

УДК 631.53.02 : 631.53.011.2

# УНИВЕРСАЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ТРАВМАТИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ВНУТРЕННИХ СТРУКТУР СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР



**ПЕХАЛЬСКИЙ И.А.,**  
канд. техн. наук

Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация, e-mail: 5895225@bk.ru

Качество посевного материала в значительной мере зависит как от биологического состояния семян, так и от технологий и технических средств, применяемых при машинной подготовке. При этом существенное значение имеют различного рода повреждения зерновок, возникающие при механическом и термо-механическом воздействии со стороны рабочих органов машин и агрегатов. Помимо нарушений целостности покровов зерновок имеют место травматические изменения их внутренних структур, которые зачастую скрыты оболочками и не определяются при визуальном осмотре. Исследовали состояние внутренних структур зерновок рентгенографическим методом, определили возможные виды их травматических изменений и оценили влияние выделенных видов травм на посевные качества семян. Выявили, что семена с вмятинами в эндосперме снижали полевую всхожесть, по сравнению с неповрежденными, на 2,25-3,75 процента. Определили, что снижение полевой всхожести семян, имеющих до четырех внутренних трещин, составило 30,25-37,00 процента; для семян с количеством трещин четыре и более – соответственно, 38,00-48,75 процента. Отметили, что семена ячменя в первом случае снизили всхожесть на 37 процентов; во втором – на 48,75 процента (для сравнения, у овса и пшеницы – 39 и 38 процентов соответственно). Установили, что уменьшение полевой всхожести на 1 процент приводит к снижению урожайности яровых зерновых культур на 1,5-2,0 процента, а озимых – на 1,0-1,5 процента. Предложили универсальную классификацию травматических повреждений внутренних структур семян сельскохозяйственных культур.

**Ключевые слова:** семена, классификация внутренних повреждений семян, посевные свойства, полевая всхожесть.

Современное аграрное производство предъявляет повышенные требования к качеству технико-технологического обеспечения процессов возделывания сельскохозяйственных культур и непосредственно биологического материала [1, 2]. Вместе с тем, существующие промышленное зернопроизводство и семеноводство предполагают многочисленные механические и термомеханические воздействия на зерновой и семенной ворох на этапах посева, уборки, послеуборочной обра-

ботки и хранения промышленных партий зерна и семян, что травмирует наружные покровы и внутренние ткани зерновок [3, 4]. Повреждения семян снижают их полевую всхожесть и продуктивность полученных из них растений. Это обусловлено как непосредственным угнетением ростового потенциала в результате травмирования ростообразующих органов зерновок, так и облегченным доступом почвенных микроорганизмов к тканям зерновок (через поврежденные наружные покровы). Про-

дукты их жизнедеятельности оказывают токсическое действие и снижают сопротивляемость проростков болезням и неблагоприятным агрометеорологическим условиям. Повреждения товарного и фуражного зерна негативно сказываются на его технологических свойствах и сохранности пищевых качеств при хранении.

Практика показала, что повреждения зерновок могут быть различными в зависимости от вида и величины нагрузок, физико-механических свойств семян при этом различные травмы дифференцированно влияют на качество семян.

**Цель исследования** – разработка универсальной классификации внутренних повреждений семян, учитывающей их физико-химические и анатомо-морфологические свойства, виды механических и термомеханических воздействий в процессе машинной обработки, а также влияние травм на ростовой потенциал зерновок.

**Материалы и методы.** Для выявления внутренних повреждений в зерновках после механической подготовки проводили их рентгено съемку на исследовательском комплексе, созданном на основе рентгенографического аппарата «Электроника-25». Полученные рентгенограммы сравнивали со стандартными изображениями семян исследуемой культуры. Объектом изучения служили семена зерновых культур (овес, ячмень, пшеница), отобранные на различных этапах машинной послеуборочной обработки [10].

Для оценки влияния внутренней травмированности семян на их посевные качества по методике мелкоделяночного полевого опыта определяли полевую всхожесть зерновок с выделенными типами повреждений.

**Результаты и обсуждение.** При анализе рентгенографических снимков зерновок оценивали следующие параметры: наличие зародыша, форму эндосперма и зародыша, число трещин в эндосперме. Исследование полученных изображений позволило выявить несколько видов типичных внутренних повреждений (рис. 1).

