

**ACADEMIA DE ȘTIINȚE A MOLDOVEI**

**INSTITUTUL DE PROTECȚIE A PLANTELOR ȘI AGRICULTURĂ  
ECOLOGICĂ**

Cu titlu de manuscris

CZU: 632.7:634.8

**TRETIACOVA TATIANA**

**ARGUMENTAREA SISTEMULUI DE PROGNOZĂ A  
DĂUNĂTORILOR MĂRULUI ÎN BAZA INTEGRĂRII  
MODELELOR SPAȚIALE ȘI FENOLOGICE**

Specialitatea 06.01.11 - Protecția plantelor

Autoreferatul tezei de doctor în agricultură

**CHIȘINĂU, 2010**

Teza a fost elaborată în Laboratorul Prognoze, Analize Economice și Ecologice al Institutului de Protecție a Plantelor și Agricultură Ecologică al Academiei de Științe a Moldovei.

**Conducător științific: TODIRAȘ Vladimir**, doctor habilitat în biologie, conferențiar cercetător

**Referenți oficiali:**

1. **VRONSCIIH Mihail**, doctor habilitat în biologie, membru corespondent al AȘM (Centrul Șt.- Prac. „Selecția” al Institutului Șt.- Practic de Fitotehnie al MAIA)
2. **CROITORU Nichita**, doctor în agricultură (UASM), conferențiar universitar

**Membrii Consiliului Științific Specializat:**

1. **VOLOȘCIUC Leonid, președinte**, doctor habilitat în biologie, Institutul de Protecție a Plantelor și Agricultură Ecologică al AȘM;
2. **BATCO Mihail, secretar științific**, doctor în biologie, conferențiar cercetător (IPPAE al AȘM);
3. **DERJANSCHI Valeriu**, doctor habilitat în biologie, conferențiar cercetător (Institutul de Zoologie al AȘM);
4. **MAGHER Mihail**, doctor în agricultură, conferențiar cercetător (Institutul de Horticultură și Tehnologii Alimentare al MAIA);
5. **VOINEAC Vasile**, doctor habilitat în agricultură, profesor universitar (IPPAE al AȘM).

Susținerea va avea loc la 14 septembrie 2010, ora 14.00 în cadrul Ședinței Consiliului Științific Specializat D 23.06.01.11-04\* instituit în cadrul Institutului de Protecție a Plantelor și Agricultură Ecologică al AȘM (MD 2002, Chișinău, str. Pădurii, 26/1).

Tel.: /373 22/77-04-70, /373 22/77-04-66

Fax:/373 22/ 77-96-41, E-mail : ippae@asm.md

Teza de doctor și autoreferatul pot fi consultate la Biblioteca Științifică Centrală ”A. Lupan” a Academiei de Științe a Republicii Moldova (MD 2001, mun.Chișinău, str. Academiei, 1) și la pagina Web a C.N.A.A. (www.cnaa.md).

Autoreferatul a fost expediat la \_\_\_\_\_ 2010

Secretarul științific

al Consiliului Științific Specializat,

doctor în biologie

\_\_\_\_\_BATCO Mihail

Conducător științific,

doctor habilitat în biologie,

conferențiar cercetător

\_\_\_\_\_TODIRAȘ Vladimir

Autor

\_\_\_\_\_TRETIAKOVA Tatiana

(© Tretiacova Tatiana, 2010)

## REPERE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

**Actualitatea temei.** Viermele merelor (*Cydia pomonella* L.) și viespea cu ferăstrău (*Hoplocampa testudinea* Klug.) sunt principalii dăunători ai livezii de măr. Cultura mărului este imposibilă fără activități susținute privind prevenirea și combaterea acestor dăunători în vederea diminuării pierderilor, obținerii recoltei înalte și de calitate. Termenele optime de efectuare a măsurilor de protecție se stabilesc în baza prognozelor fenologice, iar cartarea răspândirii dăunătorului - în baza prognozelor spațiale [4, 5]. În prezent, precizia prognozelor în protecția plantelor nu satisface cerințele agriculturii contemporane. Ameliorarea acestei situații este posibilă prin elaborarea și implementarea metodelor noi și a aparatelor automatizate de înregistrare și prelucrare a informației inițiale (biologice, meteorologice etc.) [19, 26, 27, 29].

**Descrierea situației în domeniu și identificarea problemelor de cercetare.** Apariția tehnologiilor noi oferă posibilități performante de măsurare a indicilor de prognoză, printre ele fiind: 1) stațiunile automate de înregistrare și colectare a datelor meteo; 2) Sistemul Global de Poziționare (GPS); 3) Sisteme-Suport de Decizii; 4) Sisteme Informaționale Geografice (GIS). Utilizarea tehnologiilor noi permite obținerea informației necesare în mod on-line, stabilirea coordonatelor și aprecierea gradului de răspândire a populațiilor de dăunători, prelucrarea simultană a datelor atât privind aspectele biologice, cât și cele abiotice; efectuarea analizei rezultatelor modelării [4, 6, 22, 23]. Astfel, în baza prelucrării datelor de scară medie la o scară mai mare prin interpolarea datelor, extrapolarea rezultatelor, utilizarea unor modele atmosferice și ajustarea lor la datele digitale ale reliefului, pot fi elaborate prognozele pentru un lot specificat [5]. Integrarea modelelor de dezvoltare fenologică și spațială a dăunătorilor ar putea contribui la soluționarea problemelor de eficientizare a prognozelor și aplicare a măsurilor de protecție în termene oportune.

**Scopul și obiectivele lucrării.** Scopul actualei lucrări rezidă în perfecționarea sistemului de prognoză a populațiilor principalilor dăunători ai livezii de măr în baza integrării modelelor fenologice și spațiale.

Pentru realizarea scopului dat, au fost trasate următoarele obiective:

- identificarea factorilor ce influențează dezvoltarea viermelui merelor și viespii cu ferăstrău;
- selectarea predictorilor principali pentru elaborarea prognozei fenologice a viermelui merelor;
- aplicarea unei noi metodologii de prelucrare a informației inițiale;
- elaborarea modelului de prognoză spațială a viespii cu ferăstrău a merelor;
- elaborarea modelului de prognoză fenologică a viermelui merelor;
- integrarea modelelor spațiale și fenologice într-un sistem de prognoză și avertizare.

**Metodologia cercetărilor.** Suportul metodologic al cercetărilor l-au constituit monografiile de bază și lucrările științifice în domeniu ale savanților autohtoni - Busuioc M., Gontarenco M., Todiraș V., Voineac V., precum și ale celor de peste hotare - Brunner J., Ghizdavu I., Griceanov I., Petrușova N., Pitcairn M., Poleacov I.,

Reabcinskaia T., Riedl H., Șuța V. Pentru soluționarea problemelor abordate în teză au fost utilizate următoarele metode: monitorizare, evaluare, statistică.

**Noutatea și originalitatea științifică a lucrării.** A fost elaborată și aplicată o metodă nouă de calculare a sumei temperaturilor efective (STE). A fost elaborat algoritmul prognozei fenologice a viermelui merelor în funcție de STE. Prin aplicarea tehnologiilor GIS/GPS și a metodologiei noi, bazată pe teoria mulțimilor vagi, a fost propusă cartarea dăunătorilor și efectuată integrarea a 2 tipuri de modele într-un sistem de prognoză.

**Semnificația teoretică.** Rezultatele lucrării au fost utilizate în elaborarea Sistemului Informațional în domeniul protecției plantelor "ProBio". Utilizarea metodei noi de calculare a STE a contribuit la reducerea erorii de estimare a termenelor de apariție a fazelor de dezvoltare fenologică a viermelui merelor până la 1,0-2,0 zile. A fost soluționată problema privind simetrizarea datelor inițiale la elaborarea prognozei fenologice a viermelui merelor prin aplicarea metodologiei bazate pe teoria mulțimilor vagi.

**Valoarea aplicativă.** Utilizarea capcanelor adezive de culoare albă este o metodă eficientă pentru monitorizarea viespii cu ferăstrău în livada de măr. Numărul adulților capturați servește drept criteriu în luarea deciziilor de protecție, iar cartarea prin construirea hărților digitale permite localizarea focarelor și aplicarea măsurilor de protecție pe locuri stabilite în prealabil. Hărțile digitale, produse ca rezultat al integrării modelelor de prognoză fenologică și spațială, pot fi utilizate pentru aprecierea termenelor de efectuare a evidențelor privind evaluarea stării fitosanitare a livezii, asigurarea cu informație despre starea populației dăunătorilor și evenimentele-cheie pentru un lot specificat. Datele inițiale privind valoarea punctului biologic fixat (Biofix) sunt utilizate pentru elaborarea prognozelor spațiale și fenologice în diferite zone ale Republicii Moldova.

**Rezultatele științifice principale:**

- Fundamentarea biologică a utilizării indicelui STE în concordanță cu data punctului Biofix stabilită și atribuirea acestuia a unei valori constante de 93 grade-zi.
- Elaborarea unui model fenologic de dezvoltare a viermelui merelor și exprimarea lui în formă de relație: "STE - ecloziune - zbor".
- Elaborarea unui model spațial de răspândire a viespii cu ferăstrău.
- Integrarea modelelor fenologice și spațiale într-un singur sistem de prognoză și avertizare.

**Implementarea rezultatelor.** Rezultatele cercetărilor au fost introduse în baza de date a Sistemului Informațional „ProBio”, amplasat în rețeaua Internet și pot fi accesate (<http://i.iasphost.com/probio/>); sunt utilizate în Laboratorul de Prognoză al Inspectoratului General de Supraveghere Fitosanitară și Control Semincer al Moldovei.

**Aprobarea lucrării.** Materialele au fost prezentate în cadrul conferințelor: Conferința a VI-a națională de Entomologie Generală și Aplicată (Iași, România, 1995), Conferința Tinerilor cercetători din Moldova cu participare internațională (Chișinău, 1997), Conferința științifico-practică "Protecția plantelor de dăunători, boli și buruieni în Republica Moldova" (Chișinău, 1998), Simpozionul științific internațional "Protecția Integrată a Plantelor: Realizări și Probleme" (Chișinău, 2000), Conferința a IV-a a Zoologilor din Republica Moldova "Diversitatea, valorificarea

rațională și protecția lumii animale" (Chișinău, 2001), Conferința științifico-practică "10 ani ai Centrului de Stat pentru Atestarea și Omologarea Produselor de Uz Fitosanitar și a Fertilizanților" (Chișinău, 2004), Simpozionul științific internațional "Realizări și perspective în horticultură, viticultură, vinificație și silvicultură", consacrat celei de-a 100 aniversări de la nașterea profesorului universitar Gh. Rudi (Chișinău, 2007), Simpozionul științific internațional „Protecția Plantelor - Realizări și Perspective” (Chișinău, 2009).

**Publicații la tema tezei.** Materialele tezei au fost publicate în 16 lucrări științifice sub formă de teze și articole, inclusiv în reviste de specialitate recenzate - 2 lucrări.

**Structura și volumul lucrării.** Lucrarea constă din introducere, 4 capitole, concluzii, recomandări practice, bibliografie (217 titluri) și 3 anexe. Textul este expus pe 120 pagini, conține 17 tabele și 29 figuri.

**Cuvinte-cheie:** viermele merelor, viespea cu ferăstrău, PED, prognoză, avertizare, GIS, GPS, capcane, feromon sexual, suma temperaturilor efective, gradezi, punctul biologic fixat, mulțimi vagi.

## CONȚINUTUL TEZEI

În introducere este descrisă situația în domeniu, argumentată actualitatea problemei cercetate și inovația științifică, sunt formulate scopul și obiectivele lucrării, este prezentată semnificația științifică a cercetărilor efectuate și valoarea practică a rezultatelor obținute.

### 1. STAREA ACTUALĂ A CERCETĂRILOR PRIVIND PROGNOZA DEZVOLTĂRII PRINCIPALILOR DĂUNĂTORI AI MĂRULUI

Capitolul include sinteza surselor bibliografice privitor la starea fitosanitară a livezilor de măr, originea și răspândirea viermelui merelor și viespii cu ferăstrău, morfologia, biologia și ecologia acestor specii, plantele atacate și modul de dăunare. Se prezintă informația despre importanța, obiectivele și cerințele față de prognoza fenologică și spațială a dăunătorilor și avertizarea termenelor de înfăptuire a măsurilor de protecție. Este argumentată necesitatea elaborării unui sistem de prognoză în baza integrării a două tipuri de modele: fenologice și spațiale.

