

DOI

УДК 621.51: 631.348

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАВМИРОВАНИЯ СЕМЯН В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИНАХ

Э.Г. Нуруллин, Р.А. Файзуллин

**Реферат.** В сельскохозяйственных машинах происходит травмирование семян, что наносит ущерб урожаю: создаются условия для развития вредных организмов при хранении, снижается полевая всхожесть. Это обуславливает необходимость совершенствования технологий и конструкций сельскохозяйственных машин, обеспечивающих снижение или исключение повреждения семян. Цель исследований – установление закономерностей изменения травмирования зерна в сельскохозяйственных машинах по этапам технологии. На основе специально разработанной сквозной методики в 2019–2021 гг. экспериментально исследовали травмирование семян пшеницы разных сортов и их репродуктивных анатомических частей – эндосперма, зародыша, хохолка. Введено новое понятие «степень травмированности» и предложена формула её расчёта, позволяющая количественно оценивать величину травмирования семян зерновых культур и их анатомических частей. Наибольшее травмирование происходит в зерноуборочных комбайнах, где его степень достигает 36,1...44,2 %. На каждом этапе независимо от применяемой технологии, комплекса машин и оборудования количество травмированных семян увеличивается следующим образом: при послеуборочной обработке с учётом отделения части травмированных зёрен, которые невозможно отслеживать – на 0,1...3,3 %; при снятии с хранения и окончательной подработке семенного материала перед протравливанием – на 5,0...10,4 %; в протравочной машине со шнековыми загрузочно-разгрузочными устройствами – на 7,3 %; в загрузчике семян шнекового типа – на 4,9 %; в посевных машинах индивидуального дозирования и гравитационной подачи семян в сошники – на 2,9...3,2 %, группового дозирования с пневмотранспортом высеваемого материала – на 4,4...4,7 %. В конечном итоге, при попадании в почву степень травмированности семян пшеницы составляет 57,0...61,4 %, из них с травмированием эндосперма – 51,7...58,4 %, зародыша – 1,9...2,2 %, хохолка – 1,1...1,8 %. Наименьшая травмированность отмечена при использовании мешков для загрузки посевных машин, вместо шнекового загрузчика.

**Ключевые слова:** травмирование семян, сельскохозяйственные машины.

**Введение.** При производстве зерна на разных этапах технологии в сельскохозяйственных машинах и оборудовании происходит его частичное повреждение. Существует два вида повреждения семян зерновых культур: дробление (видимые повреждения) и травмирование (невидимые микроповреждения анатомических частей).

Дробленые зёрна по размеру и массе отличаются от недробленных, поэтому легко отделяются при послеуборочной обработке. На дробление зерна в сельскохозяйственных машинах существуют агротехнические требования.

Травмированные зёрна не отличаются от не поврежденных и в процессе подготовки товарного зерна (продовольственного и семенного) их невозможно отделить, что наносит ущерб урожаю: создает условия для развития вредных организмов и болезней при хранении, снижает полевую всхожесть семенного материала [1, 2, 3]. В конечном итоге это приводит к снижению рентабельности растениеводческой отрасли и в целом сельскохозяйственного производства. На травмирование зерна агротехнические требования не установлены.

По проблеме травмирования зерна в сельскохозяйственных машинах на отдельных этапах технологии его производства за рубежом и в нашей стране проведено достаточно много исследований [4, 5, 6]. Однако на сегодняшний день отсутствуют результаты сквозных исследований, позволяющих оценить изменение величины травмирования зерна за весь

производственный цикл, начиная от зерноуборочного комбайна до посева [7]. Актуальность таких исследований определена необходимостью выявления перспективных направлений совершенствования технологий и конструкций сельскохозяйственных машин, обеспечивающих снижение или исключение повреждения семян зерновых культур.

Цель исследований – установление закономерностей изменения травмирования зерна в сельскохозяйственных машинах по этапам технологии производства.

Для ее достижения решали следующие основные задачи:

количественное определение величины травмирования семян в сельскохозяйственных машинах на всех этапах производства зерна и подготовки семенного материала при разных технологиях;

выявление изменения травмирования семян после каждого этапа и общих закономерностей её изменения в технологической цепи.

**Условия, материалы и методы.** На сегодняшний день производство зерна и подготовка семян предусматривают применение различных вариантов технологий, основанных на множестве сельскохозяйственных машин и оборудования отечественного и зарубежного производства [8, 9, 10]. Поэтому проведение исследований предусматривало три серии экспериментов в условиях разных сельскохозяйственных предприятий с семенами яровой пшеницы четырёх сортов, отличающихся по категории согласно ГОСТ Р 52325-2005

«Сортовые и посевные качества семян зерновых и зернобобовых растений».

