

УДК [635. 655+664. 38]. 002.35

Д.К. КУЗМАНОВ канд. техн. наук, доцент, Н.Д. ДИМИТРОВ канд. техн. наук, асистент
Н.П. ГИНОВ канд. техн. наук, доцент

Университет пищевых технологий, г. Пловдив, Болгария

СИМУЛЯЦИЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПОПУЛЯЦИИ РИСОВОГО ДОЛГОНОСИКА *SITOPHILUS ORYZAE* [L.] ПРИ ХРАНЕНИИ ЗЕРНА В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СИЛОСАХ И СКЛАДАХ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ ПОЛАМИ

Разработаны симуляционные модели увеличения численности популяции рисового долгоносика *Sitophilus oryzae* [L.] при хранении зерна в складах с горизонтальными полами и в металлических силосах (2500 т), оборудованных вентиляционными установками. Достоверность моделей соответственно 79 и 95% для двух типов зернохранилищ. В результате более эффективного охлаждения зерна в складах, увеличение популяции вредителей происходит медленнее. По сравнению с силосами максимальная зараженность в 10 раз меньше и она достигается на 40 дней раньше. В связи с этим возможно избежать фумигации хранящегося зерна в складах.

Ключевые слова: хранение зерна, вредители зерна, рисовой долгоносик, увеличение популяции, симуляция.

In this paper simulation models were developed to determine the increasing of population of rice weevil *Sitophilus oryzae* during storage of grain in flat storehouse and in metal silo bins. Reliability of the models for the two kinds of storages is 79 % and 95 % respectively. As a result of the more effective cooling of grain the increasing of the population of pest insects in the flat storages runs slowly. The population of insects reaches its climax about 40 days earlier and it is 10 times less in number in comparison with that in the silo. In accordance with such results it is possible to avoid fumigation of grain stored in the flat storehouse.

Key words: grain storage, insects, *Sitophilus oryzae*, population, simulation

При хранении зерна компьютерные симуляционные модели применяются для прогнозирования увеличения популяции вредителей с целью определения необходимости принятия конкретных мер против них. Это особо необходимо при хранении свежеубранного зерна, когда информация о зараженности и ее изменении не может быть получена конвенциональными способами. Симуляционные модели разрабатываются на базе конкретных данных о длительности развития, плодовитости и смертности в разных условиях (температура и влажность пищевой среды). Такие модели разработаны для нескольких вредителей – короткоусый мукоед *Cryptolestes ferrugineus*, зерновой точильщик *Rhyzoperta dominica* и булавочный хрущак *Tribolium castaneum*. Достоверность моделей установлена в лабораторных и производственных условиях (в металлических силосах вместимостью 84т) при естественном охлаждении зерновой массы [6]. Далее модель для увеличения популяции *R. dominica* совершенствуется [8] путем использования новых данных о плодовитости и смертности. Улучшенная модель применяется для прогнозирования изменения плотности популяций при хранении зерна пшеницы в железобетонном неventилированном силосе [4]. Подобные симуляционные модели разработаны и для вредителей – суринамский мукоед *Oryzaephilus surinamensis* и рисовой долгоносик *Sitophilus oryzae*. Достоверность модели установлена в лабораторных условиях соответственно при постоянных температурах и влажности и весеннем повышении температуры зерна [7].

Кроме определения увеличения популяции симуляционные модели используются для сравнения эффективности разных воздействий (вентиляция, фумигация и т.д.), которые применяются для защиты хлебных запасов от вредителей [2,5,7]. Их достоверность зависит от использованных экологических

данных для вредителей и условий хранения, которые в разных зернохранилищах неодинаковы.

Цель настоящей работы – разработка симуляционных моделей увеличения численности популяции самого широкого распространенного вредителя – рисового долгоносика *Sitophilus oryzae* [L.] при хранении зерна пшеницы в складах с горизонтальными полами и в металлических силосах большой вместимости (2500т). Эти зернохранилища оборудованы вентиляционными установками и они широко распространены в Болгарии.