### 2. MATERIALE ȘI METODE

Cercetările s-au desfășurat pe parcursul anilor 1994-2008. Experiențele de câmp, observațiile și evidențele s-au efectuat în livada experimentală a Institutului de Protecție a Plantelor și Agricultură Ecologică, localizată în sud-vestul municipiului Chișinău. Ca obiect de cercetare au servit două specii de dăunători ai livezilor de măr: viermele merelor (*Cydia pomonella* L.) și viespea cu ferăstrău (*Hoplocampa testudinea* Klug.).

Observațiile au fost efectuate în conformitate cu unele metodici adecvate pentru fiecare din aceste două specii [1, 21]. Depistarea și înregistrarea dinamicii de zbor a populațiilor de dăunători s-a efectuat cu ajutorul a 2 tipuri de capcane: feromonale și adezive colorate. Forma preparativă a feromonului viermelui merelor a fost de marca „Codlemon” [16, 19, 20, 28], feromonul fiind sintetizat în cadrul IPPAE. Datele meteo au fost obținute prin utilizarea stațiunii automate de înregistrare și prelucrare a

datelor de tipul „AgroExpert” [3, 4, 23]. Prelucrarea statistică a datelor a fost efectuată conform metodelor de analiză dispersională și prin criteriul Fișer [17].

S-au utilizat calculatoare asigurate cu pachete de programe speciale „Statgraphics plus”, „Excell” și „Access”. Pentru elaborarea prognozelor s-au utilizat atât unelte și tehnologii moderne GIS /GPS, cât și programe recent elaborate în cadrul IPPAE "OptimClass" și "BioClass", care asigură soluționarea problemelor de optimizare în timp și spațiu [4, 5, 22, 30]. Algoritmul acestor programe este bazat pe metodologia mulțimilor vagi [6, 10, 24].

### 3. ELABORAREA MODELELOR DE PROGNOZĂ

#### 3.1. Modelul analitic conceptual al sistemului "Pom-mediul ambiant-dăunător"

În scopul sistematizării direcțiilor de cercetare, am elaborat modelul analitic conceptual, în care este prezentată conexiunea între componentele sistemului "Pom - mediul ambiant - dăunător", și anume: influența mediului ambiant asupra pomului fructifer și a dăunătorului, influența dăunătorului asupra pomului fructifer și viceversa.

#### 3.2. Determinarea factorilor de restricție pentru elaborarea modelelor de prognoză fenologică

**Temperatura aerului și viteza vântului.** A fost determinat rolul temperaturii în ciclul de viață al viermelui merelor. S-a urmărit dezvoltarea embrionară a dăunătorului. S-a stabilit că atât viteza de dezvoltare a stadiilor premature ale viermelui merelor, cât și activitatea de zbor a adulților sunt, în primul rând, în funcție de temperatură [13, 18]. S-a observat că scăderea temperaturii provoacă reducerea intensității zborului, drept rezultat se observă declinul brusc în curba dinamicii de capturare a masculilor (figura 3.1).

Datele cercetărilor au demonstrat că intensitatea vântului de la 10 până la 13-15 m/sec. provoacă întreruperea capturărilor, iar în zilele cu viteza vântului de la 5 până la 9,0 m/sec. activitatea de zbor a dăunătorului și numărul masculilor capturați crește.

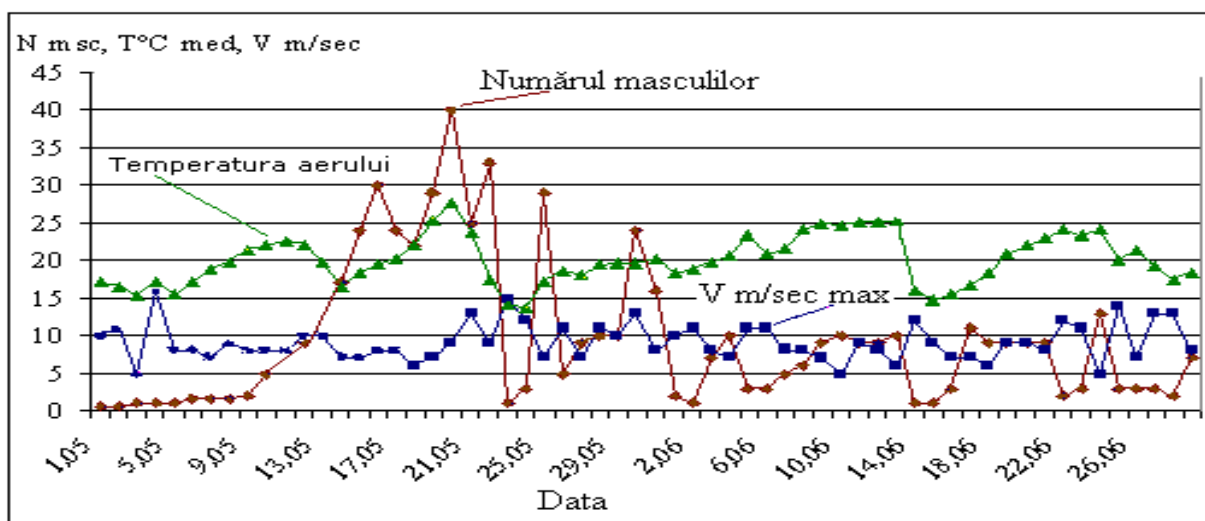


Figura 3.1. Dependența capturării masculilor viermelui merelor de temperatura aerului și viteza vântului (prima generație, anul 1996)

Așadar, atât temperatura aerului, cât și viteza vântului influențează activitatea de zbor a dăunătorului. În afară de aceasta, temperatura determină și durata de dezvoltare a diferitelor faze de ontogeneză ale viermelui merelor.

**Umiditatea relativă a aerului și precipitațiile.** S-a demonstrat că precipitațiile provoacă ridicarea umidității relative a aerului și drept urmare duc la stoparea zborului și întreruperea capturărilor (figura 3.2). În anul 2005, numărul maxim al capturărilor într-o zi a constituit 5,3 masculi la o capcană, date înregistrate în zilele fără precipitații.

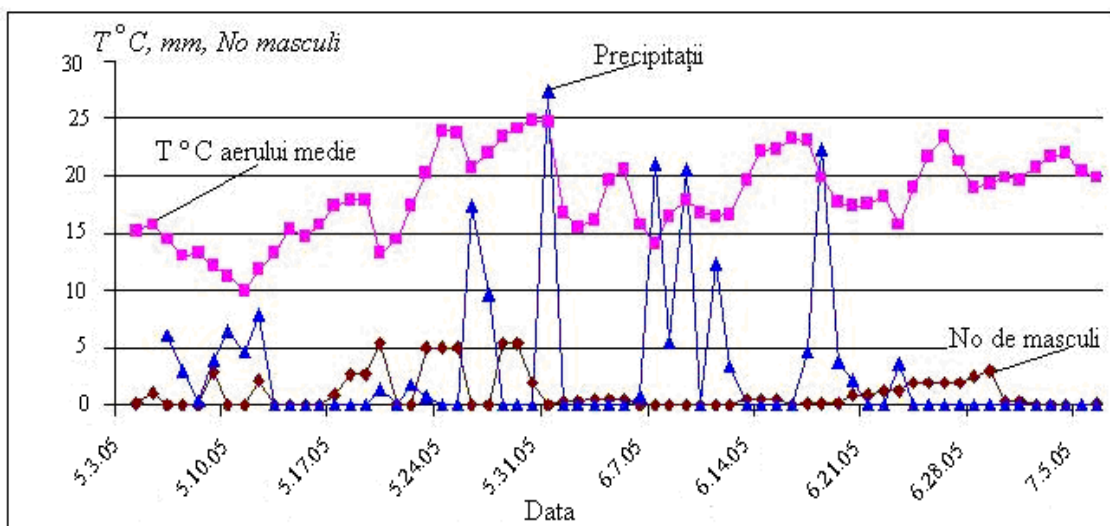


Figura 3.2. Dependența numărului masculilor viermelui merelor capturați în capcane cu feromon sexual de temperatura aerului și precipitații (prima generație, anul 2005)

A fost efectuată analiza dependenței numărului masculilor capturați de factorii abiotici. În baza datelor din anul 1997 am obținut modelul pentru a doua generație a viermelui merelor, ecuația fiind următoarea:

$$Y = 13,6 + 0,25X_1 - 0,43 X_2 - 0,55 X_3 + 1,97 X_4 + 1,92 X_5; \quad (3.1)$$

Unde  $Y$  – este numărul de masculi ai viermelui merelor capturați la o capcană;  $X_1$  - timpul;  $X_2$  - umiditatea relativă a aerului;  $X_3$  - temperatura maximă a aerului;  $X_4$  - temperatura minimă a aerului;  $X_5$  - viteza maximă a vântului. Coeficientul de determinare ( $D$ ) este egal cu 91,7; criteriul Fișer estimat ( $F_{est.}$ ) este egal cu 15,5; criteriul  $F$  tabelar ( $F_{tab.}$ ) este egal cu 4,82; criteriul statistic  $DW$  este egal cu 1,21 [7, 13].

De asemenea, cu aceiași factori, adăugând și precipitațiile, a fost efectuată analiza dependenței numărului de ouă de datele meteo și numărul masculilor capturați. Coeficientul  $D$  este egal cu 88%. Criteriul  $F_{est.}$  - 6,68,  $F_{tab.}$  - egal cu 4,20. Criteriul statistic  $DW$  este mai mic de 1.40, ceea ce demonstrează că există o corelație destul de esențială între numărul de ouă, numărul masculilor capturați la o capcană și factorii meteorologici.

Așadar, s-a stabilit că atât numărul de ponte, cât și cel al masculilor capturați este influențat de presiunea atmosferică, umiditatea relativă, temperatura aerului și viteza vântului.

### 3.3. Selectarea indicilor pentru prognoza fenologică a viermelui merelor

Cros-analiza între factorii meteorologici a demonstrat că temperatura medie a aerului corelează nu numai cu presiunea atmosferică, dar și cu umiditatea relativă a aerului și temperatura maximă la suprafața solului [10]. Coeficientul de corelație ( $r$ ) variază în acest caz de la 0,51 până la 0,54, ceea ce este în concordanță cu sursele bibliografice [7, 13]. Suplimentar s-a stabilit că temperatura medie a aerului corelează cu temperatura medie între orele 20 și 22 - intervalul de timp de activitate vitală maximă a dăunătorului.

Așadar, temperatura reprezintă factorul determinant pentru elaborarea modelelor de prognoză a viermelui merelor. Presiunea atmosferică și umiditatea relativă a aerului pot fi utilizate în calitate de indici suplimentari pentru mărirea preciziei modelului de prognoză.

