

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

А.С. КЛЮЧНИКОВ

(Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса»)

*Для решения вопроса повышения посевных качеств семян и снижения их травмирования при послеуборочной обработке был разработан, изготовлен и апробирован опытный образец универсальной сушилки УС-0,35, в которой реализован новый энергоэффективный трёхэтапный конвективный способ сушки. Проведена серия лабораторных экспериментов и полевых опытов по влиянию разработанного способа сушки на посевные качества семян на примере озимой ржи, яровой пшеницы, ярового овса. Была определена всхожесть, энергия прорастания семян и полнота всходов. Перед началом эксперимента уборка урожая каждой культуры осуществлялась тщательно отрегулированным согласно заводским инструкциям зерноуборочным комбайном ДОН-1500Б. Клавиши соломотряса комбайна были модернизированы гибкими подбивальщиками. Зерновой ворох контрольной партии сушили по стандартной технологии, конвективным способом на сушилке СКУ-2,5. Опытную партию сушили на разработанной универсальной сушилке УС-0,35. Показано, что выход семян ржи в опытной группе, заложенный на хранение, был больше на 12,5% по сравнению с контролем. Выход семян пшеницы в опытной группе был больше на 11,7% по сравнению с контролем. Выход овса в опытной группе был больше на 4,6% по сравнению контролем. Показатели всхожести семян ржи, пшеницы и овса превосходили аналогичные показатели контрольной группы соответственно на 7,6, 5,4 и 4,2%, показатели энергии прорастания соответственно на 15,1, 19,5 и 4,2%. Результаты полевого опыта показали, что полнота всходов семян ржи опытной группы была на 12,5% достоверно выше по сравнению с контрольной группой, пшеницы и овса достоверно выше на 10,1%.*

**Ключевые слова:** сушка, универсальная сушилка, качественные семена, всхожесть, энергия прорастания, полнота всходов, полевой опыт.

### Введение

Одним из важнейших условий сохранения биосферы и увеличения продуктивности земледелия является построение его систем на принципах энергосбережения и экологической сбалансированности [11; 15; 16; 17; 18; 19].

Задача органического земледелия сводится к получению максимально возможного урожая культуры для данного региона, без использования минеральных удобрений и химических средств защиты растений. Для перехода на органическое земледелие необходимо решить проблему подготовки семенного материала, так как именно от качества семян зависит равномерность всходов, развитие и способность растений противостоять болезням и вредителям. Высококачественные семена позволяют наиболее полно использовать генетический потенциал любой культуры [14].

В условиях Северо-Западного региона в большинстве хозяйств полевая всхожесть различных культур колеблется в широких пределах. Это в первую очередь связано с травмированием семян и, как следствие, нарушением у них биохимических процессов в результате машинной уборки и послеуборочной обработки [10].

Повсеместная распространенность и отрицательное воздействие на посевные и урожайные качества семян превратили травмирование в одну из серьезных проблем современного семеноводства и семеноведения. Травмирование семян особенно велико в увлажненных районах страны, к которым относится Северо-Западный регион. Из-за данной проблемы сельхозтоваропроизводители несут значительные экономические убытки.

Показано, что каждое повышение травмирования семенного материала на 10% приводит к снижению урожайности более чем на 1 центнер с гектара [5]. Поэтому применение биологически полноценных семян – одно из наиболее важных и необходимых условий решения трёх народнохозяйственных задач: уменьшения нормы высева семян, повышения равномерности распределения растений по площади и увеличения валового сбора продукции растениеводства.

Большая часть среди травмированных при послеуборочной обработке семян получает повреждения во время сушки в результате механических и термических воздействий. До настоящего времени ряд вопросов, связанных с послеуборочной обработкой семян с сохранением их нативных свойств, слабо изучен. Для решения поставленных задач автором был разработан и изготовлен опытный образец универсальной сушилки УС-0,35, в которой реализован эффективный трёхэтапный конвективный способ сушки. Новизна конструкции сушилки и способа сушки подтверждена патентами на изобретение № 2648176 и № 2654768. Цель данного исследования – изучить посевные качества семян на примерах озимой ржи, яровой пшеницы, ярового овса.

### **Методика исследования**

Исследование проведено на трёх зерновых культурах, среди которых: озимая рожь сорта Татьяна; яровая пшеница сорта Сударыня; яровой овёс сорта Яков. Все исследуемые сорта в период с 2012 по 2014 гг. районированы по Ярославской области, данные сорта широко используются в сортомене сельхозтоваропроизводителями области, кроме того, по ГОСТу испытание сушилок в обязательном порядке проводится на зерне пшеницы.

