

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 632.7.04/08:633.16

DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-100-104

РАСПОЛОЖЕНИЕ НАСЕКОМЫХ В НАСЫПИ ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ

Г. А. Закладной, доктор биологических наук, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, главный научный сотрудник отдела технологий хранения и комплексной переработки зерна, vlaza@list.ru, ORCID ID: 0000-0002-2037-7150

Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки – филиал Федерального государственного научного учреждения «Федеральный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, 127434, г. Москва, Дмитровское шоссе, д. 11

Для снижения потерь хранящегося зерна актуально обнаружить в нем насекомых на ранних стадиях заражения, для чего важно знать предпочитаемые места их обитания. Целью исследования было накопить знания о распределении насекомых в верхнем слое зерна, из которого на предприятиях отбирают пробы для оценки зараженности вредителями. В пробах, отобранных в пяти повторностях из насыпи ячменя, хранящегося в зерноскладе, идентифицировали вид и подсчитывали количество насекомых. Температуру определяли в местах отбора проб. Температура воздуха над насыпью зерна была от -2 до 0 °C. В слоях глубиной 0–28 см, 28–56 см и 56–84 см при средней температуре 9, 14 и 18 °C соответственно доверительные границы при $p = 0,05$ находились в пределах 5–13, 8–20 и 12–24 °C соответственно. Доверительные границы всех трех средних перекрывают друг друга, доказывая, что разница средних температур статистически незначительна. В пробах зерна обнаружены три вида насекомых. Жуки *Sitophilus oryzae* группировались в большем количестве в слоях зерна, где была выше температура. *Rhizopertha dominica* обнаруживали только в самом теплом нижнем слое зерна. *Liposcelis bostrychophila* сосредоточивался в наибольшем количестве во втором по глубине слое зерна. Отмечено повышение сукценности имаго всех трех видов в слоях зерна с более высокой температурой.

Ключевые слова: ячмень, вредители запасов, миграция, зерновая масса.

Для цитирования: Закладной, Г. А. Расположение насекомых в насыпи зерна ячменя // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 5. С. 100–104. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-100-104.



LOCATION OF INSECTS IN A BARLEY BULK-GRAIN

G. A. Zakladnoy, Doctor of Biological Sciences, honored scientist of the Russian Federation, main researcher of the department of grain storage and complex processing technologies, vlaza@list.ru, ORCID ID: 0000-0002-2037-7150

All-Russian Research Institute of Grain and Processing Products – a branch of the Federal State Research Institution

“Federal Research Center for Food Systems named after I. I. V. M. Gorbatov” of RAS, 127434, Moscow, Dmitrovskoe Hw, 11

In order to reduce the loss of stored grain, it is important to detect insects in it at the early stages of infection, for which it is important to know their preferred habitats. The purpose of the current study was to gain knowledge about the distribution of insects in the top layer of grain, from which samples are taken at enterprises to estimate pest infestation. In the samples taken in five repetitions from a barley bulk-grain stored in a granary, there were identified and counted pest species and their number. The temperature was determined at the sampling sites. The air temperature above the bulk-grain was from minus 2 °C to 0 °C. In layers with a depth of 0–28 cm, 28–56 cm, and 56–84 cm at a mean temperature of 9, 14 and 18 °C, respectively, the confidence limits at $p = 0.05$ were within 5–13, 8–20 and 12–24 °C, respectively. The confidence limits of all three means have overlapped, proving that the difference in mean temperatures is not statistically significant. There have been found three species of insects in grain samples. Beetles *Sitophilus oryzae* clustered in greater numbers in grain layers where the temperature was higher. *Rhizopertha dominica* was found only in the warmest bottom layer of the grain. *Liposcelis bostrychophila* was concentrated in the greatest amount in the second deepest grain layer. There has been found an increase in the crowding of adults of all three species in grain layers with a higher temperature.

Keywords: barley, pests, migration, grain weight.