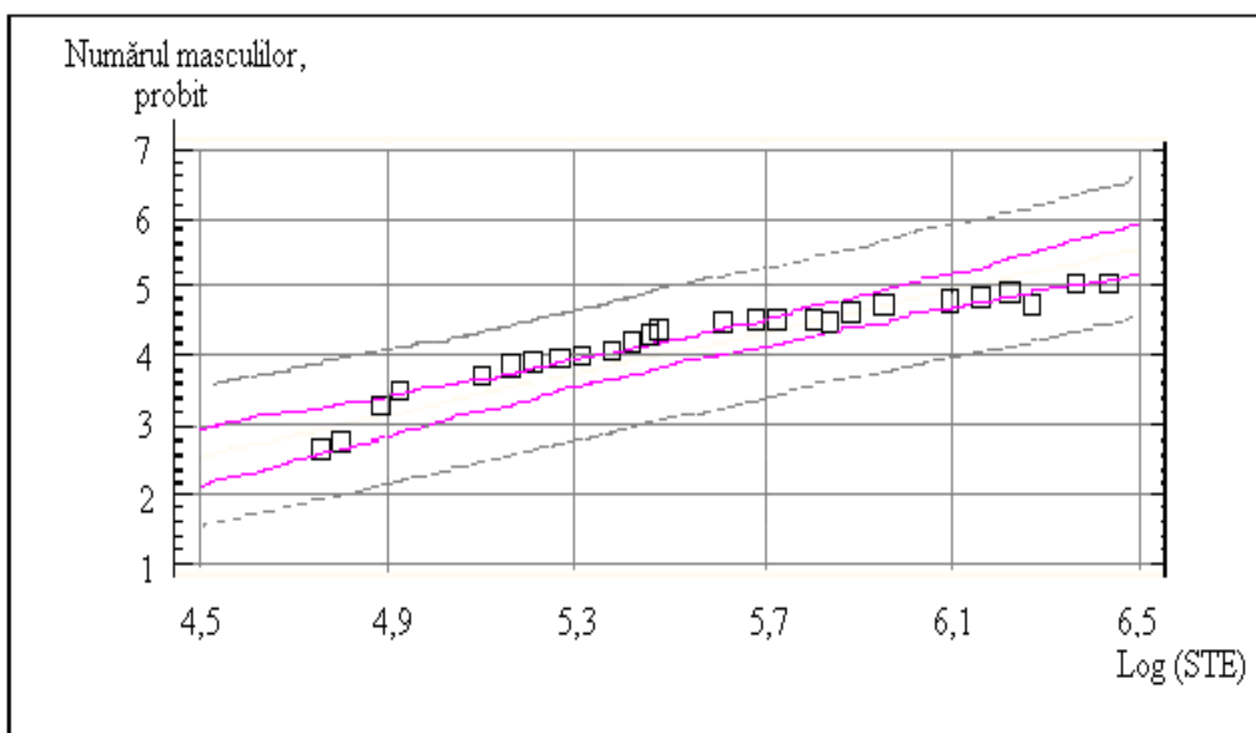


Figura 3.3. Dependenta numărului masculilor viermelui merelor capturați în capcane cu feromon sexual de STE (prima generație, anul 1998)

Luând în considerație variabilitatea temperaturilor diurne, am stabilit că suma temperaturilor efective (STE) caracterizează mai adecvat condițiile termice create. S-a testat dependența numărului masculilor capturați și a numărului de ouă depuse de STE. Valorile capturării cumulative a masculilor și cele ale numărului de ouă al viermelui merelor au fost recalculat în probit, iar STE a fost transformată în logaritmul zecimal (figura 3.3). Toate estimările au fost efectuate la un nivel de semnificație de 95% [17]. Prin analiza regresională a setului de date pentru fiecare generație a viermelui merelor au fost obținute modele adecvate din punct de vedere statistic și drept rezultat a fost constatată dependența funcțională liniară.

Ecuatiile date caracterizează dependența numărului masculilor capturați în capcane cu feromon sexual de un singur factor - STE acumulată:



prima generație a viermelui merelor

$$Y_1 (\text{a.1996}) = -13,97 + 3,45 * \text{Log}(\text{STE}), \quad r = 0,91, \quad D = 0,82 \quad (3.2)$$

$$Y_1 (\text{a.1997}) = -5,75 + 1,92 * \text{Log}(\text{STE}), \quad r = 0,95, \quad D = 0,90 \quad (3.3)$$

$$Y_1 (\text{a.2001}) = -3,89 + 3,85 * \text{Log}(\text{STE}), \quad r = 0,98, \quad D = 0,95 \quad (3.4)$$

a 2-a generație a viermelui merelor

$$Y_2 (\text{a.1996}) = -69,95 + 11,14 * \text{Log}(\text{STE}), \quad r = 0,96, \quad D = 0,92 \quad (3.5)$$

$$Y_2 (\text{a.1997}) = -31,67 + 5,42 * \text{Log}(\text{STE}), \quad r = 0,96, \quad D = 0,92 \quad (3.6)$$

$$Y_2 (\text{a.2001}) = -29,10 + 11,52 * \text{Log}(\text{STE}), \quad r = 0,99, \quad D = 0,98 \quad (3.7)$$

Ecuațiile de mai jos caracterizează dependența numărului de ouă depuse de viermele merelor de STE acumulată:

$$Z_1 (\text{a.1996}) = -29,91 + 6,24 * \text{Log}(\text{STE}), \quad r = 0,95, \quad D = 0,90 \quad (3.8)$$

$$Z_1 (\text{a.2001}) = -12,37 + 7,11 * \text{Log}(\text{STE}), \quad r = 0,98, \quad D = 0,97 \quad (3.9)$$

$$Z_2 (\text{a.1996}) = -84,71 + 13,16 * \text{Log}(\text{STE}), \quad r = 0,92, \quad D = 0,84 \quad (3.10)$$

Unde:  $Y_1$  și  $Y_2$  - este numărul masculilor capturați la o capcană, în probit;

$Z_1$  și  $Z_2$  - este numărul de ouă depuse de către femele, în probit;

$\text{Log}(\text{STE})$  - suma temperaturilor efective, în logaritm zecimal.

Coefficienții de determinare variază de la 0,82 până la 0,98, ceea ce demonstrează că există o corelație înaltă între STE și dezvoltarea fenologică a viermelui merelor. Rezultatele obținute confirmă că atât dinamica capturării masculilor în capcane cu feromon sexual, cât și cea a depunerilor de ouă se subordonează distribuției normale și pot fi descrise cu ajutorul analizei probit [11, 12]. Astfel, în urma transformării datelor inițiale, a fost obținută dependența funcțională liniară a numărului masculilor capturați de valorile STE acumulate.

### 3.3.1. Analiza metodelor de calculare a sumei temperaturilor efective

În scopul ameliorării preciziei calculărilor și micșorării erorilor a fost elaborată și testată o metodă neliniară de calculare a STE. Metoda elaborată reflectă atât influența variației temperaturilor diurne de primăvară, cât și a temperaturilor extrem de înalte de vară asupra vitezei de dezvoltare a dăunătorului, fiind bazată pe curba logistică a ratei de dezvoltare a dăunătorului.

Având la dispoziție stațiunea meteo de tipul „Agroexpert” [12, 14, 30], am testat 3 metode de calculare a STE, și anume: metoda standard, fracționară și metoda elaborată - sinusoidală cu tăiere orizontală (figura 3.4) [8]. S-a constatat că pe parcursul perioadei de primăvară valorile STE calculate prin metoda sinusoidală au fost mai ridicate comparativ cu celelalte două metode, însă au fost în corespundere cu dezvoltarea viermelui merelor evidențiată în natură.

S-a constatat că în timpul verii valorile STE, până la ridicarea temperaturii maxime mai sus de 31-32°C, nu diferă mult între metodele de calculare. Însă, la instalarea temperaturii maxime mai sus de 32°C s-a observat o întârziere a valorilor calculate, prin aplicarea metodei sinusoidale în comparație cu celelalte două metode, diferența fiind de 2-3 grade-zi la fiecare valoare a temperaturii efective. Astfel, dacă pe data de 13 iulie anul 2007 diferența între valorile STE a constituit 51 - 57 de

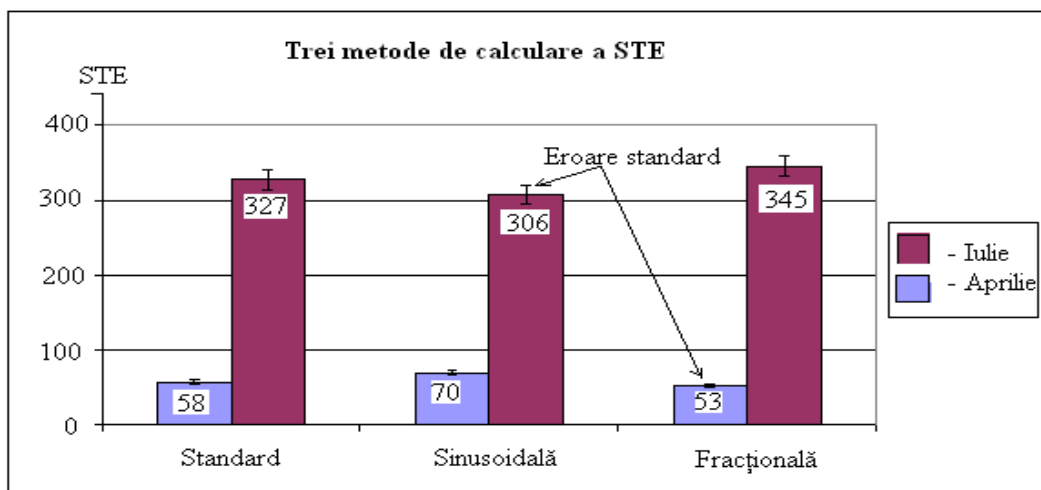


Figura 3.4. Analiza comparativă a trei metode de calculare a temperaturilor medii și celor efective (anul 2007)

grade-zi, ce prezintă 3,6 - 4,1 zile calendaristice, pe data de 20 iulie - 42 și 62 de grade-zi. Pe data de 29 iulie diferența a fost de 34 și 77 de grade-zi, ceea ce constituie 2,47 și 5,5 zile calendaristice. Astfel, constatăm că în perioada de vară este evidentă tendința de supraestimare a valorilor STE calculate prin aplicarea metodei standard [8, 10].

Așadar, s-a demonstrat că metoda sinusoidală elaborată ia în considerație temperaturile înalte de zi în timpul primăverii, ce sunt favorabile pentru dezvoltarea viermelui merelor, în același timp asigurând corectitudinea estimării pentru perioada de vară, îndeosebi în anii cu temperaturi extrem de ridicate.

### 3.4. Elaborarea modelelor de prognoză fenologică

Prognoza fenologică se bazează pe faptul că insectele, fiind organisme poichiloterme, pot să se dezvolte numai la temperaturi specifice. Suma totală a temperaturilor necesare pentru o generație este calculată prin acumularea temperaturilor efective zilnice:

$$\sum_{i=1}^n (T_{med} - 10) = C_t, \quad (3.11)$$

unde:  $\Sigma$  - este suma;  $T_{med}$  - temperatura medie;  $(T_{med} - 10)$  - temperatura efectivă;  $C_t$  - constanta termică care reprezintă STE necesară pentru dezvoltarea unei generații;  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  - numărul de zile. Pentru viermele merelor  $C_t$  medie pentru dezvoltarea unei generații (de la „ou” până la „ou”) este egală cu 600- 619 grade-zi [26, 27].

Pentru interpretarea datelor obținute și încorporarea lor în modelul de prognoză, a fost stabilită scara gradelor-zile. Data calendaristică de la care modelul începe acumularea gradelor-zile reprezintă punctul Biofix. STE la data punctului Biofix a fost instalată ca valoare constantă.

### 3.4.1. Metoda logistică de regresie

Coresponderea condițiilor de climă și identificarea ariilor de risc pot fi modelate prin modele de dezvoltare bazate pe regresia logistică. Regresia logistică este un instrument analitic eficient, deoarece asigură informația probabilității unor evenimente biologice și poate fi utilizată când este necesar de a obține probabilitatea unui eveniment care se așteaptă a avea valori între 0 și 1 [3, 4].

Dependența logistică pentru dezvoltarea dăunătorului este bazată pe ecuația:

$$\frac{dh}{dt} = b * N * \frac{(K - N)}{K} \quad (3.12)$$

Unde:  $b$  - este viteza maximă de dezvoltare a populației;  $N$  - numărul populației la timpul respectiv;  $K$  - numărul maxim al densității numerice a populației;  $dh/dt$  - valoarea prezisă pentru  $a_i$ , poate fi considerat ca probabilitate că cel puțin un singur mascul va fi capturat, corespunzător setului dat de valori ale variabilelor independente.

Drept rezultat al ecuației 3.12 s-a obținut linia în formă sigmoidală care caracterizează dinamica de dezvoltare a populației dăunătorului (figura 3.5).

