

ГРАНИЦИ ЗА КРИТИЧНО УВЕЛИЧАВАНЕ ПОПУЛАЦИЯТА НА ВРЕДИТЕЛИТЕ ПРИ СЪХРАНЕНИЕ НА ПРЯСНО ПРИБРАНО ЗЪРНО

НИКОЛАЙ ДИМИТРОВ, ДИМИТЪР КУЗМАНОВ,

Университет по хранителни технологии, 4002 Пловдив; e-mail: bussy@mail.bg

Резюме: На базата на данни от направената компютърна симулация на развитието на четири разпространени складови вредители (*S. oryzae*, *S. granarius*, *R. dominica*, *O. surinamensis*) са определени границите за критично увеличаване на популацията им при съхранение на прясно прибрано зърно при температури 18, 21, 24, 27 и 30° C. Тези граници варират от 57 за *O. surinamensis* до 82 дни за *S. granarius* при температура 30° C, докато при 21° C - нарастват до 109 дни за *S. oryzae* и до 224 дни за *R. dominica*. Установено е, че при първоначална заразеност от 2 до 10 бр./л границите не се променят, а откритата форма на заразеност достига 0,2 - 0,8 бр./кг. За преценка на опасността по зърното от вредители се препоръчва използване на комплексен показател - произведение на времето на съхранение по температурата, чиято сумарна стойност се сравнява с критичната стойност за същия период на съответния вредител.

Ключови думи: зърно, съхранение, насекоми, популация, симулационен модел

N. DIMITROW, D. KUZMANOW, University of food technology, 4002, Plovdiv. THRESHOLD FOR CRITICAL GROWTH OF STORED-GRAIN INSECTS POPULATION IN FRESH-HARVESTED GRAIN

Abstract: On the basis of computer simulation data concerning the development of four major stored grain insects (*S. oryzae*, *S. granarius*, *R. dominica*, *O. surinamensis*), threshold for critical growth of their population has been determined (i.e., the time after which there is a sharp increase of the insect population) of fresh-harvested grain, at temperatures of 18, 21, 24, 27 and 30° C. This threshold varies from 57 days for *O. surinamensis* to 82 days for *S. granarius* at temperature 30° C, whereas at 21° C - it increases to 109 days for *S. oryzae* and 224 days for *R. dominica*. It has been established that at a primary infestation of 2 to 10 Nb./l, the threshold has not changed and external infestation reaches 0,2 - 0,8 Nb./kg. For risk assessment from stored-grain insects, we recommend a complex index - this is the product of storage term multiplied by temperature, the sum total of which is compared with the critical limit for the same term of the respective stored-grain insect.

Key words: stored grain, insect, population growth, simulation models.

Прясно прибраното зърно е обект на нападение от вредители още през първите дни на неговото съхранение. Причина за заразяването е имиграцията на вредители от съседни складове, околната територия, технологичното оборудване и инвентара. Hagstrum (2001) е установил, че през първите четири седмици от съхранението на пшеница в 12 ферми в Канзас (USA) имиграцията на различни вредители (*Cryptolestis ferrugineus*, *Ahasverus advena*, *Typhaea stercorea*, *Ryzopertha dominica*) варира от 0,01 до 0,04 бр./дни. Тези резултати са необходими за обосноваване на имиграционните норми, използвани в различни симулационни модели. Моделите са създадени на база конкретни данни за развитие-

то на вредителите и се използват за прогнозиране увеличението на популацията им при конкретни условия на съхранение, определена имиграционна норма и прилагане на мероприятия за ограничаване на популацията - вентилиране, влажна дезинсекция, фумигация (Flinn and Hagstrum 1990; Hagstrum and Flinn 1990; Thorpe et al. 1982; Sinclair and Albert 1985; Longstaff 1988; Hagstrum and Trone 1989).