Перед подготовкой к экспериментам по влиянию нового способа сушки на посевные качества семян уборку урожая каждой культуры осуществили тщательно отрегулированным зерноуборочным комбайном ДОН-1500Б. Клавиши соломотряса комбайна были оборудованы гибкими подбивальщиками. Это наше новшество позволило снизить частоту вращения молотильного барабана до минимально допустимой из диапазона регулировок по заводской инструкции для уборки зерновых. Данные настройки были проведены для снижения потерь и травмирования семенного материала [2]. Семенной ворох для экспериментов отбирали из урожая, выращенного в действующем севообороте филиала ФГБУ «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений по Ярославской области» в Большесельском районе.

Собранный экспериментальный ворох поступал на зерноочистительно-сушильный пункт. Уборочная площадь каждой культуры составила 10 га, влажность семенного вороха, поступающего на пункт, для ржи Татьяна составила 21,5%, для пшеницы Сударыня – 24,7%, для овса Яков – 18%. Зерновой ворох проходил первичную очистку на машине ОВС-25 и поступал на сушку. Масса поступившего на сушку вороха для ржи Татьяна составила 277 ц, для пшеницы Сударыня – 278 ц, для овса Яков – 237 ц.

Зерновой ворох контрольной партии сушили по стандартной технологии, конвективным способом на сушилке СКУ-2,5. Опытную партию сушили на разработанной универсальной сушилке УС-0,35. Высушенный зерновой ворох контрольной и опытной партий проходил вторичную очистку и сортирование, после чего семенная фракция была заложена на хранение в склад. Для проверки гипотезы о влиянии разработанного способа сушки на посевные качества семян были проведены лабораторные опыты с участием сертифицированной лаборатории филиала ФГУ «Россельхозцентр по Ярославской области» Ярославского районного отдела и полевые опыты по определению полноты всходов, а также силы роста. В таблице 1 приведены условия проведения опытов.

Сушилка УС-0,35 (рис. 1) представляет собой агрегат, основой которого является сушильная камера 1, верхняя и нижняя части которой представлены воздухо-распределительной решёткой с регулируемым коэффициентом живого сечения для эффективной сушки разноразмерных частиц семенного вороха всех полевых культур и измельчённого травяного корма. В сушилке УС-0,35 осуществлена сушка материала в неподвижном слое. Равномерная влажность материала по толщине слоя обеспечена постепенным, длительным его нагревом и охлаждением, движением сушильного агента в первой половине цикла сушки снизу-вверх, а во второй – сверху-вниз. Равномерная сушка по площади сушильной камеры обеспечена клиновой формой четырех воздухоподводящих каналов с возможностью регулирования воздушного потока на входе в каждый. Трёхэтапный способ сушки реализован комплексной работой электрокалорифера с регулируемой теплопроизводительностью и системы реверсирования направления движения сушильного агента. Выгрузка с одновременным доохлаждением материала сушки осуществлена аэрожелобами энергией движения воздуха от вентиляторов.

Для проведения лабораторных опытов на всхожесть, энергию прорастания и химический состав семян из насыпей каждой культуры с помощью щупа по стандартной методике отбирались по 1 кг пробы, которые были упакованы в мешки и опечатаны. Мешки доставляли в лабораторию, вскрывали, вручную отбирали по 100 зёрен для определения всхожести и энергии прорастания в контрольной и опытной партиях. Опыт проведён в четырёх повторностях, использован метод проращивания на ложе из песка. Химический состав исследуемых культур определяли по стандартным методикам.

Полевой опыт для каждой культуры провели в действующем севообороте. Для соблюдения принципа экологичности органического сельского хозяйства, поля, где проходили эксперименты, имели естественный агрофон. Стабильный уровень плодородия почвы поддерживается восьмипольным севооборотом: занятый пар (вико-овсяная смесь); озимые (озимая рожь); яровые с подсевом трав (овёс + клевер луговой + тимopheека луговая + овсяница луговая); многолетние травы первого года пользования (второго года жизни); многолетние травы второго года пользования (третьего года жизни); занятый пар (вико-овсяная смесь); яровые (яровая пшеница); яровые (овёс).

Поля, на которых проходили опыты, обладают однородностью почвенного покрова, имеют дерново-подзолистый легкосуглинистый тип почв. Средняя мощность перегнойного горизонта составляет 20 см, pH = 5, содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 166 мг/кг, K<sub>2</sub>O = 75 мг/кг, гумуса – 1.91%, сумма поглощённых оснований – 10,8 мг-экв, степень насыщенности почв основаниями – 80.6%. Многолетние наблюдения за состоянием культурных растений на участках позволили сделать вывод о приемлемом состоянии микробиоты их почв. Рельеф участков ровный, уклон отсутствовал.