Первая серия (2019 г.) была выполнена в специализированном семеноводческом хозяйстве ООО «Черемшан-Агро» Черемшанского района Республики Татарстан, расположенном на территории восточной и юго-восточной агропроизводственной зоны (подзона юго-восток), с семенами яровой пшеницы сорта Тулайковская 108 категории элита. Технология производства зерна и подготовки семян включала следующие этапы и машины:

обмолот (зерноуборочный комбайн ACROS-535);

послеуборочная обработка семян без сушки в технологической линии (нория НКЛ-12 + воздушно-решётная машина для первичной очистки МПО-30Р + нория НКЛ-6 + пневмосепаратор СМВО-30Б) с закладкой на зимнее хранение (выгрузка из накопительного бункера и перевозка на склад на автомобильном транспорте);

снятие со склада и окончательная подработка перед протравливанием (зернопогрузчик А-100 + нория НКЛ-12 + воздушно-решётная машина МПО-30Р + нория НКЛ-6 + пневмосепаратор СМВО-30Б + нория НКЛ-6 + триерный блок К-236А);

предпосевная обработка семян на протравочной машине ПС-20 с загрузкой в мешки биг-бэг с завязанным дном, перевозка их на поле и выгрузка в бункера посевных машин СЗ-3,6 и Томь-6,3;

посев сеялкой индивидуального дозирования и гравитационной подачи высеваемого материала в сошники СЗ-3,6;

посев посевным комплексом Томь-6,3 (сеялка централизованного дозирования с пневмотранспортом семян в сошники).

Вторую серию (2020 г.) экспериментов проводили в типичном сельскохозяйственном предприятии СХПК «Кызыл Юл» Балтасинского района Республики Татарстан, расположенном на территории Предкамской агропроизводственной зоны, с семенами яровой пшеницы сорта Архат первой репродукции.

Технология производства зерна и подготовки семян в этом хозяйстве включала следующие основные этапы и машины:

обмолот (зерноуборочный комбайн ДОН-1500Б);

послеуборочная обработка семян с сушкой на зерноочистительно-сушильном комплексе (нория НКЛ-12 + воздушно-решётная зерноочистительная машина МПО-50С + нория НКЛ-12 + зерносушильный агрегат М-819 + нория НКЛ-12 + воздушно-решётная машина ЗВС-20А + нория НКЛ-6 + пневмосепаратор СМВО-10Б) с закладкой на зимнее хранение (выгрузка из накопительного бункера и перевозка на склад на автомобильном транспорте);

снятие со склада и окончательная подработка с протравливанием перед посевом (зернопогрузчик ПЭС-100 + нория НКЛ-12 + воздушно-решётная машина МПО-50С + но-

рия НКЛ-6 + воздушно-решётная машина ЗВС-20А + нория НКЛ-6 + пневмосепаратор ПСМ-10 + нория НКЛ-6 + триерный блок БТ-800 + нория НКЛ-6 + протравливатель семян ПС-10 без загрузочно-разгрузочных устройств);

выгрузка из накопительного бункера в загрузчик семян ЗСНБ-25 шнекового типа на базе автомобиля КамАЗ, перевозка на поле и загрузка в бункер сеялки СЗП-3,6;

посев сеялкой индивидуального дозирования и гравитационной подачи высеваемого материала в сошники СЗП-3,6;

выгрузка из накопительного бункера в мешки биг-бэг с завязанным дном, перевозка на поле и загрузка посевного комплекса группового дозирования с пневмотранспортом семян в сошники AMAZON Primera DMC-9000, посев.

Третья серия экспериментов (2021 г.) была выполнена в семеноводческом хозяйстве ООО «Агрокомплекс Ак барс» Арского района Республики Татарстан, расположенном на территории Предкамской агропроизводственной зоны с семенами яровой пшеницы сортов Йолдыз и Ульяновская 105 категории элиты.

