

УДК 644.6/7

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОХРАНЕНИЯ КАЧЕСТВА СЕМЯН  
ПРИ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКЕ И ХРАНЕНИИ****Дондоков Юрий Жигмитович**

кандидат технических наук, доцент

Арктический государственный агротехнологический университет

г. Якутск, Россия

**Аммосов Иннокентий Николаевич**

старший преподаватель

Арктический государственный агротехнологический университет

г. Якутск, Россия

**Дринча Василий Михайлович**

доктор технических наук, профессор,

Арктический государственный агротехнологический университет,

г. Якутск, Россия

e-mail: vdrincha@list.ru

**Платонова Агафья Захаровна**

кандидат сельскохозяйственных наук

Арктический государственный агротехнологический университет

г. Якутск, Россия

**Филатов Александр Семенович**

кандидат сельскохозяйственных наук

Арктический государственный агротехнологический университет

г. Якутск, Россия

**Аннотация.** В данной статье рассматривается оценка качества семян по различным внутренним и приобретенным свойствам семенного зерна в процессе его послеуборочной обработки и хранения. К внутренним свойствам семян относятся жизнеспособность и другие факторы, влияющие на посевные и урожайные свойства семян, а также форма, размер, структура, цвет зерновок, насыпная плотность, теплопроводность, равновесная влажность и сыпучесть. Важными приобретенными свойствами семенного зерна является наличие посторонних примесей, физических повреждений и повреждений вредителями, а также чрезмерное содержа-

ние влаги. Обсуждены параметры ухудшения качества семенного зерна при послеуборочной обработке и хранении, а также роль сушки и условий хранения в сохранении качества. Обращается внимание на необходимость тщательного анализа влияния способа сушки на качество зерна при разработке стратегии сушки семенного зерна и послеуборочной обработки.

**Ключевые слова:** Семенное зерно, качество семян, влажность семян, температура воздуха, относительная влажность воздуха, равновесная влажность семян, равновесная относительная влажность воздуха, агент сушки, долговечность семян, жизнеспособность семян, всхожесть семян, послеуборочная обработка семян, способы хранения семян.

## CONCEPTUAL ISSUES OF PRESERVING SEED QUALITY DURING SEED CONDITIONING AND STORAGE

### **Dondokov Yuriy Zhigmitovich**

PhD in engineering science  
Arctic State Agrotechnological University  
Yakutsk, Russia

### **Ammosov Innokentiy Nikolaevich**

Assistant Professor  
Arctic State Agrotechnological University  
Yakutsk, Russia

### **Drincha Vasili Michailovich**

Doctor of Technical Sciences, Professor  
Arctic State Agrotechnological University  
Yakutsk, Russia  
e-mail: vdrincha@mail.ru

### **Platonova Agafya Zakharovna**

PhD in agricultural sciences  
Arctic State Agrotechnological University  
Yakutsk, Russia

### **Philatov Alexandr Semenovich**

PhD in agricultural sciences  
Arctic State Agrotechnological University  
Yakutsk, Russia

**Abstract.** This article discusses the assessment of seed quality based on various intrinsic and acquired properties of seed grain during postharvest handling and storage. Intrinsic properties of seeds include viability and other factors affecting sowing and yield properties of seeds, as well as shape, size, structure, color of grain kernels, bulk density, thermal conductivity, equilibrium moisture content, and flowability. Important acquired properties of seed grain include the presence of foreign matter, physical damage, pest damage, and excessive moisture content. The parameters of seed grain quality deterioration during postharvest handling and storage, as well as the role of drying and storage conditions in maintaining quality, are discussed. Attention is drawn to the need for a thorough analysis of the effect of the drying method on grain quality when developing a seed grain drying and postharvest handling strategy.

**Keywords:** Seed grain, seed quality, seed moisture, air temperature, relative air humidity, equilibrium seed moisture, equilibrium relative air humidity, drying agent, seed durability, seed viability, seed germination, post-harvest seed treatment, seed storage methods

**Введение.** За последние 50-70 лет доступность высококачественных семян улучшенных сортов с.-х. культур, наряду с современным машинным оборудованием, эффективными удобрениями и более совершенными способами защиты растений от вредителей и болезней, произвели революцию в сельском хозяйстве [6, 8].

Семенная индустрия сыграла жизненно важную роль в этой современной с.-х. революции с ее расширяющимися производственными возможностями, эффективностью в быстром увеличении количества семян высокопродуктивных сортов и эффективным поддержанием генетической чистоты. Количество семян, необходимых хозяйствам каждый год, огромно.