Введение. Зерно во время хранения подвержено заражению вредными насекомыми. Пораженное насекомыми зерно отличается низким качеством. Оно становится опасным для питания человека и в корм животным (Zakladnoy, 2018). Потери хранящегося зерна можно минимизировать, если обнаруживать в нем насекомых на ранних стадиях заражения и своевременно проводить соответствующие мероприятия. Раннему выявлению насекомых

в зерне способствует знание предпочитаемых мест их обитания в зерновых насыпях.

Наблюдения (Anukiruthika et al., 2021) показали, что поведенческие реакции насекомых варьируют в зависимости от вида и стадии развития, а также от внешних раздражителей при различных условиях хранения зерновых масс. Вместе с тем другие авторы (Athanassiou and Buchelos, 2020) указывают, что изменения в зерновой массе в содержании влаги, темпе-

ратуры и насыпной плотности происходили одновременно и хорошо коррелировали между собой, но ни один из этих параметров не коррелировал с численностью насекомых.

Исследователями (Mu et al., 2021) были установлены статистически значимые различия в распределения имаго трех видов насекомых в пределах определенного градиента температуры хранения зерна. При температурном градиенте 25–30 °C *Tribolium castaneum* имел тенденцию собираться в зоне зерна при 30 °C, *Rhizopertha dominica* – при 25 °C, а *Sitophilus oryzae* не имел очевидной тенденции. При температурном градиенте 20–30 °C *Tribolium castaneum* и *Sitophilus oryzae* концентрировались в зоне зерна при 30 °C, *Rhizopertha dominica* – при 20 °C. При температурном градиенте 20–35 °C *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae* и *Rhizopertha dominica* собирались в зоне зерна при 35 °C. При равномерной температуре зерна 30 °C у *Tribolium castaneum* не отмечено тенденции к скапливанию. *Sitophilus oryzae* собирался на правой стороне хранилища, а *Rhizopertha dominica* – на левой стороне хранилища. После остывания зерна *Sitophilus oryzae* устремлялся к центру хранилища, *Rhizopertha dominica* – к периферийной зоне, а *Tribolium castaneum* не проявил явной тенденции.

Обзор показывает, что в научной литературе существуют противоречивые сведения о предпочитаемых местах скопления насекомых в зерновых насыпях. Практически отсутствуют данные о вертикальном распределении насекомых в насыпях зерна, особенно в верхних его слоях, где на предприятиях обычно отбирают пробы для определения состояния зерна, в том числе для оценки зараженности его вредителями в соответствии с ГОСТ 13586.6-93 «Зерно. Методы определения зараженности вредителями».

Уточнение особенностей миграции и распределения вредных насекомых непосредственно в природных станциях в верхнем участке зерновой насыпи представляет собой актуальную задачу, которую мы решали в данном исследовании.

Целью настоящего исследования было накопить знания о распределении вредных насекомых в насыпи зерна ячменя. Для ее достижения мы предложили гипотезу определения плотности заражения насекомыми в достаточно узких слоях верхней части зерновой насыпи, имея в виду, что нижние участки зерновой насыпи являются неблагоприятными для обитания насекомых из-за большого содержания в них углекислого газа, а также то, что на практике только в верхнем слое отбирают пробы для оценки зараженности зерна вредителями.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили в марте 2023 г. в Татарстане в металлургическом зерноскладе, где находилась насыпь зерна ячменя урожая 2022 года, показанная на рисунке 1.



Рис. 1. Исследованная насыпь зерна ячменя
Fig. 1. The studied barley bulk-grain

Пробы зерна отбирали в пяти произвольно взятых точках-повторностях поверхности зерновой насыпи.

Для отбора проб зерна использовали шестиуровневый щуп-пробоотборник, показанный на рисунке 2.



Рис. 2. Шестиуровневый щуп-пробоотборник
Fig. 2. A six-level probe-sampler

Этот щуп позволял отбирать при одном погружении одновременно шесть проб зерна с шагом 14 см с глубины 0–14 см, 14–28 см, 28–42 см, 42–56 см, 56–70 см и 70–84 см.

Щуп в закрытом состоянии погружали вертикально в зерно и поворачивали вокруг своей оси внутренний цилиндр, открывая отверстия, через которые в щуп засыпалось зерно. Затем поворотом внутреннего цилиндра в противоположную сторону закрывали отверстия, извлекали щуп из зерна и укладывали его на специально изготовленное приспособление (рис. 3).