Исследования включали следующие этапы и машины:

обмолот пшеницы сорта Йолдыз (зерноуборочный комбайн СХ 6090 NEW HOLLAND);

послеуборочная обработка на зерноочистительном агрегате (нория НПЗ-12 + зерноочистительная машина ЗВС-20 + нория НПЗ-6 + семяочистительная машина СМВО-10Б + нория НПЗ-6 + триерный блок ПТ-600);

обмолот сорта Ульяновская 105 (на зерноуборочном комбайне СХ 6090 NEW HOLLAND);

послеуборочная обработка (нория НПЗ-12 + зерноочистительная машина К-527 + нория НПЗ-6 + зерноочистительная машина К-547 + нория НПЗ-6 + триерный блок К-236).

Выбор пшеницы в качестве объекта исследования, обусловлен следующими основными факторами:

высокая ценность и востребованность в качестве сырья для продуктов питания и корма для животных;

сравнительно высокая стоимость и огромный рынок сбыта;

большие площади посева и объёмы производства;

незащищённость зерна плёнкой (голозёрность), что повышает вероятность получения микротравм анатомических частей от механических воздействий.

Для количественной оценки травмирования семян и его анатомических частей введено понятие «степень травмированности» и предложена формула для её расчёта:

$$C_T = \frac{K_T}{K_0} 100 \quad (1)$$

где  $C_T$  – показатель степени травмированности, %;  $K_T$  – количество семян с микротрав-

Таблица 1 – Результаты первой серии экспериментов по определению травмирования семян яровой пшеницы (2019 г., ООО «Черемшан-Агро», сорт Тулайковская 108)

| Этап | Всего не-травмированных семян, шт. (%) | Семена с травмированием, шт. (%) |          |          | Всего травмированных семян, шт. (%) | Относительная ошибка выборочной средней, % |
|------|--|----------------------------------|----------|----------|-------------------------------------|--|
|      |  | эндосперма                       | зародыша | хохолка  |                                     |  |
| 1    | 2237 (63,9)                            | 1195 (34,2)                      | 35 (1,0) | 33 (0,9) | 1263 (36,1)                         | 12,0                                       |
| 2    | 957 (63,8)                             | 514 (34,3)                       | 17 (1,1) | 12 (0,8) | 543 (36,2)                          |  |
| 3    | 822 (54,8)                             | 641 (42,7)                       | 22 (1,5) | 15 (1,0) | 678 (45,2)                          |  |
| 4    | 712 (47,6)                             | 743 (49,5)                       | 28 (1,9) | 17 (1,1) | 788 (52,5)                          |  |
| 5    | 664 (44,3)                             | 776 (51,7)                       | 33 (2,2) | 27 (1,8) | 836 (55,7)                          |  |
| 6    | 645 (43,0)                             | 803 (53,5)                       | 30 (2,0) | 22 (1,5) | 855 (57,0)                          |  |

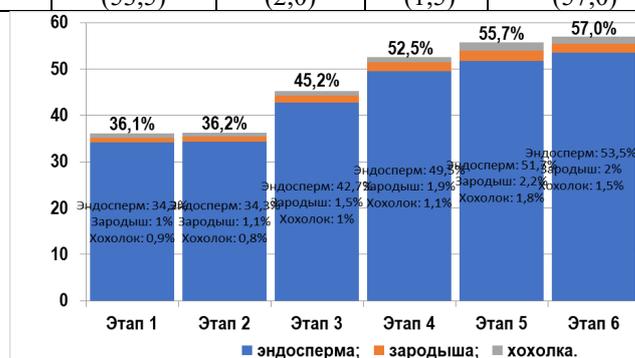


Рис. 1 – Изменение степени травмированности зерна яровой пшеницы сорта Тулайковская 108 в зависимости от прохождения этапов технологии производства семян в первой серии экспериментов.

мами эндосперма, зародыша, хохолка, шт.;  $K_0$  – общее количество семян, шт.

Исследования проводили с выборочными совокупностями, отобранными для экспериментов после сельскохозяйственных машин, применяемых в технологии производства зерна и подготовки семян. Отдельно определяли и оценивали степень травмированности эндосперма, зародыша и хохолка, от которых зависит репродуктивность семян.

Изменение травмирования определяли по специально разработанной сквозной методике, предусматривающей проведение последовательного необезличенного исследования одной партии зерна на всех этапах технологии производства. Она включает следующие основные этапы:

отбор первой пробы после зерноуборочно-го комбайна и определение степени травмированности;

отбор второй пробы из той же партии семян в технологической линии для послуборочной обработки зерна и определение степени травмированности анатомических частей зерна пшеницы в машинах для очистки и сортирования;

отбор третьей пробы семян после протравливания и определение степени травмированности семян в протравочных машинах;

отбор четвертой пробы после устройства для загрузки семян в бункер посевной машины и определение травмированности семян в загрузчике сеялок (при его использовании в технологии);

отбор пятой пробы семян после сошника посевной машины и определение травмированности семян её рабочими органами;

общая оценка степени травмированности по всем этапам технологического процесса и установление закономерности её изменения.