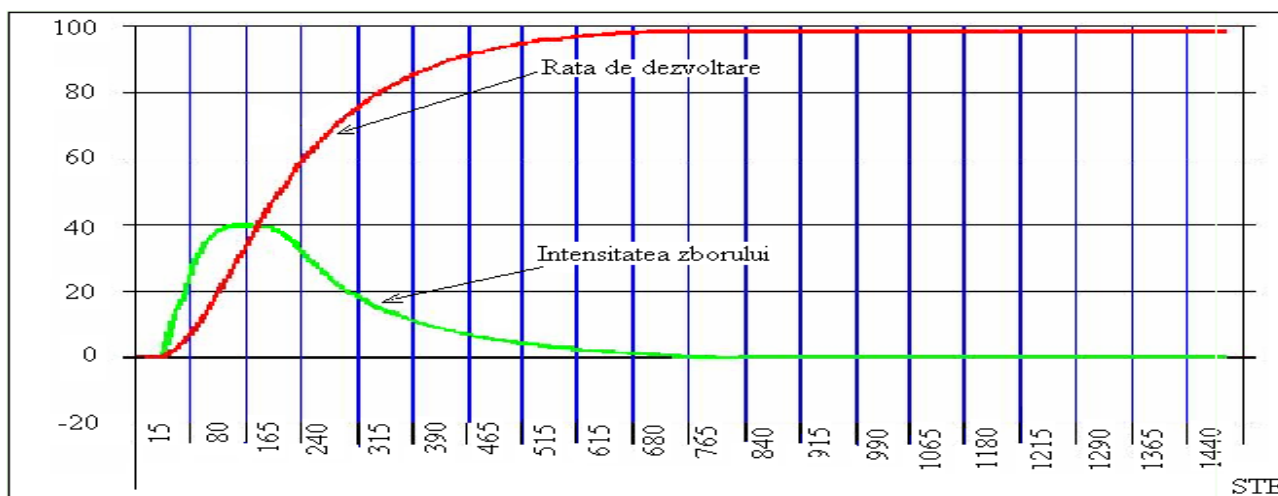


Figura 3.5. Raportul între rata de dezvoltare și intensitatea zborului viermelui merelor

Așadar, la elaborarea modelului de prognoză am utilizat metoda logistică care permite descrierea fenologiei prin curba sigmoidală a ratei de dezvoltare și utilizarea unui indice pentru două obiective. În cazul viermelui merelor obiectivele prezintă generații ale dăunătorului pe parcursul unui sezon de vegetație.

### 3.5. Examinarea dependenței dezvoltării viermelui merelor de suma temperaturilor efective

Examinarea modelului s-a efectuat prin compararea datelor evidențelor directe cu rezultatele prognozate și schimbarea în mod consecutiv a informației privind data calendaristică a punctului Biofix. Am urmărit dinamica ecloziunii larvelor din prima generație. În anul 1996 punctul Biofix a fost stabilit pe data de 12 mai.

Tabelul 3.1. Corespunderea ecloziunii larvelor viermelui merelor relației „STE - zbor - ecloziune”

Data	Numărul de ouă eclozate (medie/pom)	STE, grade-zi	Procentul de	
			zbor	ecloziune
23.V	0,2 ± 0,2	209	42,0	0,5
27.V	0,8 ± 0,2	236	53,3	3,7
30.V	2,0 ± 0,3	265	64,8	10,4
04.VI	4,0 ± 1,3	312	79,0	27,7
07.VI	9,8 ± 1,3	348	87,7	44,5
11.VI	9,0 ± 1,3	405	95,1	66,3
14.VI	5,7 ± 0,3	445	98,0	78,9
18.VI	4,3 ± 0,3	471	98,9	85,0
21.VI	2,2 ± 0,16	504	99,4	90,8
25.VI	1,3 ± 0,3	559	0,0	96,5
28.VI	0,2 ± 0,2	589	1,0	98,2

Ecloziunea de 1% a avut loc la STE egală cu 216 grade-zi, iar ecloziunea de 3%, conform modelului de dezvoltare fenologică elaborat, a fost prognozată în zilele de 26-27 mai anul 1996. Primele ecloziuni ale viermelui merelor în livadă la pomii model au fost depistate pe data de 23 mai anul 1996. Cel mai mare număr de ouă eclozate (9,8) a fost înregistrat pe data de 7 iunie la STE egală cu 348 de grade-zi. Rata respectivă corespunde ecloziunii în masă și constituie 44 %, în conformitate cu scara gradelor-zi. Sfârșitul ecloziunii din prima generație a fost prognozat pe data de 28 iunie anul 1996 (tabelul 3.1). Datele evidențelor ouălor eclozate au fost în concordanță cu prognoza elaborată.

Așadar, precizia prognozei este în strânsă legătură cu stabilirea corectă a punctului Biofix. Analiza modelului și datele evidențelor efectuate în livada de măr confirmă exactitatea modelului cu data punctului Biofix stabilită pe 12.05.96 și servesc drept confirmare a faptului că modelul este adecvat. Eroarea medie absolută a fost de 1,0-2,0 zile.

### 3.6. Elaborarea modelelor de prognoză spațială

Cercetările privind viespea cu ferăstrău au fost efectuate pe parcursul anilor 2002-2008. În baza capturării viespii cu ferăstrău în capcanele albe adezive au fost acumulate date privind răspândirea dăunătorului în livadă, intensitatea și durata zborului (tabelul 3.2) [9, 15].

Tabelul 3.2. Dinamica capturării viespii cu ferăstrău în capcane

Anii	Adulții viespii cu ferăstrău capturați								În total
	sectorul 1		sectorul 2		sectorul 3		sectorul 4		
	nr.	%	nr.	%	nr.	%	nr.	%	
2002	0	0	94	94,0	5	5,0	1	1,0	100
2003	11	73,3	2	13,3	1	6,7	1	6,7	15
2004	3	30,0	5	50,0	1	10,0	1	10,0	10
2005	124	75,6	20	12,2	19	11,6	1	0,6	164
2006	9	25,7	25	71,4	0	0	1	2,9	35
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	1	11,1	2	22,2	0	0	6	66,7	9

Legendă: Pragul economic de dăunare (PED) este egal cu 7 viespi la o capcană în cazul în care înainte de înflorire tratamentul cu insecticide n-a fost aplicat, în caz contrar – 5 viespi.

Din tabelul 3.2 se observă că în anul 2002 cea mai mare densitate numerică (94 de adulți capturați) a fost marcată în sectorul al doilea [15]. În același timp, în sectorul unu n-a fost capturat nici un exemplar de viespe. Drept rezultat, numărul fructelor dăunate de viespea cu ferăstrău la soiul cu epoca de înflorire mijlocie „Slava Peremojțam” în sectorul al doilea a fost semnificativ mai mare în comparație cu cel din sectorul al treilea și a constituit 26,3%, și 5,6% de fructe, corespunzător. Deci, a fost depistată o corelație înaltă între densitatea numerică a populației și pierderile cauzate de viespea cu ferăstrău.

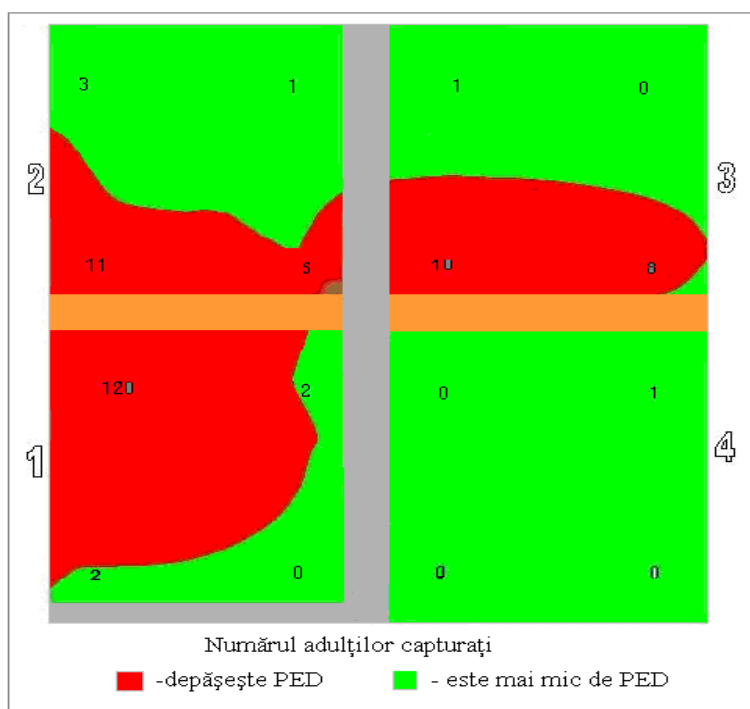


Figura 3.6. Harta răspândirii viespii cu ferăstrău pe sectoare (Livada IPPAE, anul 2005)  
 Legendă: prin numerele 1,2,3,4 – sunt marcate sectoarele livezii experimentale de măr.

**Metoda de interpolare.** În baza datelor obținute prin utilizarea metodei de interpolare am construit hărți ale răspândirii viespii cu ferăstrău pentru 6 ani. În figura 3.6 este reflectat rezultatul interpolării numărului de adulți capturați în capcanele albe adezive, prin metoda Kriging [9, 24, 25].

În anul 2005 cel mai mare număr al viespilor a fost înregistrat la capcanele din sectorul unu, unde sunt plantate soiuri de măr cu maturizare timpurie: Melba, Djois. În acest sector a fost evidențiat un focar puternic. La o singură capcană s-au capturat până la 120 de adulți ai viespii cu ferăstrău (figura 3.6)[10].

În același mod a fost prelucrat și setul de date privind procentul de fructe atacate de viespea cu ferăstrău (*Hoplocampa testudinea*), utilizând programul de calculator "BioClass", elaborat în cadrul IPPAE al AȘM [10, 15].

Așadar, prognoza spațială prin interpolare este o metodă foarte eficientă pentru vizualizarea caracterului de răspândire în spațiul unei livezi a unui astfel de dăunător ca viespea cu ferăstrău a merelor.

## **4. ARGUMENTAREA SISTEMULUI DE AVERTIZARE A TRATAMENTELOR ȘI DE OPTIMIZARE A PROCESELOR TEHNOLOGICE**

### **4.1. Planificarea măsurilor de prevenire și combatere a dăunătorilor în sistemul "Pom-mediul ambiant-dăunător"**

Avertizarea tratamentelor s-a efectuat în baza următoarelor criterii:

- criteriul fenologic - urmărirea fazelor de dezvoltare a mărului;
- criteriul biologic - urmărirea fazelor de dezvoltare a viermelui merelor;
- criteriul ecologic - înregistrarea condițiilor climaterice.

**Criteriul fenologic.** La luarea deciziilor s-a ținut cont atât de soiul de măr, în funcție de perioada de maturizare a fructelor, recoltă, vârsta pomilor și istoria aplicării pesticidelor, cât și de nivelul populației dăunătorului.

**Criteriul biologic.** În model au fost încorporate datele privind fazele de dezvoltare ale viermelui merelor și durata acestora în funcție de STE.

**Criteriul ecologic de avertizare.** Modelul elaborat se bazează pe constantele ecologice ale speciei, respectiv pragul biologic inferior – temperatura, care în cazul viermelui merelor este egală cu 10°C și constanta termică a unei generații –  $C_t$ . Cumulând zilnic temperaturile efective, este posibil a stabili foarte exact data ecloziunii primelor larve ale viermelui merelor. Punctul inițial al modelului fiind Biofix la care se însumează STE de 32°C pentru perioada preovipozitară a femelelor și 88-90 de grade-zi pentru dezvoltarea embrionară a ouălor.

### **4.2. Optimizarea măsurilor de protecție**

Realizarea modelului matematic al dezvoltării fenologice a viermelui merelor este, de fapt, realizarea unei funcții complexe, multivariabile și variabilă în timp a sistemului dinamic-timp real, care să reprezinte dinamica procesului în perioada de vegetație [3]. Analiza acestui sistem biologic complicat a fost efectuată prin:

- a) exprimarea tuturor factorilor sistemului în conformitate cu teoria mulțimilor vagi printr-o gradație unică (0,1);
- b) evidențierea efectului fiecărui factor aparte (principiul diferenței unice) [10, 25].

#### 4.2.1. Modelul conceptual de descriere a acțiunii factorilor de restricție asupra dezvoltării fenologice a viermelii merelor

Setul de parametri ai factorilor ce influențează dezvoltarea unei generații a viermelii merelor determină capacitatea potențială de dezvoltare a populației generațiilor următoare. Fiecărui factor  $i$  i-a fost atribuită valoarea minimă ( $X_{\min}$ ), optimă ( $X_{\text{opt}}$ ) și maximă ( $X_{\max}$ ). Totodată, a fost transformat setul de caracteristici ale sistemului la o gradație unică de măsură, care a simplificat interpretarea lor. Diferența unităților de măsură se datorează diversității fizice a factorilor utilizați.

