



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2010 01016**

(22) Data de depozit: **26.10.2010**

(41) Data publicării cererii:  
**29.06.2012** BOPI nr. **6/2012**

(71) Solicitant:  
• **INSTITUTUL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
PROTECȚIA PLANTELOR,**  
BD. ION IONESCU DE LA BRAD NR. 8,  
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• **OANCEA FLORIN, STR. PAȘCANI NR.5,**  
BL.D7, SC.E, ET.2, AP.45, SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO;

• **ȘTEFAN AURORA LILIANA,**  
BD. ION IONESCU DE LA BRAD NR.8,  
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;  
• **LUPU CARMEN, INTRAREA BÂRSEI**  
NR.5, BL.G3, SC.A, ET.2, AP.24,  
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO

(54) **PROCEDEU DE REALIZARE A UNUI SISTEM PENTRU  
SUPPORTUL DECIZIEI DE PROTECȚIE A CULTURILOR DE  
CÂMP ÎMPOTRIVA AGENȚILOR FITOPATOGENI**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de realizare a unui sistem pentru suportul deciziei de protecție a culturilor de câmp împotriva agenților fitopatogeni, destinat managementului de precizie al agenților de dăunare în exploatarea agricolă predominant cerealiere. Procedeu conform invenției constă în suprapunerea mai multor straturi tematice caracteristice sistemelor informaționale geografice, și anume: specifice dezvoltării individuale a agenților de dăunare, dezvoltării populației agentului de dăunare, dezvoltării culturilor agricole din zona analizată, și un strat tematic al valorii inoculului primar în parcelele analizate, estimat geostatistic pe baza datelor

privind nivelul de propagule, următoarele etape ale procedurii fiind de prelucrare a datelor din cadrul diferitelor straturi tematice, conform unor algoritmi de modelare rulați prin programe dedicate, de comparare a valorilor prognozate ale probabilității de dezvoltare a agenților fitopatogeni, cu cele stabilite pentru pragul economic de dăunare și de emiteri de avertizări, pentru aplicarea, de către utilizator, a tratamentelor de protecție a plantelor împotriva agenților de dăunare.

Revendicări: 1  
Figuri: 4



## PROCEDEU DE REALIZARE A UNUI SISTEM PENTRU SUPORTUL DECIZIEI DE PROTECȚIE A CULTURILOR DE CÂMP ÎMPOTRIVA AGENȚILOR FITOPATOGENI

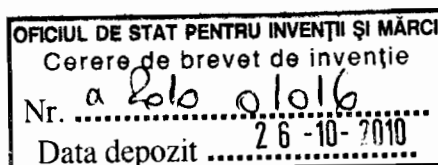
Invenția se referă la un procedeu de realizare a unui sistem pentru suportul deciziei de protecție a culturilor de câmp împotriva agenților fitopatogeni, destinat managementului de precizie al agenților de dăunare în exploatațiile agricole predominant cerealiere.

Sunt cunoscute o serie întreagă de procedee utilizate pentru suportul deciziei de aplicare a tratamentelor de protecția plantelor. Cele mai simple sunt cele în care fermierii aplică tratamentele conform unui calendar rezultat din istoricul anterior al dezvoltării populațiilor agenților de dăunare (la acoperire). Implementarea măsurilor de protecția culturilor se face în acest caz fără a ține cont de prezența sau de densitatea / activitatea biologică a unui agent de dăunare dat. Această abordare este atractivă prin simplitate; determină însă consumuri inutile de pesticide, combustibil și forță de muncă și are un impact profund negativ asupra mediului.

Sistemele de combatere integrată implică aplicarea tratamentelor în funcție de pragul economic de dăunare. Aceste sisteme determină reducerea consumurilor de pesticide și a poluării rezultate din activitatea de protecția plantelor. Implementarea în practică a unor astfel de sisteme este dificilă, pentru că necesită o organizare riguroasă și o acceptanță ridicată din partea fermierilor utilizatori. Deseori în cadrul acestor sisteme de combatere integrată aplicarea tratamentelor de protecția plantelor împotriva agenților de dăunare se face pe baza indicațiilor furnizate de sisteme-expert (bio)informatice denumite sisteme pentru suportul deciziei.

Sistemele pentru suportul deciziei sunt definite ca sisteme informatice care utilizează baze de date relaționale pentru estimarea riscului de dăunare a unei culturi (respectiv a probabilității de producere a daunelor în cultură de către agenții de dăunare) în funcție de *situația concretă a fiecărei parcele* recreată virtual în spațiul cibernetic. Sistemele de suport (asistarea) deciziei oferă informații binare celor care răspund de protecția culturilor de câmp în culturile agricole, de tipul "Da, este necesara aplicarea tratamentelor" și "Nu, nu merită sa fie aplicat un tratament, costurile sale sunt peste valoarea recoltei astfel salvate".

Aceste reguli pentru suportul (asistarea) deciziei asociază un indicator de risc și un prag de decizie. Un indicator de risc este o modalitate de măsurare și/sau de calculare a probabilității ca un agent de dăunare să producă pierderi semnificative unei culturi. Indiferent de complexitatea modalității de calculare a acestui indicator de risc, necesitatea aplicării unui tratament este stabilită pe baza comparării valorii indicatorului determinat pentru o parcelă dată (*I*) la un prag de decizie (*I<sub>s</sub>*), iar tratamentul este recomandat dacă nivelul indicatorului depășește pragul de decizie



( $I > I_s$ ). De obicei acest prag de decizie este definit ca fiind pragul economic de dăunare, el reprezentând acea valoare a indicatorului de risc la care costurile tratamentelor de protecția plantelor (inclusiv cele ecologice, de impact asupra mediului) devin inferioare valorii recoltei salvate.

Cele mai simple sisteme de suport al deciziei utilizează modele fenologice de dezvoltare a populației agentului de dăunare. La elaborarea modelelor fenologice s-a pornit de la noțiunea de timp fiziologic, respectiv cantitatea de căldură necesară unui organism pentru a-și completa dezvoltarea fenologică. Acest concept de timp fiziologic se aplică tuturor organismelor, iar la cele ectoterme (a căror temperatură este aceeași cu temperatura mediului; organismele ectoterme includ animalele poichiloterme, plantele și microorganismele) timpul fiziologic este diferit de timpul sideral/astral pentru că intensitatea metabolismului acestor organisme ectoterme depinde de temperatură / cantitatea de căldură absorbită din mediu. Evident că procesele de creștere și dezvoltare a indivizilor și a populațiilor sunt influențate și de alți factori: apa și ceilalți nutrienți, competiția intra- și inter-specifică, riscul prădării / îmbolnăvirii etc. Conceptul de timp fiziologic este însă esențial pentru înțelegerea dezvoltării organismelor ectoterme, este fundamentat pe o lege de baza a cineticii biochimice (uzual îi spune  $Q_{10}$  și este legea lui Arrhenius:  $k = Ae^{-E_a/RT}$ , care stabilește relația între activitatea enzimatică / unui proces metabolic și temperatură) și este un concept general acceptat. *Timpul fiziologic* este exprimat, cel mai frecvent, prin unități numite *suma gradelor de temperatură zilnice utile (efective)* (Degree-days). Suma gradelor de temperatură zilnice utile măsoară creșterea și dezvoltarea organismelor ectoterme ca răspuns la temperaturile zilnice utile. DD reprezintă însumarea unităților de căldură peste pragul biologic de temperatură al organismului într-o perioadă de 24 ore. Rezultă 1DD, când temperatura medie pentru o zi este cu un grad peste pragul biologic. Însumarea DDs poate fi considerată pentru o perioadă de timp și poate fi folosită pentru estimarea creșterii și prognozarea dezvoltării agenților de dăunare.