Порядок отбора проб, объём выборки, количество опытов и семян для их проведения, методики измерения травмирования выбирали индивидуально для каждого этапа (сельскохозяйственной машины).

Травмы анатомических частей семян определяли методом окрашивания с последующим рассмотрением под увеличительным стеклом (лупой) или микроскопом с кратностью увеличения не менее десяти. Степень травмированности зёрен в выборке оценивали, как среднеарифметическое от степени травмированности в исследуемом образце. Для оценки репрезентативности исследований проводили статистическую обработку данных с определением относительной ошибки выборочной средней.

Результаты и обсуждение. В первой серии экспериментов (табл. 1, рис. 1) при обмолоте

Таблица 2 – Результаты второй серии экспериментов по определению травмирования семян яровой пшеницы (2020 г., СХПК «Кызыл Юл», сорт Архат)

| Этап | Всего нетравмированных семян, шт. (%) | Семена с травмированием, шт. (%) |          |          | Всего травмированных семян, шт. (%) | Относительная ошибка выборочной средней, % |
|------|---------------------------------------|----------------------------------|----------|----------|-------------------------------------|--|
|      |                                       | эндосперма                       | зародыша | хохолка  |                                     |  |
| 1    | 837 (55,8)                            | 633 (42,2)                       | 19 (1,3) | 11 (0,7) | 663 (44,2)                          | 6,0  |
| 2    | 852 (56,8)                            | 623 (41,5)                       | 17 (1,2) | 8 (0,5)  | 648 (43,2)                          |  |
| 3    | 696 (46,4)                            | 763 (50,9)                       | 25 (1,7) | 16 (1,1) | 804 (53,6)                          |  |
| 4    | 623 (41,5)                            | 831 (55,4)                       | 27 (1,8) | 19 (1,3) | 877 (58,5)                          |  |
| 5    | 579 (38,6)                            | 876 (58,4)                       | 28 (1,9) | 17 (1,1) | 921 (61,4)                          |  |
| 6    | 626 (41,7)                            | 821 (54,7)                       | 32 (2,1) | 21 (1,4) | 874 (58,3)                          |  |

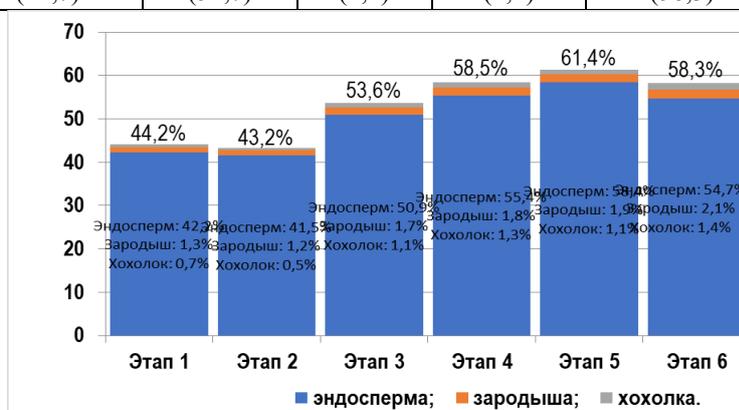


Рис. 2 – Изменение степени травмированности зерна яровой пшеницы сорта Архат в зависимости от прохождения этапов технологии производства семян во второй серии экспериментов.

на зерноуборочном комбайне степень травмированности в выборке составила 36,1 %. После второго этапа произошло незначительное увеличение степени травмированности на 0,1 %, после третьего – на 9,0 %. Такая большая разница в изменении количества травмированных семян при очистке до и после хранения, по нашей гипотезе, объясняется: во-первых, наибольшим травмированием недоразвитых зёрен при обмолоте и послеуборочной обработке (этапы 1, 2), которые выделились из семенного материала в зерноочистительных машинах; во-вторых, в технологической линии дополнительно использовали погрузчик, норию и триерный блок, конструкции которых содержат механические вращающиеся рабочие органы (скребки, шнеки), оказывающие жёсткое воздействие на зерно.