Relația  $dY = f(dX)$  este descrisă în modul următor:

$$Y = (Y_{\max} - Y_{\min}) \cdot \left[ \frac{(X - X_{\max})}{(X_{\max} - X_{\min})} \right]^2 + Y_{\min} \quad (4.1)$$

Raportul  $\frac{(X - X_{\max})}{(X_{\max} - X_{\min})}$  aduce valoarea factorului  $X$  la o scară standard de măsură (0 până la 1). Pentru liniarizarea relației  $dY = f(dX)$  se introduce variabila  $X_1$ :

$$X_1 = \left[ \frac{(X - X_{\min})}{(X_{\max} - X_{\min})} \right]^2 \quad (4.2)$$

$$\text{Reieșind din ecuația } A = Y_{\max} - Y_{\min} \quad (4.3)$$

rezultă că  $A$  - este ponderea factorului de restricție  $X$ .

Ecuația 4.1 a fost transformată în:

$$Y = A * X_1 + Y_{\min} \quad (4.4)$$

Unde:  $Y$  - este numărul masculilor capturați la o capcană (%);  $A$  - coeficientul proporționalității (ponderea);  $X_1$  - abaterea relativă a factorului respectiv de la valoarea optimă.

Ecuația 4.4 descrie acțiunea factorilor de restricție și este utilizată pentru rezolvarea problemelor pronosticului dezvoltării fenologice a viermelii merelor (figura 4.1).

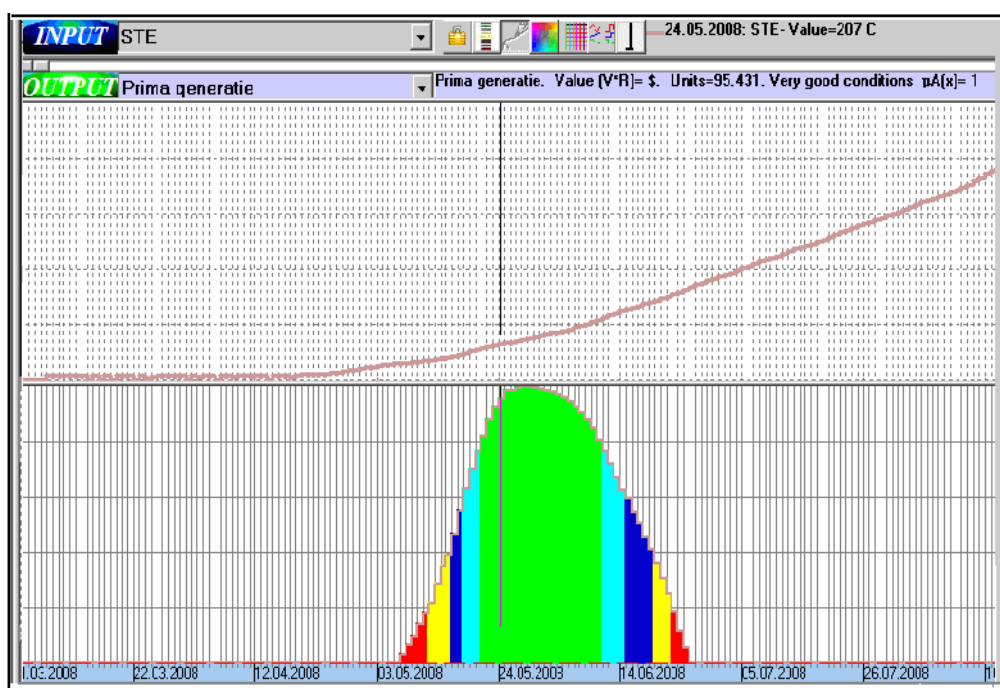


Figura 4.1. Descrierea evoluției fenologice a viermelii merelor în prima generație, anul 2008 (programul „OptimClass”)

Ca rezultat al utilizării formulei 4.4, obținem:

- factorii de restricție sunt aduși la o scară standard de măsură (de la 0 până la 1);
- formulele rezultante denotă o dependență liniară. Datele sunt utilizate pentru analiza regresională multiplă și calcularea coeficienților de regresie;
- liniarizarea reduce efectul multiplicativ, când interacțiunea mai multor factori de restricție produce un rezultat care diferă de suma contribuției lor individuale [3, 6].

În programul „OptimClass” liniarizarea se produce în mod automat prin aplicarea metodologiei elaborate în baza logicii mulțimilor vagi. În acest scop, pentru fiecare factor sunt determinați parametrii minim ( $X_{\min}$ ), optim ( $X_{\text{opt}}$ ) și maxim ( $X_{\max}$ ) al factorilor care influențează dezvoltarea viermelui merelor - zborul și activitatea sexuală pentru fiecare generație. Drept rezultat s-a obținut modelul fenologic care descrie dezvoltarea fenologică a viermelui merelor (figura 4.1).

#### 4.2.2. Termenele de aplicare a tratamentelor

Necesitatea și termenele de aplicare a tratamentelor se determină în baza capturării masculilor în capcane cu feromon sexual și calcularea STE în conformitate cu PED (primăvara - 5, iar vara - 3 masculi la o capcană pe săptămână) [10].

Întru atingerea efectului scontat al măsurilor de protecție o condiție de bază o constituie aprecierea termenului optim de combatere a dăunătorului. Anume, în baza prognozei de dezvoltare fenologică (figura 4.1) se stabilesc termenele optime de aplicare a măsurilor de protecție, iar în baza celei spațiale se determină suprafața ce necesită să fie protejată (figura 3.6).

Dat fiind faptul că pentru combaterea viermelui merelor se aplică un șir de preparate (chimice, microbiologice, biologice, substanțe biologic active etc.) termenele de aplicare a lor sunt diferite, în funcție de mecanismul de acțiune.

Tratamentele chimice se aplică la avertizări, respectiv la depășirea PED, în funcție de stadiul de dezvoltare a insectei. Primul tratament cu insecticide, cu mecanism de acțiune de contact, se avertizează în faza ouălor "inel roșu" (faza premergătoare a ecloziunii) încât să fie efectuat la începutul ecloziunii larvelor. În prezentele cercetări s-a stabilit că ecloziunea de 3%, în conformitate cu modelul fenologic elaborat, are loc la STE egală cu 232 grade-zi. De asemenea, s-a constatat că, în acest moment, majoritatea ouălor înregistrate în livadă sunt în faza „inel roșu”.

În cazul aplicării preparatelor din grupul regulatorilor de creștere a insectelor tratamentul trebuie să fie aplicat în așa termene încât femelele să depună ouă la suprafața frunzelor sau merelor deja tratate. Se recomandă în prima generație de efectuat tratament la STE  $146 \pm 20$  de grade-zi, în a doua generație – la STE  $627 \pm 46$  de grade-zi. Modelul elaborat permite determinarea începutului zborului în masă (10-15%), deci și a depunerilor de ouă: la STE egală cu 137 de grade-zi se observă zborul adulților de 10%, la 148 de grade-zi - 15% și la 173 de grade-zi – de 25%.

#### 4.2.3. Evaluarea modelului fenologic elaborat

După stabilirea datei calendaristice a punctului Biofix prin utilizarea programului „STE- calculator” transformăm această dată în grade-zi și calculăm suma temperaturilor efective, pentru prezicerea evenimentelor biologice în conformitate cu cerințele organismului dat față de STE. Este important de a stabili corect data



începutului zborului neîntrerupt al viermelui merelor, deoarece valoarea STE stabilită pentru această dată prezintă punctul inițial al modelului și influențează asupra exactității de prezicere a evenimentelor biologice scontate [10, 11].

Am efectuat evaluarea modelului, aceasta fiind făcută prin schimbarea în mod consecutiv a datei punctului Biofix. Analiza datelor a demonstrat că în funcție de data stabilirii punctului Biofix diferența între datele reale și cele prognozate variază de la 2,6 până la 8,8 grade-zi sau de la 0,4 până la 1,5 zile la fiecare punct, iar în total - de la 29,4 până la 97,3 grade-zi sau de la 5 până la 16 zile calendaristice. Cea mai mare diferență între datele reale și cele prognozate, care a constituit 3,31 zile, s-a înregistrat la stabilirea punctului Biofix începând cu data de 9 mai, iar cea mai mică - 0,43 de zile calendaristice - începând cu data de 12 mai (anul 1996).

Așadar, prin stabilirea datei corecte a punctului Biofix, evenimentele prognozate corespund celor biologice reale mai adecvat.

#### **4.2.4. Validarea modelului fenologic al viermelui merelor**

Pentru validarea modelului, a fost montată o experiență în livada experimentală a IPPAE. Tratamentele pentru combaterea viermelui merelor au fost efectuate prin aplicarea insecticidului Opercot 5WP, în conformitate cu modelul fenologic elaborat.

Punctul Biofix a fost stabilit pe data de 10 mai anul 2003, STE egală cu 93 de grade-zi. Primele ouă depuse de viermele merelor au fost depistate pe data de 14 mai la STE egală cu 149,5 grade-zi, la care, conform modelului, are loc zborul de 16%. Primul tratament pentru combaterea viermelui merelor a fost avertizat pe data de 20 mai. La această dată în natură au fost depistate ouă în faza "capsula cefalică neagră". STE acumulată la 20 mai a fost egală cu 198 grade-zi, ceea ce prezintă zborul de 35 %. Ecloziunea de 1% a fost prognozată la STE 216 grade-zi. STE calculată prin aplicarea metodei standard a fost egală cu 283 de grade-zi – ceea ce corespunde ecloziunii de 16% și zborului de 70%. În conformitate cu STE calculată prin metoda standard, ecloziunea de 3% a fost prognozată pe data de 18 mai, însă până pe data de 19 mai ouăle au fost numai în faza "proaspăt depuse" sau "hialin".

Al doilea tratament pentru combaterea viermelui merelor la prima generație a fost efectuat pe data de 02.06.03 la valoarea STE 349 de grade-zi, la ecloziunea larvelor din prima generație a viermelui merelor de 45,0% și zborul de 88,0%. Sfârșitul zborului adulților din prima generație după modelul testat a fost prognozat la STE egală cu 537 grade-zi pe data de 17.06.03. La această dată 28,6% din larvele examinate au fost de vârsta a 5-a. După modelul testat a avut loc ecloziunea de 95%.

Începând cu data de 20 iunie anul 2003, la STE 567 de grade-zi, s-a înregistrat dezvoltarea generației a doua a viermelui merelor. Drept confirmare a acestui fapt au servit atât exuviile depistate în brâiele-capcane atașate pe tulpinile pomilor de măr din livadă, cât și dinamica capturării masculilor în capcane cu feromon sexual, evidențiată zilnic.

Primul tratament pentru combaterea generației a doua a viermelui merelor cu insecticidul Opercot a fost efectuat pe data de 4 iulie la STE egală cu 721 de grade-zi - ecloziunea larvelor 1,8% și zborul 15-16%. STE după metoda standard a fost egală cu 786,3 grade-zi, ceea ce corespunde ecloziunii de 5,7% și zborului de 34,1%. Diferența de modelul testat a depășit 7 zile. Al doilea tratament pentru combaterea viermelui merelor din generația a doua cu insecticidul Opercot 5WP a fost efectuat pe

data de 21 iulie la STE egală cu 898 de grade-zi - ecloziunea de 28,4% a larvelor și zborul de 67,4% al fluturilor viermelui merelor.

Numărul de fructe atacate la pomii tratați în conformitate cu modelul fenologic testat cu insecticidul Opercot 5WP n-a depășit pragul economic de dăunare 2% (PED), iar numărul de fructe atacate la pomii din varianta Martor a constituit 80,0-82,0%. Pierderile recoltei cauzate de viermele merelor la pomii netratați au atins 16,25 kg (53,4%), în același timp - la variantele tratate cu Opercot - 3,25 kg (7%) [14].

Așadar, luând în considerație eficacitatea înaltă a măsurilor de protecție exercitate la termenele avertizate după modelul elaborat concluzionăm că prognoza satisface cerințele de precizie.