Un dezavantaj major al modelelor fenologice bazate exclusiv pe suma gradelor de temperatură zilnice utile (efective) este că nu estimează corespunzător dezvoltarea populației agentului de dăunare peste pragul economic de dăunare pentru că nu consideră și influența altor parametri, în special (agro)climatici, asupra evoluției densității populaționale / activității biologice a agentului de dăunare. Cererea de brevet SUA 20020016676 descrie un procedeu în care corelează temperatura cu un indice de creștere individuală (parcurea etapelor fenologice ale procesului de dezvoltare individuală) și un alt parametru climatic, asociat umidității solului, cu dezvoltarea populației agentului de dăunare studiat. Procedeu implică parcurea etapelor de colectare a datelor climatice, primirea cererilor de prognoză pentru un anumit agent de dăunare, aplicarea modelului pentru datele existente și calcularea indicatorului

predictiv, generarea unui format vizual de reprezentare spațială a respectivului indicator predictiv (de obicei sub forma unor hărți de risc) și raportarea prognozei pentru un anumit agent de dăunare unui client dat contra unei taxe de prestări servicii.

Un procedeu asemănător, de corelare a datelor agroclimatice cu evoluția populației agentului de dăunare, de informare a utilizatorului privind riscul fitosanitar și de avertizare a oportunității tratamentelor de protecție a culturilor împotriva respectivilor agenți de dăunare, este utilizat pentru funcționarea sistemului addVANTAGE, larg răspândit în România. Acest sistem colectează datele de la stațiile agrometeorologice automate printr-un server de Internet și le integrează algoritmilor de dezvoltare pentru a genera prognoze privind riscul fitosanitar și avertizarea tratamentelor de protecția plantelor.

Dezavantajul modelării evoluției populației agenților de dăunare exclusiv în funcție de parametrii agroclimatici este faptul că nu se ia în considerare nivelul inoculului primar (al numărului de propagule pre-existent) pentru o parcelă dată. În cazul agenților de dăunare monociclici (la care este un singur ciclu de viață pe perioada ciclului de vegetație al culturii atacate) inoculul primar este singura sursă de propagule pentru dezvoltarea respectivului agent de dăunare. În mod evident pentru acești agenți de dăunare timpul de atingere a nivelului populațional aferent pragului de dăunare depinde de mărimea inoculului primar. Chiar și în cazul agenților de dăunare policiclici (la care sunt mai multe cicluri de viață / de atac asupra culturilor agricole într-o singură perioadă de vegetație) mărimea inoculului primar este importantă pentru avertizarea primului tratament, în funcție de care apoi evoluează ulterior și celelalte cicluri de viață.

Un alt dezavantaj al procedeelor descrise până acum pentru realizarea sistemelor pentru suportul deciziei de aplicare a tratamentelor de protecția plantelor este faptul că datele meteo prelucrate nu sunt georeferențiate. Eventuala prezentare reprezentare spațială a respectivului indicator predictiv sub forma unor hărți de risc (cum este ea descrisă în cererea de brevet SUA 20020016676) se face ulterior prelucrării generatoare de prognoze, prin alocarea unor note conform unei scări pentru diferite zone.

Invenția înlătură dezavantajele menționate mai sus pentru că integrează într-un singur procedeu modele care corelează datele privind parametrii climatici cu evoluția populației agentului de dăunare monitorizat cu modele care estimează nivelul inoculului agentului de dăunare monitorizat pe baza interpolării geostatistice a nivelului de propagule determinate prin analiză prelevate pe un transect. Toate datele utilizate în cadrul procedeuului au asociate metadate referitoare la localizare în sistem GPS (sunt georeferențiate), fiind prelucrate sub forma unor straturi tematice specifice în cadrul unui sistem informațional geografic.

Procedeeul de realizare a unui sistem pentru suportul deciziei de aplicare a tratamentelor de protecție a culturilor de câmp împotriva agenților fitopatogeni, conform invenției, constă în suprapunerea următoarelor straturi tematice caracteristice sistemelor informaționale geografice GIS: (i) stratul tematic al dezvoltării individuale a agenților de dăunare, rezultat prin prelucrarea conform modelului de dezvoltare specific a stratului interpolat geostatistic referitor la temperaturile medii zilnice; (ii) stratul tematic al dezvoltării populaționale a agentului de dăunare, rezultat prin prelucrarea conform modelului de dezvoltare specific a stratului interpolat geostatistic referitor la alți parametri climatici; (iii) stratul tematic al dezvoltării culturilor agricole din zona analizată, rezultat din datele de utilizare a terenului conform Sistemul de Identificare a Parcelelor Agricole, LPIS, combinate cu datele agrometeorologice relevante pentru dezvoltarea culturii agricole; (iv) stratul tematic al valorii inoculului primar în parcelele analizate, estimat geostatistic pe baza datelor privind nivelul de propagule, nivel determinat prin analiza specifică a probelor prelevate pe un transect la o distanță de cel puțin 1 km unele de altele, georefențiate prin utilizarea sistemului GPS; prelucrarea datelor din cadrul diferitelor straturi tematice conform unor algoritmi de modelare rulați prin programe dedicate; compararea valorile prognozate ale probabilității de dezvoltare a agenților fitopatogeni cu cele stabilite pentru pragul economic de dăunare; emiterea de avertizări pentru aplicarea de către utilizator a tratamentelor de protecția plantelor împotriva agenților de dăunare.

Prin aplicarea procedeeului conform invenției se obțin următoarele avantaje:

- prognoza care se generează pentru un agent de dăunare dat este specifică parcelei analizate, corespunzând principiilor elaborării sistemelor de combatere integrată și a celor de agricultură de precizie;
- prognozele rezultate permit aplicarea diferențiată a mijloacelor de combatere (tratament în vetre) pentru că reprezintă spațial prognozele de risc.

În continuare invenția va fi descrisă în detaliu, cu referire și la figurile 1...4, care reprezintă:

Fig.1. Diagrama modelului de proces utilizat pentru descrierea fusariozei grâului;

Fig. 2. Procedura de estimare a valorii inoculului primar în parcelele analizate, prin estimarea geostatistică a datelor privind nivelul de propagule în probe prelevate pe un transect la o distanță de cel puțin 1 km unele de altele, georefențiate prin utilizarea sistemului GPS;

Fig. 3. Valorile efectiv determinate pentru contaminarea cu DON a probelor de grâu din diferite loturi experimentale, comparativ cu cele estimate prin utilizarea sistemului, rezultat ca urmare a aplicării procedeeului conform invenției, pentru suportul deciziei de aplicare a tratamentelor de protecție împotriva fusariozei grâului a.

reprezentarea valorilor comparative; b. dreapta de regresie care stabilește corelația între valorile estimate și cele efectiv determinate;

Fig. 4. Aspectul curbei ROC utilizate pentru verificarea valorii predictive a sistemului, rezultat ca urmare a aplicării procedurii conform invenției, pentru suportul deciziei de aplicare a tratamentelor împotriva infecției porumbului în timpul vegetației cu ciuperci aflatoxigene.