Вмятины на рентгенограммах расцениваются как отклонения от правильной эллипсоидальной формы зерновки, а также как области пониженной плотности, выраженные на негативном изображении более темным цветом. Они образуются вследствие неупругих деформаций, возникающих при механическом воздействии на семена повышенной влажности, то есть в моменты, когда их пластические свойства выражены в большей степени, чем упругие. Причиной возникновения вмятин становится, как правило, пластическое деформирование тканей зерновки в месте контакта с рабочими органами. Степень деформирования зависит от фи-

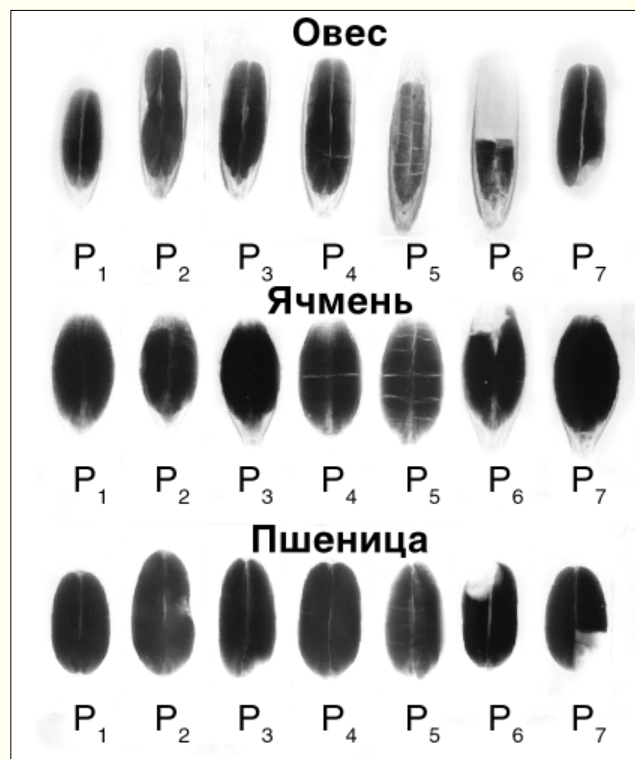


Рис. 1. Классификация внутренних повреждений семян: P<sub>1</sub> – семена целые (контроль); P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> – семена с вмятинами в области эндосперма и зародыша; P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub> – семена, имеющие четыре и более внутренних трещин; P<sub>6</sub> – семена со сколами (выбоинами) в эндосперме; P<sub>7</sub> – семена с поврежденным зародышем

зико-механических свойств, геометрических характеристик и силы воздействия контактирующего рабочего органа. Патологические изменения формы эндосперма (вмятины) объединены в один класс повреждений, так как, очевидно, они обуславливают снижение показателя интенсивности начального роста проростков примерно на одинаковую величину.

Вмятины в области зародыша выявляют аналогично вмятинам в эндосперме. На их возникновение, помимо причин, описанных выше, влияют физико-механические и анатомо-морфологические особенности зародыша. Он имеет большую влажность, чем эндосперм зерновки, и, следовательно, более пластичен, благодаря чему его ткани сильнее подвержены смятию при механических нагрузках. Кроме того, зародыш как правило выступает над поверхностью зерновки, что также обуславливает его повреждаемость. Поскольку скорость прорастания и сила получаемых проростков непосредственно зависят от биологического состояния зародыша, смятие его тканей вызывает более резкое падение ростового потенциала и продуктивных свойств семени, что позволяет выделить эти повреждения в отдельный тип.

Трещины в эндосперме выглядят на рентгенограммах как темные полосы различной ширины на фоне светлого эндосперма. Причины возникновения внутренних трещин следующие: механические воздействия на семена с усилиями, превышающими пределы прочности зерновок; жесткие тепловые режимы сушки; термомеханические воздействия на семена с вмятинами в области эндосперма. Вмятины приводят к уплотнению поверхности зерновки, что вызывает неравномерный вынос влаги из внутренних слоев и, следовательно, возникновение дополнительных касательных напряжений, обуславливающих появление трещин. Наличие внутренних трещин препятствует доступу питательных веществ эндосперма к зародышу в период прорастания семени, что отрицательно сказывается на его продуктивных свойствах [8, 9, 11]. В соответствии с этим трещиноватые семена были разделены на две группы: с количеством внутренних трещин до четырех и более четырех.