Материалы и методы

Симуляционные модели разработаны способом, описанным в указанных выше источниках [6,7,8], с той лишь разницей, что мы использовали данные о продолжительности развития отдельных стадий, полученных при исследовании, проведенных в Болгарии [1]. На основании этих данных выведены регрессионные уравнения, подобные использованным Hagstrum & Milliken [9]. Для включения зависимости яйцекладки от температуры, влажности и возраста насекомых использовали уравнение Evans [3]. Для зависимости яйцекладки и смертности от возраста имагинируемых возрастных использовали уравнение Longstaff [10].

В 2004-ом году симуляция сделана для температурных условий при хранении зерна пшеницы в складе с горизонтальными полами и в металлическом силосе вместимостью, соответственно 3000 и 2500т. Зернохранилища заполнялись с 10-го по 15-е июля. Начальная температура пшеницы была 30–32°C, а средняя влажность – 12,8%. Во время хранения электронным термомощупом точностью до 0,2°C измеряли температуру в разных точках двух слоев зерновой насыпи на расстоянии 0,5 и 2м от поверхности. В силосе точек было 9 (1 в центре и по 4 на расстоянии

0,7 и 4,5м от стенки), а в складе - 15 (3 на вершинах, 3 в середине между вершиной и стенками и по 3 у стенок).

Для определения достоверности симуляционных моделей использовали данные об изменении зараженности, определенной способом отбора проб щупом из пяти точек в силосе (1 в центре и 4 в полурадусах) и 9 в складе (3 на вершине насыпи, а остальные между вершиной и стенками). Вредители отделялись путем просеивания проб, а их численность пересчитывалась на 1кг. В тех же самых пробах определялась и влажность. Хранившееся зерно пшеницы охлаждали вентилированием с некондиционированным воздухом в ночное время суток (22-06 ч), исключая дни с относительной влажностью воздуха больше 90% при хранении в силосе и больше 70% при хранении в складе.

Для симуляции и определения достоверности моделей использовали программу MS Excel 95.

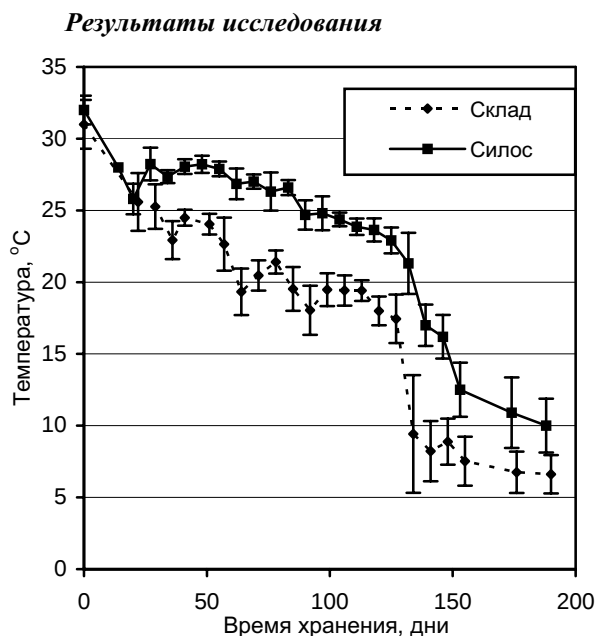


Рис. 1. Изменение температуры зерна при хранении в складе и силосе.

На рис. 1 показано изменение температуры верхнего двухметрового слоя зерновой насыпи в складе и в металлическом силосе. Этот слой мы выбрали для наблюдения, так как он при вентилировании охлаждается последним, и, обычно, обладает самой большой зараженностью. Из-за применения вентилирования, начинавшегося с момента заполнения, температура зерна в зернохранилище начинает сразу понижаться и после 20 дней с 30-32°C достигала до 26°C. После этого периода в складе температура продолжает снижаться приблизительно с той же скоростью, а в силосе задерживается в границах 27-28°C еще 50 дней до начинающегося осеннего снижения температуры атмосферного воздуха (в середине сентября). Причинами более медленного охлаждения зерна в силосе являются меньшая удельная подача воздуха (10 м³/ч.т) и больший нагрев воздуха в вентильаторе (4°C). Поэтому в силосе оптимальная тем-

пература для развития вредителей сохраняются 70 дней с начала хранения, когда как в складе, из-за быстрого охлаждения только 20 дней. В дальнейшем при понижении температуры до защитных значений (18-19°C) развитие вредителей тоже продолжается, но с меньшей интенсивностью. Эти температуры достигаются после 85 дней (в конце сентября) и после 135 дней (вторая половина ноября) с начала хранения соответственно в складе и в силосе.

