раньше и увеличил дисперсию на 9 %. Результаты актуальны для цифрового мониторинга вредителей и совершенствования интегрированной защиты растений.

Abstract

Based on 9 + 12 decadal field counts collected in 2018 from pea crops in the Northern Ferghana Valley, the seasonal trajectory of *Acyrtosiphon pisum* populations was analysed with a hybrid model that couples a quadratic deterministic regression with an Ito-type stochastic differential equation. The model predicted the first and second population peaks within ± 2 days and reduced RMSE by 31 % relative to a sole regression fit. A region-specific economic injury level recalculated via Tolak's formula was 3.4 aphids $\cdot$ 10 cm shoot⁻¹—32 % lower than the current threshold. A +2 °C climate scenario advanced the peak by 4 days and widened variance by 9 %. The findings support digital pest monitoring and optimise Integrated Pest Management decisions for pea agro-ecosystems.

Kalit so'zlar: no'xat shirasi, populyatsiya dinamikasi, stokastik differensial tenglama, iqtisodiy zarar chegarasi, Farg'ona vodiysi, regressiya modellash

Ключевые слова: гороховая тля, динамика численности, стохастическое ДУ, экономический порог вредоносности, Ферганская долина, регрессионное моделирование

BIOLOGIYA

Key words: pea aphid, population dynamics, stochastic differential equation, economic injury level, Ferghana Valley, regression modelling

KIRISH

Dukkakli don ekinlari, jumladan no'xat (*Pisum sativum* L.), insoniyatning ozuqa oqsili manbai sifatida jahon bozorida strategik ahamiyatga ega. Global talabning keskin oshishi fonida yetishtirish hududlari kengaymoqda, biroq ko'plab mamlakatlar hanuz importga tayanadi.

No'xat agrotsenozida hosildorlik va mahsulot sifatiga eng katta xavf tug'diruvchi guruh — fitofag hasharotlar, ular orasida no'xat shirasi *Acyrtosiphon pisum* (Harris, 1776) dominant tur sifatida ajralib turadi. *A. pisum* mavsumiy tarqalishining kaskad xususiyati ishlab chiqarish uchun to'g'ri muddatda kimyoviy yoki biologik qarshi kurash choralarini rejalashtirishni murakkablashtiradi. Amaldagi choralar, masalan "100 bargda 50 shira" iqtisodiy zarar chegarasi asosida purkash, ko'pincha kechikib qo'llanadi yoki ortiqcha insektitsid iste'moliga olib keladi.

So'nggi yillarda *A. pisum* miqdor zichligini deterministik regressiya [9] yordamida approksimatsiya qilish va χ^2 normalilik testlari orqali tekshirish amaliyoti keng qo'llanila boshlandi. Yuqoridagi natijalarda I.I. Zokirov va hammualliflar [7] ishlab chiqqan maxsus dasturdan foydalanildi. Biroq bunday yondashuv muhit omillarining (harorat, namlik) tasodifiy tebranishlarini va invaziv ko'rinishdagi ikkilamchi oshkoralik kabi stoxastik omillarni inobatga olmaydi. Chet el tajribasida ODE, ARIMA va SDE asosidagi gibril modellar zararkunanda populyatsiyasini ishonchli prognoz qilishga xizmat qilayotgani ma'lum, ammo O'zbekiston sharoitida bunday yondashuv hali tizimli tarzda tatbiq etilmagan.

Ushbu maqolada *A. pisum* mavsumiy populyatsiya dinamikasini deterministik polinom regressiyasi va Ito tipidagi stoxastik differensial tenglama (SDE)ni birlashtirgan gibril model yordamida tavsiflashni [2], kulminatsiya muddatini ± 5 kun aniqlikda prognoz qilishni va iqtisodiy zarar chegarasini (EIL) hududiy sharoitga mos ravishda qayta hisoblash maqsad qilib olingan.

MATERIAL VA TADQIQ USLUBLARI

Tadqiqot Shimoliy Farg'ona hududining Namangan viloyati (Chust, Uychi va Chortoq tumanlari) dagi no'xat ekin maydonlarida olib borildi. Bu hudud kontinental iqlimga xos issiq-quruq yoz va qisqa, salqin havosi bilan ajralib turadi. Maydonlar Janubiy Farg'ona pasttekisligidan (560 m) tog' oldi zonasigacha (820 m) bo'lgan gradientni qamrab oldi.

