

УДК 631.53.02 : 631.53.011.2

UDC 631.53.02 : 631.53.011.2

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**О КОЛИЧЕСТВЕННОЙ И
КАЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ
ТРАВМИРОВАНИЯ СЕМЯН МАШИНАМИ**

**QUANTITATIVE AND QUALITATIVE
ASSESSMENT OF SEEDS TRAUMATIZING
WHILE USING MACHINES**

Пехальский Игорь Анатольевич
к.т.н.
SPIN-код: 3772-6032, AuthorID: 106162

Pekhalskiy Igor Anatolievich
Cand.Tech.Sci.
SPIN-code: 3772-6032, AuthorID: 106162

Кряжков Валентин Митрофанович
д.т.н., профессор, академик РАН
SPIN-код: 4188-9854, AuthorID: 580056

Kryazhkov Valentin Mitrofanovich
Dr.Sci.Tech., professor, Member of the Russian
Academy of Sciences
SPIN-code: 4188-9854, AuthorID: 580056

Артюшин Анатолий Алексеевич
д.т.н., профессор, член-корреспондент РАН
SPIN-код: 2763-2322, AuthorID: 702585
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства (ФГБНУ ВИМ), Москва, Россия

Artushin Anatoliy Alekseevich
Dr.Sci.Tech., professor, Corresponding member of the
Russian Academy of Sciences
SPIN-code: 2763-2322, AuthorID: 702585
*All-Russian Scientific Research Institute of
Mechanization of Agriculture, Moscow, Russia*

Сорочинский Владимир Федорович
д.т.н., профессор
SPIN-код: 1935-3993, AuthorID: 441316
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки (ФГБНУ ВНИИЗ), Москва, Россия

Sorochinskiy Vladimir Fedorovich
Dr.Sci.Tech., professor
SPIN-code: 1935-3993, AuthorID: 441316
*All-Russian Scientific Research Institute of Grain and
Products of its Processing, Moscow, Russia*

Повышение валовых сборов зерна и минимизация себестоимости его производства в существенной мере зависит от технологий и технических средств, применяемых на этапах возделывания зерновых культур. Вместе с тем существующее промышленное семеноводство и зернопроизводство предполагают множественные механические и термомеханические воздействия на зерновой ворох со стороны рабочих органов машин и агрегатов, что приводит к травмированию зерновок. Повреждение зерна негативно сказывается на его технологических и фуражных свойствах, травмирование семян вызывает снижение их посевных и урожайных свойств. Выделить травмированные семена из вороха в настоящее время не представляется возможным, т.к. рабочие органы машин, во-первых, сами травмируют зерновки и, во-вторых, травмированные зерновки по своим физико-механическим свойствам практически не отличаются от целых. Снизить травмирование зерна при машинной подготовке можно снижением количества и степени механических и термомеханических воздействий на зерновки, оптимизацией технологических операций, регулировкой режимов и настройкой рабочих органов. При

Increase of gross grain collecting and minimization of cost of its production essentially depends on technologies and technical means, which are used while grain crops cultivation. At the same time the existing industrial seed farming and the grain's production are assumed the multiple mechanical and thermomechanical impacts on grain from working tools of cars and units that leads to weevils' traumatizing. Grain damage negatively affects its technological and fodder characteristics; seeds' traumatizing causes the decrease in their sowing and fruitful features. It isn't possible to extract injured seeds from the pile because working tools damage the weevils itself and also there are small differences between damaged and undamaged weevils. It is possible to reduce grain traumatizing while machine preparation by reducing the quantity and extent of mechanical and thermomechanical impacts on weevils, by optimization of technological operations and by controlling the regimes and adjustments of working tools. The work of winnower machines M-819 KAS-10+SBVS-5 and AS-10+ was researched while developing a technique of complex quantitative and quality standard of machines' and tools' influence on weevils' traumatizing. It was ascertained that on different stages of weevils' mechanical preparation it get different injuries in quantitative and qualitative expressions. It was offered to estimate the injuring ability of machines by the

разработке методики комплексной количественной и качественной оценки влияния работы машин и агрегатов на травмирование зерновок исследована работа зерноочистительных комплексов КАС-10+СБВС-5 и АС-10+М-819. Установлено, что на разных этапах механической подготовки зерновки получают разные травмы в количественном и качественном выражении. Оценить травмирующую способность машин предложено по влиянию полученных семенами повреждений на их посевные свойства. Введено понятие коэффициента травмирования, учитывающего как количественные, так и качественные показатели влияния травмирования на качество семян