*Exemplul 1.* Se referă la procedeul de realizare a unui sistem pentru suportul deciziei aplicat fuzariozei spicului, boală majoră în aproape toate zonele cultivate cu grâu din întreaga lume, inclusiv în România. Modelul de proces, pe baza căruia se realizează prelucrarea datelor din cadrul diferitelor straturi tematice conform procedurii descris de această invenție, este reprezentat în fig.1. Simularea pornește de la momentul apariției primelor spiculețe vizibile (FHE, stagiul 49, conform codului zecimal BBCH). Proportia zilnică de de spiculețe apărute (HEMG) este în funcție de rata înspicării. Rata de apariție a anterelor (EXT) estimează proporția zilnică a anterelor apărute în cohorta spiculețelor. Determinarea proporției zilnice de antere expuse (ANT), care se translatează în țesuturi susceptibile (ST-AN), a fost realizată prin cuplarea modelului de înspicare cu cel al apariției anterelor și cu cel al regulei referitoare la longevitatea anterelor. Inoculul este asumat ca fiind prezent în reziduuri (IRES). Densitatea norului de spori (GZ) este o funcție a ratei de dispersie. Apariția fenomenului infecțios (IE) este determinat printr-o combinație a cantității de precipitații și umiditatea relativă într-o fereastră de două zile. Frecvența de infecție (INF) este o funcție dintre a temperaturilor medii zilnice în fereastra celor două zile specifice IE. Index-ul de risc al infecției zilnice (GIB) este un produs al proporției de țesuturi susceptibile (ST), frecvenței infecției și densității norului de spori de *G. zaeae* (AGZ).

Vitezele proceselor și regulile după care se guvernează aceste procese sunt influențate de o serie de variabile zilnice ca temperatura medie (T), radiația solară, umiditatea relativă (RH) și precipitațiile.

Pentru a se estima proporția de spiculețe apărute (HNG) s-a folosit o relație empirică

$$\text{HNG} = 1 - \exp(-0.0127 t^{2.4352}) \quad [1]$$

în care:  $t = 1$  zi

Indicele HNG estimează grupul de spiculețe (cohorta) apărute în fiecare zi și presupune că fiecare dintre aceste cohorte își expune anterele trei zile mai târziu. Rata zilnică a proporției cumulate a anterelor apărute este calculată cu ajutorul unei alte funcții empirice:

$$\text{ANT}_{\text{ext}} = 1 - \exp(a t^b) \quad [2]$$

în care  $t = 1$  zi;  $a = 0.255 - 0.029T + 0.0009T^2$ ;  $b = -5.773 + 0.966T - 0.0278T^2$ ;

T= temperatura medie zilnică (°C).

Pentru definirea longevității anterelor s-a utilizat o relație empirică: perioada de timp în care anterele rămân atașate de spiculețele de grâu înainte de a cădea pe sol. În acest model aceasta longevitate a fost considerată ca fiind de două zile. Dacă radiata solara este mai mica de 10 MJ/m<sup>2</sup>/zi anterele rămân atașate pentru încă o zi (ajungând la un maxim de 5 zile). Regula a fost stabilită pe baza unor observații empirice descrise în literatură.

În concluzie, proporția anterelor prezente într-o singură zi (ANT) este rezultatul însumării anterelor apărute în fiecare cohortă de spiculețe din care se scad cele care au căzut din fiecare cohortă. Această curbă pentru parametrul ANT este o curbă gaussiană (în formă de clopot) și este reglată de temperatura și radiația solară.

Pentru determinarea țesuturilor susceptibile (ST) din ANT s-a folosit următorii coeficienți:

ST = 0,25 dacă  $0,01 \leq \text{ANT} \leq 0,25$  (înainte de vârful perioadei de înflorit)

ST = 0,25 dacă  $\text{ANT} < 0,01$ , după înflorit, pentru următoarele șapte zile

ST = 0,10 pentru zilele 8 – 14 după înflorit.

Modelele fenologice referitoare la densitatea norului de spori de GZ au fost dezvoltate pe baza unor determinări efectuate cu mai multe tipuri de prelevatoare

$$GZ = (GZ_0 + 0.0152 RH + 0.1076 CRD)^2 \quad [3]$$

în care  $GZ_0$  este nivelul inocului primar, RH – umiditatea relativă a aerului (%); CRD = parametru variabil pentru definirea cantității de precipitații (>0,3mm) într-o zi dintr-o serie de zile ploioase: CRD = 1; 2; 2.5; sau 0.3 pentru fiecare din zilele următoare. În numeroase studii maximul de inocul aerian în timpul nopții a fost asociat cu o umiditate relativă de peste 80% și cu precipitații.

Parametru INF calculează proporția de țesuturi susceptibile care pot fi infectate în orice moment. Frecvența infecției de către *F. graminearum* sub influența temperaturii (10 la 30 °C) pentru 48 ore durată a perioadei de umiditate propice a fost estimată prin folosirea unui model exponențial:

$$\text{INF} = 0.001029 \exp(0.1957 T) \quad [4]$$

în care T este temperatura medie în fereastra de două zile cu umiditate care facilitează infecția.

Cele două zile fereastră a infecției se definesc prin următoarele caracteristici de umiditate:

1) PREC (>0.3mm) în amândouă zilele, cu o valoare medie zilnică a umidității relative RH > 80%;

2) PREC într-o (>0.3mm) cu o valoare a umidității medii relative RH > 80% precedată sau succedată de o zi neploioasă cu o valoare medie RH > 85%.

Prin combinarea diferită a parametrilor descriși mai sus au fost dezvoltate patru modele pentru calcularea indicelui zilnic al infecției

ANT este pe o scară de la 0-1.

GIB1 = ANT \* INF

GIB2 = ANT \* INF \* GZ

[5]

GIB3 = ST \* INF

GIB4 = ST \* INF \* GZ

în care:

ANT = proporția zilnică a anterelor în timpul unui eveniment de infecție (IE);

ST – proporția zilnică a țesuturilor susceptibile în timpul IE;

INF – frecvența infecției în cea de-a doua zi a IE;

GZ densitatea medie a norului de spori de *G. zeae* în timpul unui eveniment de infecție IE.

Indicile acumulate ale infecției s-au calculat prin relația (6) de mai jos:

$GIB\% = \sum(GIB * 100)$

[6]

unde GIB este indicele de infecție pentru fiecare din cele 5 modele, iar 100 este factorul de corecție pentru exprimare procentuală.

Între indicele acumulat de infecție GIB% și conținutul de deoxinivalenol (DON,  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) din boabele de grâu există relația demonstrată de Stein et al. 2009 (Stein, J. M., Osborne, L. E., Bondalapati, K. D., Glover, K. D., Nelson, C. A., 2009. Fusarium head blight severity and deoxynivalenol concentration in wheat. *Phytopathology* 99:759-764), respectiv:

$DON (\mu\text{g}/\text{kg}) = 2,377 + 0,004 GIB\%$

[7]

Modelul de proces descris mai sus este utilizat pentru prelucrarea datelor agrometeorologice pentru a genera straturi specifice dezvoltării agentului de dăunare, dezvoltării populației agentului de dăunare ca și a dezvoltării plantelor de cultură, inclusiv a organelor / țesuturilor expuse infecției / atacului agentului de dăunare. Datele agroclimatice sunt prelevate cu ajutorul unor stații agrometeorologice automate, care au inclus în funcționarea lor inclusiv exportul în baze de date de tip hiper-cub. Astfel de stații meteo automate sunt de exemplu cele produse de Metrilog, din care există un număr de peste 500 localizate în diferite zone agricole din România.

Algoritmii rezultă prin utilizarea funcțiilor descrise în modelul de mai sus sunt utilizate pentru realizarea unor rutine executabile într-un mediu de programare gratuit, cum este de exemplu R software.