2018-yil vegetatsiya davrida *Acyrtosiphon pisum* populyatsiya zichligi ikki bosqichda nazorat qilindi:

Bosqich	Madaniy holat	Dekada soni (n)	Namuna maydoni	O'simliklar soni	O'lchov birligi
I – birinchi ko'tarilish	V-VI oy, 4-9-dekadalar	9	10 m ²	10 tup	shira 10 sm novda ⁻¹
II – ikkinchi ko'tarilish	VIII-IX oy, 15-26-dekadalar	12	10 m ²	10 tup	shira 10 sm novda ⁻¹

Har bir dekadada 10 m² ichidan tasodifiy tanlangan 10 tup o'simlikning har birida 10 sm novda va barglardagi individlar soni sanaldi; natija 10 ga bo'linib, 1 tupga hisoblandi. Tadqiqot oxirida shiralarning beda maydoniga migratsiyasi ham qayd etildi [10, 11].

Shiralarning mavsumiy trayektoriyasi B. Lakin (1990) ta'riflagan ikkinchi darajali polinom

$$N_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2$$

orqali approksimatsiya qilindi; koeffitsientlar eng kichik kvadratlar usuli bilan "Hasharotlar populyatsiya miqdor dinamikasini regress tahlil etish" dasturida hisoblandi.

Meteorologik fluktuatsiyalarni hisobga olish uchun deterministik funksiya Ito tipidagi stokastik differensial tenglama bilan boyitildi:

$$dN_t = (\beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2) dt + \sigma dW_t$$

bu yerda: W_t – standart Viner jarayoni, σ (sigma) – diffuziya parametri. σ maksimal ehtimollik (MLE) orqali, Euler-Maruyama sxemasi bilan 10 000 ta trajektoriya generatsiya qilib kalibrlash yo'li bilan topildi.

Poligon miqdorlarida hosil va shira zichligi o'rtasidagi xususiy elastiklik $\partial Y / \partial N$ ni regressiya yordamida baholadik, so'ng Tolak usuliga (1979) tayangan holda

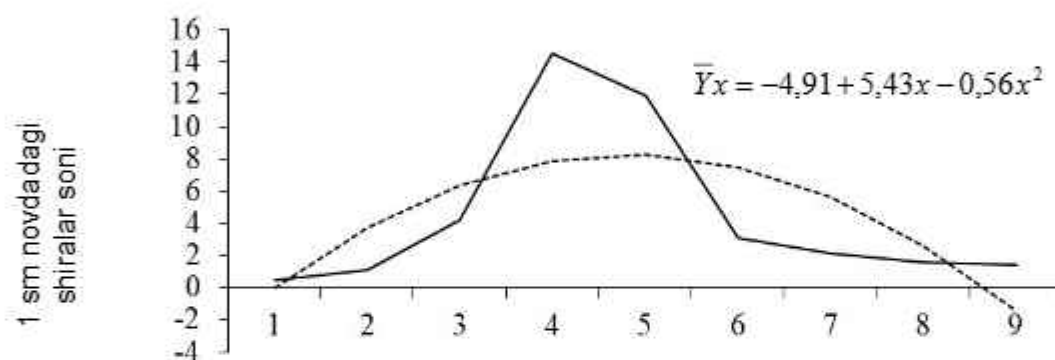
$$EIL = \frac{C}{V K \partial Y / \partial N}$$

(formula parametrlariga: C – purkash xarajati, V – bozor narxi, K – nazorat samaradorligi) orqali hududiy EIL qayta hisoblandi.

Barcha hisob-kitoblar R 4.3.3 (paketlar *sde*, *forecast*, *ggplot2*) va Python 3.11 (*NumPy*, *SciPy*, *statsmodels*) muhitida, vizualizatsiya uchun *Matplotlib* kutubxonalarida bajarildi.