После протравочной машины ПС-20 (этап 4) степень травмированности составила 52,5 %, то есть увеличилось на 7,3 %. Такой значительный рост объясняется тем, что конструкция протравливателя содержит загрузочное и разгрузочное устройства шнекового типа, которые сильно повреждают зерно. Кроме того, травмирование происходит в камере протравливания при ударном взаимодействии семян с

её стенками после срыва с поверхности разбрасывающего диска.

На сеялке с индивидуальным высевом и гравитационной подачей высеваемого материала в сошники (этап 5) степень травмированности увеличилась на 3,2 % и составила 55,7 %; на посевном комплексе с централизованным дозированием и пневмотранспортом высеваемого материала в сошники (этап 6) – соответственно 4,5 % и 57,0 %, то есть больше. Это объясняется тем, что при пневмотранспорте происходят ударные взаимодействия семян со стенками пневмоканала, крышкой коллектора-распределителя и распределителем сошника.

В первой серии экспериментов (см. табл. 1) относительная ошибка выборочной средней была сравнительно невелика (12,0 %) и с достаточной точностью для такого рода исследований может быть принята для генеральной совокупности.

Результаты второй серии экспериментов (табл. 2, рис. 2) свидетельствуют, что при обмолоте на зерноуборочном комбайне (этап 1) степень травмированности составляет 44,2 %, что на 8,1 % больше, чем в первой серии. Такая большая разница объясняется следующим:

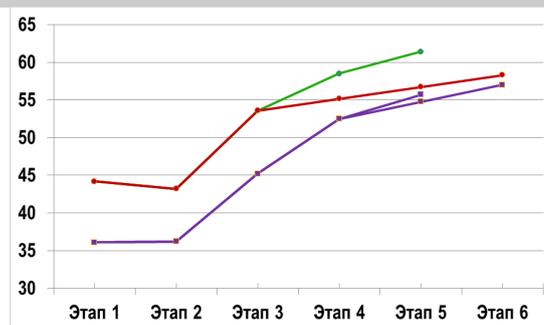


Рис. 3 – Закономерности изменения степени травмированности семян пшеницы по этапам при разных технологиях производства: 1 – первая серия экспериментов; 2 – вторая серия экспериментов

во-первых, в первой серии эксперимент проводили с новым зерноуборочным комбайном последнего поколения, работающим второй сезон, а во второй – с комбайном более старшего поколения того же типа, но работающим третий сезон после капитального ремонта; во-вторых, по нашей гипотезе, прочностные свойства зёрен отличаются в зависимости от сорта и категории.

После второго этапа степень травмированности составил 43,2, то есть произошло уменьшение на 1,0 %, что, вероятно, обусловлено отделением при послеуборочной обработке недоразвитых зёрен, получивших наибольшее травмирование при обмолоте. После третьего этапа степень травмированности увеличилась на 10,4 % и достигла 53,6 %. Такая динамика объясняется тем, что при подработке после хранения с одновременным протравливанием в технологической линии дополнительно использовали погрузчик, две норрии, триерный блок, которые оказывают травмирующее воздействие на семена.

Загрузчик семян шнекового типа (этап 4) повысил степень травмированности до 58,5 %, или на 4,9 %, что подтверждает сильное травмирующее воздействие шнеков на семена.

После сеялки СЗП-3,6 с индивидуальным высевом и гравитационной подачей высеваемого материала в сошники (этап 5) степень травмированности составила 61,4 %. Увеличение на 2,9 % с высокой точностью коррелирует с результатами опытов первой серии, полученными на сеялке СЗ-3,6, имеющей аналогичную конструкцию высевающего аппарата.

При использовании посевного комплекса группового дозирования с пневмотранспортом семян AMAZONE Primera DMC-9000, загруженных из мешков (этап 6), степень травмированности увеличилась на 4,7 %, что также с высокой точностью согласуется с результатами (4,5 %) шестого этапа первой серии.

Относительная ошибка выборочной средней (6,0 %) второй серии экспериментов невелика и полученные результаты с высокой точностью могут быть соотнесены с генеральной совокупностью.

Сравнительный анализ данных первой и второй серий экспериментов показывает одинаковую закономерность изменения степени травмированности семян разных сортов и ка-

тегорий пшеницы по этапам при разных технологиях производства (рис. 3).

Как видно на графиках, основное количество семян повреждается в зерноуборочных комбайнах. Загрузка посевных машин мешками снижает степень травмированности (переходы с этапа 4 на этапы 5 и 6 в первой серии и с этапа 3 на этап 6 во второй серии экспериментов). В посевных машинах с пневмотранспортом травмируются больше семян, чем на сеялках с индивидуальным дозированием (соответственно этапы 6 и 5 первой серии опытов). Однако при исключении из технологической цепи шнекового загрузчика степень травмированности на посевных машинах с пневмотранспортом семян меньше (переход с этапа 3 на этап 6), чем на сеялке с индивидуальным дозированием (этапы 3, 4, 5).