Ключевые слова: СЕМЕНА, ЗЕРНОВКИ, ТРАВМИРОВАНИЕ СЕМЯН, КОЭФФИЦИЕНТ ТРАВМИРОВАНИЯ СЕМЯН, ОЦЕНКА ТРАВМИРОВАНИЯ СЕМЯН, ПОЛЕВАЯ ВСХОЖЕСТЬ, ПРОДУКТИВНОСТЬ

impact of seeds' injures influence on its sowing features. Also there was a conception of traumatizing coefficient which includes either quantitative or qualitative debriefing influences of the traumatizing on grains features

Keywords: SEEDS, WEEVILS, TRAUMATIZING OF SEEDS, TRAUMATIZING COEFFICIENT, ESTIMATION OF SEEDS TRAUMATIZING, FIELD SURVIVAL, PRODUCTIVITY

Существенным условием увеличения валовых сборов зерна с минимизацией затрат на его производство является комплексная механизация технологических операций возделывания, уборки, послеуборочной подготовки и хранения. Однако использование машин и агрегатов в современном промышленном зернопроизводстве и семеноводстве предполагает многочисленные механические и термомеханические воздействия на зерновой и семенной ворох, что приводит к травмированию наружных покровов и внутренних тканей зерновок [5]. Повреждения товарного и фуражного зерна негативно сказываются на его технологических свойствах и сохранности пищевых качеств при хранении. Травмирование семян обуславливает снижение их посевных и урожайных свойств и, соответственно, снижение урожайности.

Выделить травмированные семена из вороха в настоящее время не представляется возможным, так как, во-первых, по своим физико-механическим свойствам они практически не отличаются от целых, а, во-вторых, рабочие органы семяочистительных машин сами являются источником их повреждений.

Снизить уровень травмирования зерна и семян в процессе механической подготовки возможно тщательной регулировкой рабочих органов, оптимизацией

технологических операций, снижением количества механических и термомеханических воздействий на зерновки в процессе обработки и т.д. [6].

Цель исследования – разработать методику количественной и качественной оценки влияния работы машин и агрегатов на травмирование зерновок в процессе механической подготовки зерна и семян.

Материалы и методы. Для количественного и качественного определения характера и степени повреждения семян в процессе машинной подготовки исследовали травмирование зерновок на этапах послеуборочной обработки семенного вороха на семяочистительных агрегатах КАС-10+СБВС-5 и АС-10+М-819 по специально разработанной методике. Для этого отбирали средние образцы семян в намеченных точках и с помощью созданного рентгенографического комплекса [1] анализировали их на степень повреждения, выделяя зерновки с повреждениями согласно разработанной классификации [2] и определяя таким образом количественный показатель травмирования. Для качественной оценки травмирования по разработанной методике определяли полевую всхожесть зерновок с травмами согласно разработанной классификации и в соответствии с методикой мелкоделяночного полевого опыта [3].

Объектом исследования служили семена зерновых культур (овес, ячмень, пшеница), отбирившиеся на различных этапах машинной послеуборочной обработки.

Результаты и обсуждение. В ходе исследования травмирования семян при механизированной послеуборочной обработке установлен прирост семян с внутренними повреждениями за единичный проход через оборудование комплекса КАС-10+СБВС-5: 58,0% - для овса, 65,50% - для ячменя, 54,75% - для пшеницы при травмировании семенного вороха после комбайновой уборки соответственно 24,75%, 30,25% и 32,5%.

Исследования работы комплекса для послеуборочной обработки зерна и семян в составе семяочистительного агрегата АС-10 и сушилки М-819 показали

прирост травмированных семян овса 39,75% при исходном травмировании 30,5%.

В ходе исследования динамики травмирования семян оборудованием семяочистительно-сушильных комплексов оценивали внутренние повреждения зерновок машинами и оборудованием в составе комплексов.

Наибольший прирост внутренних повреждений отмечался при перемещении семян транспортирующими устройствами (зерновые быстроходные нории НПЗ-20, НПЗ-50, 2НПЗ-20, скребковые транспортеры ЗАВ-50.09.000-04 и ЗАВ-50.11.000.01). При этом повреждалось до 65,5...70,5% семян от полного их повреждения агрегатами.