Тъй като увеличаването на броя на вредители е експоненциално, пряката опасност за съхраняваното зърно ще настъпи след определен период от време, когато започне бързо нарастване на популацията им. В посочените публикации този период не се разглежда, а се прогнозира срока за

достигане на определена стойност на заразеността (1,5 или 2 бр./kg) в съответствие със изискванията на FGIS (американска федерална инспекция по зърното). Ето защо си поставихме за цел определяне на границите за критично увеличаване популацията на вредителите при съхранение на прясно прибрано зърно при различни температури.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

За реализация на поставената цел направихме компютърна симулация на развитието на най-разпространените вредители в съхраняваното зърно - оризова гърица (*S. oryzae*), житна гърица (*S. granarius*), зърнов бръмбар (*R. dominica*) и суринамски брашнояд (*O. surinamensis*), като приложихме начина, използван от Hagstrum and Throne (1989), Hagstrum and Flinn (1990) и Flinn and Hagstrum (1990). За компютърния модел използвахме данни за продължителността на развитие на отделните стадии на вредителите при различни температури от изследвания, проведени приоритетно от български автори (Ле 1976, Григоров 1975), както и от чужди (Evans 1983; Hagstrum and Milliken 1988; Закладной и Ратанова 1973; Закладной 1983).

Уравненията за яйцеснасянето на *S. oryzae* и *R. dominica* са взети съответно от Evans (1983) и Hagstrum and Throne (1989), докато за *S. granarius* и *O. surinamensis* са изведени от нас на базата на данни от Григоров (1975), Закладной и Ратанова (1973), Закладной (1983), Ле (1976).

За изчисляване на придвижването на преимагиналните стадии през отделните етапи на развитие е използван алгоритъм, разработен от Manetsch (1976).

Симулационното изследване беше проведено при температури 18, 21, 24, 27 и 30° C и влажност на зърното 12 - 13 %, отговаряща на относителна влажност на въздуха 70 - 75 %, считана за максимално допустима за безопасно съхранение.

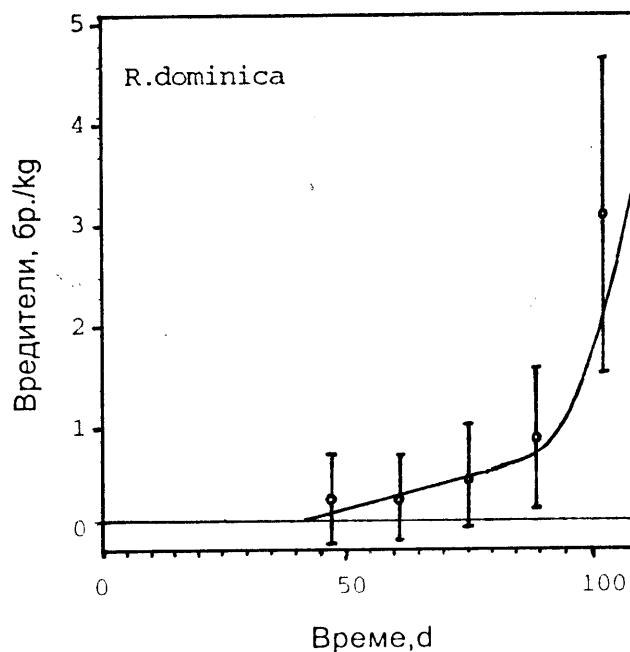
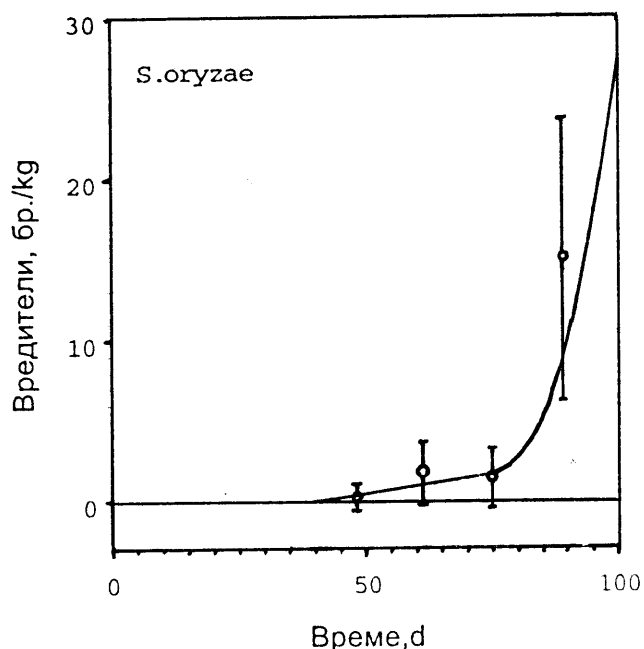
Валидността на симулационните модели беше определена на базата на резултати за изменението на температурата и заразеността при съхранение на прясно прибрана пшеница в метални силосни клетки с голяма вместимост в зърнената база в н. с. Труд. Температурата беше измервана с термосонда (точност 0,2° C) в центъра на насипа и в четири точки разположени по средата на радиуса на клетката, а заразеността (открита форма) - чрез взимане на проби от повърхностния слой (дълбочина 0,5 m) в същите точки. Средната измерена температура на зърното за периода август - ноември беше $27 \pm 1,2^{\circ} \text{C}$.