**Рис. 1.** Сушилка УС-0,35:

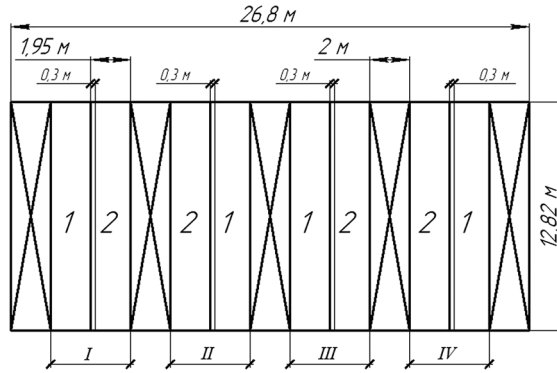
- 1 – сушильная камера; 2 – электрокалорифер; 3 – осевой вентилятор;  
 4 – поворотный патрубок; 5 – реверсивный осевой вентилятор; 6 – диффузор;  
 7 – жалюзийная заслонка; 8 – рычаг управления кареткой воздухораспределительной решётки;  
 9 – нижний клиновидный воздухоподводящий канал; 10 – загрузочный лоток; 11 – рама;  
 12 – подрамник

Таблица 1

**Условия проведения опытов**

Показатели	Рожь Татьяна		Пшеница Сударыня		Овёс Яков	
	Конт-роль	опыт	Конт-роль	опыт	Конт-роль	опыт
Масса поступившего на сушку вороха, ц	138,5	138,5	139,0	139,0	118,5	118,5
Температура сушильного агента, °С	45	I – 10...35 II – 35 III – 35...10	45	I – 10...35 II – 35 III – 35...10	45	I – 10...35 II – 35 III – 35...10
Количество семян в лабораторном эксперименте перед закладкой на хранение, шт.	400	400	400	400	400	400
Количество семян в лабораторном эксперименте перед посевом, шт.	400	400	400	400	400	400
Количество высеванных семян в полевом опыте, млн шт./га	6	6	6	6	6	6

Были проведены двухвариантные опыты с четырёхкратной повторностью. Схема опыта представлена на рисунке 2. Размер делянки ширина 1,95 м, длина 12,82 м ( $S = 25 \text{ м}^2$ ). Дорожки между делянками 0,3 м.



**Рис. 2.** Схема однофакторного полевого опыта:  
1 – контроль; 2 – опыт; х – защитная деланка; I–II – повторности опыта

Разбивку участков согласно схеме (рис. 2) провели после подготовки поля к посеву. На площади участков, отведённых под опыты, отсутствовали свальные и развальные борозды. Зяблевая обработка почвы была проведена в сроки согласно агротехническим требованиям и включала следующие операции: дискование боронной БДТ-3, через две недели была проведена вспашка плугом ПЛН-5-35. Предпосевная обработка включала культивацию с одновременным боронованием культиватором КШП-8 в направлении поперечном к вспашке. При закладке опытов за один день, проводили посев сеялкой СН-16ПМ с шириной захвата 1,95 м. Посев проводили вдоль большого размера деланки, высевающие аппараты сеялки включали за 1,5 м до начала деланки и выключали после выхода сеялки за пределы деланки, при этом следили за работой сошников, количеством семян в ящике и равномерностью их размещения в нём. После закладки каждого опыта незанятую под эксперимент часть поля засевали с помощью сеялки СЗТ-3,6.

Весовую рекомендованную норму высева  $Q_k$  для каждой культуры рассчитали по формуле:

$$Q_k = \frac{Q_{ш} \cdot m_a}{x}; \quad (1)$$

где  $Q_{ш}$  – штучная норма высева, у нас 6000000 шт/га;  $m_a$  – масса 1000 шт. семян, у нас для пшеницы сорта Сударыня –  $m_a = 0,039$  кг/1000шт;  $x$  – хозяйственная годность семян в долях единицы.

Навеску культуры  $H_k$  для высева на деланку определяли по формуле:

$$H_k = \frac{Q_k \cdot S_d}{10000}; \quad (2)$$

где  $H_k$  – масса навески для высева на деланку, кг;  $S_d$  – посевная площадь деланки, м<sup>2</sup>.

Полноту всходов  $\Pi_b$  (полевою всхожесть) определяли с использованием формулы:

$$\Pi_b = \frac{K_b \cdot 100}{K_\phi}; \quad (3)$$

где  $\Pi_b$  – полнота всходов, %;  $K_b$  – число растений на 1 м<sup>2</sup> во время полных всходов;  $K_\phi$  – количество фактически высеянных семян на 1 м<sup>2</sup>.