Рис. 3. Процесс перемещения проб зерна из щупа в контейнеры

Fig. 3. The process of moving grain samples from the probe into containers

При этом отверстия в щупе совпадали с установленными в приспособлении пластмассовыми контейнерами. После этого поворотом внутреннего цилиндра открывали отверстия в щупе, позволяя зерну из щупа высыпаться в контейнеры.

Контейнеры плотно накрывали крышками, переносили в лабораторию, где взвешивали зерно каждой пробы.

В пяти исследованных повторностях насыпи зерна ячменя масса проб от каждого 14-сантиметрового слоя находилась в пределах 15–67 г.

В лаборатории на разборной доске зерно каждой пробы мелкими порциями в рассыпную перемещали с одного края доски в другой край, выделяя насекомых. Насекомых идентифицировали и подсчитывали их количество в каждой пробе от каждого слоя зерна.

Для измерения температурных и влажностных параметров зерновой массы была специально изготовлена метровая зонд-штанга с шестью датчиками температуры и относительной влажности воздуха с автономным питанием (см. рис. 4).



Рис. 4. Зонд-штанга (слева), дисплей индикаторного блока (справа)

Fig. 4. A rod probe (left), an indicator unit display (right)

Датчики температуры и влажности расположены по длине штанги таким образом, чтобы они совпадали с центрами отверстий щупа-пробоотборника. Зонд-штанга снабжена дисплеем, на котором отображаются значения измеряемых параметров.

Зонд-штангу погружали в зерно в 20–30 см от щупа-пробоотборника таким образом, чтобы датчики располагались непосредственно напротив центра отверстий щупа-пробоотборника. На дисплее зонда-штанги наблюдали температуру и относительную влажность меж-

зернового воздуха и регистрировали данные после их стабилизации.

Внутри склада над поверхностью зерна во время обследования температура воздуха находилась в пределах от – 2 до 0 °С, а относительная влажность воздуха была 70 %.

Относительная влажность воздуха в межзерновых пространствах зерновой насыпи ячменя преимущественно составляла 99 % в анализируемом слое зерна глубиной до 0,84 м.

Статистическую обработку данных распределения температуры по трем слоям зерна глу-

биной 0–28 см, 28–56 см и 56–84 см проводили с использованием метода наименьших квадратов. При этом рассчитывали среднюю температуру X_{cp} и доверительные интервалы среднего $\Delta_n - \Delta_v$ при $p = 0,05$.

Обработку данных распределения насекомых выполняли следующим образом. Пересчитывали количество имаго насекомых, обнаруженных в данной пробе, в плотность их заселенности в экз./кг. Для этого количество имаго делили на массу в граммах соответствующей пробы зерна и умножали на 1000 г/кг.

После этого рассчитывали относительную плотность имаго в каждом 28-сантиметровом слое. Для этого плотность заселения насекомыми в экз./кг в каждом 28-сантиметровом слое зерна относили к сумме их плотностей за-

селения во всех слоях на глубине 0–84 см и умножали на 100 %. Полученную величину в % принимали за критерий оценки вертикального распределения насекомых в исследуемой толще зерна на глубину отбора проб щупом-пробоотборником.

Результаты и их обсуждение. В зерне ячменя в складе в пяти точках-повторностях были обнаружены и идентифицированы 3 вида насекомых: рисовый долгоносик *Sitophilus oryzae* L., зерновой точильщик *Rhizopertha dominica* F. и липосцелис бострихофила *Liposcelis bostrychophila* Badonnel.

По данным, приведенным в таблице, можно судить о распределении температуры и насекомых в слое зерна ячменя глубиной до 84 см.