До эпохи современного сельского хозяйства семена обычно были побочным продуктом производства зерна или сена. Часто самая плохая часть урожая сохранялась в качестве семян, которые часто собирались с сеновалов вместе с мякиной, половой и другим побочным материалом. Иногда в хозяйствах появлялись избытки семян, что позволяло их обменивать с соседями. Хотя семена периодически были доступны на рынке, поставки были спорадическими и часто сомнительного качества. Иногда использовались недобросовестные маркетинговые ходы, чтобы воспользоваться неспособностью потребителей идентифицировать семена и их качество. Это привело к скептицизму относительно качества семян, купленных в хозяйствах, и создало атмосферу недоверия, которая действовала против развития семенной индустрии.

Развитию и эволюции семенной промышленности способствовали несколько факторов:

- увеличение числа новых и доступных сортов;
- разработка программ сертификации семян и обеспечения соблюдения законодательства о семенах;
- лучшее знание качества семян;
- появление семеновода как специалиста.

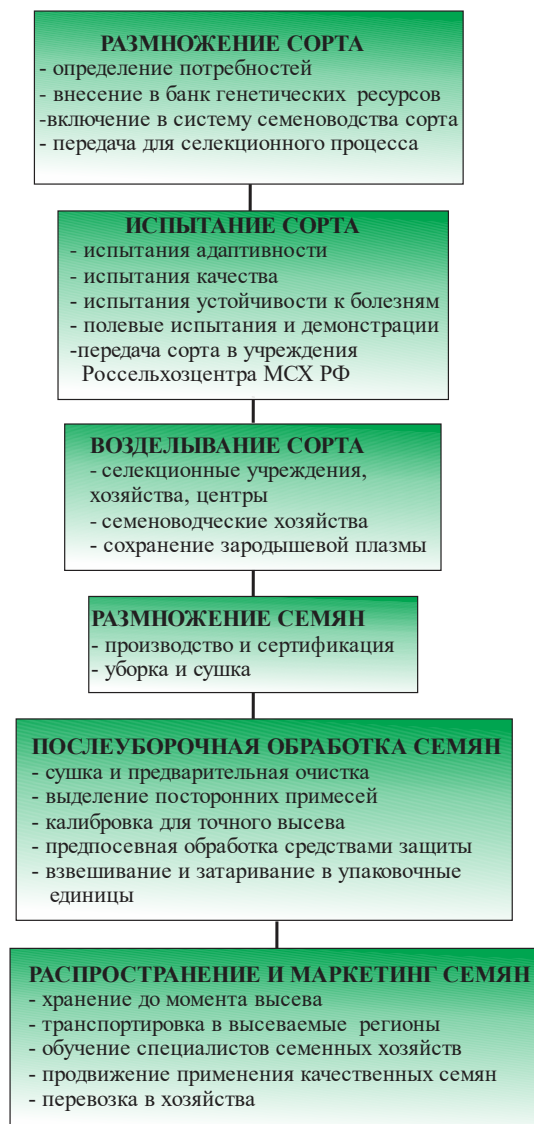
Появляющееся законодательство о семенах в конце 19 и начале 20 веков, а также появление сети опытных станций стимулировало разработку улучшенных сортов с.-х. культур. В России первая опытная с.-х. станция была организована Вольным экономическим обществом в 1886 г. (с. Богодухово Орловской губернии). Сертификация семян была прямым продолжением сети опытных станций. В некоторых странах Программы сертификации семян разрабатывались в начале 20 века и большинство новых выведенных сортов полевых культур стали доступны в виде сертифицированных семян. В этот период некоторые хозяйства начали покупать семена у признанных производителей семян, а не высевать свои собственные семена «из мусорных баков» [7, 12].

С появлением новых сортов возникла необходимость в сильной семенной промышленности с возможностью быстрого размножения и распространения семян с соответствующими гарантиями чистоты сорта. В противном случае эффективность новых улучшенных сортов была бы утрачена.

В первой половине 20 века технологии послеуборочной обработки и подготовки семян достигли огромных успехов. Были разработаны принципы и машины, позволяющие при высокой производительности очищать семенной материал от органических и минеральных примесей. Также были разработаны машины для повышения продуктивности семян путем выделения из семенной смеси некачественных семян [4, 5].

Появились возможности для химической обработки и инокуляции семян и упаковки их в привлекательные контейнеры для реализации [3]. Тестирование качества семян было разработано как услуга для производителей семян, так и для зерносеющих хозяйств, что давало новые знания о качестве семян и во многом способствовало повышению осведомленности о качестве семян среди специалистов растениеводческих хозяйств и производителей семян.