Nivelul inoculului primar  $GZ_0$  necesar pentru calculul densității norului de spori de GZ conform formulei [3] este determinat conform procedurii prezentate sintetic în fig. 2. Probele au fost prelevate din solul culturilor de grâu amplasate în zonele experimentale analizate, pe un transect E-V, la distanțe de cel puțin 1 km între zonele de eșantionare. Locurile de eșantionare au fost localizate prin folosirea unor terminale GPS Trimble GeoXT Handheld cu ArcPad 10 (orice alt instrument cu capacitate de



localizare în sisteme GPS putând fi folosit cu producerea de rezultate similare). Probele au fost aduse în laborator unde au fost analizate prin cultivare pe medii selective. Probe de sol de 1 g au fost omogenizate cu 9 ml tampon fosfat salin. Din suspensia rezultată au fost realizate diluții seriale, diluțiile 10-2, 10-3, 10-4 fiind însămânțate pe plăci Petri Ø 9 cm, cu mediu selectiv pentru fusariile toxigene. Mediul selectiv pentru fusariile toxigene (MSF) conține:  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  - 1,0 g;  $\text{KNO}_3$  - 1 g;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  - 0,5 g;  $\text{KCl}$  - 0,5g, agar 20 g, apă distilată până la 880 ml. Pentru creșterea capacității de diferențiere în mediul de cultură s-a adăugat pentacloronitrobenzen (PCNB, Quintozene), 750 mg/l. pH-ul mediului s-a corectat la 7,0 upH. S-a autoclavat la 121°C, timp de 20 min. S-a răcit la 60°C, după care s-au adăugat 100 ml emulsie lipidică sterilă cu rodamină B. S-a omogenizat în condiții aseptice pe baie de apă termostată la 60°C și s-a menținut apoi aprox. 10 min la 60... 62°C pentru eliminarea spumei formate. Mediul s-a răcit apoi la circa 55°C, și s-au adăugat câte 10 ml de soluții de antibiotice sterilizate prin filtrare, respectiv 10 ml soluție de sulfat de streptomycină 0,1 g /ml și 10 ml soluție de sulfat de neomicină 0,035g/ml.

Prepararea emulsiei lipidice sterile utilizate în MSF a fost realizată după cum urmează: într-un erlenmeyer de 250 ml s-au adus: 250μl de Tween 80, 30 ml de ulei de măsline extravirgin și 50 ml de apă distilată. S-a omogenizat emulsia la waring blender, s-a lăsat să se disperseze spuma, s-a corectat pH-ul la 7.0, s-a acoperit cu dop de vată fixat cu folie și apoi s-a sterilizat la 121°C timp de 30 min. S-a răcit la circa 60°C, s-a trecut pe baie de apă termostată la 60 ... 62°C și s-au adăugat 20 ml soluție de rodamină B 1 mg/ml sterilizată prin ultrafiltrare.

Procedeele conform exemplului 1 a fost testat în condiții de câmp, pentru următoarele loturi experimentale: SCA Albota (jud. Argeș); SCA Livada (jud. Satu Mare); SCDB Târgu Mureș (jud. Mureș); INCDCCSZ Brașov (jud. Brașov); CCDCZN Dăbuleni (jud. Dolj); ICDA Fundulea (jud. Călărași); ICDDP București, SC Agrotehnic Păulești (jud. Prahova); SC Agrofam Fetești (jud. Ialomița); SC Sportagra Amzacea (jud. Constanța), SCA Caracal. În toate cazurile s-a folosit soiul românesc Boema.

Datele climatice necesare definitivării modelului au fost preluate cu ajutorul unor stații agrometeorologice automate, care include: stație de măsură T707 (traductoare – precipitații lichide, temp. aer, umiditate relativă aer, presiune atmosferică etc, sursa de alimentare cu panou solar); traductorul combinat Waisala WXT-510 – achiziționează datele pentru toți parametrii climatici – intensitate vânt, direcția vântului, presiunea atmosferică, umiditatea relativă a aerului etc). Traductorul Waisala nu folosește piese mecanice în mișcare (pentru măsurarea precipitațiilor lichide, direcției vântului, intensității vântului), ci traductori ultrasonici. Traductorul Hydra Probe II permite măsurători de umiditate sol, temperatură sol, conductivitate sol (măsurători umiditate).

Stația meteo automată mai include și: traductor radiație solară SP-LITE, sursă de alimentare T110 și modem GPRS/EDGE/UMTS de transmitere automată a datelor achiziționate. Software stației meteo are un rol esențial în derularea funcționării tuturor proceselor care intervin în activitatea sistemului (achiziție date, memorare temporară a datelor, transport date în server, stocarea datelor în server, etc.). Datele specifice agroclimatice prelevate cu ajutorul stațiilor agrometeorologice amplasate în loturile experimentale de mai sus au fost trecute într-o baza de date de tip hipercub. Algoritmul rezultat prin utilizarea funcțiilor descrise în modelul descris mai sus au fost utilizate pentru realizarea unor rutine executabile în mediu de programare gratuit R software. Nivelul inoculului primar  $GZ_0$  necesar pentru calculul densității norului de spori de GZ conform formulei [3] a fost obținut prin interpolarea geostatistică a valorii inoculului primar în parcelele analizate, conform procedurii descrise în fig. 2.

Valorile de contaminare a boabelor de grâu cu DON (vomitoxină) din diferite probe au fost determinate printr-o tehnică imunoenzimatică, folosind un kit Ridascreeen Fast DON (cod: R5902).

Valorile efectiv determinate pentru diferitele probe de grâu au fost comparate cu cele estimate prin utilizarea modelului corectat. Rezultatele sunt prezentate în fig.3. Dreapta de corelație între valorile determinate și cele estimate este de forma  $y = 0,9549x + 25,025$  ( $R^2 = 0.8584$ ). Coeficientul de corelație între cele două tipuri de valori este ridicat, deci modelul realizat și corectat în cadrul acestui proiect descrie cu suficientă precizie procesele reale care se petrec în timpul infecției grâului cu ciuperci fusariotoxigene și contaminarea ulterioară a producției cu fusariotoxine, și în special cu DON.

În conformitate cu cele prezentate mai sus procedeul utilizat pentru realizarea sistemului de suport al deciziei de aplicare a tratamentelor de protecție împotriva fuzariozei grâului generează prognoze și avertizări care au fost validate experimental. Aplicarea în practică a procedeului permite gestionarea de precizie a unei boli majore în cultura grâului, cu reducerea consumurilor de produse de protecția plantelor, combustibili și forță de muncă.

Exemplul 2. Se referă la procedeul de realizare a unui sistem pentru suportul deciziei aplicat inter-relației dintre planta de porumb și ciupercile toxigene din grupul *Aspergillus* section *flavi*. Ciupercile toxigene din acest grup infectează boabele de porumb în curs de formare, iar ciupercile infectante sintetizează micotoxine specifice (aflatoxine = *Aspergillus flavus* **toxine**) în timpul vegetației. Aceste ciuperci toxigene din grupul *Aspergillus* section *flavi* reprezintă agenți de dăunare majori pentru cultura de porumb, fiind în curs de extindere datorită schimbărilor climatice.

Aflatoxinele (în special aflatoxina  $B_1$ ) nu sunt doar toxice pentru animale și oameni, dar sunt și *cei mai puternici agenți carcinogeni dintre toți compușii naturali*

*cunoscuți*. În mod concret s-a demonstrat că aflatoxinele produc o mutație a genei pentru proteina p53, gardianul normalității celulare, semnalul care declanșează apoptoza - moartea celulară programată a celulelor transformate. Deci aflatoxinele acționează sinergic cu alți agenți oncogeni, distrugând sistemul major de protecție anti-tumorală existent la nivel celular (și în special al celulei hepatice).

Riscul oncoinductor hepatic al aflatoxinelor din lanțul alimentar este mărit în cazul țării noastre datorită incidenței crescute, în cadrul populației din România, a virusurilor hepatice oncogene (virusul hepatitei B, virusurile hepatice non-A non-B, care au în România cea mai ridicată incidență din Europa). Aflatoxinele sinergizează acțiunea oncoinductoare a virusurilor hepatice. În zonele cu o incidență similară cu cea din România organizațiile internaționale (FAO, OMS, Codex Alimentarius) au sugerat o limită maximă admisibilă de (LMA) 10 µg/kg aflatoxine totale.