Таблица. Распределение температуры и насекомых в зерне ячменя слоем глубиной до 84 см
Table. Distribution of temperature and insects in barley grain with a layer up to 84 cm deep

Глубина слоя зерна, см	Температура зерна, °C		Количество обнаруженных имаго, %			
	X_{cp}	$\Delta_n - \Delta_v$	<i>Sitophilus oryzae</i>	<i>Rhizopertha dominica</i>	<i>Liposcelis bostrychophila</i>	Все виды
0–28	9	5–13	12	0	29	14
28–56	14	8–20	30	0	58	29
56–84	18	12–24	58	100	13	57

Видно, что наименьшая средняя температура зерна установилась в самом верхнем слое глубиной до 28 см, который примыкал к холодному надзерновому воздуху, имевшему температуру от –2 до 0 °C. С увеличением глубины зерна повышалась и его температура.

На общем фоне увеличения средней температуры зерна с удалением от холодного надзернового воздуха она отличалась большим разбросом по повторностям опыта.

В верхнем 28-сантиметровом слое при $X_{cp} = 9$ °C доверительный интервал среднего ($\epsilon_x = t_{sx}$) составлял ± 4 °C. В следующих по глубине слоях зерна 28–56 см и 56–84 см при $X_{cp} = 14$ и 18 °C соответственно ϵ_x был равен ± 6 °C. За счет такого большого разброса доверительные границы $\Delta_n - \Delta_v$ всех трех средних перекрывают друг друга, доказывая, что разница средних температур по всем трем глубинам статистически незначительна.

Теперь рассмотрим распределение насекомых по вертикали зерновой массы в верхнем 84-сантиметровом слое зерна. Именно от этого слоя традиционно отбирают пробы зерна для определения его зараженности насекомыми в соответствии с ГОСТ 13586.6-93 «Зерно. Методы определения зараженности вредителями».

В отношении *Sitophilus oryzae* можно заметить, что жуки этого вредителя группировались в большем количестве в тех слоях зерна, в которых была выше температура. Это вполне логично, поскольку оптимум для их жизни лежит в диапазоне температуры 27–31 °C.

Что касается *Rhizopertha dominica*, его имаго обнаруживали только в самом теплом нижнем слое зерна глубиной 56–84 см, поскольку диа-

пазон оптимальной температуры для его жуков составляет 32–35 °C.

Имаго более холодостойкого вида *Liposcelis bostrychophila* сосредоточивались в наибольшем количестве во втором по глубине слое зерна.

При рассмотрении распределения имаго всех трех видов насекомых в комплексе отмечается повышение их скученности в слоях зерна с более высокой температурой.

Надо заметить, что полученные нами данные во многом совпадают с мнениями других исследователей. В частности, они подтверждают, что насекомые мигрируют в более теплые участки зерна, но при этом различные виды насекомых имеют свои особые реакции (McKay et al., 2017; Mu et al., 2021).

В то же время наши данные не в полной мере согласуются с замечанием (Jian et al., 2018), из которого следует вывод, что при высокой плотности заражения увеличивается конкуренция среди жуков, и последние должны расселяться в участки продукта с низкой их численностью. В наших опытах эта гипотеза не подтверждается. Для каждого вида вредителя и в целом для всех трех видов отмечены значительные различия в распределении имаго в разных слоях зерна. Как мы рассмотрели, такое распределение более соответствует распределению температуры. То есть в вертикальном распределении насекомых в зерне фактор температуры превалирует над фактором скученности насекомых.

Выводы. Получены новые данные о расположении вредных насекомых в насыпи зерна ячменя на глубину до 84 см в производственных условиях, в естественных стациях

их обитания. Отмечены значительные различия в количественном расположении насекомых в разных 28-сантиметровых слоях насыпи. Определяющую роль в их расположении играет температура. Насекомые стремились в слои зерна, температура которых близка к благоприятной для их развития. Результаты исследований подтвердили правильность предложенной нами рабочей гипотезы, которая может быть применена в других аналогичных экспериментах. Данные о закономерности распределения насекомых в зерновой насыпи могут быть использованы в практике раннего обнаружения зараженности зерна вредителями. Они также дают основания для продолжения аналогичных исследований в других партиях и других культур для накопления знаний о распределении насекомых в различных условиях хранения зерна.