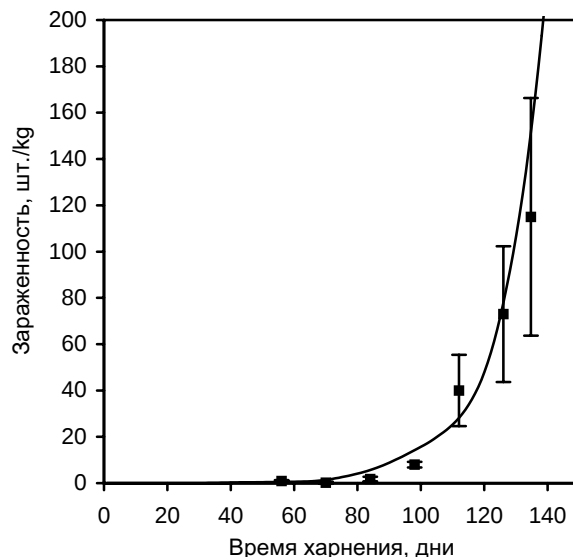


Рис. 2. Измеренная (•) и прогнозируемая (—) зараженность *S. oryzae* в зерне пшенице при хранении в силосе.

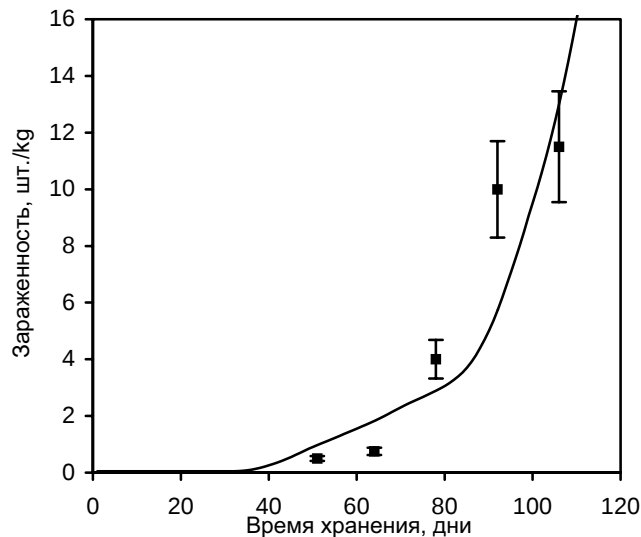


Рис. 3. Измеренная (•) и прогнозируемая (—) зараженность *S. oryzae* в зерне пшенице при хранении в складе.

На рис. 2 и рис. 3 представлено увеличение зараженности по симуляционным и опытным данным. Из графиков видно, что симуляционные результаты сравнительно хорошо отражают изменение зараженности хранившегося зерна пшеницы. Если сравнивать симуляционные результаты в складе и в силосе, то они в последних — ближе к опытным. Достоверность определяли анализом линейной регрессионной зависимости между полученными результатами за-

раженности при периодических измерениях в двух зернохранилищах и данными, определенными по модели (табл.1). Вычисленные по регрессионному уравнению ($y = ax+b$) плотности популяции (y) по прогнозированным (x) отражают 95 и 79% от изменения зараженности от вредителя *S. oryzae* при хранении в силосе и складе. Разница связана с разными температурами зерна в двух зернохранилищах. Во всех исследованных случаях коэффициенты a не больше 1, а коэффициенты $b = 0$, что является указанием для хорошего соответствия между прогнозированным увеличением плотности популяции вредителей по модели и результатами, определенными на практике. Это значит, что симуляционные модели могут использоваться с достаточной точностью в практике для определения увеличения популяции вредителей при хранении свежесобранного зерна пшеницы. Полученные результаты показывают, что в металлическом силосе зараженность увеличивается быстрее из-за более высоких температур зерна. Максимальная зараженность 115экз./кг достигается на 134 день с начала хранения.