Pierderile economice (daunele) pe care aflatoxinele le pot produce în condițiile României sunt amplificate datorită diferențelor dintre limitele maxime admisibile (LMA) ale conținutului de aflatoxine în porumb stabile de SUA (20 µg/kg) și de UE (5 µg/kg). Infecția porumbului cu ciuperci aflatoxigene (din grupul *Aspergillus section flavi*) și contaminarea porumbului cu aflatoxine în timpul vegetației este favorizată de secetă și de temperaturile ridicate în timpul înfloritului porumbului. Evident (în logica unor bariere netarifare) condițiile climatice din zona principală de cultură a porumbului în SUA sunt mult mai favorabile pentru contaminarea porumbului cu aflatoxine decât cele din UE. Numai că și în Câmpia Română și podișul Moldovei sunt condiții foarte favorabile contaminării cu aflatoxine, astfel încât țărani cultivatori de porumb din aceste zone pot deveni oricând "victime colaterale" ale conflictului comercial SUA-UE.

Studiul factorilor care favorizează infecția cu ciuperci aflatoxigene a porumbului și contaminarea cu aflatoxine în timpul vegetației, s-a efectuat printr-o abordare de tip observație, prin interpretarea statistică a analizei unor probe provenite din diferite condiții pedoclimatice și agrotehnice. În acest capitol va fi descrisă, în primul rând, modalitatea în care s-a realizat această cale de investigație, prin interpretarea statistică a rezultatelor analizelor probelor provenite din diferite condiții pedoclimatice și agrotehnice, iar apoi vor fi prezentate rezultatele obținute.

În decursul anilor 1987-2005 au fost analizate 141 probe, provenite practic din toate zonele țării. În aceste probe s-a determinat încărcătura micotică, s-a identificat prezența boabelor infectate cu ciuperci toxigene (și s-a încercat o estimare cantitativă prin determinarea procentului de boabe infectate cu ciuperci toxigene) și s-au dozat micotoxinele.

Rezultatele obținute au fost interpretate în funcție de următorii factori: data însămânțării, temperatura medie la înflorit, cantitatea de precipitații în timpul perioadei de vegetație, nivelul producțiilor.

Pe baza a peste 15 ani de studii si experiente s-a stabilit ca în România factorii care favorizeaza infectia porumbului cu ciuperci toxigene sunt deficitul de precipitatii fata de media multianuala) din luna premergatoare înfloritului si temperatura ridicata în timpul înfloritului (tab.1 si tab. 2).

Tab. 1. Influenta deficitului de precipitatii (fata de media multianuala) din luna premergatoare înfloritului asupra infectiei porumbului cu ciuperci toxigene din grupul *A. flavus-parasiticus* si a contaminarii cu aflatoxine.

Deficit de precipitatii fata de media multianuala (mm )	Incidenta infectie <i>A. flavus</i> (% boabe infectate)	Contaminare aflatoxine (µg/kg)
0 – 20	2,6 ± 0,7	14,7 ± 3,4
20 – 40	2,8 ± 0,6	9,8 ± 4,7
40 – 60	3,6 ± 0,8	19,6 ± 5,2
60 - 80	7,8 ± 1,5	23,5 ± 6,4
peste 80	5,5 ± 1,8	34,6 ± 7,4

Datele din tab. 1 evidentiaza o clara dependenta a contaminarii cu aflatoxine de deficitul hidric (fata de media multianuala) din luna premergatoare înfloritului.

Corelatia pare sa tinda spre o dependenta geometrica între media deficitului de precipitatii si valoarea contaminarii cu aflatoxine, fapt care sugereaza ca stressul hidric datorat deficitului de precipitatii este principalul factor favorizant al producerii de aflatoxine de catre ciupercile toxigene din grupul *A. flavus-parasiticus*.

Tab. 2. Efectul temperaturilor medii din perioada înfloritului asupra infectiei cu aspergillii toxigene si a contaminarii cu aflatoxine.

Temperatura medie la înflorit (°C)	Incidenta infectiei cu aspergillii toxigene (% boabe infectate)	Contaminare cu aflatoxine (µg/kg)
19,5 ... 20	2,7 ± 0,8	10,2 ± 3,5
20 ... 20,5	2,4 ± 0,7	12,4 ± 2,8
20,5 ... 21,0	3,4 ± 1,2	11,8 ± 5,4
21,5 ... 22,0	4,8 ± 0,9	16,5 ± 3,2
22,0 ... 22,5	5,6 ± 1,3	14,4 ± 4,9
22,5 ... 23,0	7,2 ± 1,8	18,2 ± 3,5
peste 23	10,8 ± 2,4	26,3 ± 4,4

Aceasta ipoteza este sustinuta si de valorile obtinute pentru deficitele majore de precipitatii (de 60 - 80 mm si peste 80 mm), în care valorile incidentei infectiei cu ciuperci toxigene nu prezinta diferente semnificative, în timp ce valorile contaminarii cu aflatoxine difera semnificativ.

În tabelul 2 este prezentat efectul temperaturilor medii din perioada înfloritului asupra infecției cu *aspergillus toxigenus* și a contaminării cu aflatoxine.

Datele din tabelul 2 evidențiază o relație de dependență între temperatura medie la înflorit și incidența infecției cu *aspergillus toxigenus*. Această dependență nu este la fel de evidentă și în cazul contaminării cu aflatoxine. Numai în cazul unor temperaturi medii peste valorile multianuale caracteristice României (peste 22,5 °C) se evidențiază o creștere semnificativă a contaminării cu aflatoxine. Această creștere poate fi, însă, asociată deficitului hidric.

Deficitul hidric este asociat, de obicei, cu temperaturile ridicate, pentru că, pe de o parte, durata mai mare a strălucirii soarelui favorizează realizarea unor temperaturi mai ridicate și, pe de altă parte, temperaturile ridicate reduc rezerva de apă din sol.

Rezultatele obținute în această lucrare sunt concordante cu datele din literatură. Studiile realizate până în prezent au demonstrat că infecția în câmp de către *aspergillus toxigenus* sunt favorizate de temperaturile ridicate și de condițiile de stress hidric (Klich).

Studiile efectuate de mulți autori au relevat o corelație negativă între irigare și producerea de aflatoxine înainte de recoltare în porumb. S-a comparat ca loturile irigate au nivele semnificativ mai reduse de infecție a bobului cu ciuperci toxigene și de contaminare cu aflatoxine.

Cei doi factori luați în discuție (temperaturile ridicate și deficitul de precipitații) nu au aceeași influență asupra infecției cu *aspergillus toxigenus* și asupra contaminării cu aflatoxine. Temperaturile ridicate în timpul înfloritului favorizează infecția cu ciuperci toxigene pentru că: (i) ciupercile din grupul *A. section flavi* sunt mezofile, optimul lor de creștere fiind de 30 - 34°C, iar antagoniștii lor principali sunt cu optim de temperatură mult mai redus și (ii) inoculul primar de *aspergillus* provine din sol (care, ca urmare a temperaturilor ridicate se transformă în pulbere, mai ușor de vehiculat prin aer).

Contaminarea cu micotoxine a boabelor de porumb este favorizată de seceta pentru că factorii semnal de stress hidric din plante acționează ca inductori ai biosintezei aflatoxinelor.

Intrucât modelarea cu ajutorul ecuațiilor diferențiale duce la sisteme care nu se pot soluționa decât prin putere mare de calcul, s-a realizat un model fenomenologic pe baza unor funcții lineare care stabilesc corelații între diferiții parametri agrometeorologici și datele experimentale disponibile referitoare la: (i) incidența infecției porumbului cu ciuperci potențial toxigene în timpul vegetației sau (ii) severitatea contaminării cu aflatoxine a porumbului exprimată prin conținutul în aflatoxine al porumbului la recoltare.