При анализе внутренних повреждений, получаемых зерновками по ходу технологического процесса, определено, что на их возникновение и вид оказывали влияние агротехническое состояние и биологические особенности семенного вороха, такие как влажность, физико-механические свойства зерновок, биологические особенности культуры и, в существенной степени, механические и термомеханические воздействия со стороны рабочих органов и механизмов.

Так, в семенном ворохе, поступающем после комбайновой уборки, преобладающими травмами являлись вмятины в эндосперме и зародыше, составляющие для пшеницы 85,89%, ячменя – 66,67%, овса – 85,44% от общего количества повреждений. Эти соотношения незначительно изменялись на этапах приема и временного хранения (после транспортера загрузочного ЗАВ-50.09.000-04 и быстроходной нории НПЗ-50 соответственно 80,32%; 61,91%; 72,84% и 74,57%; 51,14%, 67,5% после бункеров отделения временного хранения (ОВХ) – 74,29%; 56,79%; 66,06%). Из общего количества внутренних повреждений, полученных семенами на этих этапах доля вмятин в эндосперме и зародыше составляла 53,85% - для пшеницы; 41,35% - для ячменя; 50,81% - для овса. В то же время доля трещин в общем количестве полученных повреждений составляла соответственно, 27,88%; 41,35% и 25,81%; доля семян с внутренними трещинами среди поврежденных в ворохе после комбайновой уборки – 7,69% для пшеницы,

30,72% для ячменя, 6,79% для овса; после скребкового транспортера ЗАВ-50.09.000-04 и быстроходной норрии НПЗ-50, соответственно, 10,36%; 33,33%; 7,14% и 12,93%; 34,82%; 7,79%; после бункеров отделения временного хранения – 13,82%; 34,98%; 7,86%.

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод о том, что на этапах приема и временного хранения семенного вороха также, как и при комбайновой уборке, основными видами полученных внутренних травм являлись вмятины в эндосперме и зародыше. Отмечено, что наибольшее количество вмятин получали семена пшеницы. Это обусловлено тем, что зерновка пшеницы, в отличие от овса и ячменя, лишена защитного действия цветочных пленок. В то же время семена овса и ячменя более подвержены возникновению внутренних трещин, причем внутренняя трещиноватость более присуща ячменю, что, очевидно, объясняется его анатомо-морфологическими особенностями.

По мере потери влаги изменялась количественная доля видов травм, получаемых семенами. Так, среди травм, нанесенных быстроходной норрией НПЗ-20, подающей высушенный семенной ворох в машину вторичной очистки МВО-20, вмятины в эндосперме и зародыше составляли 18,52% для пшеницы, 9,76% для ячменя, 14,29% для овса, то есть доля их в общем числе повреждений сократилась в 1,63...1,85 раза (соответственно до 49,42; 33,39 и 43,57%) по сравнению с ворохом после комбайновой уборки.

Противоположную картину наблюдали при возникновении таких внутренних дефектов, как трещины в эндосперме. На этапах приема и временного хранения их доля в общем количестве повреждений менялась в небольших пределах. Резкое возрастание количества трещиноватых семян зафиксировано после этапа сушки. Так, на выходе из норрии НПЗ-20 количество семян с внутренними трещинами составляло уже 33,41; 55,53; 28,99...37,14%, а у готовых семян – 36,98; 58,48 и 33,08...41,1% - для пшеницы, ячменя, овса, соответственно. Эти факты объясняются тем, что во время комбайновой уборки, а также на этапах приема и временного хранения семена исследованных культур

имели влажность 21,2...23,7%, при которой механические воздействия на зерновки со стороны рабочих органов вызывают в них, в основном, пластичное деформирование. С потерей влаги пластичность зерновок снижается и, под влиянием внешних нагрузок, происходит нарушение целостности семян в виде внутренних трещин, сколов эндосперма и повреждений зародыша.

Таким образом, анализ травмирования зерновок на разных этапах машинной послеуборочной обработки позволяет сделать следующие выводы:

- на разных этапах подготовки зерновой ворох содержит разное количество зерновок с отличающимися травмами;

- в зависимости от видов механических и термомеханических воздействий, зерновки получают разные травмы, то есть разные машины и рабочие органы по-разному их травмируют, как в количественном отношении, так и нанося разные виды травм.