Благодарности. Автор выражает благодарность Юрию Федоровичу Маркову, кандидату технических наук, заместителю директора Кубанского филиала Федерального государственного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН за разработку, изготовление и предоставление для исследований зонда-штанги для измерения температурных и влажностных параметров зерновой массы. Также Раилу Тауфиковичу Гилязову, врио заместителя руководителя Филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Российский Сельскохозяйственный Центр» по Республике Татарстан, Казань, и Нурие Алексеевне Закладной, генеральному директору ООО «Центр защиты зерна Закладного», за организацию и участие в отборе проб зерна в складе.

Библиографические ссылки

1. Anukiruthika T., Jian F., Jayas D. Movement and behavioral response of stored product insects under stored grain environments – A review // *Journal of Stored Products Research*. 2021. Vol. 90, Article number: 101752. DOI: 10.1016/j.jspr.2020.101752
2. Athanassiou C., Buchelos C. Grain properties and insect distribution trends in silos of wheat // *Journal of Stored Products Research*. 2020. Vol. 88, Article number: 101632. DOI: 10.1016/j.jspr.2020.101632
3. Jian F., Jayas D., Fields P.G., White N.D. G., Zhang H., Tang P. Demography of rusty grain beetle in stored bulk wheat: Part I, population dynamics at different temperatures and grain bulk sizes // *Environmental Entomology*. 2018. Vol. 47(2), P. 244–255. DOI: 10.1093/ee/nvy019
4. McKay T., White A.L., Starkus L.A., Arthur F., Campbell A. Seasonal patterns of stored-product insects at a rice mill // *Journal of Economic Entomology*. 2017. Vol. 110(3), P. 1366–1376. DOI: 10.1093/jee/tox089
5. Mu Z., Wang J., Zhang Y., Qi X., Li L., Chen J. Effect of Temperature Gradient of Grain Storage on Migration and Distribution of Three Pests // *Journal of Biomedical Research and Environmental Sciences*. 2021. Vol. 2(7), P. 632–640. DOI: 10.37871/jbres1289
6. Zakladnoy G.A. Effect of Grain Infestation with the Rice Weevil *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera, Dryophthoridae) on the Quality of Grain and Grain Products // *Entomological Review*. 2018. Vol. 98(6), P. 659–662. DOI: 10.1134/S0013873818060015

References

1. Anukiruthika T., Jian F., Jayas D. Movement and behavioral response of stored product insects under stored grain environments – A review // *Journal of Stored Products Research*. 2021. Vol. 90, Article number: 101752. DOI: 10.1016/j.jspr.2020.101752
2. Athanassiou C., Buchelos C. Grain properties and insect distribution trends in silos of wheat // *Journal of Stored Products Research*. 2020. Vol. 88, Article number: 101632. DOI: 10.1016/j.jspr.2020.101632
3. Jian F., Jayas D., Fields P.G., White N.D. G., Zhang H., Tang P. Demography of rusty grain beetle in stored bulk wheat: Part I, population dynamics at different temperatures and grain bulk sizes // *Environmental Entomology*. 2018. Vol. 47(2), P. 244–255. DOI: 10.1093/ee/nvy019
4. McKay T., White A.L., Starkus L.A., Arthur F., Campbell A. Seasonal patterns of stored-product insects at a rice mill // *Journal of Economic Entomology*. 2017. Vol. 110(3), P. 1366–1376. DOI: 10.1093/jee/tox089
5. Mu Z., Wang J., Zhang Y., Qi X., Li L., Chen J. Effect of Temperature Gradient of Grain Storage on Migration and Distribution of Three Pests // *Journal of Biomedical Research and Environmental Sciences*. 2021. Vol. 2(7), P. 632–640. DOI: 10.37871/jbres1289
6. Zakladnoy G.A. Effect of Grain Infestation with the Rice Weevil *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera, Dryophthoridae) on the Quality of Grain and Grain Products // *Entomological Review*. 2018. Vol. 98(6), P. 659–662. DOI: 10.1134/S0013873818060015

Поступила: 19.05.23; доработана после рецензирования: 30.06.23; принята к публикации: 30.06.23.

Критерии авторства. Автор статьи подтверждает, что имеет на статью полное право и несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Закладной Г.А. – концептуализация исследования; подготовка опыта; выполнение полевых и лабораторных опытов и сбор данных; анализ данных и их интерпретация; подготовка рукописи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.