Симулационното изследване беше осъществено на база на програмата MS Excel 95. Регресионните уравнения са изведени с програмата SlideWrite 5.0.

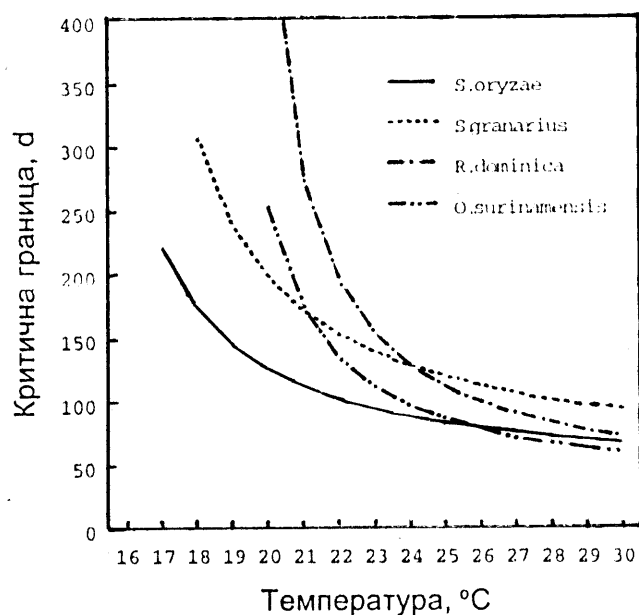
РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

От получените данни в симулационното изследване установихме, че скоростта на нарастване броя на вредителите не е постоянна. През периода на съхранение на прясно прибраното зърно се открояват три етапа в увеличаването на популацията: I - на запазване на първоначалната заразеност, II - на бавно увеличение на популацията и III - на рязкото ѝ нарастване. Тези етапи съвпадат с имажинирането съответно на първото, второто и третото поколение вредители. Валидността на симулационния модел е доказана за два от вредителите - *R. dominica* и *S. oryzae*, въз основа на сравняване на симулационните резултати за нарастване на популацията с опитно определените стойности на заразеността (фиг. 1). За целта беше използвана линейна корелация между опитни и прогнозни по модела стойности. Данните показаха, че симулационният модел доказва 82 и 89 % от измененията на средната определена плътност на заразеността, съответно на *S. oryzae* и *R. dominica*.