Семенная индустрия охватывает широкий спектр научных, технологических, маркетинговых областей и обеспечивает производство высококачественных семян и поставку их хозяйствам (рис. 1).



**Рис. 1.** Этапы производства, послеуборочной обработки и поставки качественных семян хозяйствам семенной промышленностью

Селекция растений, производство и сертификация семян, контроль качества, послеуборочная обработка, хранение и маркетинг жизненно важны для того, чтобы сделать высококачественные семена доступными для хозяйств. Семеноводческая промышленность уникальна тем, что ее продукция – семена, производятся в хозяйствах и возвращаются в хозяйства. Более того, семена, подготовленные для посева, не имеют никакой важной ценности для любого использования, кроме как в качестве посевного материала.

Производство семян, больше не является побочным продуктом производства зерна или сена, крупная семенная промышленность развилась в зернопроизводящих районах, а также в регионах, далеко удаленных от места выращивания семян.

В результате чего, развилась сеть размножения и реализации семян на обширных географических территориях.

Несмотря на растущие требования ко всем процессам производства семян, включая полевые операции и послеуборочную обработку, и хранение семян, избежать существенных количественных и качественных потерь семян практически не удастся, а задача сохранения качества семян на всех этапах обращения с ними является одной из главных проблем с.-х. производства [9, 10].

Целью статьи является проведение ретроспективного анализа влияния процессов послеуборочной обработки и хранения семян на количественные потери семян и снижение их качества.

**Материалы и методы исследования.** В основе проведенных исследований применен метод системного ретроспективного анализа технологических процессов и машинных систем. Проведенный анализ является обобщенным результатом многолетних экспериментальных исследований авторов статьи, посвященных исследованию машинных технологий послеуборочной обработки зерна и подготовки семян к хранению и посеву.

Объектом исследований были технологические процессы послеуборочной обработки семян основных зерновых культур, а также влияние их на качество семенного зерна и его сохранность.

**Результаты и обсуждение.** Семена обладают уникальным свойством выживания и жизнеспособными регенеративными организмами до тех пор, пока время и условия не станут подходящими для начала нового поколения; однако, как и любая другая форма жизни, они не могут сохранять свою жизнеспособность бесконечно и в конечном итоге теряют качество и погибают. К счастью, ни природа, ни с.-х. практика обычно не требуют, чтобы семена выживали дольше, чем следующий вегетационный сезон, хотя семена большинства видов способны выживать гораздо дольше при надлежащих условиях обработки и хранения.

Естественно, возникает вопрос, что же такое качество семян?

Словарное определение слова «качество» дает ему то же значение, что и «характеристики» или «свойства». В этом смысле можно сказать, что каждый тип семян обладает многими свойствами, которые в совокупности определяют его качество. Рассмотрение различных свойств или качеств по отдельности или в совокупности позволяет классифицировать и оценивать семена, а также проектировать и разрабатывать оптимальные технологии его обработки, хранения и переработки. Качество семян можно сгруппировать в две широкие категории, а именно внутренние и приобретенные качества.

*Внутренние или присущие качества* – это те, которыми обладает неповрежденное, здоровое и созревшее семя. Они включают биологические свойства и жизнеспособность семян, а также физические свойства: форму, размер, структуру

и цвет и др. и имеют значение для определения описания типа семенного зерна, с помощью которого его можно идентифицировать. Физико-механические характеристики семян, такие как насыпная плотность, теплопроводность, равновесная влажность и сыпучесть, являются внутренними качествами, важными в отношении разработки технологических процессов и машин для обработки и хранения семян.

Зерновки являются живыми организмами и соответственно содержат, помимо минералов и воды, такие соединения, как белки, жиры, крахмал, волокно и др. Природа, пропорции и распределение этих компонентов в зерне специфичны для каждого типа и сорта зерна и, можно сказать, составляют его внутреннее качество, которое связано с пищевой ценностью зерна (табл. 1) [11].

Таблица 1

**Химический состав зерна пшеницы, кукурузы и риса, %**

Культуры	Белок	Жир	Крахмал	Волокно
Пшеница	10,6	1,9	69,7	1,0
Кукуруза	9,8	4,9	63,6	2,0
Рис	7,3	2,2	64,3	0,8

Важные биологическим свойством семян является интенсивность дыхания, являющейся функцией влажности семян и влияющей на их сохранность и всхожесть, которая важна при использовании зерна в качестве посевного материала или для выращивания солода. Эти два качества являются внутренними, как и врожденная восприимчивость к заражению.