Сколы (выбоины) в эндосперме – тип повреждений, связанный с отчленением части зерновки. Объяснить возникновение подобных травм можно следующим образом. По мере потери влаги семена частично утрачивают свои пластические свойства, и под воздействием механических нагрузок, по своим значениям превосходящих пределы прочности тканей зерновки на разрыв, происходит скалывание ее частей.

Повреждения зародыша обычно заключаются в его полном отчленении или потере большей части. Это связано с тем, что зародыш отделяется от эндосперма посредством однослойной столбчатой паренхимы, которая в данном случае служит плоскостью разрыва.

Для оценки влияния различных видов внутренней поврежденности на посевные качества отбирали зерновки без внешних повреждений, но с внутренними травмами согласно разработанной классификации.

Результаты проведенных исследований представлены на *рисунке 2*.

Установлено, что семена с вмятинами в эндосперме снижали полевую всхожесть, по сравнению с неповрежденными, на 2,25-3,75%. Патологичность вмятин обусловлена тем, что вызванные ими уплотнения наружных слоев зерновки при попадании последней в почву приводят к нарушениям поступления влаги к внутренним структурам, вызывающим неравномерное набухание семени, что негативно влияет на начало и весь процесс прорастания. Вмятины также обуславливают некротические поражения тканей, что влияет на интенсивность дыхания зерновки и, следовательно, вызывает локальные изменения температуры поврежденных и не-

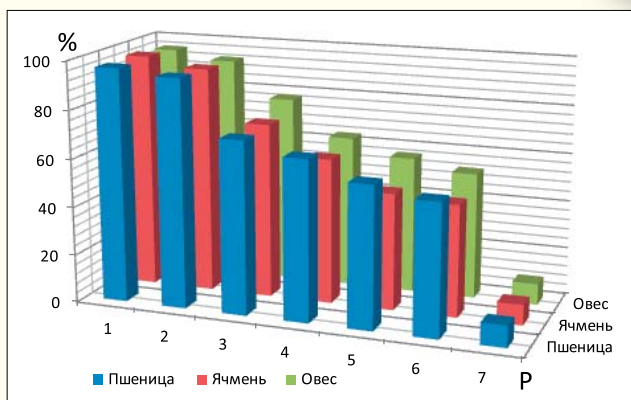


Рис. 2. Влияние внутренних повреждений семян на их полевую всхожесть (тех же, что и на рис. 1)

поврежденных участков в процессе хранения семян. Все это в совокупности приводит к патологическим изменениям семенных качеств зерна.

Гораздо сильнее выражено негативное влияние вмятин в зародыше, приводящих к травматическим изменениям частей будущего растения. Снижение полевой всхожести семян с вмятинами в зародыше в проведенных опытах составило 18-25%.

Снижение полевой всхожести семян, имеющих до четырех внутренних трещин, составило 30,25-37,00%; для семян с количеством трещин четыре и более – 38,00-48,75%. Причем семена ячменя в первом случае снизили всхожесть на 37,00%; во втором – на 48,75% (для сравнения, у овса и пшеницы – 39,00 и 38,00% соответственно).

Подобная разница обусловлена характером трещин. У семян овса и пшеницы они, как правило, мелкие, их ширина относительно невелика. При набухании зерновок в период прорастания такие трещины могут затягиваться и не препятствуют транспортированию питательных веществ из эндосперма к зародышу. У семян ячменя внутренние трещины выражены отчетливее, имеют в 2-3 раза большую ширину. Кроме того, значительная доля семян (>40%), отнесенных к группе с количеством трещин более четырех, имеет их по 7-9 шт., что в целом и обуславливает более выраженное негативное влияние на полевую всхожесть таких семян ячменя в сравнении с овсом и пшеницей.

Выбоины и сколы в эндосперме зерновок снижали их полевую всхожесть на 42,25-50,75%. В эндосперме сосредоточен основной запас питательных веществ семени. Он также выполняет некоторые функции регулирования прорастания. Поэтому потеря его части снижает способность семян к прорастанию, ослабляет проросток и снижает продуктивность растения.