Результаты третьей серии экспериментов (табл. 3, рис.3) подтверждают закономерности, полученные в предыдущих сериях: основная доля травмированных семян обоих сортов, приходится на зерноуборочный комбайн.

Относительная ошибка выборочной средней (0,87 %) в третьей серии экспериментов (см. табл. 3) подтверждает, что полученные результаты с высокой точностью могут быть соотнесены с генеральной совокупностью.

Степень травмированности на отечественной и немецкой технологических линиях послеуборочной обработки незначительно различается (1,2 %) в пользу линии Петкус.

Следует подчеркнуть, что на всех этапах всех трёх серий экспериментов степень травмированности эндоспермы в кратном размере превышает степень травмированности зародыша и хохолка.

**Выводы.** Введено новое понятие «степень травмированности» и предложена формула для её расчёта, позволяющая количественно оценивать величину травмирования семян зерновых культур и их анатомических частей.

Наибольшее травмирование происходит в зерноуборочных комбайнах – 36,1...44,2 %. На каждом этапе, независимо от применяемой технологии, комплекса машин и оборудования, количество травмированных семян увеличивается: при послеуборочной обработке, с учётом отделения части травмированных зёрен, которые невозможно отслеживать – на

Таблица 3 – Результаты третьей серии экспериментов по определению травмирования семян яровой пшеницы (2021 г., ООО «Агрокомплекс Ак барс», сорта Йолдыз и Ульяновская 105)

| Этап | Всего нетравмированных семян, шт. (%) | Семена с травмированием, шт. (%). |             |             | Всего Травмированных семян, шт. (%) | Относительная ошибка выборочной средней, % |
|------|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------------------------------|--|
|      |                                       | эндосперма                        | зародыша    | хохолка     |                                     |  |
| 1    | 579<br>(57,9)                         | 398<br>(39,8)                     | 13<br>(1,3) | 10<br>(1,0) | 421<br>(42,1)                       | 0,87                                       |
| 2    | 546<br>(54,6)                         | 422<br>(42,2)                     | 18<br>(1,8) | 14<br>(1,4) | 454<br>(45,4)                       |  |
| 3    | 588<br>(58,8)                         | 392<br>(39,2)                     | 11<br>(1,1) | 9<br>(0,9)  | 412<br>(41,2)                       |  |
| 4    | 558<br>(55,8)                         | 416<br>(41,6)                     | 14<br>(1,4) | 12<br>(1,2) | 442<br>(44,2)                       |  |

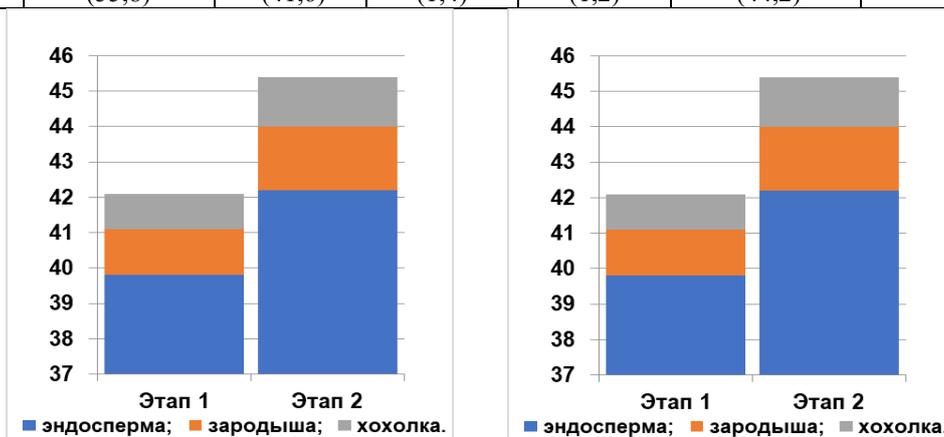


Рис. 4 – Изменение степени травмированности зерна яровой пшеницы в зависимости от прохождения этапов технологии производства семян в третьей серии экспериментов: А – сорт Йолдыз; Б – сорт Ульяновская 105