### **4.3. Modelul pentru prognoza dezvoltării viermelui merelor**

#### **4.3.1. Modul de utilizare a modelului**

Pentru utilizarea modelului, sunt necesare atât date privind aspectele biologice, cât și cele meteorologice. Datele privind apariția dăunătorului, începutul zborului neîntrerupt, dinamica și intensitatea zborului se obțin prin aplicarea capcanelor cu feromon sexual instalate în livadă. Valorile temperaturii aerului pot fi obținute de la stațiunile automate de tipul "AgroExpert", Serviciul Hidrometeorologic de Stat, iar datele prognozate pentru 10 zile - prin intermediul rețelei globale Internet [23].

Pentru implementarea modelului, sunt necesare câteva etape inițiale:

1. În calculator se instalează programul "STE-calculator" cu algoritmul special pentru calcularea temperaturilor efective și a gradelor-zile acumulate prin metoda sinusoidală.
2. Datele inițiale ale temperaturii se introduc manual, zilnic.
3. Se stabilește data calendaristică a punctului Biofix prin aprecierea numărului de masculi capturați în capcane cu feromon sexual.

De la punctul Biofix începe acumularea STE pentru prezicerea dezvoltării fenologice a viermelui merelor. Modelul calculează data oportună în vederea efectuării măsurilor pentru combaterea larvelor proaspăt eclozate ale viermelui merelor înainte ca ele să pătrundă în fruct. Este important că modelul permite de a aprecia nu numai momentul începutului ecloziunii, dar și cel de vârf - ecloziunea de 50 și 75%.

### **4.4. Suportul deciziilor privind optimizarea termenelor de aplicare a măsurilor de protecție**

Sistemul de suport al deciziilor include două noțiuni de bază: baza de cunoștințe și setul de concluzii logice [2, 3]. Baza de cunoștințe cuprinde informații și rezultate practice privind protecția mărului. Aceasta constă din reguli, rezultate experimentale și date statistice. În sistem este inclus un redactor care dă posibilitate de a înnoi datele, a introduce date suplimentare și a analiza rezultatele experiențelor. Baza de date este realizată în formatul ACCESS, ce permite gestionarea informației, oferă posibilitatea stocării, legării, manipulării și regăsirii datelor într-un mod eficient. În tabelul 4.1 sunt prezentate valorile STE incluse în baza de date, care sunt necesare pentru modelul de dezvoltare a viermelui merelor.

Tabelul 4.1. Valoarea STE pentru fiecare generație a viermelui merelor în condițiile Republicii Moldova

Generațiile	Faza de dezvoltare	STE		
		început	maxim	sfârșit
1	2	3	4	5
prima generație	imago	93	232	538
	larve	216	360	660
a 2-a generație	imago	582	838	1138
	larve	704	971	1282
a 3-a generație	imago	1160	1147	1716
	larve	1293	1555	1871

În anul 2007, pe data de 12 septembrie, STE acumulată peste pragul de dezvoltare a constituit 1773 grade-zi, ceea ce denotă riscul apariției și dezvoltării generației a treia.

Setul de concluzii logice interpretează datele din baza de cunoștințe și le prezintă drept concluzii logice. În sistemul de suport al deciziilor sunt folosiți coeficienții de determinare (D) care permit aprecierea ponderii fiecărui factor.

Stabilirea momentului optim de aplicare a măsurilor de protecție pentru combaterea viermelui merelor se face pe baza a 2-3 indici de diagnoză: rezerva biologică a dăunătorului, PED, datele capturării masculilor, STE - în funcție de posibilitățile de determinare a lor.

Modelul fenologic de dezvoltare a viermelui merelor simulează cu precizie, în limita erorilor experimentale, termenul de aplicare a măsurilor de combatere a viermelui merelor pentru diferite condiții de mediu (figura 4.1).

#### 4.5. Integrarea modelelor spațiale și fenologice într-un sistem de prognozare

Datele inițiale privind dezvoltarea viermelui merelor și estimarea datei punctului Biofix au servit drept bază pentru prognozarea spațială a dezvoltării fenologice a viermelui merelor în diferite zone ale Republicii Moldova. Au fost luate în considerație și alte variabile, respectiv poziția geografică a punctelor de observație, data medie de apariție a fenofazelor și coordonatele geografice. Valorile STE, prin utilizarea programului computerizat „BioClass” și sistemului de poziționare (GPS), au fost extrapolate și cuplate cu modelele topografice. Drept rezultat s-a obținut harta digitală a fazelor de dezvoltare a viermelui merelor (figura 4.2) [9, 24]. Această hartă este relativă, indică în diferite culori locurile cu potențialul apariției dăunătorului și servește drept semnal pentru examinarea stării fitosanitare la fața locului, cu scopul aplicării măsurilor de protecție oportune. Harta elaborată permite depistarea ariilor cu grad avansat de dezvoltare a viermelui merelor [10].

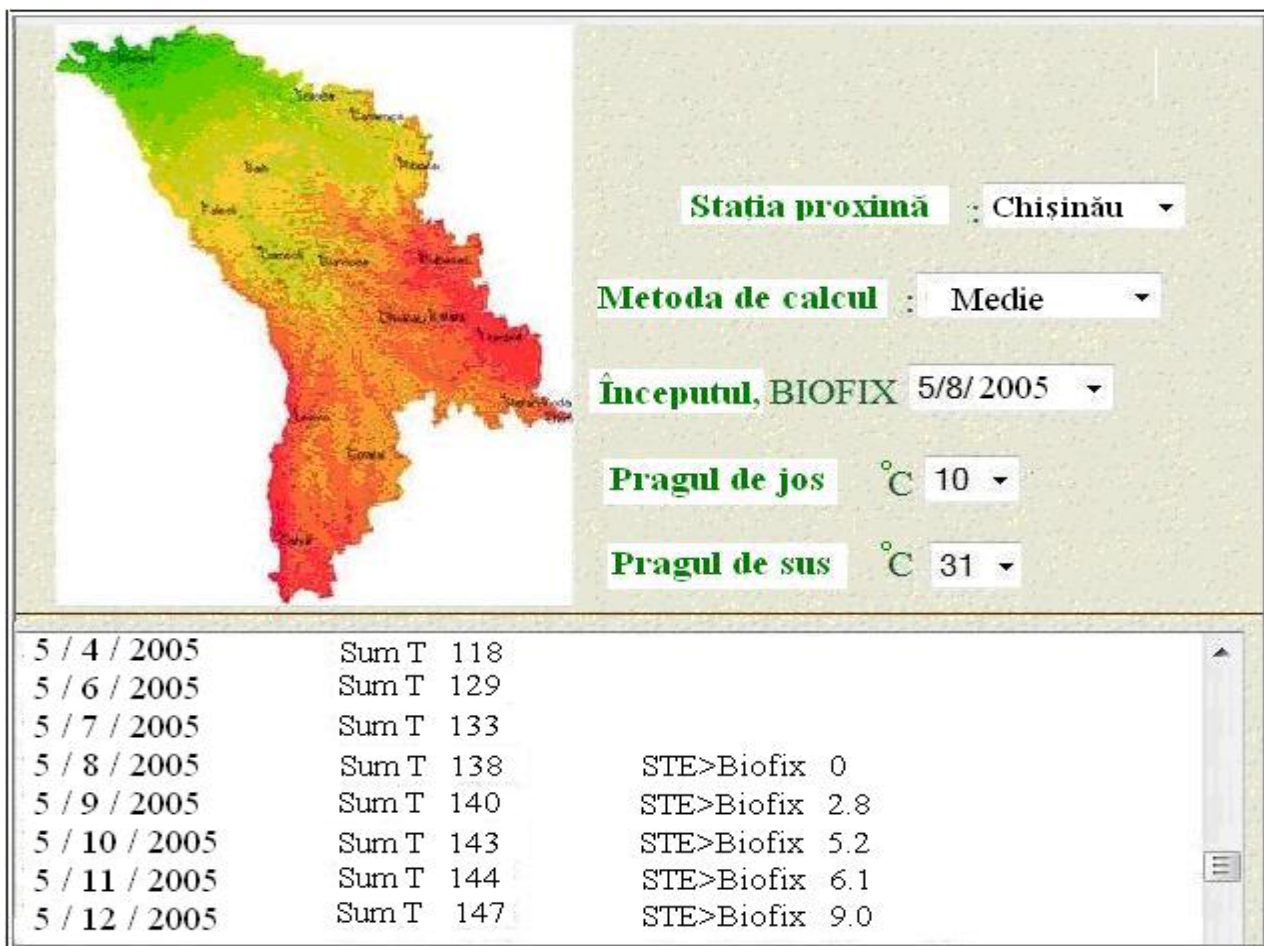


Figura 4.2. Integrarea modelelor spațiale și fenologice ale viermelui merelor (Sistemul „ProBio”)

Așadar, în condițiile Republicii Moldova, prin integrarea a două tipuri de modele: spațial și fenologic - pot fi delimitate zonele de risc ale primei apariții a viermelui merelor, urmărită viteza de dezvoltare a dăunătorului și determinat numărul de generații pe sezon. Integrarea modelelor fenologice și spațiale într-un singur sistem permite utilizarea modelelor fenologice mai eficient, deoarece acestea fac parte din modelul agronomic care poate fi aplicat prin cartare, apreciere a riscului și recomandări.

## CONCLUZII

1. Dezvoltarea dăunătorilor mărului în cadrul sistemului "Pom-mediul ambiant-dăunător" este în funcție de factorii determinanți ai mediului, această dependență poartă un caracter neliniar.
2. Suma temperaturilor efective prezintă un predictor de bază în prognoza fenologică a viermelui merelor. Coeficienții de determinare de la 0,82 până la 0,98 demonstrează că există o corelație înaltă între STE și dezvoltarea viermelui merelor.
3. Aplicarea metodei sinusoidale pentru calcularea STE permite reducerea erorilor, contribuind la majorarea preciziei modelelor de prognoză. Metoda sinusoidală elaborată ia în considerație temperaturile înalte de zi primăvara ce sunt favorabile pentru dezvoltarea viermelui merelor, în același timp asigurând corectitudinea estimării vara, îndeosebi în anii cu temperaturi extrem de ridicate.

4. Diferența între valorile calculate prin aplicarea metodei standard și celei sinusoidale primăvara a constituit 12 grade-zi, iar în luna iulie, la înregistrarea temperaturilor mai ridicate decât pragul superior de 31°C – 20 grade-zi. Aceasta constituie 2 zile calendaristice primăvara și 1,4 zile vara.
5. Aplicarea metodologiei noi în baza teoriei mulțimilor vagi permite liniarizarea și transformarea datelor inițiale într-o gradație unică, luând în considerație ponderea fiecărui factor aparte.
6. Aprecierea corectă a punctului biologic fixat este un element-cheie în funcționarea modelului de prognoză fenologică a viermelui merelor. Diferența între datele reale și prognozate în funcție de corectitudinea stabilirii punctului Biofix variază, în medie, de la 2,6 până la 8,8 grade-zi sau 0,44 - 1,5 zile. La stabilirea corectă a punctului Biofix modelul este adecvat, eroarea medie absolută fiind de 1,0-2,0 zile.
7. Pentru începutul calculelor la data punctului Biofix se stabilește valoarea constantă a STE egală cu 93 de grade-zi. Primul tratament se avertizează la STE egală cu 232 de grade-zi, ce corelează cu ecloziunea de 3% a larvelor.
8. Modelul fenologic elaborat permite planificarea măsurilor de protecție cu insecticide din diferite grupe. În caz de aplicare a insecticidelor din grupul de regulatori de creștere a insectelor, pentru combaterea viermelui merelor, se recomandă de aplicat tratamentul în prima generație la STE egală cu  $146 \pm 20$  de grade-zi, în a doua generație – la STE  $627 \pm 46$  de grade-zi.
9. Precizia prognozelor satisface cerințele: numărul de fructe atacate pe pomii tratați cu insecticidul Opercot la termenele recomandate conform modelului fenologic testat nu a depășit pragul de dăunare de 2%. Pierderile recoltei cauzate de viermele merelor la pomii netratați au atins 16,25 kg sau 53,4%, în același timp la variantele tratate cu Opercot - 3,25 kg sau 7%.
10. Aplicarea capcanelor adezive de culoare albă asigură aprecierea prezenței, duratei de zbor și densității numerice a populației viespii cu ferăstrău în livezile de măr. Tratamentul pentru combaterea viespii cu ferăstrău se efectuează conform valorilor PED care corelează cu numărul de imago capturați la o capcană.
11. Prognoza spațială a viespii cu ferăstrău în baza capturării adulților permite depistarea focarelor în livadă, fapt ce înlesnește luarea deciziilor în privința necesității și a locului de aplicare a măsurilor de protecție.
12. Integrarea modelelor fenologice și spațiale într-un sistem de prognoză și avertizare permite soluționarea problemelor legate de prognoza fenologică și spațială în diferite zone ale Moldovei, eficientizarea sistemului de prognoză a dezvoltării dăunătorilor și asigură avertizarea tratamentelor cu precizia de o zi-două.