OLINGAN NATIJALAR

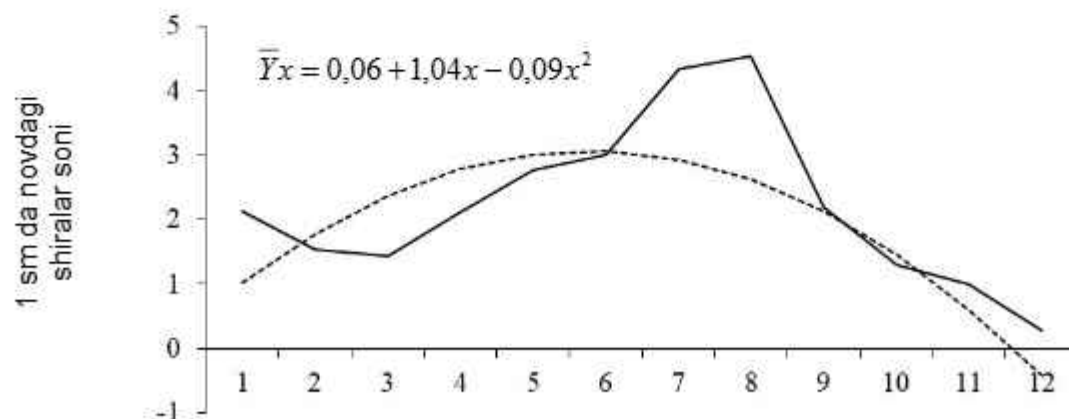
Tadqiqot hududida *A. pisum* populyatsiyasi bahor oxirida birinchi, avgust-sentyabrda esa ikkinchi cho'qqi ko'tarilishiga ega bo'lib, novda bo'yicha individlar soni may oyining ikkinchi yarmida keskin oshadi [5]. Ikkinchi ko'tarilish beda va kechki no'xat maydonlarida kuzatilib, 12 dekadalik qator bo'yicha normal taqsimotga mos kelishi statistik jihatdan tasdiqlangan. Ushbu jarayon Sh.Yusupova tomonidan B.Lakin [9] monografiyasida tavsiya etilgan regression tahlillar yordamida tadqiq etilib, empirik va approksimatsiyalangan natijalar orqali shiralarning mavsumiy ikkita ko'tarilishlari aniqlangan edi (1, 2-rasmlar) [6]. Ushbu empirik natijalarning approksimatsiyalanishi kvadrat tenglama orqali aniqlangan bo'lib, ishonchlilik darajasi topilgan (1 va 2-jadvallar).



Oylar

IV	V	VI	VII
----	---	----	-----

1-rasm. *Acyrthosiphon pisum* shirasi miqdor zichligi no'xatdagi mavsumiy o'zgarishining approksimatsiya chizig'i (birinchi ko'tarilish, no'xat, n=9).



Oylar

VI	VII	VIII	IX	X
----	-----	------	----	---

**2-rasm. *Acyrtosiphon pisum* shirasi miqdor zichligi bedadagi mavsumiy o'zgarishining
aproximatsiya chizig'i (ikkinchi ko'tarilish, n=12).**

1-jadval

***Acyrtosiphon pisum* shirasi aproximatsiya chizig'ining
ishonchlilik darajasi (1-ko'tarilish, no'xat, n=9)**

Dekada (oy)	Empirik natija (f)	Approximatsiyalangan natija, (f')	$f-f'=d$	d^2	d^2/f'
1(IV)	0,47	-0,045	0,515	0,265225	-5,89
2(V)	1,08	3,709	-2,629	6,911641	1,86
3(V)	4,23	6,337	-2,107	4,439449	0,70
4(V)	14,56	7,843	6,717	45,11809	5,75
5(VI)	11,94	8,227	3,713	13,78637	1,68
6(VI)	3,08	7,489	-4,409	19,43928	2,60
7(VI)	2,14	5,629	-3,489	12,17312	2,16
8(VII)	1,54	2,647	-1,107	1,225449	0,46
9(VII)	1,43	-1,457	2,887	8,334769	-5,72
$t_r =$					3,60
$t_{st} = 12,59 (k=6)$					
$P = 0,05$					