Повреждение зародыша, представляющего собой целое зачаточное растение со всеми его органами, приводило к почти полной потере семенных

качеств зерновки. Снижение полевой всхожести в этом случае составляло 87,00-88,75%.

Исследованиями установлено, что уменьшение полевой всхожести на 1% снижает урожайность яровых зерновых культур на 1,5-2,0%, а озимых – на 1,0-1,5% [5-7]. В связи с этим можно считать, что травмирование семян оказывает существенное негативное влияние на их урожайные свойства.

**Выводы.** Таким образом, предложен комплексный метод классифицирования повреждений внутренних структур зерновок, возникающих в процессе механической подготовки, при котором учитываются их физико-химические и анатомо-морфологические свойства, виды механических и тер-

момеханических воздействий в процессе машинной обработки, а также влияние травм зерновок на их ростовой потенциал.

Данная универсальная классификация типов травм охватывает весь спектр возможных травматических изменений внутренних структур зерновок, возникающих на различных этапах машинного производства зерна и семеноводства.

Травмы выделенных типов существенно и дифференцированно влияют на посевные и урожайные качества семян и должны учитываться при выборе технологических схем подготовки, подборе рабочих органов и настройке режимов работы агрегатов при машинном производстве зерна и семян.

## Литература

1. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Кынев Н.Г. ВИМ – основатель производства селекционной техники в России // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2008. – № 4. – С. 9-11.
2. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Зюлин А.Н. Разработка и внедрение высокоэффективных, ресурсо- и энергосберегающих технологий и технических средств послеуборочной обработки зерна и подготовки семян // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2009. – № 1. – С. 2-9.
3. Лобачевский Я.П. Проблема механизации работ в селекции и семеноводстве // «Золотая осень» – демонстрация достижений российских аграриев (Материалы мероприятий в рамках деловой программы 11-й Российской агропромышленной выставки, 9-12 октября 2009 г.). – М.: Росинформагротех, 2010. – С. 110-111.
4. Жалнин Э.В. Аксиоматизация земледельческой механики. – М.: ВИМ, 2002. – 204 с.
5. Елизаров В.П., Антышев Н.М., Бейлис В.М., Шевцов В.Г. Исходные требования на технологические операции в растениеводстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2011. –

№ 1. – С. 11-14.

6. Жалнин Э.В. Стратегия перспективного развития механизации уборки зерновых культур // *Тракторы и сельхозмашины*. – 2004. – № 9. – С. 3-16.

7. Егоров В.Г., Измайлов А.Ю., Леонова Е.В., Личман Г.И. Внедрение точного земледелия в зерновом хозяйстве Центрального Нечерноземья // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2014. – № 3. – С. 15-20.

8. Елизаров В.П., Голубкович А.В., Евтюшенков Н.Е., Крюков М.Л., Калинин Г.А. Заготовка семян зерновых и зернобобовых культур в селекции и первичном семеноводстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2014. – № 5. – С. 17-21.

9. Ижик Н.К. Полевая всхожесть семян. – Киев: Урожай, 1976. – 200 с.

10. Пехальский И.А., Кожеевникова М.В. Рентгенографический комплекс для определения и оценки степени механического повреждения семян при машинной обработке // *Зерновые культуры*. – 1992. – № 2-3. – С. 27-28.

11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

## UNIVERSAL CLASSIFICATION OF TRAUMATIC DAMAGES OF INTERNAL STRUCTURES OF CROPS SEEDS

I.A. Pekhal'skiy

All-Russia Research Institute of Mechanization for Agriculture, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation, e-mail: 5895225@bk.ru