## RECOMANDĂRI PRACTICE

### PENTRU COMBATerea viermelui merelor (*CYDIA POMONELLA* L):

La densitatea numerică înaltă (10-15 masculi/capcană/săptămână) primul tratament se avertizează la STE egală cu 232 grade-zi acumulată după Biofix, la ecloziunea de 3%. Al doilea tratament se avertizează la STE 349-360 de grade-zi, ecloziunea de 45-49%. La a doua generație: primul tratament se avertizează la STE

egală cu 793 grade-zi, ecloziunea de 7% a larvelor; al doilea tratament - la ecloziunea de 50-60% (se ia în considerație durata de acțiune a insecticidului aplicat).

La densitatea numerică redusă (5-10 masculi/capcană/săptămână) primul tratament se avertizează la STE egală cu 293 de grade-zi, la ecloziunea de 20% a larvelor; al 2-lea tratament se efectuează în cazul depășirii pragului de dăunare a fructelor de 2%. La a doua generație: primul tratament se avertizează la STE 904 grade-zi, ecloziunea de 30% a larvelor; al doilea tratament - după necesitate, reieșind din densitatea numerică a dăunătorului, PED și nivelul de atac al fructelor. La a treia generație combaterea se face la soiuri cu epoca tardivă de maturizare, luând în considerație densitatea numerică a dăunătorului, PED și nivelul de atac al fructelor. Tratamentul să fie efectuat la ecloziunea de 3%, în conformitate cu STE.

În cazul aplicării entomofagilor sau insecticidelor din grupul de regulatori de creștere a insectelor pentru combaterea viermelui merelor se recomandă în prima generație de aplicat tratamentul la STE egală cu  $146 \pm 20$  de grade-zi, depunerea în masă a ouălor; în a doua generație – la STE  $627 \pm 46$  de grade-zi, începutul depunerii de ouă.

#### **PENTRU COMBATEREA VIESPII CU FERĂSTRĂU (*HOPLOCAMPA TESTUDINEA* KLUG):**

Monitorizarea adulților să se efectueze prin aplicarea capcanelor adezive fabricate din hârtie de culoare albă laminată, cu dimensiunea de 15x20 cm. Capcanele se instalează în livada de măr în fenofaza "buton roz" pe perimetrul fiecărui sector câte o capcană pe 1,2-2,0 ha, pe partea de sud a coroanei pomilor de măr la înălțimea de 1,7-2,0 m. Densitatea numerică a viespii cu ferăstrău și necesitatea aplicării măsurilor de protecție pentru combaterea dăunătorului se apreciază la fenofaza scuturarea petalelor prin compararea datelor capturărilor cu PED (5-7 exz./capcană) și nivelul de atac al fructelor de 3%. La depășirea PED, de efectuat măsuri de combatere. Tratamentul se aplică la sfârșitul înfloririi mărilor, în focare stabilite în prealabil.

#### **BIBLIOGRAFIE**

1. Metodici de prognoză și avertizare a tratamentelor împotriva bolilor și dăunătorilor plantelor de cultură. Ed. Musteață D. și alții. București: Prop. tehnică agric., 1980. 376 p.
2. Todiraș V. Sisteme de suport ale deciziilor pentru protecția integrată a plantelor. În: Materialele simpozionului științific internațional: „Protecția integrată a plantelor: Realizări și probleme”. Chișinău: Tipografia Centrală, 2000, p. 207-209.
3. Todiraș V. Fundamentarea sistemului de prevenire și combatere a bolilor fructelor de măr după recoltare. Teza de doctor habilitat în biologie. Chișinău, 2000. 216 p.
4. Todiraș V. Agricultura de precizie: Tehnologii geospațiale și informaționale în managementul culturilor agricole. Chișinău: Tipografia Centrală, 2003. 179 p.
5. Todiraș V. Tehnologii geospațiale și informaționale în agricultură. Chișinău: Institutul Național de Economie și Informație, 2004. 36 p.

6. Todiraş V. Metodă de integrare a funcţiei de dezirabilitate cu funcţiile de apartenenţă în sistemele bazate pe logica Fuzzy. În: Culegere de lucrări ştiinţifice ”Progrese în teoria deciziilor economice în condiţii de risc şi incertitudine: Management, strategii şi decizii fuzzy. Curente teorii şi practici moderne”. Iaşi: Tehnopress, 2009, vol. IX, p. 87 -93.
7. Todiraş V., **Tretiacova T.** Cercetări privind influenţa condiţiilor meteorologice asupra capturării masculilor viermelui merelor în capcane cu feromon sexual. În: Materialele conferinţei ştiinţifico-practice: “ Protecţia plantelor de dăunători, boli şi buruieni în Republica Moldova”. Chişinău, 1998, p. 93-94.
8. Todiraş V., **Tretiacova T.** Evaluarea metodelor de calculare a sumei temperaturilor efective pentru prognoza viermelui merelor (*Cydia pomonella* L.). În: Bul. Inform. IOBC Global. Chişinău, 2009, vol. 40, p. 117-121.
9. Todiraş V., **Tretiacova T.** şi alţii. Utilizarea tehnologiilor GIS şi GPS în elaborarea modelelor de dezvoltare a bolilor şi dăunătorilor. În: Bul. Inform. IOBC Global. Chişinău, 2009, vol. 40, p. 122-124.
10. Todiraş V., **Tretiacova T.** Integrarea modelelor de prognoză fenologică şi spaţială a dăunătorilor la măr. În: Bul. Inform. IOBC Global. Chişinău, 2009, vol. 40, p. 49-54.
11. **Tretiacova T.** Cercetări privitor la avertizarea viermelui merelor. În: Materialele simpozionului ştiinţific internaţional: „Protecţia integrată a plantelor: Realizări şi Probleme”. Chişinău: Tipografia Centrală, 2000, p. 214-216.
12. **Tretiacova T.** Viermele merelor şi pronosticul densităţii lui. În: Materialele conferinţei a IV-a a Zoologilor din Republica Moldova: “Diversitatea, valorificarea raţională şi protecţia lumii animale”. Chişinău, 2001, p. 152-153.
13. **Tretiacova T.,** Todiraş V. Elaborarea modelelor de dezvoltare a viermelui merelor (*Laspeyresia pomonella* L.). În: Materialele conferinţei ştiinţifice a Junimii: „Protecţia Integrată a Plantelor”. Chişinău, 1997, p. 139-147.
14. **Tretiacova T.,** Todiraş V. Viermele merelor: Testarea modelului fenologic în condiţii de câmp. În: Materialele conferinţei ştiinţifico-practice jubiliare: „Protecţia plantelor: Realizări şi perspective”. Chişinău, 2004, p. 74-75.
15. **Tretiacova T.,** Todiraş V. Modelarea varietăţii spaţiale a viespii cu ferăstrău (*Hoplocampa testudinea* Klug.) prin utilizarea tehnologiei Sisteme Informaţionale Geografice. În: Materialele simpozionului ştiinţific internaţional: „Realizări şi perspective în horticultură, viticultură şi silvicultură”. Univ. Agrară de Stat din Moldova. Chişinău, 2007, vol. 15, nr. 3, p. 381-384.
16. Войняк В. И. и др. Результаты применения регуляторов роста, развития и поведения в защите растений. В: Информ. Бюлл. ВПРС МОББ. Санкт-Петербург, 2007, nr. 38, с. 64-69.
17. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
18. Катана В., **Третьякова Т.** Математическое моделирование прогноза численности яблонной плодожорки. В: „Эколого-экономические основы

- усовершенствования интегрированных систем защиты растений от вредителей, болезней и сорняков” Сб. науч.статей. Минск: ПКФ. Экауни, 1996, с. 148-150.
19. Митюшев И. М. Биоэкологическое обоснование мониторинга основных вредителей яблони в центральном регионе России. Дисс. канд. биол. наук. Москва, 2006. [http://www.orel3.rsl.ru/dissert/EBD\\_1527\\_mitjushev](http://www.orel3.rsl.ru/dissert/EBD_1527_mitjushev) (Vizitat 11.11. 2008).
  20. Рекомендации по практическому применению биологически активных веществ в интегрированной системе защиты плодовых культур от вредителей. Под ред. А. П. Сазонова и др. Москва: Сельхозхимия, 1986. 30 с.
  21. Рябчинская Т.А., Харченко Г.Д. Экологизация защиты яблони от вредных организмов. Москва: Росинформагротех, 2006. 188 с.
  22. Тодираш В., Албу С., Бех В. Использование программы BioClass для агроэкологического микрорайонирования. В: збірник матеріалів XIII науково технічного симпозіуму „Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GPS I GIS –технології”. Львів, 2008, с. 201-203.
  23. Тодираш В., Мангул И., **Третьякова Т.** Система мониторинга факторов окружающей среды для прогноза развития вредителей и болезней сельскохозяйственных культур. В: Материали Наради семинару. Ялта, 2001, с. 116-118.
  24. Тодираш В., **Третьякова Т.** и др. Прогноз развития болезней и вредителей растений на основе ГИС технологии. В: Вестник защиты растений. Санкт-Петербург, 2008, № 1, с. 50-53.
  25. Тодираш В., **Третьякова Т.** и др. Прогноз развития болезней и вредителей растений на основе ГИС технологии. В мат. науч. конф.: ”Биологическая защита растений – основа стабилизации экосистемы”. Краснодар, 2008, (5), с. 539-541.
  26. Doerr M., Brunner J. Codling Moth. Development and Model. 2003. <http://entomology.tfrec.wsu.edu/jfbhome/growerarticles/03-WSHAModelsPoste>. (Vizitat 2.06.09).
  27. Gonzales D. C. *Cydia pomonella* (L). Behavior and responses to host volatiles. PhD tesis. Lleida, 2007. [www.tesisenxarxa.net/TESIS\\_UdL/.../TDX...//Tdcg1del1.pdf](http://www.tesisenxarxa.net/TESIS_UdL/.../TDX...//Tdcg1del1.pdf) (Vizitat 02.02.10).
  28. Pennsylvania tree fruit. Production ghid 2000-2001. /Travis J.V. Pennsylvania: PennStateUniv, 2000, p. 92-122.
  29. Pitcairn M., Zalom F., Bentley W. Weather factors influencing capture of *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) in pheromone traps during overwintering flight in California. In: Env. Entomol. 1990, vol. 19, nr. 5, p. 1253-1258.
  30. Todiraş V. **Tretiacova T.**, Shevcenco V. Implementation of phenological models through GIS technology. In: Abstracts of Int. Conf: “Towards an operation system for monitoring, modeling and forecasting of phenology”. Wageningen, 2003, p. 67-68.



## LISTA LUCRĂRILOR PUBLICATE LA TEMA TEZEI

### Articole în reviste recenzate

1. Тодираш В., **Третьякова Т.**, Фокша В., Мангул И., Страту В. Прогноз развития болезней и вредителей растений на основе ГИС-технологии. В: Вестник защиты растений. Санкт-Петербург. 2008, с. 50-53.
2. **Tretiacova T.** Aprecierea comparativă a metodelor de calculare a sumei temperaturilor efective pentru prognoza fenologică a viermelui merelor. În: Mediul Ambient. Chișinău. 2010, nr. 2(50) p. 36-39.