Tab. 3. Parametrii utilizati pentru a realiza corelatiile dintre caracteristicile agrometeorologice si incidenta procentuala a infectiei cu aspergillii potential toxigene si, respectiv, severitatea contaminarii cu aflatoxine.

- $A_p$  = incidenta infectiei cu fungi potential toxigeni a porumbului (procente)  
 $A_0$  = nivelul inocului primar de fungi potential toxigeni (ufc/g sol)  
 $A_b$  = severitatea contaminarii cu aflatoxina  $B_1$  (ng/g)  
 $A_{mt}$  = media temperaturii minime din august  
 $I_{mu}$  = media umiditatii maxime din iulie  
 $S_{32t}$  = numarul saptamanilor din timpul perioadei de vegetatie în care media temperaturii maxime saptamanale a depasit  $32^\circ\text{C}$   
 $I_{mt}$  = media temperaturii maxime din iulie  
 $I_{mu}$  = media umiditatii minime din iulie  
 $S_{90u}$  = numarul de saptamani din timpul perioadei de vegetatie în care media saptamanala a umiditatii maxime a depasit 90%  
 $D_1$  = variabila compensatorie indicând localitatile cu 0 - 5 saptamani în care temperatura saptamanala maxima a depasit  $32^\circ\text{C}$   
 $D_2$  = variabila compensatorie indicând localitatea cu 11 - 15 saptamani în care temperatura saptamanala maxima a depasit  $32^\circ\text{C}$   
 $C$  = constanta functiei lineare  
 $S_{95u}$  = numarul de saptamani din timpul perioadei de vegetatie în care media saptamanala a umiditatii maxime a depasit 90%  
 $S_{38t}$  = numarul de saptamani din timpul perioadei de vegetatie în care media saptamanala a temperaturii maxime a depasit  $38^\circ\text{C}$   
 $S_{21t}$  = numarul de saptamani din timpul perioadei de vegetatie în care media saptamanala a temperaturii minime a depasit  $21^\circ\text{C}$   
 $S_{55u}$  = numarul de saptamani din timpul perioadei de vegetatie în care media saptamanala a umiditatii minime a depasit 55 %

Tab. 4. Dreapta de regresie (determinata prin metoda celor mai mici patrate) care stabileste corelatia dintre incidenta infectiei cu ciuperci potential toxigene si parametrii agrometeorologici

Variabila independenta	Coeficient estimat	Eroarea standard	Coeficient T
Ecuatia 1: $A_p = f(A_{mt}, I_{Mu}, D_1, D_2, S_{32t})$ $r^2 = 0,8896$			
C	- 272,312	154,2	- 1,77
$A_0$	23,72	8,7	2,24
$A_{mt}$	- 21,495	5,7	- 3,79
$I_{Mu}$	6,828	2,1	3,26
$D_1$	37,232	22,9	1,63
$D_2$	- 93,496	25,1	- 3,72
$S_{32t}$	20,502	4,4	4,66

Datele agrometeorologice decadice au fost utilizate pentru a se obtine parametrii agrometeorologici (prezentati în tabelul 3) luati în considerare la elaborarea curbelor de corelatie. Respectiv datele au fost utilizate în ecuatiile descrise în tabelele 4,5 si 6 pentru a se estima incidenta infectiei cu aspergillii toxigene si severitatea contaminarii cu aflatoxine. Aceste ecuații fenomenologice sunt destinate realizării algoritmului implicat în realizarea procedurii de realizare a sistemului pentru suportul deciziei de protecție a culturilor de porumb împotriva atacului aspergilliilor toxigene care infectează bobul de porumb în curs de formare.

Tab. 5. Dreapta de regresie (determinata prin metoda celor mai mici patrate) care stabileste corelatia dintre incidenta infectiei cu ciuperci potential toxigene si parametrii agrometeorologici

Variabila independenta	Coefficient estimat	Eroarea standard	Coefficient T
Ecuatia 2: $A_p = f(S_{32t} \cdot S_{95u} \cdot S_{38t} \cdot S_{21t} \cdot S_{55u}) \quad r^2 = 0,8021$			
C	40,293	22,1	1,82
S32t	4,613	2,5	1,82
S95u	5,669	2,3	2,94
S38t	24,513	10,7	2,29
S21t	- 6,489	3,5	- 1,86
S55u	- 2,494	2,1	- 1,17

Tab. 6. Ecuatia curbei de regresie (determinata prin metoda celor mai mici patrate) care stabileste corelatia dintre severitatea contaminarii cu aflatoxine în timpul vegetatiei - exprimata prin continutul de aflatoxine la recoltare (ng/g) si parametrii agrometeorologici

Variabila independenta	Coefficient estimat	Eroarea standard	Coefficient T
Ecuatia 3: $A_b = f(I_{Mt} \cdot A_{mt} \cdot I_{Mu} \cdot I_{mu} \cdot D_1 \cdot S_{90u}) \quad r^2 = 0,8198$			
C	54,659	1077,7	0,51
$I_{Mt}$	17,409	16,9	1,03
$A_0$	24,12	12,71	-2,44
$A_{mt}$	- 61,635	16,7	- 3,69
$I_{Mu}$	13,864	8,3	1,55
$I_{mu}$	- 14,597	6,1	- 2,39
$D_1$	- 70,318	66,1	- 1,06
$S_{90u}$	14,439	7,2	1,99

Modelul fenomenologic descris de ecuațiile de mai sus este utilizat pentru prelucrarea datelor agrometeorologice pentru a genera straturi specifice dezvoltării agentului de dăunare, dezvoltării populației agentului de dăunare, dezvoltării plantelor de cultură, inclusiv a organelor / țesuturilor expuse infecției / atacului agentului de dăunare, ca și a contaminării cu aflatoxine în timpul vegetației. Datele agroclimatice sunt prelevate cu ajutorul unor stații agrometeorologice automate, care au inclus în

funcționarea lor inclusiv exportul în baze de date de tip hiper cub. Astfel de stații meteo automate sunt de exemplu cele produse de MetriLog, din care există un număr de peste 500 localizate în diferite zone agricole din România. Algoritmul rezultat prin utilizarea funcțiilor descrise în tabelul modelul de mai sus sunt utilizate pentru realizarea unor rutine executabile într-un mediu de programare gratuit, cum este de exemplu R software.

Valoarea  $A_0$ , respectiv nivelul inocului primar de fungi potențial toxigeni (ufc/g sol) este estimat prin interpolare geostatistică, conform procedurii prezentate în fig.2. În acest caz diferă față de procedeul descris în exemplul 1 compoziția mediului de cultură și modul de stabilire a numărului de propagule potențial toxigene.

Mediul selectiv pentru aspergiliile toxigene, MSA, conține:  $K_2HPO_4$  0,05 g,  $MgSO_4$  0,5 g complex zinc – gelatin peptonă 1: 12 0,025g, peptonă 0,025 g, extract de drojdie 0,45 .. 0,55 părți, zaharoză 3 g, dimetil- $\beta$ -ciclodextrină 0,3 g, agar 2 g. Pentru creșterea capacității de diferențiere în mediul de cultură s-a adăugat dichloran și cloramfenicol (Peste soluția menținută la 55 °C se adaugă 5 ml dintr-o soluție apoasă 0,1% de cloramfenicol (masă / volum) și 0,1 ml dintr-o soluție alcoolică (20% alcool etilic în apă, volum/volum) de 0,2% (masă /volum) dichloran). pH-ul mediului s-a corectat la 7,0 u pH. S-a autoclavat la 121°C, timp de 20 min. Biocidele incluse în mediu (cloramfenicol, dichloran) limitează dezvoltarea bacteriilor și a ciupercilor microscopice care nu aparțin genului *Aspergillus*. Pe acest mediu aspergiliile care produc aflatoxine se diferențiază printr-o fluorescență accentuată de ciclodextrine.