Таблица 1
Параметры регрессии, реальной (y) и прогнозированной зараженности (x) *S. oryzae*

Параметры	Силос	Склад
$a \pm SE$	1.15 $\pm$ 0.13	1.31 $\pm$ 0.32
$t(H_0: a=1)$	1.14	0.95
P	0.32	0.41
$b \pm SE$	-0.47 $\pm$ 7.58	-0.60 $\pm$ 0.52
$t(H_0: b=0)$	-0.06	0.20
P	0.95	0.85
r^2	0.95	0.79

В складе, из-за более эффективного охлаждения, увеличение зараженности происходит медленнее. При обнаружении одинаковой начальной зараженности (0,5экз./кг) в одно и тоже время в складе максимальная зараженность 12экз./кг или в 10 раз меньше по сравнению с хранением в силосе. Кроме того она достигается на 40 дней раньше.

После достижения максимальной зараженности следует медленное ее снижение, которое продолжается до середины января, а это то время, когда не обнаруживаются вредители в хранившемся зерне.

Из полученных результатов следует, что хранившееся зерно в складе в большей степени защищено от вредителей. Причина в более медленном увеличении популяции и в более коротком сроке, когда зерно находится под воздействием вредителей. Это дает возможность избежать фумигации зерна при его хранении.

В металлическом силосе большей вместимостью из-за более медленного охлаждения, зерно находится более продолжительное время под воздействием вредителей. Это обязывает проведение фумигации в начале сентября, когда популяция вредителей быстро увеличивается и предстоит понижение температуры.

Выводы:

1. Разработаны симуляционные модели для увеличения популяции рисового долгоносика *Sitophilus oryzae* [L.] при хранении пшеницы в зернохранилищах с горизонтальными полами и в металлических силосах. Достоверность модели составляет 79 и 95% соответственно.

2. В результате более эффективного охлаждения зерна в зернохранилищах с горизонтальными полами максимальная зараженность в 10 раз меньше и достигается на 40 дней раньше по сравнению с хранением в силосах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Май Ван Ле. Влияние на някои екологични фактори от значение за Виетнам върху житната гърица и установяване на средства за борба. Дисертация. ВИХВП. Пловдив. – 1976.
2. Arthur, F.H., P.W. Flinn. Aeration management for stored hard red winter wheat: Simulation impact on Rusty Grain Beetle (Coleoptera: Cucujidae) population. J. Econ. Entomol. – 2000. - № 93(4). – С. 1364-1372.
3. Evans, D.E. The influence of relative humidity and thermal acclimation on the survival of adult grain beetles in cooled grain. J. Stored Prod. Res. – 1983. - №19. – С. 173-180.
4. Flinn, P.W., D.W. Hagstrum, C. Reed, T. W. Phillips. Simulation model of *Rhyzopertha dominica* population dynamics in concrete grain bins. J. Stored Prod. Res. – 2004. - № 40. – С. 39-45.
5. Flinn, P.W., D.W. Hagstrum, W. E. Muir. Effects of time of aeration, bin size and latitude of insect populations in stored wheat: a simulation study. J. Econ. Entomol. – 1997. - № 90(2). – С. 646-651.
6. Hagstrum, D.W., J.E. Throne. Predictability of stored wheat insect population trends from life history traits. Environ. Entomol. – 1989. - №18(4). – С. 660-664.
7. Hagstrum, D.W., P.W. Flinn. Simulations comparing insect species differences in response to wheat storage conditions and management practices. J. Econ. Entomol. – 1990. - № 83. – С. 2469-2475.
8. Hagstrum, D.W. Monitoring and predicting population growth of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostichidae) over a range of environmental conditions. Env. Entomol. – 1996. - № 25(6). – С. 1354-1359.
9. Hagstrum, D.W., G.A. Milliken. Quantitative analysis of temperature, moisture, and diet factors affecting insect development. Ann. Entomol. Soc. Am. – 1988. - № 81(4). – С. 539-546.
10. Longstaff, B.C. A modeling study of the effects of temperature manipulation upon the control of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) by insecticide. J. Appl. Ecol. – 1988. - № 25. – С. 163-175.

Поступила 12.2007

Адрес для переписки:

Университет по хранителни технологии
бул. Марица N 26, 4002, Пловдив, България
e-mail: kuzmanow.dim@abv.bg