0,1...3,3 %; при снятии с хранения и окончательной подработке семенного материала перед протравливанием – на 5,0...10,4 %; в протравочной машине со шнековыми загрузочно-разгрузочными устройствами – на 7,3 %; в загрузчике семян шнекового типа – на 4,9 %; в посевных машинах индивидуального дозирования и гравитационной подачи семян в сошники – на 2,9...3,2 %, а группового дозирования с пневмотранспор-

том высеваемого материала – на 4,4...4,7 %. В конечном итоге, при попадании в почву степень травмированности семян пшеницы составляет 57,0...61,4 %, из них с травмированием эндосперма – 51,7...58,4 %, зародыша – 1,9...2,2 %, хохолка – 1,1...1,8 %. Наименьшие значения отмечены при применении мешков для загрузки посевных машин, вместо шнекового загрузчика сеялок.

#### Литература

1. Троценко В. В., Забудский А. И. Лабораторная всхожесть микроповрежденных семян ячменя // Вестник КрасГАУ. 2018. № 5 (140). С. 70–76.
2. Травмирование семян озимой мягкой пшеницы как показатель снижения ее посевных качеств / Е. В. ИONOVA, Ю. Г. Скворцова, Г. А. Филенко и др. // Зерновое хозяйство России. 2019. № 6 (66). С. 68–71. doi: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-68-71.
3. Орбинский В. И., Ворохобин А. В., Корнев А. С. Влияние фракционного состава зернового вороха на уровень травмирования и посевные качества семян // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14. № 3 (70). С. 12–17. doi: 10.53914/issn2071-2243\_2021\_3\_12.
4. Забродин В. П., Суханова М. В. Анализ процессов взаимодействия семян с рабочими органами машин предпосевной обработки циклического действия // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019. Т. 13. № 5. С. 63–68. doi: 10.22314/2073-7599-2019-13-5-63-68.
5. Thielmann M., Schmalholz S.M. Contributions of Grain Damage, Thermal Weakening, and Necking to Slab Detachment // Frontiers in Earth Science. 2020. № 8. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2020.00254/full> (дата обращения 19.07.2022). doi: 10.3389/feart.2020.00254.
6. Pisarkova I. Wheat Grain Damage by Grain Cleaning Machines and the Ways of its Reducing // Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences. 2019. URL: [http://mapiea.kntu.kr.ua/eng/archive/32/32\\_Pisarkova.html](http://mapiea.kntu.kr.ua/eng/archive/32/32_Pisarkova.html) (дата обращения 19.07.2022). doi: 10.32515/2664-262x.2019.1(32).11-16.
7. Arthur F.H., Morrison W.R. Methodology for Assessing Progeny Production and Grain Damage on Commodities Treated with Insecticides // Agronomy. 2020. №10 (6). P. 804. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/6/804> (дата обращения 19.07.2022). doi: 10.3390/agronomy10060804.

8. Нуруллин Э. Г. Основные направления совершенствования машин для предпосевной обработки семян // Техника и оборудование для села. 2018. № 3. С. 13–15.

9. Numerical simulation of two-phase «Air-Seed» flow in the distribution system of the grain seeder / S. G. Mudarisov, I. D. Badretdinov, Z. S. Rakhimov, et al. // Computers and Electronics in Agriculture. 2020. Vol. 168. P. 105151. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016816991931703X> (дата обращения 19.07.2022). doi: 10.1016/j.compag.2019.105151.

10. Нуруллин Э. Травмирование зерна в комбайнах // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (58). С. 104–112. doi: 10.31563/1684-7628-2021-58-2-104-112.

**Сведения об авторах:**

Нуруллин Эльмас Габбасович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе института механизации и технического сервиса; e-mail: nureg@mail.ru.

Файзуллин Ренат Айратович – аспирант кафедры машин и оборудования в агробизнесе института механизации и технического сервиса; e-mail: fayzullinrenat@mail.ru.

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия.