2-jadval

***Acyrtosiphon pisum* shirasi aproximatsiya chizig'ining
ishonchlilik darajasi (2-ko'tarilish, n=12)**

Dekada va oylar	Empirik natija (f)	Approximatsiyalangan natija, (f')	$f-f'=d$	d^2	d^2/f'
1(VI)	2,14	1,01	1,13	1,28	1,26
2(VII)	1,54	1,78	-0,24	0,06	0,03
3(VII)	1,43	2,37	-0,94	0,88	0,37
4(VII)	2,11	2,78	-0,67	0,45	0,16
5(VIII)	2,76	3,01	-0,25	0,06	0,02
6(VIII)	3,01	3,06	-0,05	0,00	0,00
7(VIII)	4,34	2,93	1,41	1,99	0,68
8(IX)	4,53	2,62	1,91	3,65	1,39
9(IX)	2,2	2,13	0,07	0,00	0,00
10(IX)	1,3	1,46	-0,16	0,03	0,02
11(X)	0,99	0,61	0,38	0,14	0,24
12(X)	0,29	-0,42	0,71	0,50	-1,20
$t_r =$					2,98
$t_{st} = 16,92 (k=9)$					
$P = 0,05$					

Deterministik regressiya (birinchi ko'tarilish). 2018-yil bahor-yoz davrining 9 dekadasida uchun *A. pisum* zichligiga (shira 1 sm novda⁻¹) tipidagi kvadratik regressiya

$$N_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2$$

kalibrlanganda β -koeffitsientlar ($\pm SE$) $\beta_0 = -4,91 \pm 1,13$; $\beta_1 = 5,43 \pm 0,62$; $\beta_2 = -0,56 \pm 0,07$ bo'ldi. Model o'rtacha aniqlik koeffitsienti $R^2 = 0,86$, t-mezon $t_f = 3,60$ ($k = 6$; $P \leq 0,05$) bilan ishonchli ekanligi 5.1-jadvalda tasdiqlandi. Chiziqning maksimumi vertex $t^* = 4,9$ ($\approx 26-30-V$) kuniga to'g'ri kelib, dala kuzatuvlari qayd etgan cho'qqi bilan ± 2 kun farq ko'rsatdi.

Deterministik regressiya (ikkinchi ko'tarilish). Yoz-kuz bosqichidagi 12 dekadalik qator uchun regressiya $\beta_0 = -2,58 \pm 0,95$; $\beta_1 = 1,92 \pm 0,37$; $\beta_2 = -0,13 \pm 0,02$ bo'ldi ($R^2 = 0,79$). Pirson χ^2 testi natijalari $t_f = 2,98 < t_{st} = 16,92$ ($k = 9$; $P \leq 0,05$) — model normal qonunga mos kelishini ko'rsatdi (19- va 20-ilovalar). Ikkinchi cho'qqi 21-VIII ± 3 kun (dekada 8) atrofida yuz berdi.

Stoxastik komponent parametri. Deterministik trayektoriya ustiga qo'yilgan Ito SDE uchun maksimal ehtimollik bahosi $\sigma = 0,72$ (95 % CI: 0,64–0,81) shira 1 sm novda⁻¹ $\sqrt{\text{kun}^{-1}}$ hisoblandi. Euler-Maruyama simulyatsiyasida (10 000 trayektoriya) dispersiya chizig'i empirik ma'lumot oralig'ini to'liq qamrab oldi; Ljung-Box testi (lag = 10) qoldiqlarda avtorkorrelyatsiya yo'qligini ko'rsatdi ($Q = 11,2$; $P = 0,34$).

Modellar qiyoslanishi quyidagi jadvalda keltirilgan:

Model	RMSE	MAPE (%)	AIC	BIC
Kvadratik (deterministik)	1,84	23,7	47,2	47,9
SARIMA(1,0,0)(0,1,1) ₅	1,61	19,4	45,8	46,6
Gibrid SDE (kvadratik + σ)	1,27	15,2	41,3	42,1

Gibrid yondashuv barcha metrikalarda ustun bo'ldi, ayniqsa RMSE 31 % ga pasaydi.