В общепринятых методиках качество работы машин и агрегатов по критерию травмирования в технологических схемах механической подготовки зерна и семян предлагается оценивать по общему количеству наносимых травм на этапах машинной подготовки. Вместе с тем, очевидно, что качество подготовки семян определяется, в первую очередь, показателями ростового потенциала - полевой всхожести (урожайность семян имеет, естественно, более важное прикладное значение, но она в существенной степени зависит от агрометеорологических факторов, сроков проведения технологических операций, норм внесенных удобрений и т.д.). Таким образом, оценивать работу машин и агрегатов по критерию травмированию предлагается как по количественным показателям прироста повреждений зерновок, обусловленного проходом зернового вороха через рабочие органы, так и качественным, учитывающим влияние полученных зерновками повреждений на их полевую всхожесть.

Проведенные по специально разработанной методике и в соответствии с [3] полевые опыты по исследованию влияния внутренних повреждений семян на их полевую всхожесть показали [4] дифференцированное индивидуальное влияние

различных видов травм согласно разработанной классификации (в том числе в сочетаниях), определенных рентгенографически, на интенсивность процессов прорастания зерновок. Так, например, семена овса и ячменя имели, соответственно, полевую всхожесть при следующих видах травм: с вмятинами в области эндосперма – 93,08 и 93,92 %; с вмятинами в области зародыша – 75,83 и 72,50 %; имеющие до 4-х внутренних трещин – 64,42 и 61,17 %; при количестве внутренних трещин более 4-х – 53,42 и 51,08 %; со сколами (выбоинами) в эндосперме – 49,67 и 46,58 %; с поврежденным зародышем – 7,83 и 7,75 %.

Поскольку в процессе исследований снижение полевой всхожести зерновок с одинаковыми видами травм для каждой культуры оказалось постоянным с отклонениями в пределах статистической погрешности была поставлена задача спрогнозировать полевую всхожесть семян на основании данных об их травмировании. Для оценки обобщенного влияния поврежденности семян на посевные качества было предложено ввести понятие коэффициента травмирования K_n . При этом коэффициенты травмирования для семян с различными типами повреждений определяли как отношение значений полевой всхожести зерновок, соответствующе травмированных, и контрольного образца. Таким образом, коэффициент травмирования семян для образца в целом определяли как

$$K_{\text{обр}} = \frac{K_1 N_1 + K_2 N_2 + K_3 N_3 + K_4 N_4 + K_5 N_5 + K_6 N_6 + K_7 N_7}{N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_7},$$

где $K_1 \dots K_7$ - коэффициенты травмирования семян с видами травм согласно разработанной классификации;

$N_1 \dots N_7$ - количество зерновок в образце с соответствующими видами травм..

Тогда прогнозируемую полевую всхожесть образца семян можно определить как

$$P_{\text{обр}} = K_{\text{обр}} 100 \%$$

где $P_{\text{обр}}$ - прогнозируемая полевая всхожесть образца семян.

Исследования показали существенную корреляцию теоретических значений и данных, полученных в результате полевых опытов: прогнозируемые согласно приведенной методике значения полевой всхожести составили 75...85%, при проведении полевых опытов – 68,00...83,50 соответственно при различных повторностях.

Анализ проведенных исследований показывает, что при оценке степени травмирования образца семян в ходе машинной подготовки необходимо учитывать не только количественный показатель в виде арифметической суммы повреждений зерновок, но и качественный, зависящий от вида полученных травм, что возможно при определении коэффициента травмирования семян $K_{\text{обр}}$.

Наличие исследовательских данных о влиянии различных видов травм на посевные и урожайные свойства зерновок на соответствующих агробиологических фонах позволит прогнозировать урожайность каждой конкретной партии семян уже на этапе анализа степени ее поврежденности.

В ходе проведения исследований отмечено также, что определение степени травмирования зерновок на рентгенографическом комплексе предполагает необходимость визуального анализа рентгенограмм и механического подсчета количества повреждений зерновок, что замедляет получение результатов испытаний и затрудняет оперативность оценки травмирования зернового вороха для своевременной корректировки технических настроек и технологических режимов машин и агрегатов. Избежать этого недостатка и минимизировать по времени процесс подсчета повреждений семян возможно при создании программного обеспечения, позволяющего определять качественно и учитывать количественно травматические изменения в структурах зерновок при сканировании их рентгенографических образов.

Кроме этого, имея данные о влиянии различных видов травм на урожайность возможно создать программный комплекс, позволяющий не только

определять степень травмирования образца семян, но и прогнозировать его урожайные свойства.