На база на резултатите от симулационното изследване определихме границите за критично увеличаване на популацията на вредителите при различни температури. От графиката на фиг. 2 се вижда, че при температура 30° C границите варират от 57 за *O. surinamensis* до 82 дни за *S. granarius*, докато при 21° C - нарастват до 109 за *S. oryzae* и до 224 дни за *R. dominica*. Границите за топлолюбивите вредители (*R. dominica* и *O. surinamensis*) рязко нарастват при температури по-ниски от 24° C, докато при оптималните за развитие (25 - 30° C) те са близки за отделните вредители, дължащо се на малките разлики в продължителността на развитието им. При тези условия границата е най-кратка за *O. surinamensis*, докато при температури по-ниски от 25° C - за *S. oryzae*. От графиката също така могат да бъдат определени максималните безопасни температури при предварително зададен срок на съхранение, съобразен с перспективите за реализация на дадената партида зърно. След преминаване на границите, популацията на отделните вредители нараства със скорост от 2 до 2,5 пъти за 10 дни. Ето защо за запазване на зърното от въздействието на вредителите преди достигане на границите е необходимо прилагане на профилактични мерки за тяхното



Фиг. 1. Симулирани (—) и опитни (o) стойности ($\pm$ SD) на заразеността при температура 27 °C.
Fig. 1. Simulated (—) and measured (o) number ($\pm$ SD) of adult insects at temperature 27 °C.



Фиг. 2. Зависимост между и температурата и границите за критично нарастване на популацията на вредителите
Fig. 2. Relation between threshold for critical growth and temperature

удължаване (понижаване на температурата), а при превишаването им - прилагане на изстребителни мероприятия (фумигация).

Границите за рязко нарастване броя на вредителите се намират в интервалите 75 - 89 дни за *S. oryzae* и 89 - 103 дни за *R. dominica*. В тези интервали се намират границите при температура 27° C, определени по симулационните данни, съответно 76 и 91 дни (фиг. 2).

От изложеното следва, че при съхранение на прясно прибрани пшеница и ечемик в невентилира-

ни зърнохранилища критичните граници ще бъдат достигнати през месец октомври, тъй като през този период температурата на зърното се задържа в границите 27 - 30° C. Ако до посочения срок зърното не се реализира то ще трябва обезателно да се обеззаразява. За зърното, което се прибира през есента (ориз, царевича) и постъпва за съхранение с температури около 20° C границите ще бъдат достигнати през пролетта при условие, че температурата до тогава остане непроменена.

Въз основа на получените данни е изведено регресионно уравнение за изчисляване на границите за критично увеличаване популацията на четирите вредителя при различни температури (фиг. 2):

$$t = a \cdot T / (T - b), \quad (1)$$

където: t е границата за критично увеличаване на популацията, дни; a , b - коефициентите, зависещи от вида на вредителя (табл. 1); T - температура на зърното, °C.

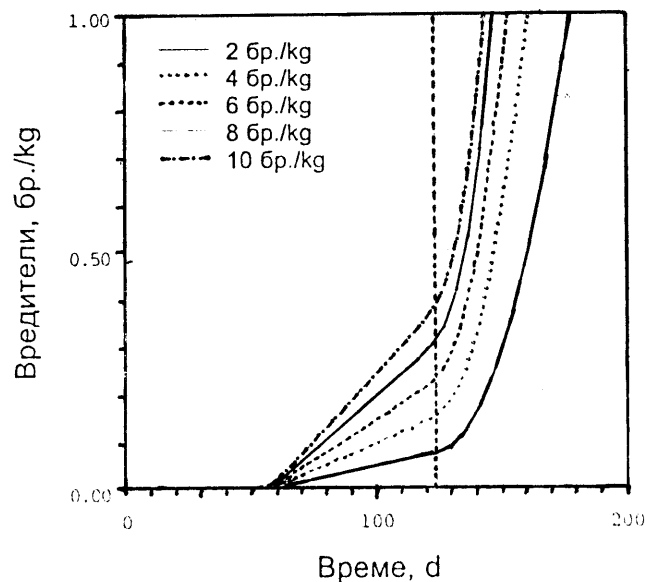
Таблица 1/ Table 1

Коефициенти на уравнение (1), зависещи от вида на вредителя

Coefficients of equation (1) depending of species

Вредители Insects	a	b	n	R ²
<i>S. oryzae</i>	32,7808	14,7208	5	0,98
<i>S. granarius</i>	41,5151	14,9161	5	0,99
<i>R. dominica</i>	29,3809	18,2510	5	0,97
<i>O. surinamensis</i>	22,3925	18,2527	4	0,96