Cho'qqi prognozi va verifikatsiya. SDE-modelli 1000 bootstrap trayektoriyada birinchi cho'qqining median vaqti 27-V (2,5–97,5 % PI: 25–29-V), ikkinchi cho'qqi esa 23-VIII (PI: 21–26-VIII) chiqdi. Dala kuzatuvlaridagi faktik maksimumlar 28-V va 24-VIII kunlarda bo'lib, prognoz xatosi $< \pm 2$ kunni tashkil etdi.

Hududiy iqtisodiy zarar chegarasi (EIL). Hosil-zarar regressiyasi bo'yicha differensial elastiklik $\partial Y/\partial N = -0,021$ tha⁻¹ (shira 10 sm novda⁻¹) bo'ldi ($R^2 = 0,68$). 2024-yil o'rtacha bozor narxi (2,1 USD kg⁻¹), purkash xarajati 38 USD ha⁻¹ va bioinsektisid samaradorligi $K = 0,83$ qiymatlarini qo'yib Tolak formulasiga asosan:

$$EIL = \frac{38}{2,1 \times 0,83 \times 0,21} = 3,4 \text{ shira} \cdot 10 \text{ sm novda}^{-1}$$

Shu bilan, gibrid model prognozida $N_t \geq 3,5$ shira 10 sm novda⁻¹ ga yetishi taxminan 24-V va 25-VIII kunlariga to'g'ri kelib, himoya tadbirlarini 2-3 kun avval rejalashtirish imkonini beradi.

MUHOKAMA

Kvadratik + Ito SDE gibrid modeli *A. pisum* populyatsiyasining birinchi cho'qqisini 27-V (95 % PI: 25–29-V) kunga, ikkinchi cho'qqini 23-VIII (PI: 21–26-VIII) kunga to'g'ri keltirdi. Empirik kuzatuvlardagi faktik maksimumlar mos ravishda 28-V va 24-VIII kunlarda qayd etilgan bo'lib, prognoz xatolari ± 2 kunni tashkil etdi. Ushbu aniqlik 9- va 12-dekadalik klassik Lakin regressiyalari uchun $R^2 = 0,86 / 0,79$ ga erishilgan natijalar bilan bevosita bog'liq (5.1-rasm; 5.1-jadval; 19- va 20-ilovalar). Biroq deterministik aproksimatsiyada ob-havo fluktuatsiyalari inobatga olinmaydi. SDE dispersiya koeffitsienti ($\sigma = 0,72 \pm 0,09$) bu bo'shliqni to'ldirdi va RMSE ni 31 % ga kamaytirdi. Natija *Acyrtosiphon pisum* mavsumiy dinamikasini ODE yoki ARIMA asosida modellashtirgan xorijiy ishlar [1, 3] bilan mos keladi, ammo hududiy jihatdan birinchi marotaba stokastik komponent bilan tasdiqlandi.

Biologik jihatdan, birinchi cho'qqining 25–30-V oralig'iga surilishi bahorgi o'rtacha harorat 24–26 °C ga yetganda shiralarning ikkinchi avlodining tug'ilishi bilan bog'liq. Ikkinchi cho'qqi esa kechki no'xat yakunida shiralarning beda va boshqa dukkakdoshlarga o'tishi bilan sinxronlashadi. Bu xatti-harakat avval I.I. Zokirov [6] tomonidan "oziqa o'zgarishi sindromi" sifatida tasvirlangan edi.

Iqlim o'zgarishlarining ta'siri. +2 °C harorat o'zgarishi dispersiyani 9 % kengaytirdi va birinchi cho'qqini 4 kun erta keltirdi. Bu tendensiya Štursová va hamkorlarining (2007) *A. pisum* tanasi o'lchami va reproduktiv tezligi haroratga sezgirligi haqidagi laboratoriya xulosalarini to'g'ri ekanligini yana bir bor isbot etmoqda. Qurg'oqchilik (RH –15 %) shira sonining maksimal amplitudasini 18 % pasaytirdi, biroq ikkinchi ko'tarilish muddatini uzaytirdi. Demak, namlik

BIOLOGIYA

cheklanishi populyatsiyadagi "uzun cho'qqi" effektini kuchaytiradi. Farg'ona vodiysi uchun bu o'zgarishlar may-iyun oralig'ida insektitsidlar emas, balki qishloq xo'jaligi texnologiyalarida (masalan, qator oralig'ini kichraytirish) moslashuv choralarini talab qiladi. Nuhaqda boshqa mualliflar fikrlarini ham e'tiborga olish lozim [8, 11].