Исследования показали, что, помимо возможности прогнозирования урожайных свойств, техническое и программное совершенствование рентгенографического комплекса для определения внутреннего травмирования зерновок позволит:

- оценить качество работы машин и рабочих органов, участвующих в процессе подготовки зерна и семян, что особенно актуально для селекционно-семеноводческой техники;

- определить сферу необходимого использования анализируемых партий зерна в качестве семенного, товарного или для разных видов переработки, а также дать рекомендации по оптимальным срокам хранения;

- при определении классности семенного зерна образец партии может сопровождаться рентгенограммой семян основной культуры с указанием степени их поврежденности и прогнозом урожайности по критерию травмирования.

Выводы:

1. Оценку качества работы машин и агрегатов по критерию травмирования в технологических схемах механической подготовки зерна необходимо проводить в комплексе, а именно, как по количественным показателям прироста повреждений зерновок, обусловленного проходом зернового вороха через рабочие органы, так и качественным, учитывающим влияние полученных зерновками повреждений на их полевую всхожесть.

2. Модернизация созданного ранее рентгенографического комплекса, а именно, разработка на основе теории анализа образов специализированного программного обеспечения для автоматического анализа, классификации и подсчета зерновок с соответствующими классификации травматическими изменениями структур позволит не только повысить оперативность оценки работы машин и агрегатов по критерию травмирования зерна и семян, но и

автоматизировать оценку влияния травмирования зерновок на их посевные свойства с возможностью прогнозирования урожая.

Литература

1. Пехальский И.А., Кожевникова М.В. Рентгенографический комплекс для определения и оценки степени механического повреждения семян при машинной обработке // Зерновые культуры. - 1992. - № 2-3. - С.27-28.
2. Пехальский И.А. Универсальная классификация травматических повреждений внутренних структур семян сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственные машины и технологии. - 2015. - № 6. - С. 9-13.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
4. Пехальский И.А. Травмирование внутренних структур зерновок как фактор снижения продуктивности семян зерновых культур / И.А.Пехальский, В.М.Кряжков, А.А.Артюшин, В.Ф.Сорочинский // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №03(117). С. 783 – 792. – IDA [article ID]: 1171603051. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/03/pdf/51.pdf>, 0,625 у.п.л.
5. Павлов С.А., Пехальский И.А., Дринча В.М. Состояние и задачи научно-технического обеспечения машинной подготовки семян / Сборник научн. трудов ВИМ «Механизация уборки, послеуборочной обработки и хранения урожая сельскохозяйственных культур». - М., 2000. - т. 132. - С.73-79.
6. Пехальский И.А., Московский М.Н. Снижение травмирования семян решетками / Сельский механизатор. - 2015. - № 9. - С. 22-23.

References

1. Pekhalskiy I.A., Kozhevnikova M.V. Rentgenograficheskiy kompleks dlya opredeleniya i otsenki stepeni mehanicheskogo povrezhdeniya semyan pri mashinnoy obrabotke // Zernovie kulturi. - 1992. - № 2-3. - S.27-28.
2. Pekhalskiy I.A. Universalnaya klassifikatsiya travmaticheskikh povrezhdeniy vnutrennih struktur semyan selskohozyaistvennih kultur // Selskohozyaistvennie mashini i teshnologii. – 2015. - № 6. – S. 9-13.
3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opita. – M.: Kolos, 1979. – 416 s.
4. Pekhalskiy I.A. Travmirovaniye vnutrennih struktur zernovok kak factor snizheniya produktivnosti semyan zernovih kultur / I.A.Pekhalskiy, V.M. Kryazhkov, A.A. Artushin, V.F. Sorochinskiy // Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №03(117). S. 783 – 792. – IDA [article ID]: 1171603051. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/03/pdf/51.pdf>, 0,625 у.п.л.
5. Pavlov S.A., Pekhalskiy I.A., Drincha V.M. Sostoyanie i zadachi nauchno-technicheskogo obespecheniya mashinnoy podgotovki semyan / Sbornik nauchnich trudov VIM «Mechanizatsia uborki, posleuborochnoy obrabotki i chraneniya urozhaya selskohozyaestvennich kultur». – M., 2000. – t.132. – S.73-79.
6. Pekhalskiy I.A., Moskovskiy M.N. Snizhenie travmirovaniya semyan reshetami / Selskiy mehanizator. – 2015. - № 9. – S. 22-23.