При учёте полноты всходов на делянках отбивали шесть пробных площадок, в каждую из которых входили два смежных рядка на площади 1/6 м<sup>2</sup>. Пробные площадки размещали по диагонали учётной делянки так, чтобы в пробы попали растения двенадцати рядков.

Длину  $D_n$  площадки определяли по формуле:

$$D_n = \frac{1}{6 \cdot i \cdot \Pi_m} \quad (4)$$

где  $D_n$  – длина площадки выборки анализа на полноту всходов, м;  $i$  – число рядков, шт.;  $\Pi_m$  – ширина междурядья, м.

Статистическую обработку полученных результатов проводили в программе MS Excel 2010. Для оценки параметров изучаемых признаков применяли статистические методы. Определяли среднее арифметическое значение ( $M$ ), стандартную ошибку среднего ( $m$ ). Для определения различий между средними значениями производили проверку статистических гипотез с использованием критерия Манна-Уитни ( $P \leq 0,05$ ) после предварительной оценки нормальности распределения.

### Результаты и их обсуждение

Сушку семенного вороха всех исследованных культур проводили до равновесной влажности (13,5%), рекомендованной для длительного хранения семян зерновых. Для всех культур экспозиция сушки в контрольных и опытных группах была примерно сопоставимо одинаковой. Для ржи этот показатель составил около 460 мин, для пшеницы – 830 мин, для овса – 180 мин. Сушку контрольных групп проводили стандартной для сушилки СКУ-2,5 технологией – за два пропуска [3, 12]. Сушка опытных партий всех исследуемых культур из-за конструкторских особенностей сушилки УС-0,35 проходила циклично в неподвижном слое за одну загрузку. Следует отметить, что в контрольных группах семенной ворох всех исследуемых культур после выхода из сушилки требовал дополнительной операции – охлаждения с помощью бункера активного вентилирования. Охлаждение каждой контрольной партии семенной массы длилось 30 минут и сопровождалось дополнительными материальными и денежными затратами на электроэнергию. Бункер активного вентилирования в комплект сушилки не входит. Хозяйство его вынуждено приобретать и монтировать для получения семенного материала. Ранее было показано, что дополнительные перевалки на операции охлаждения увеличивают степень травмированности семян [4].

Ворох после сушки, очистки и сортировки был разделён на семена, фуражное зерно, сорные, органические и неорганические примеси. Выходы семян, ржи, пшеницы, овса в опытных группах, заложенных на хранение, были, соответственно, на 12,5, 11,7 и 4,6% выше по сравнению с аналогичными контрольными группами. Известно, что наибольшее травмирование семян в сушилке СКУ-2,5 происходит во время загрузки и выгрузки вороха, а также в результате его трения о наружную кольцевую стенку сушильной камеры. Особенности конструкции у сушилки УС-0,35 позволили за одну загрузку сушить опытные партии всех исследуемых культур в неподвижном слое с исключением промежуточных операций с выгрузкой аэрожелобом на воздушной подушке без контакта с травмирующими поверхностями. Снижение травмирования позволяет получать больший выход семян (табл. 2). Масса 1000 зерен в контрольных и опытных группах всех исследуемых культур достоверно не отличалась. Значения по данному показателю были близки к средним значениям массы 1000 зерен для зерна исследуемых культур урожая Ярославской области за 2014...2016 гг. [13].

**Влияние способов сушки на физико-химические свойства семян**

Показатели	Рожь Татьяна		Пшеница Сударыня		Овёс Яков	
	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт
Выход семян, ц	56,00	63,00	49,40	55,20	58,10	60,80
Масса 1000 зерен, г	33,50	33,50	36,80	36,80	34,30	34,30
Общая влага, %	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50
Протеин, %	8,76	8,92	11,59	11,81	11,17	11,22
Жир, %	2,45	2,40	1,08	1,08	3,00	3,06
Зола, %	1,56	1,41	1,95	1,77	3,74	3,39
Клетчатка, %	2,58	2,49	2,88	2,87	13,00	12,84

Известно, что критериями кормовой и технологической ценности зерна сельскохозяйственных культур являются биохимические показатели, одну из лидирующих позиций в которых занимает белок. Количество белка в зерне играет важную роль в раскрытии генетического потенциала фаз развития полевых культур [7].

Предлагаемый автором новый способ оказал положительное влияние на биосинтез исследуемых зерновых культур, в результате которого в высушенном материале повысилось содержание протеина и снизилось содержание клетчатки. Таким образом, новый способ сушки создал условия, ускоряющие процесс созревания и обеспечил более высокие качества семян при длительном хранении.