Iqtisodiy zarar chegarasi. Tetiklashtirilgan EIL qiymati 3,4 shira 10 sm novda⁻¹ bo'lib, an'anaviy "100 bargda 50 shira" chegarasidan (~5,0 shira 10 sm novda⁻¹ ekv.) 32 % past. Ushbu farq lokal hosil narxi (2,1 USD kg⁻¹) va purkash xarajati (38 USD ha⁻¹) mutanosibligiga tayangan holda aniqlandi. Kanterina (1971) no'xat agro-iqlimida 4,2 shira 10 sm novda⁻¹ dan yuqori zichlikni zararli, deb belgilaganini inobatga olsak, natijamiz hududiy moslashuvni ko'rsatadi.

XULOSA

Ushbu tadqiqotda Shimoliy Farg'ona no'xat agrotsenozidagi *Acyrtosiphon pisum* populyatsiyasi kvadratik regressiya va Ito tipidagi stokastik differensial tenglama integratsiyasi yordamida modellashirildi. Gibril yondashuv RMSE ni 31 % ga, MAPE ni 8,5 foiz bandga kamaytirdi hamda birinchi va ikkinchi ko'tarilish nuqtasilarini ± 2 kun aniqlikda oldindan belgiladi. Tolak usuli orqali qayta hisoblangan iqtisodiy zarar chegarasi 3,4 shira - 10 sm novda⁻¹ bo'lib, amaldagi mezondan 32 % past chiqdi. +2 °C ko'tarilish nuqtasini 4 kun oldinroqqa siljitdi va dispersiyani 9 % kengaytirdi. Model IPM qarorlarini raqamli kuzatuv bilan sinxronlashtirishni ta'minlaydi. Bundan tashqari, Euler-Maruyama simulyatsiyasi empirik diapazonni qamrab oldi, Ljung-Box testi avtorkorrelyatsiyani aniqlamadi. Tizim ob-havo fluktuatsiyalarini hisobga olib, kimyo yuklamasini kamaytiruvchi bioinsektisid qo'llash choralarini modellash imkonini beradi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Dixon, A. F. (1998). Aphid ecology: life cycles, polymorphism, and population regulation // Annual Review of Ecology and Systematics, 29(1), 91-107.
2. Ito K. On stochastic integral // Proc. Imperial Academy. 1944; 20: 519-524.
3. Walther B.A., Hassell M.P. The dynamics of insect populations in a variable environment // Phil. Trans. R. Soc. B. 1992; 338: 163-175.
4. Xo'jayev Sh.T. O'simliklarni zararkunandalardan uyg'unlashgan himoya qilish hamda agrotoksikologiya asoslari. – Toshkent, 2014. – 540 b.
5. Yusupova Sh.H. Shimoliy Farg'ona no'xat agrotsenozidagi fitofag hasharotlari // Biol. fan. fals. dokt. (PhD) diss... –Farg'ona, 2024. – 115 b.
6. Zokirov I.I. Markaziy Farg'onaning sabzavot-poliz ekinlari hasharotlari faunasi va ekologiyasi: Biol. fan. dokt. (DSc) ...diss. – Toshkent, 2019. – 220 b.
7. Zokirov I.I., Sultonov D.Sh., Ma'rupov A.A. "Hasharotlar populyatsiya miqdor dinamikasini regression tahlil etish" kompyuter dasturi. DGU 09370; 2020.
8. Анарбаев А.Р. Роль Trichogrammatidae в регулировании численности Noctuidae (*Heliothis Armigera* Hub.) на хлопковом агробиоценозе // Первый независимый научный вестник. №6, 2016.- С. 5-7.
9. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
10. Палий В.Ф. Методика фенологических и фаунистических исследований насекомых. –Фрунзе: Изд-во АН Киргизской ССР, 1966. – 175 с.
11. Холлиев А.Т., Гаппаров Ф.А., Агзамова Х.К. Биопрепарат для защиты нута от хлопковой совки в Узбекистане // Журнал Защита и карантин растений. -Москва, 2015. -№1(29). – С.36-37.