La analiza numărului de colonii formate se ține cont de faptul că ciupercile din grupul *Aspergillus* section *flavi* nu au reproducere sexuată, iar populațiile practic monoclonale dintr-o zonă sunt alcătuite fie din tulpina L, care produce scleroți care sunt > 400  $\mu m$  în diametru și de obicei nu produce aflatoxine; și tulpina S, descrisă și ca *A. flavus* var. *parvisclerotigenus*, care este caracterizată prin numeroși scleroți mici care sunt > 400  $\mu m$  în diametru, și care produce în mod constant (> 99%) nivele ridicate de aflatoxine. Practic pentru stabilirea valorii  $A_0$  se utilizează numai numărul de colonii din tulpina S, producătoare cert de aflatoxine.

Procedeul conform exemplului 2 a fost testat în condiții de câmp, pentru următoarele loturi experimentale situate în sudul Olteniei, zonă care prezenta diferențe semnificative ale coeficienților de risc climatic. Transectul utilizat (Caracal – Redea – Rotunda – Amărăști – Dăbuleni - Stefan-cel-Mare, Bechet – Gighera – Desa - Ciupercenii Noi – Calafat – Maglavit –Giubegea –Podari – Craiova – Leu) a permis prelevarea de probe din diferite zone de risc.

Datele climatice necesare definitivării modelului au fost preluate cu ajutorul unor stații agrometeorologice automate, care include: stație de măsură T707 (traductoare – precipitații lichide, temp. aer, umiditate relativă aer, presiune atmosferică etc, sursa de





alimentare cu panou solar); traductorul combinat Waisala WXT-510 – achiziționează datele pentru toți parametrii climatici – intensitate vânt, direcția vântului, presiunea atmosferică, umiditatea relativă a aerului etc). Traductorul Waisala nu folosește piese mecanice în mișcare (pentru măsurarea precipitațiilor lichide, direcției vântului, intensității vântului), ci traductori ultrasonici. Traductorul Hydra Probe II permite măsurători de umiditate sol, temperatură sol, conductivitate sol (măsurători umiditate). Stația meteo automată mai include și: traductor radiație solară SP-LITE, sursă de alimentare T110 și modem GPRS/EDGE/UMTS de transmitere automată a datelor achiziționate. Software stației meteo are un rol esențial în derularea funcționării tuturor proceselor care intervin în activitatea sistemului (achiziție date, memorare temporară a datelor, transport date în server, stocarea datelor în server, etc.). Datele specifice agroclimatice prelevate cu ajutorul stațiilor agrometeorologice amplasate în loturile experimentale de mai sus au fost trecute într-o baza de date de tip hiper cub. Algoritmul rezultat prin utilizarea funcțiilor descrise în modelul descris mai sus au fost utilizate pentru realizarea unor rutine executabile în mediu de programare gratuit R software. Nivelul inoculului primar  $A_0$  necesar pentru calculul incidenței procentuale a infecției cu aspergillii potential toxigene și, respectiv, severității contaminării cu aflatoxine în timpul vegetației a fost obținut prin interpolarea geostatistică a valorii inoculului primar în parcelele analizate, conform procedurii descrise în fig. 2, cu utilizarea mediului selectiv pentru aspergilliile toxigene, MSA, descris mai sus.

Rezultatele obținute sunt reprezentate în fig. 4, care arată aspectul curbei ROC (*Receiver-Operating Characteristic* - Caracteristica receptorului operațional), utilizate pentru verificarea valorii predictive a sistemului, rezultat ca urmare a aplicării procedurii conform invenției, pentru suportul deciziei de aplicare a tratamentelor împotriva infecției porumbului în timpul vegetației cu ciuperci aflatoxigene.

Funcțiile ROC sintetizează specificitatea și sensibilitatea (cei 2 indicatori de bază ai performanțelor unui sistem de prognoză) într-un singur grafic, graficul sensibilității în funcție de (1-specificitate). Concavitatea curbei ROC este echivalentul unui scor ridicat al procedurii utilizat pentru prognoză (cu un conținut informațional discriminant, fiind o funcție descrescătoare); nonconcavitatea indică un uz al informației suboptimal în suportul deciziei.

Graficul din fig. 4 este o curbă cu o concavitate ridicată, deci procedeul dezvoltat conform acestei invenții, pentru suportul deciziei de aplicare a tratamentelor împotriva infecției porumbului în timpul vegetației cu ciuperci aflatoxigene, prezintă un scor ridicat, fiind folositor pentru managementul de precizie al unor agenți de dăunare emergenți pentru cultura porumbului.

## PROCEDEU DE REALIZARE A UNUI SISTEM PENTRU SUPORTUL DECIZIEI DE PROTECȚIE A CULTURILOR DE CÂMP ÎMPOTRIVA AGENȚILOR FITOPATOGENI

### Revendicare

Procedeu de realizare a unui sistem pentru suportul deciziei de aplicare a tratamentelor de protecție a culturilor de câmp împotriva agenților fitopatogeni, conform invenției, constă în suprapunerea următoarelor straturi tematice caracteristice sistemelor informaționale geografice GIS: (i) stratul tematic al dezvoltării individuale a agenților de dăunare, rezultat prin prelucrarea conform modelului de dezvoltare specific a stratului interpolat geostatistic referitor la temperaturile medii zilnice; (ii) stratul tematic al dezvoltării populaționale a agentului de dăunare, rezultat prin prelucrarea conform modelului de dezvoltare specific a stratului interpolat geostatistic referitor la alți parametri climatici; (iii) stratul tematic al dezvoltării culturilor agricole din zona analizată, rezultat din datele de utilizare a terenului conform Sistemul de Identificare a Parcelelor Agricole, LPIS, combinate cu datele agrometeorologice relevante pentru dezvoltarea culturii agricole; (iv) stratul tematic al valorii inoculului primar în parcelele analizate, estimat geostatistic pe baza datelor privind nivelul de propagule, nivel determinat prin analiza specifică a probelor prelevate pe un transect la o distanță de cel puțin 1 km unele de altele, georefențiate prin utilizarea sistemului GPS; prelucrarea datelor din cadrul diferitelor straturi tematice conform unor algoritmi de modelare rulați prin programe dedicate; compararea valorile prognozate ale probabilității de dezvoltare a agenților fitopatogeni cu cele stabilite pentru pragul economic de dăunare; emiterea de avertizări pentru aplicarea de către utilizator a tratamentelor de protecția plantelor împotriva agenților de dăunare.

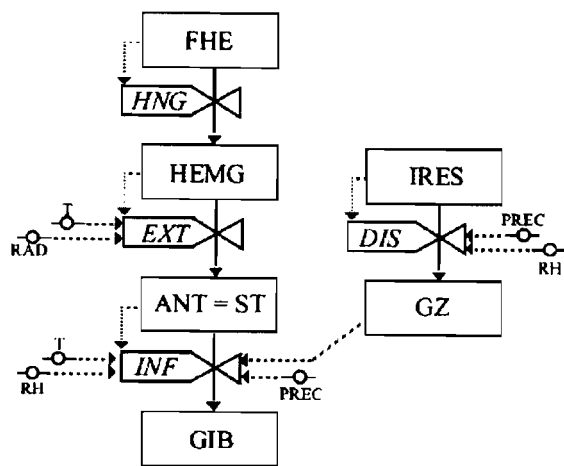


Fig. 1.