### Articole în culegeri științifice

3. Todiraș V., **Tretiacova T.** Evaluarea metodelor de calculare a sumei temperaturilor efective pentru prognoza viermelui merelor (*Cydia pomonella* L.). În: Bul. Inform. IOBC Global. Chișinău. 2009, vol. 40, p. 117-121.
4. Todiraș V., **Tretiacova T.**, Beh V., Haidarlî Iu. Utilizarea tehnologiilor GIS și GPS în elaborarea modelelor de dezvoltare a bolilor și dăunătorilor. În: Bul. Inform. IOBC Global. Chișinău. 2009, vol. 40, p. 122-124.
5. Todiraș V., **Tretiacova T.** Integrarea modelelor de prognoză fenologică și spațială a dăunătorilor la măr. În: Bul. Inform. IOBC Global. Chișinău. 2009, vol. 40, p. 49-54.
6. **Tretiacova T.**, Todiraș V. Elaborarea modelelor de dezvoltare a viermelui merelor (*Laspeyresia pomonella* L.). În: Protecția Integrată a Plantelor (Culegere de artic. șt.). 1997, p. 139-147.
7. Тодираш В., Мангул И., **Третьякова Т.** Система мониторинга факторов окружающей среды для прогноза развития вредителей и болезней сельскохозяйственных культур. В: Материали Нареди семинару. Ялта, 2001, с. 116-118.
8. **Tretiacova T.**, Todiraș V. Modelarea varietății spațiale a viespii cu ferăstrău (*Hoplocampa testudinea* Klug.) prin utilizarea tehnologiei Sisteme Informaționale Geografice. În: Materialele simpozionului științific internațional: „Realizări și perspective în horticultură, viticultură și silvicultură”. Univ. Agrară de Stat din Moldova. Chișinău, 2007, vol. 15, nr. 3, p. 381-384.
9. Тодираш В., **Третьякова Т.** и др. Прогноз развития болезней и вредителей растений на основе ГИС технологии. В: мат.науч.конф. „Биологическая защита растений – основа стабилизации экосистемы”. Краснодар, 2008, (5), с. 539-541.

### Tezele rapoartelor științifice

10. Катана В.Д., **Третьякова Т. Ф.** Математические модели прогноза яблонной плодовой гнили. В сб. науч. статей: „Эколого-экономические основы совершенствования интегрированных систем защиты растений от вредителей, болезней и сорняков”. Минск: ПКФ. Экауни. 1996, p. 148-150.
11. Todiraș V., **Tretiacova T.** Cercetări privind influența condițiilor meteorologice asupra capturării masculilor viermelui mărului în capcane cu feromon sexual. Tezele rapoartelor Conferinței științifico-practice. În cartea: Protecția plantelor de dăunători, boli și buruieni în Republica Moldova. Chișinău. 1998, p. 93-94.

12. **Tretiacova T.** Cercetări privitor la avertizarea viermelui merelor. În cartea: Protecția integrată a plantelor: Realizări și Probleme. Chișinău, 2-4 octombrie 2000. Chișinău: Tipografia Centrală. 2000, p. 214-216.
13. **Tretiacova T.** Viermele merelor și pronosticul densității lui. Tezele rapoartelor la Conf. a IV-a a Zoologilor din Republica Moldova „Diversitatea, valorificarea rațională și protecția lumii animale. Chișinău. 2001, p. 152-153.
14. Todirash V., **Tretiacova T.**, Shevcenco V. Implementation of phenological models through GIS technology. In: Abstracts of Int. Conf: “Towards an operation system for monitoring, modeling and forecasting of phenology”. Wageningen, 2003, p. 67-68.
15. **Tretiacova T.**, Todiraș V. Viermele merelor: Testarea modelului fenologic în condiții de câmp. În: Protecția plantelor: Realizări și perspective. CSAOPUFF. Conferință științifico-practică. Chișinău. 2004, p. 74-75.
16. Todirash V., **Tretiacova T.** Integration of phenological and spatial models for prediction of pest development in apple orchards. In: Abstracts of Int. Conf. „Databases and information technologies for diagnostics, monitoring and forecasting the major weed plants, plant pests and diseases”. St. Petersburg-Pushkin, June-14-17, 2010, p. 68-70.

## ADNOTARE

**Tretiacova Tatiana. Tema: Argumentarea sistemului de prognoză a dăunătorilor mărilor în baza integrării modelelor fenologice și spațiale.** Teza de dr. în agricultură. Chișinău, 2010. Teza constă din: introducere, 4 capitole, concluzii generale și recomandări practice, bibliografie (217 titluri), 3 anexe, volum total de 120 pagini, 17 tabele și 29 figuri. Rezultatele obținute sunt publicate în 16 lucrări științifice.

**Domeniul de studiu:** 06.01.11 - Protecția plantelor.

**Cuvinte-cheie:** prognoză, model, fenologie, răspândire, capcane, feromon, suma temperaturilor efective, grade-zi, Biofix, mulțimi vagi.

**Scopul** lucrării rezidă în perfecționarea sistemului de prognoză a populațiilor principalilor dăunători la măr în baza integrării modelelor fenologice și spațiale.

**Obiective:** identificarea factorilor ce influențează dezvoltarea viermelui merelor; selectarea predictorilor principali pentru elaborarea prognozei fenologice a viermelui merelor; aplicarea unei noi metodologii de prelucrare a informației inițiale; elaborarea modelului de prognoză spațială a viespii cu ferăstrău; elaborarea modelului de prognoză fenologică a viermelui merelor; integrarea modelelor spațiale și fenologice într-un singur sistem de prognoză și avertizare.

Cercetările au fost realizate prin aplicarea **metodelor** de monitorizare, evaluare și statistică.

**Noutatea științifică.** A fost aplicată o metodă nouă de calculare a sumei temperaturilor efective (STE). A fost elaborat algoritmul prognozei viermelui merelor în funcție de STE. Prin aplicarea tehnologiilor GIS/GPS și a metodologiei noi, bazate pe teoria mulțimilor vagi, a fost propusă cartarea dăunătorilor și efectuată integrarea a 2 tipuri de modele într-un sistem de prognoză.

**Semnificația teoretică.** Utilizarea metodei noi de calculare a STE a contribuit la reducerea erorii de estimare a termenelor de apariție a fazelor de dezvoltare fenologică a viermelui merelor până la 1,0-2,0 zile. A fost soluționată problema privind simetrizarea datelor inițiale la elaborarea prognozei fenologice a viermelui merelor prin aplicarea metodologiei noi bazate pe teoria mulțimilor vagi.

**Valoarea aplicativă.** Utilizarea capcanelor adezive albe și cartarea răspândirii dăunătorilor permite aplicarea măsurilor de protecție pe locuri precise. Hărțile digitale ale integrării modelelor fenologice și spațiale pot fi utilizate pentru asigurarea cu informație privind populația dăunătorului și evenimentele-cheie pentru un lot specificat.

**Implementarea rezultatelor.** Rezultatele cercetărilor au fost încorporate în baza de date a Sistemului Informațional „ProBio”, amplasat în rețeaua Internet și pot fi accesate (<http://i.1asphost.com/probio/>); sunt utilizate în Laboratorul de Prognoză al Inspectoratului General de Supraveghere Fitosanitară și Control Semincer al Moldovei.

## РЕЗЮМЕ

**Третьякова Татьяна Федоровна. ТЕМА:** «Обоснование системы прогноза вредителей яблони на основе интеграции фенологических и пространственных моделей». Диссертация д-ра сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.11 – Защита Растений. Содержит: введение, 4 главы, общие выводы и практические рекомендации, библиографию из 217 источников, 3 приложения, 120 страниц общего объема, 17 таблиц и 29 рисунков. Полученные результаты опубликованы в 16 научных работах.

**Ключевые слова:** прогноз, фенология, распространение, ловушки, феромон, сумма эффективных температур, градусо-дни, Биофикс, нечеткие множества.

**Цель исследований.** Совершенствование прогноза вредителей яблони на базе интегрирования моделей фенологического развития и пространственного распределения.

**Задачи.** Выявление факторов, влияющих на развитие яблонной плодоярки; выбор основных предикторов для фенологического прогноза; применение новых методов для обработки первичной информации; разработка прогноза фенологического развития; и пространственного распространения, объединение моделей фенологического развития и пространственного распределения в систему прогноза.

**Методология:** исследования были проведены методами мониторинга, оценки и статистики.

**Научная новизна.** Был использован новый метод подсчета суммы эффективных температур (СЭТ). Разработан алгоритм прогноза развития яблонной плодоярки в зависимости от СЭТ. Картирование распространения вредителей и объединение 2-х типов моделей в единую систему прогнозов осуществлено на основе применения GIS/GPS технологий и методологии, разработанной на базе теории нечетких множеств.

**Теоретическое значение.** Применение нового метода расчета СЭТ позволило уменьшить ошибки прогноза развития яблонной плодоярки до 1-2-х дней. Применение при разработке прогнозов новой методологии, основанной на теории нечетких множеств, позволило решить проблему симметризации данных.

**Практическое значение.** Использование ловушек и картирование вредителя позволяют обрабатывать в точно обозначенных местах его очагов. Цифровые карты могут служить критерием при принятии решений. Интеграция моделей в единую систему прогноза обеспечивает информацию о состоянии популяции вредителя на конкретном участке.

**Внедрение полученных результатов.** Результаты исследований встроены в информационную систему „ProBio” в сети Интернет (<http://i.lasphost.com/probio/>) и предоставлены для пользования в Главный Инспекторат по Фитосанитарному надзору и семенной инспекции Молдовы.

## ABSTRACT

**Tretiacova Tatiana** „Argumentation of forecast system for apple pests based on spatial and phenological models integration”, thesis of doctor degree in agriculture. Chişinău, 2010. The paper consists of: Introduction, 4 chapters, Conclusions and Recommendation, 217 bibliographic sources, a total volum of 120 pages, containing 17 tables, 29 figures. The obtained results have been published in 16 scientific papers.

**Key words:** forecast, phenology, distribution, trap, pheromone, the sum of effective temperatures, degree-day, Biofix, fuzzy sets.

**Study domain:** 06.01.11 – Plant Protection

**Research goal.** Improvement of forecast for apple's pests by integrating models of phenological development and spatial distribution.

**Objectives:** Determination of factors that influence development of codling moth and distribution of European apple sawfly; selection of main factors for predicting of codling moth phenology; application a new methodology for processing of initial information; elaboration of model for sawfly spatial distribution, elaboration of model for predicting development of codling moth; integration of phenological and spatial models into an system of forecast.

**Methodology:** it was carried out by application methods of monitoring, evaluation and statistics

**Scientific novelty and originality.** It was elaborated the algoritm of codling moth phenology forecast in function of degree-day accumulation. It was developed and applicated a new method for degree-day calculating. It was applied a new methodology based on Fuzzy logic. By applying GIS/GPS technology it was carried out the integrating of spatial patterns and phenology that allows to improve the pest forecasting within  $2 \pm 1$  days.

**Theoretical significance.** Using new methods for calculating of the effective temperatures sum helped reduce the error in forecasting the development of the codling moth from 1,0 to 2,0 days. The problem of symmetrization in the forecasting of the codling moth development has been resolved with applying a new methodology based on Fuzzy set theory.

**Application value.** The results obtained were used in developing the information system "ProBio". Monitoring with sticky traps using and distribution maps plotting permits to locate key monitoring sites on the block maps. Initial data and Biofix formed the basis for phenology forecasting of the codling moth in different geographical areas of Moldova.

**Implementation of scientific results.** Research results were incorporated into the Internet (<http://i.1asphost.com/probio/>) and are used in the Laboratory of Forecast of the General Inspectorate for Fitosanitare Surveillance and Control Seeds of Moldova.

**TRETIACOVA TATIANA**

**ARGUMENTAREA SISTEMULUI DE PROGNOZĂ A  
DĂUNĂTORILOR MĂRULUI ÎN BAZA INTEGRĂRII  
MODELELOR SPAȚIALE ȘI FENOLOGICE**

Specialitatea 06.01.11 - Protecția plantelor

Autoreferatul tezei de doctor în agricultură

---

Aprobat spre tipar:25.06.2010

Hârtie ofset. Tipar ofset.

Coli de dipar 1,5

Formatul hârtiei A5

Tirajul 55 ex.

Comanda Nr.28

---

Centrul Editorial al UASM, Chișinău, str. Mircești, 44.  
tel. 432-575