Результаты показали, что у всех исследуемых культур как в контроле, так и в опыте всхожесть семян соответствовала требованиям к репродукционным семенам для производства товарной продукции – ГОСТ Р 52325–2005. Сходимость результатов между повторностями при определении всхожести и энергии прорастания находилась в допустимых пределах, регламентированных стандартом ГОСТ 12038–84.

Посевные качества семян культур в опыте перед закладкой на хранение в опытной группе были достоверно выше (табл. 3). Так показатели всхожести семян ржи, пшеницы и овса превосходили аналогичные показатели контрольной группы соответственно на 7,6, 5,4 и 4,2%, а показатели энергии прорастания соответственно на 15,1, 19,5 и 4,2%.

Проверка посевных качеств семян перед посевом также показала, что семена опытной группы имеют более высокую всхожесть и энергию прорастания, при этом показатели качества семян в контрольной группе за время хранения заметно снизились (табл. 3).

Известно, что на всхожесть семян значительное влияние оказывает также и степень их травмированности. Как уже было отмечено выше, большую часть повреждений при послеуборочной обработке семенной материал получает во время сушки. Механические повреждения семян, включающие сжатия, вмятины, трещины и различные разрывы как оболочки, так и эндосперма, и зародыша, наносимые рабочими органами сушильных машин, усиливают гигроскопичность и интенсивность дыхания, лишают семена защиты от проникновения микроорганизмов. В результате ухудшается их стойкость при хранении, что в свою очередь приводит к гибели семян [10]. Помимо травм, вызванных механическим воздействием подвижными рабочими

органами сушиллки, имеют место термические повреждения и повреждения, связанные с температурным изменением объёма зерновки. При интенсивном высушивании на СКУ-2,5 лопаются оболочки зерна, образуются макро- и микротрещины, пустоты и в объёмах зерновок. Существенным недостатком карусельной сушиллки является высокая неравномерность сушки вороха по объёму сушильной камеры. Во время сушки происходит локальный перегрев семенной массы, в результате чего происходит пересушивание внешних слоёв зерна, происходит уменьшение диаметра пор и капилляров, влага «закупоривается» внутри и происходит закал зерна. Он является причиной снижения показателей всхожести и энергии прорастания [6]. В сушиллке СКУ-2,5 нижний слой зерна под выгрузным шнеком не выгружается и находится в сушильной камере продолжительное время. Поэтому сушка контрольной партии зерна сопровождалась у нижнего слоя пересушиванием, которое, вероятно, вызывало объёмные напряжения, приводящие к образованию микротрещин, что в свою очередь приводило к снижению показателей всхожести и энергии прорастания [9]. Операция охлаждения высушенных контрольных партий вороха в бункере активного вентилирования, также способствовала образованию трещин и различных макро- и микроповреждений [8].

Таблица 3

**Влияние способов сушки на всхожесть и энергию прорастания семян**

Показатели	Рожь Татьяна		Пшеница Сударыня		Овёс Яков	
	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт
Перед закладкой на хранение						
Всхожесть	92 ± 1,91	99 ± 0,47	93 ± 0,75	98 ± 0,55	95 ± 0,55	99 ± 0,55
Энергия прорастания	86 ± 2,18	99 ± 0,75	82 ± 1,2	98 ± 0,58	95 ± 0,33	99 ± 0,33
Перед посевом						
Всхожесть	90 ± 1,25	99 ± 0,55	91 ± 1,20	98 ± 0,29	93 ± 1,25	99 ± 0,55
Энергия прорастания	86 ± 1,59	98 ± 0,29	84 ± 1,63	98 ± 0,29	92 ± 0,94	99 ± 0,75

Таким образом, новые способ сушки и конструкция сушильной камеры позволили так изменить внешние факторы, чтобы за время сушки в положительную сторону сработали биологические системы зерна. Пошаговые, длительные во времени у семенного материала в сушильной камере, нагрев до не высокой температуры и охлаждение до температуры окружающей среды, обеспечили равномерное движение влаги в жидком виде всегда в одном направлении, из внутренних слоёв каждой отдельной зерновки – к наружным. Скорость испарения влаги с поверхности зерновки равна скорости её подвода изнутри, тем самым исключены закал и различные деформации зерновки [4]. При этом происходил эффект более полного послеуборочного дозревания [6].