*Quality of sowing material considerably depends both on a biological condition of seeds, and on technologies and technical means applied by machine preprocessing. Thus, the caryopsides damages arising at mechanical and thermomechanical influence from working tools of machines and units have essential value. Besides damages of integrity of caryopsides covers there are traumatic changes their internal structures which are often hidden by covers and are not visible at visual inspection. The condition of internal caryopsides structures was researched by a radiographic method. Possible types of their traumatic changes were defined. Influence of the listed types of injuries*

on sowing qualities of seeds was estimated. It was revealed that seeds with endosperm bruising had reduced field germination rate, in comparison with intact ones, by 2.25-3.75 percent. It was defined that decrease in field germination of seeds having less than four internal cracks made 30.25-37.0 percent; for seeds with quantity of four cracks and more – respectively, 38.0-48.75 percent. It was noted that barley seeds in the first case reduced germination by the 37 percent; in the second – by 48.75 percent (for comparison, oats and wheat seeds – by 39 and 38 percent respectively). It was established that reduction of field germination by 1 percent reduces yield of spring grain crops by 1.5-2.0 percent, and winter ones – by 1.0-1.5 percent. The universal classification of traumatic damages of crops seeds internal structures was suggested.

**Keywords:** Seeds; Classification of internal damages of seeds; Sowing qualities; Field germination.

### References

1. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Kynev N.G. *VIM – osnovatel' proizvodstva selektsionnoy tekhniki v Rossii* [WIM is the founder of selection machinery production in Russia]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2008. No. 4. pp. 9-11 (Russian).

2. Lachuga A.M., Izmaylov A.Yu., Zyulin A.N. *Razrabotka i vnedrenie vysokoeffektivnykh, resurso- i energosberegayushchikh tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv posleuborochnoy obrabotki zerna i podgotovki semyan* [Development and deployment of highly effective, resource-energy saving technologies and techniques for postharvest grain processing and seeds preparation]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2009. No. 1. pp. 2-9 (Russian).

3. Lobachevskiy Ya.P. *Problema mekhanizatsii rabot v selektsii i semenovodstve* [Problem of mechanization of operations in selection and seed production]. «Zolotaya osen'» – demonstratsiya dostizheniy rossiyskikh agrariyev (Materialy meropriyatiy v ramkakh delovoy programmy 11-y Rossiyskoy agropromyshlennoy vystavki, 9-12 oktyabrya 2009 g.). Moscow: Rosinformagrotekh, 2010. pp. 110-111 (Russian).

4. Zhalnin E.V. *Aksiomatizatsiya zemledel'cheskoy mekhaniki* [Axiomatization of the agricultural mechanics]. Moscow: VIM, 2002. 204 pp. (Russian).

5. Elizarov V.P., Antyshev N.M., Beylis V.M., Shevtsov V.G. *Iskhodnye trebovaniya na tekhnologicheskie operatsii v rasteniyevodstve* [Initial requirements of technological operations in plant growing]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2011. No. 1.

pp. 11-14 (Russian).

6. Zhalnin E.V. *Strategiya perspektivnogo razvitiya mekhanizatsii uborki zernovykh kul'tur* [Strategy of perspective development of mechanization of grain crops harvesting]. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2004. No. 9. pp. 3-16 (Russian).

7. Egorov V.G., Izmaylov A.Yu., Leonova E.V., Lichman G.I. *Vnedrenie tochnogo zemledeliya v zernovom khozyaystve Tsentral'nogo Nechernozem'ya* [Precision farming introduction in grain production of the Central non-Black Earth Region]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2014. No. 3. pp. 15-20 (Russian).

8. Elizarov V.P., Golubkovich A.V., Evtushenkov N.E., Kryukov M.L., Kalinkin G.A. *Zagotovka semyan zernovykh i zernobobovykh kul'tur v selektsii i pervichnom semenovodstve* [Harvesting of grain and grain legume seeds in selection and primary seed breeding]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2014. No. 5. pp. 17-21 (Russian).

9. Izhik N.K. *Polevaya vskhozhest' semyan* [Field germination of seeds]. Kiev: Urozhay, 1976. 200 pp. (Russian).

10. Pekhal'skiy I.A., Kozhevnikova M.V. *Rentgenograficheskiy kompleks dlya opredeleniya i otsenki stepeni mekhanicheskogo povrezhdeniya semyan pri mashinnoy obrabotke* [Radiographic complex for definition and an assessment of seeds mechanical damage rate at machine processing]. *Zernovye kul'tury*. 1992. No. 2-3. pp. 27-28 (Russian).

11. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Field-plot technique]. Moscow: Kolos, 1979. 416 pp. (Russian).