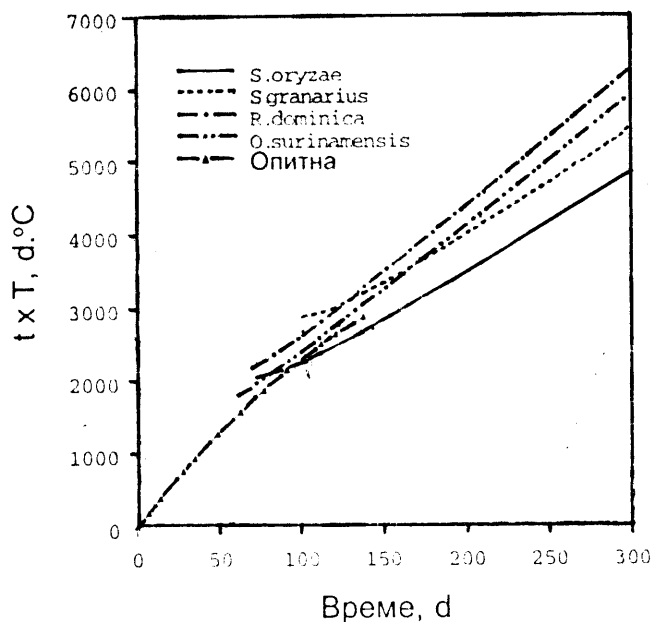
Направените допълнителни симулации показва, че при първоначалната заразеност от вредители в границите от 2 до 10 бр./t границите за критично увеличаване на популацията не се променят. Тъй като резултатите за различните вредители и температури са аналогични, за илюстрация на фиг. 3 е показана динамиката на увеличаване на заразеността само на *R. dominica* при температура 24° C и различна първоначална заразеност.



Фиг. 3. Критична граница (---) и динамика на увеличаване на популацията на *R. dominica* при температура 24 °C и различна първоначална заразеност
Fig. 3. Threshold for critical growth (---) and dynamics of growth of *R. dominica* at 27 °C and different initial infestation

Ако се приеме, че първоначалната средна заразеност от вредители е в границите от 2 до 10 бр./t, то критичните граници се достигат при откритата форма на заразеност от 0,2 до 0,8 бр./kg. Според Hagstrum at al. (1988) тази заразеност може да бъде открита с вероятност от 64 до 84 % при вземане на 5 проби по 0,5 kg от 27 t зърно. Следователно тези граници трудно могат да се установят на практика чрез периодичното определяне на заразеността на зърнената маса, поради което за практически цели могат да се приемат тези установени от симулационното изследване.

Тъй като при съхранение температурата на зърното се променя, за преценка на критичните граници в тези случаи предлагаме да се използва обобщен показател - произведението между времето на съхранение и температурата ($t \times T$). Зависимостта между произведението критична граница по температурата и времето на съхранение за различните вредители графично е показана на фиг. 4. На графиката се нанасят и текущите стойности на сумата от произведенията ($t \times T$), изчислявани пе-



Фиг. 4. Зависимост между произведението $T \times t$ и времето за съхранение на зърно, заражено с различни вредители

Fig. 4. Relation between value of ($T \times t$) and time of storage of grain, infested with different species

риодично при измерване на температурата на зърното, съгласно Инструкциите за съхранение, по формулите:

$$t \times T = \sum_{i=1}^n (t_i \times T_i)$$

$$t_i \times T_i = \frac{T_i + T_{i-1}}{2} \Delta t_i$$

където: Δt_i е периодът между две измервания на температурата, дни;

T_i, T_{i-1} - температурата, измерена в началото и края на периода, °C.