**Полевой опыт.** Результаты полевого опыта, проведённого по вышеописанной методике, представлены в таблице 4. Табличные данные показали, что разница значений между  $\bar{M}_{max}$  и  $\bar{M}_{min}$  была выше на контроле. На делянках, посеянных семенами опытных партий, были выше, по сравнениям с контролями, средние арифметические значения количества входов и полнота всходов по ржи, пшенице и овсу, соответственно на 12,5; 10,1 и 10,1%. Кроме того, более дружные всходы на опытных делянках обеспечили меньшую гибель и более равномерное созревание растений к периоду уборки.



## Полевая всхожесть семян исследуемых культур

Показатели	Рожь Татьяна		Пшеница Сударыня		Овёс Яков	
	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт
Количество высеванных всхожих семян, шт./м <sup>2</sup>	600	600	600	600	600	600
Среднеарифметическое количество всходов $\bar{M} \pm m$ , шт./м <sup>2</sup>	528 ± 1,44	591 ± 1,05	533 ± 1,25	587 ± 1,00	535 ± 1,37	586 ± 1,52
Максимальное $\bar{M}_{\max}$ и минимальное $\bar{M}_{\min}$ количество всходов шт./м <sup>2</sup>	531–525	593–589	536–531	588–584	538–533	588–582
Полнота всходов, %	88	99	89	98	89	98

## Заключение

В условиях Северо-Западного региона России при органическом и неорганическом земледелии показана целесообразность включения в технологический процесс послеуборочной обработки семенного материала нового эффективного низкотемпературного конвективного способа сушки, реализованного на универсальной сушилке УС-0,35. Установлено, что отсутствие движущихся частей в сушильной камере, сушка за одну загрузку любого исходного материала и трехэтапный способ сушки, совмещающий в сушильной камере и операцию охлаждения, обеспечивали больший процент выхода семенного материала, лучшие условия для процесса синтеза и послеуборочного дозревания, а это в свою очередь положительно влияло на посевные качества семян, увеличивая полевую всхожесть, энергию прорастания и силу роста.

## Библиографический список

1. Бодртдинов А.З. Послеуборочная обработка зерна и семян. Казань: Изд-во Казанск. Ун-та. 1998. 72 С.;
2. Дианов Л.В., Ключников, А.С. Оптимизация работы подбивальщика в соломотрясе зерноуборочного комбайна для снижения потерь зерна и семян // «Селекция семеноводство и генетика». 2018. Т. 4. № 4 (22). С. 32–38;
3. Дианов Л.В., Смелик В.А., Ширяев С.А. Механизация сушки урожая зерновых и кормовых культур. Ярославль.: ФГОУ ВПО Ярославская ГСХА, 2005. 150 С.;
4. Дианов Л.В., Ключников А.С. О передовом и перспективном на послеуборочной обработке урожая семян в Ярославской области // Вестник АПК Верхневолжья. 2016. № 1. С. 73–81;
5. Дринча В.М Павлов С.А., Бабченко В.Д. и др. Технологические основы применения пневматических сортировальных столов в сельском хозяйстве. М.: Россельхозакадемия, 2003. 98 С.;
6. Захарченко И.В. Послеуборочная обработка семян в Нечерноземной зоне. М: Россельхозиздат, 1983. 263 С.;

7. *Исайчев В.А., Андреев Н.Н., Мударисов Ф.А.* Кормовая и технологическая ценность зерна пшеницы и семян гороха // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 2 (18). С. 24–28;
8. *Казаков Е.Д., Кретович В.Л.* Биохимия зерна и продуктов его переработки. / 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропроиздат, 1989. 368 С.;
9. *Казаков Е.Д., Карпенко Г.П.* Биохимия зерна и хлебопродуктов. / 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: ГИОРД, 2005. 512 С.;
10. *Карпов П.А.* Уборка обработка и хранение семян. М.: Россельхозиздат, 1974. 208 С.;
11. *Носкова Е.В., Щукин С.В.* Влияние ресурсосберегающих агротехнологий на засоренность посевов ярового рапса // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: материалы 68-й Международной науч.-практ. конференции (26–27 апреля). Ч. 1. Рязань. Рязанский государственный агротехнологический университет. 2017. С. 451–457;
12. *Перекопский А.Н.* Карусельная сушилка высоковлажных семян // Сельский механизатор. 2015. № 5. – С. 6–7;
13. Результаты государственного испытания сортов сельскохозяйственных культур за 2014–2016 годы / Характеристики сортов сельскохозяйственных культур, вновь включенных в Государственный реестр селекционных достижений и допущенных к использованию по Ярославской области. г. Ярославль. 2017. 56 с;
14. *Тарасенко А.П., Оробинский В.И., Мерчалова М.Э., Сорокин Н.Н.* Совершенствование технологии получения качественных семян и продовольственного зерна // Лесотехнический журнал. 2014. № 1. С. 36–39. DOI: 10.12737/3343;
15. *Hoepfner J.W., Entz M.H., McConkey B.G., Zentner R.P., and Nagy C.N.* Energy use and efficiency in two Canadian organic and conventional crop production systems. *Renewable Agriculture and Food Systems*: 21(1); 60–67. DOI: 10.1079/RAF2005118.;
16. *Pimentel D., Hepply P., Hanson J., Doubs D., and Seidel R.* Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. *BioScience* Vol. 55, No. 7, July 2005, pp. 573–582;
17. *Rigby D., Caceres D.* Organic farming and the sustainability of agricultural systems / *Agricultural Systems* 68 (2001) 21–40.;
18. *Kirchmann H., Bergström L.* Organic Crop Production – Ambitions and Limitations. Springer Science+Business Media B.V., 2008. p. 247. DOI 10.1007/978-1-4020-9316-6.;
19. *Mikkelsen R. and Hartz T.K.* Nitrogen Sources for Organic Crop Production. *Better Crops*. Vol. 92, 2008, No. 4, pp. 16–19.