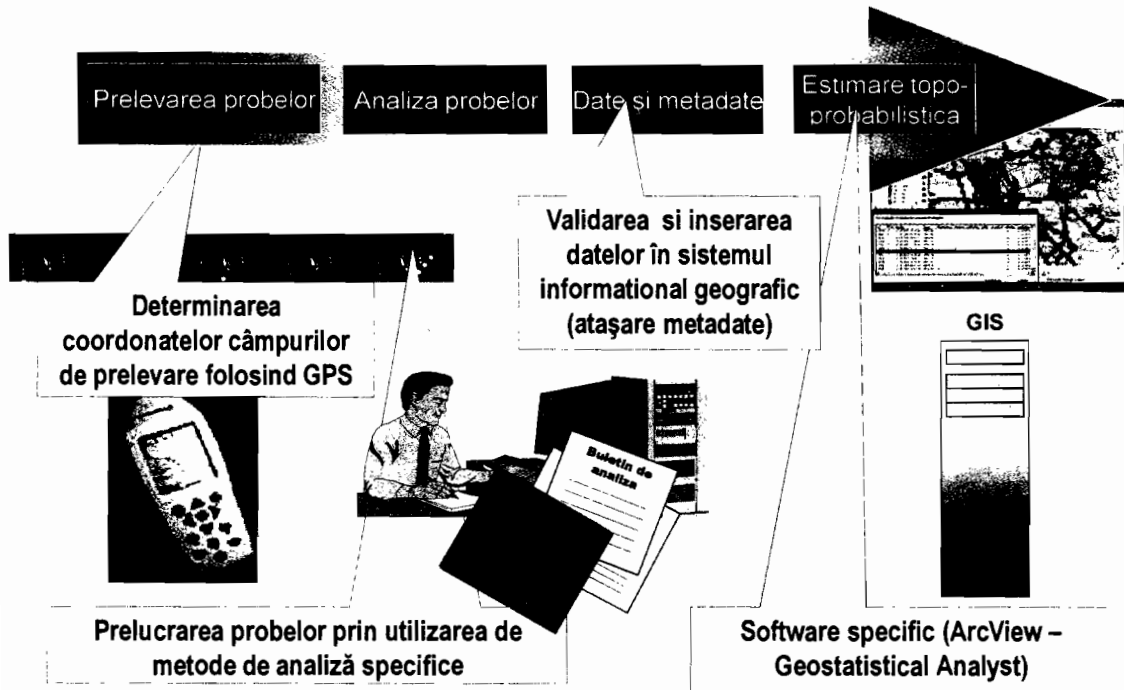


Fig. 2

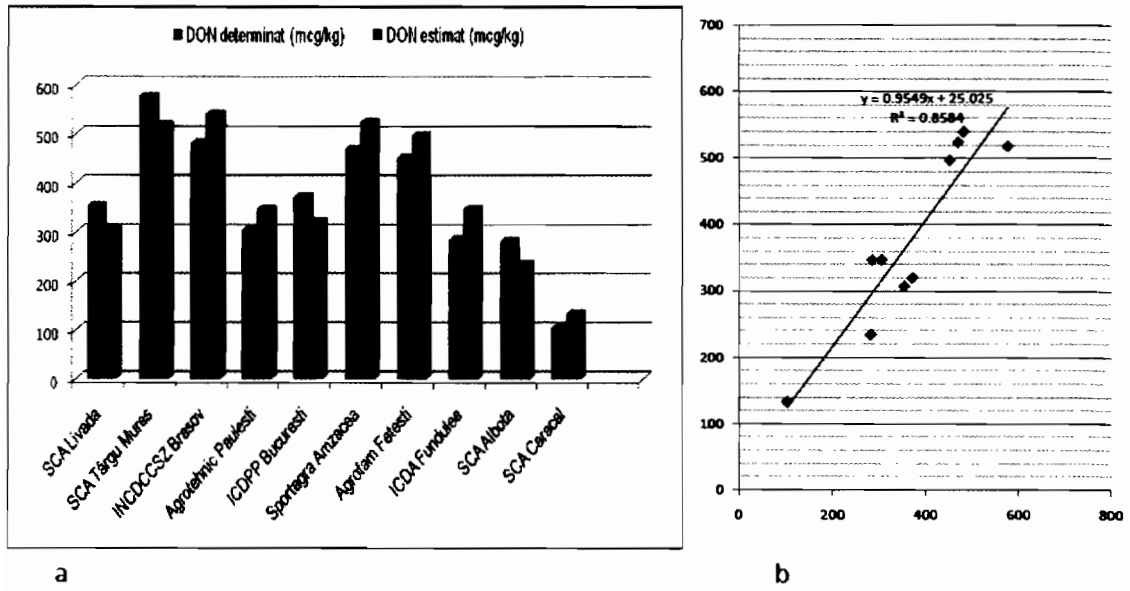


Fig.3

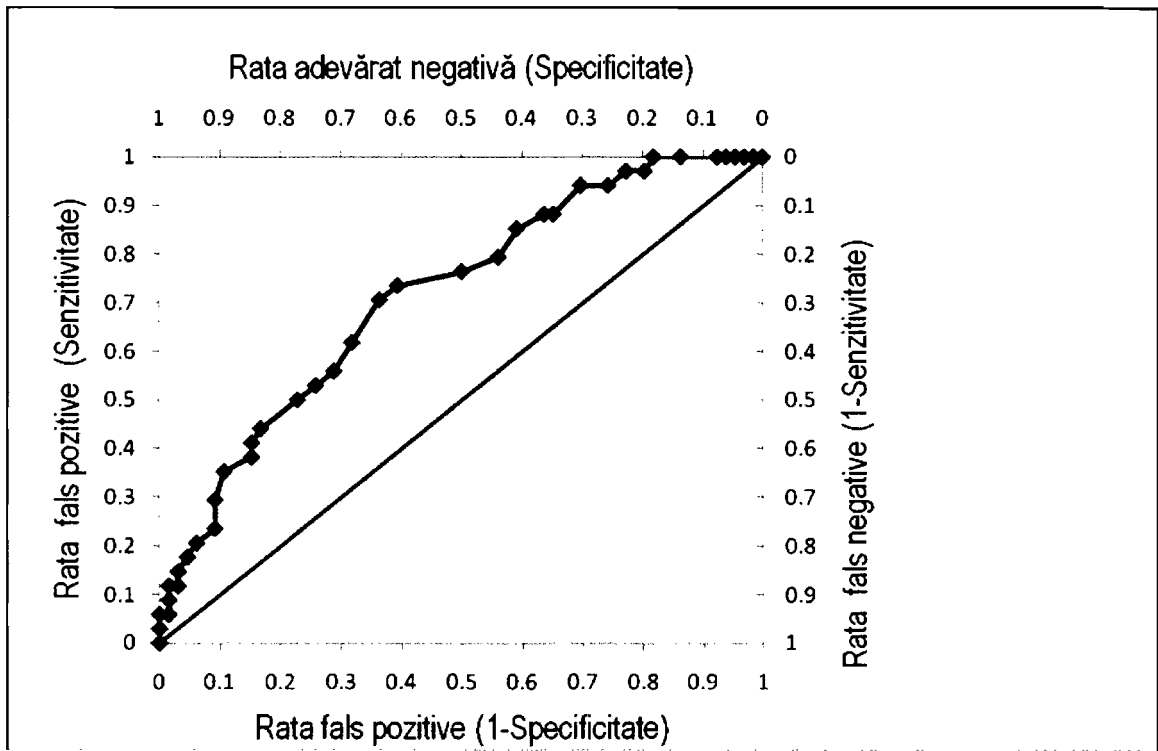


Fig. 4