Когато получената крива е под линията на критичните стойности броят на вредителите нараства бавно с относително ниска скорост, а когато е близко или над нея - съществува риск от рязко увеличение на популацията и опасност за зърното. На фигурата за илюстрация е показана и кривата получена, при периодичното измерване на температурата при съхранение на прясно прибран пшеница в плосък склад през периода юли - декември. Вижда се, че кривата пресича само тази на *S. oryzae* на 90-и ден, т.е. достигната е критичната граница. Тъй като през следващия период кривата се движи близко до критичната, заразеността не нараства и опасността за зърното може да бъде преодоляна чрез понататъшно понижаване на температурата, което е напълно възможно през този сезон.

ИЗВОДИ

• При съхранение на прясно прибрано зърно границите за критично увеличаване на популацията при температура 30° C варират от 57 за *O. surinamensis* до 82 дни за *S. granarius*, докато при 21°С - нарастват до 109 за *S. oryzae* и до 224 дни за *R. dominica*.

• При нива на първоначална заразеност от 2 до 10 бр./t границите не се променят, а откритата форма на заразеност достига 0,2 -0,8 бр./kg.

• За прогнозиране на опасността от вредители на прясно прибрано зърно предлагаме сравняването на сумарната стойност на произведението на времето на съхранение и температурата ($t \times T$) с критичните за различните вредители за същия период.

ЛИТЕРАТУРА

- Григоров С. (1975) Неприятелите по складираните продукти и материали. София.
- Закладной Г. А. (1983) Защита зерна и продуктов его переработки от вредителей. "Колос", Москва.
- Закладной Г. А., В. Ф. Ратанова, (1973) Вредители хлебных запасов и меры борьбы с ними. "Колос", Москва.
- Май Ван Ле (1976) Влияние на някои екологични фактори от значение за Виетнам върху житната гърица и установяване на средства за борба. Дисертация, ВИХВП, Пловдив.
- Evans D. E. (1982) The influence of temperature and grain moisture content on the intrinsic rate of increase of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). J. Stored Prod. Res., 18:55-66.

- Flinn P. W., D. W. Hagstrum, (1990) Simulations comparing the effectiveness of various stored-grain management practices used to control the lesser grain borer, *Rizoperta dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). Environ. Entomol., 19:725 - 729.
- Hagstrum D. W. (2001) Immigration of insects into bins storing newly harvested wheat on 12 Kansas farms. J. Stored Prod. Res., 37:221 - 229.
- Hagstrum D. W., P. W. Flinn, (1990) Simulations comparing insect species differences in response to wheat storage conditions and management practices. J. Econ. Entomol., 83:2469 - 2475.
- Hagstrum D. W., G. A. Milliken, (1988) Quantitative analysis of temperature, moisture, and diet factors affecting insect development. Ann. Entomol. Soc. Amer., 81:539 - 546.
- Hagstrum D. W., J. E. Throne, (1989) Predictability of stored wheat insect population trends from life history traits. Environ. Entomol., 18:660 -664.
- Longstaff B. C. (1988) Temperature manipulation and the management of insecticide resistance in stored grain pests: a simulation study for the rice weevil, *Sitophilus oryzae*. Ecol. Modell., 43:303 - 313.
- Manetsch T. J. (1976) Time-varying distributed delays and their use in aggregative models of large systems. IEEE Trans. Syst. Man Cyb. SMC-6: 547 - 553.
- Saffer D. L. (1983) Prediction of variation in development period of insects and mites reared at constant temperatures. Environ. Entomol., 12: 1012 - 1019.
- Sinclair E. R., J. Alder, (1985) Development of a computer simulation of stored product insect populations on grain farms. Agric. Syst., 18:95 - 113.
- Thorpe G. D., W. R. Cuff, B. C. Longstaff, (1982) Control of *Sitophilus oryzae* infestation of stored wheat: an ecosystem model of the use of aeration. Ecol. Modell., 15:331 - 351.

Статията е постъпила в редакцията на 27.07.2004 г. и е докладвана от проф. д-си Иванка Лечева