## STUDY OF THE INFLUENCE OF NEW DRYING TECHNOLOGY ON THE QUALITY OF GRAIN SEEDS

A.S. KLIUCHNIKOV

(Yaroslavl Research Institute of Livestock Breeding and Forage Production – Branch of Federal Williams  
Research Center of Forage Production and Agroecology, Russian Federation)

*To address the issue of increasing the sowing qualities of seeds and reducing their injury during post-harvest processing, a prototype of the universal dryer US-0.35 was designed, manufactured, and tested. A new energy-efficient three-stage convective drying method has been implemented in the dryer. The author carried out a series of the laboratory and field experiments on the effect of the developed method of drying on the sowing qualities of seeds using the example of winter rye, spring wheat, and spring oats. The experiments allowed determining germination, the germination energy of seeds*

and the completeness of sprouts. Before the start of the experiment, each crop was harvested by a combine harvester DON-1500B, carefully adjusted according to the manufacturer instructions. The combine straw walker keys were upgraded with flexible pads. Reference samples of grain crops were dried according to the standard technology, by the convective method with the SKU-2.5 dryer.

The experimental samples were dried with the developed universal dryer US –0.35. It has been shown that the output of experimental rye seeds stockpiled for storage was 12.5% more as compared to the reference group. The output of experimental wheat seeds was 11.7% more as compared to the reference group. The output of experimental oats in the group was 4.6% higher as compared to the reference group. The seed germination rates of rye, wheat and oats exceeded those of the reference group, respectively by 7.6, 5.4, and 4.2%, and the germination rates, respectively, by 15.1, 19.5, and 4.2%. The field experiment results have shown that the completeness of rye sprouts from the experimental group was 12.5% higher as compared with the reference group, while wheat and oats were significantly higher by 10.1%.

**Key words:** drying, universal dryer, quality seeds, germination, germination energy, completeness of sprouts, field experiment.

## References

1. Bodrtidinov A.Z. Posleuborochnaya obrabotka zerna i semyan [Post-harvest processing of grain and seeds]. Kazan': Izd-vo Kazansk. Un-ta. 1998: 72. (In Rus.)
2. Dianov L.V. Kliuchnikov, A.S. Optimizatsiya raboty podbival'shchika v solomotyrase zernouborochnogo kombaina dlya snizheniya poter' zerna i semyan [Optimizing the operation of pressing pads in a combine harvester straw walker to reduce grain and seed losses] // "Selektsiya semenovodstvo i genetika". 2018; 4; 4 (22): 32–38. (In Rus.)
3. Dianov L.V., Smelik V.A., Shiryayev S.A. Mekhanizatsiya sushki urozhaya zernovykh i kormovykh kul'tur [Mechanization of drying grain and forage crops]. Yaroslavl' .: FGOU VPO Yaroslavskaya GSKhA, 2005: 150. (In Rus.)
4. Dianov L.V., Klyuchnikov A.S. O peredovom i perspektivnom na posleuborochnoy obrabotke urozhaya semyan v Yaroslavskoy oblasti [Advanced experience and promising issues of post-harvest seed crop processing in the Yaroslavl region] // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2016; 1: 73–81. (In Rus.)
5. Drincha V.M Pavlov S.A., Babchenko V.D. et al. Tekhnologicheskkiye osnovy primeneniya pnevmaticheskikh sortiroval'nykh stolov v sel'skom khozyaistve [Technological grounds for the use of pneumatic sorting tables in agriculture]. M.: Rossel'hozakademiya, 2003: 98. (In Rus.)
6. Zaharchenko I.V. Posleuborochnaya obrabotka semyan v Nechernozemnoy zone [Post-harvest seed processing in the Non-Chernozem zone]. M: Rossel'hozizdat, 1983: 263. (In Rus.)
7. Isaichev V.A., Andreyev N.N., Mudarisov F.A. Kormovaya i tekhnologicheskaya tsennost' zerna pshenitsy i semyan gorokha [Feed and technological value of of wheat and pea seed grain] // Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaistvennoy akademii. 2012; 2 (18): 24–28. (In Rus.)
8. Kazakov Ye.D., Kretovich V.L. Biokhimiya zerna i produktov ego pererabotki [Biochemistry of grain and products of its processing]. / 2<sup>nd</sup> ed., reviewed and extended. M.: Agropromizdat, 1989: 368. (In Rus.)
9. Kazakov E.D., Karpenko G.P. Biokhimiya zerna i hleboproduktov [Biochemistry of grain and bakery products]. / 3<sup>rd</sup> ed., reviewed and extended. SPb.: GIORD, 2005: 512. (In Rus.)
10. Karpov P.A. Uborka obrabotka i khraneniye semyan [Harvesting, processing, and storage of seeds]. M.: Rossel'hozizdat, 1974: 208. (In Rus.)