**EXPERIMENTAL RESEARCH OF SEED INJURY IN AGRICULTURAL MACHINES**

**E.G. Nurullin, R.A. Fayzullin**

**Abstract.** In agricultural machines, seeds are injured, which damages the crop: conditions are created for the development of harmful organisms during storage, field germination decreases. The relevance of the study of seed injury is caused by the need to improve technologies and designs of agricultural machines that reduce or eliminate seed damage. Currently, there are no studies to assess the change in the amount of grain injury over the entire production cycle. The purpose of this work is to establish the regularity of changes in grain injury in agricultural machines by stages of technology. On the basis of a specially developed end-to-end technique, the injury of wheat seeds of different varieties, differing in categories according to GOST R 52325-2005 “Varietal and sowing qualities of seeds of grain and leguminous plants” and their reproductive anatomical parts - endosperm, embryo, tuft, was experimentally investigated. A new concept of “degree of injury” is introduced and a formula for its calculation is proposed, which allows quantifying the amount of injury to grain seeds and their anatomical parts. It was revealed that the greatest injury occurs in combine harvesters, where the degree of injury is 36.1 ...44.2%. It is established that at each stage, regardless of the technology used, the complex of machines and equipment, the number of injured seeds increases: during post-harvest processing, taking into account the separation of part of the injured grains, which cannot be tracked by 0.1 ...3.3%; when removing from storage and final processing of seed material before etching by 5.0... 10.4%; in an etching machine with screw loading and unloading devices by 7.3 %; in a screw-type seed loader by 4.9%; in seeding machines of individual dosing and gravity feeding of seeds into coulters by 2.9...3.2%, and group dosing with pneumatic transport of the sown material by 4.4...4.7%. In the end, when entering the soil, the degree of injury to wheat seeds is in the range of 57.0 ... 61.4%. Of these, with injury to the endosperm – 51.7...58.4%, germ – 1.9...2.2%, tuft – 1.1...1.8%. The lowest values were obtained when using bags for loading sowing machines, instead of a screw loader of seeders.

**Key words:** seed injury, agricultural machinery.

**References**

1. Trotsenko VV, Zabudskiy AI. [Laboratory germination of microdamaged barley seeds]. Vestnik KrasGAU. 2018; 5 (140). 70-76 p.

2. Ionova EV, Skvortsova YuG, Filenko GA. [Injury to seeds of winter soft wheat as an indicator of a decrease in its sowing qualities]. Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2019; 6 (66). 68-71. doi: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-68-71.

3. Orobinskiy VI, Vorokhobin AV, Kornev AS. [Influence of the fractional composition of the grain heap on the level of injury and sowing qualities of seeds]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; Vol.14. 3 (70). 12-17 p. doi: 10.53914/issn2071-2243\_2021\_3\_12.

4. Zabrodin VP, Sukhanova MV. [Analysis of the processes of interaction of seeds with the working units of machines for pre-sowing treatment of cyclic action]. Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii. 2019; Vol.13. 5. 63-68 p. doi: 10.22314/2073-7599-2019-13-5-63-68.

5. Thielmann M, Schmalholz SM. Contributions of grain damage, thermal weakening, and necking to slab detachment. [Internet]. Frontiers in Earth Science. 2020; 8. [cited 2022, July 19]. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2020.00254/full>. doi: 10.3389/feart.2020.00254.

6. Pisarkova I. Wheat grain damage by grain cleaning machines and the ways of its reducing. [Internet]. Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences. 2019; [cited 2022, July 19]. Available from: [http://mapiea.kntu.kr.ua/eng/archive/32/32\\_Pisarkova.html](http://mapiea.kntu.kr.ua/eng/archive/32/32_Pisarkova.html). doi: 10.32515/2664-262x.2019.1(32).11-16.

7. Arthur FH, Morrison WR. Methodology for assessing progeny production and grain damage on commodities treated with insecticides. [Internet]. Agronomy. 2020; 10(6). 804 p. [cited 2022, July 19]. Available from: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/6/804>. doi: 10.3390/agronomy10060804.

8. Nurullin EG. [The main directions of improvement of machines for pre-sowing seed treatment]. Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2018; 3. 13-15 p.

9. Mudarisov SG, Badretdinov ID, Rakhimov ZS. Numerical simulation of two-phase “Air-Seed” flow in the distribution system of the grain seeder. [Internet]. Computers and Electronics in Agriculture. 2020; Vol.168. 105151 p. [cited 2022, July 19]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016816991931703X>. doi: 10.1016/j.compag.2019.105151.

10. Nurullin E. [Grain injury in combines]. Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; 2 (58). 104-112 p. doi: 10.31563/1684-7628-2021-58-2-104-112.

**Authors:**

Nurullin Elmas Gabbasovich – Doctor of Technical science, Professor of Machinery and equipment in agribusiness Department of Mechanization and Technical Service Institute; e-mail: nureg@mail.ru

Fayzullin Renat Ayratovich – post-graduate student of Machinery and equipment in agribusiness Department of Mechanization and Technical Service Institute; e-mail: fayzullinrenat@mail.ru  
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.