11. *Noskova Ye.V., Shchukin S.V.* Vliyaniye resursoberegayushchikh agrotekhnologiy na zasorennost' posevov yarovogo rapsa [Influence of resource-saving agricultural technologies on the weediness of spring rape crops] // Printsipy i tekhnologii ekologizatsii proizvodstva v sel'skom, lesnom i rybnom khozyaistve: materialy 68-oy Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konferentsii (April 26–27). Part 1. Ryazan'. Ryazanskiy gosudarstvenniy agrotekhnologicheskiy universitet. 2017: 451–457. (In Rus.)
12. *Perekopskiy A.N.* Karusel'naya sushilka vysokovlazhnykh semyan [Rotary dryer of high moisture seeds] // Sel'skiy mekhanizator. 2015; 5: 6–7. (In Rus.)
13. Rezul'taty gosudarstvennogo ispytaniya sortov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur za 2014–2016 gody [Results of the state testing of crop varieties for 2014–2016] / Kharakteristiki sortov sel'skohozyaistvennykh kul'tur, vnov' vklyuchennykh v Gosudarstvenniy reestr selektsionnykh dostizheniy i dopushchennykh k ispol'zovaniyu po Yaroslavskoy oblasti. g. Yaroslavl'. 2017: 56. (In Rus.)
14. *Tarasenko A.P., Orobinskiy V.I., Merchalova M.E., Sorokin N.N.* Sovershenstvovaniye tekhnologii polucheniya kachestvennykh semyan i prodovol'stvennogo zerna [Improving the technology for producing quality seeds and food grain] // Lesotekhnicheskiy zhurnal. 2014; 1: 36–39. DOI: 10.12737/3343. (In Rus.)
15. *Hoepfner J.W., Entz M.H., McConkey B.G., Zentner R.P., and Nagy C.N.* Energy use and efficiency in two Canadian organic and conventional crop production systems. *Renewable Agriculture and Food Systems*: 21(1); 60–67. DOI: 10.1079/RAF2005118. (In English)
16. *Pimentel D., Heprly P., Hanson J., Doubs D., and Seidel R.* Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. *BioScience* 55; 7, July 2005: 573–582. (In English)
17. *Rigby D., Caceres D.* Organic farming and the sustainability of agricultural systems / *Agricultural Systems* 68 (2001) 21–40. (In English)
18. *Kirchmann H., Bergström L.* Organic Crop Production – Ambitions and Limitations. Springer Science+Business Media B.V., 2008: 247. DOI 10.1007/978-1-4020-9316-6. (In English)
19. *Mikkelsen R. and Hartz T.K.* Nitrogen Sources for Organic Crop Production. *Better Crops*. 92; 2008; 4: 16–19. (In English)

**Ключников Артём Сергеевич**, научный сотрудник. Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.П. Вильямса». 150517, Россия, Ярославская обл., Ярославский р-н., пос. Михайловское, ул. Ленина, д. 1. тел.: +7-485-243-75-67; e-mail: yaniizhk@yandex.ru.

**Artem S. Kliuchnikov**, Research Associate. Yaroslavl Research Institute of livestock breeding and Forage Production – Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology. 152517, Russian Federation, Yaroslavl region, Mikhailovskoye village, Lenina Str., 1. phone: +7-485-243-75-67; e-mail: yaniizhk@yandex.ru