Все семенное зерно подвержено заражению насекомыми и/или заражению микроорганизмами, но различные типы или сорта семян характеризуются различиями в их относительной восприимчивости к такому воздействию [1, 2]. Данное качество важно для технологов, контролирующих перемещение семян через систему послеуборочной обработки. Наименее устойчивое зерно к заражению, следует быстро пропускать через технологические линии послеуборочной обработки или повышать его защиту от воздействия на него насекомых и вредителей.

Ухудшение качества семян различается в зависимости от популяции семян. В настоящее время хорошо известно, что некоторые сорта демонстрируют меньшую стойкость снижения качества, чем другие. Даже в пределах сорта потенциал хранения отдельных партий различается, и даже в пределах одной партии семян отдельные семена имеют разную стойкость в процессе хранения.

*Приобретенные качества* – это те, которые не являются внутренними или исходными, перед уборкой или поступлением семян на послеуборочную обработку. Они, обычно, являются внешними и, следовательно, дополняют внутренние качества, либо вследствие потери или изменения определенных внутренних ка-

честв семян. Важность приобретенных качеств зависит от их природы и степени их проявления, но, как правило, они обуславливают снижение качества исходного семенного зерна.

Во время уборки и обмолота в семенной материал поступают посторонние примеси: семена сорняков, солома, мякина, песок, камни, почва и др., присутствие которых может иметь далеко идущие последствия для общего качества и стоимости семян. Органические посторонние примеси часто служат средой для насекомых-вредителей или подходящим субстратом для развития микроорганизмов, которые сами по себе являются посторонними примесями, но имеют активную природу.

Влажность и температура семян имеет чрезвычайно важное значение не только для их хранения, но и для послеуборочной обработки и уборки [1, 2, 13].

Гигроскопическая природа семян позволяет им поддерживать равновесное содержание влаги при любой заданной относительной влажности. Равновесие достигается, когда семена больше не имеют тенденции поглощать или терять влагу.

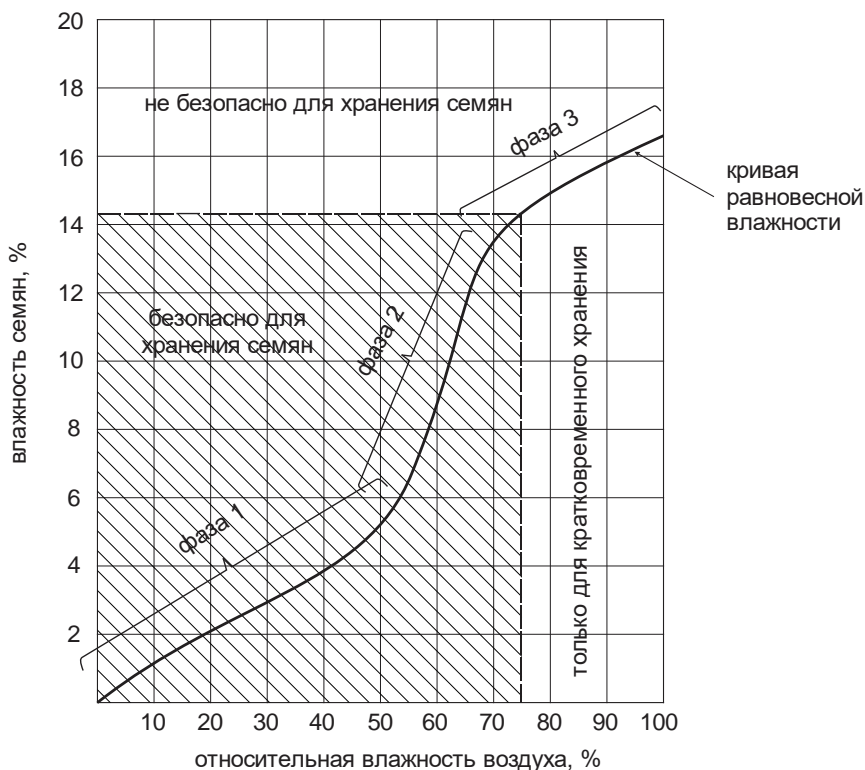
Кривые гигроскопического равновесия, также называемые изотермами абсорбции, являются графическими выражениями взаимосвязи между содержанием влаги в семенах и их относительной влажностью окружающей среды при постоянных температурах. Они устанавливаются путем измерения поглощения или десорбции при последовательных относительных влажностях и могут использоваться для прогнозирования содержания влаги в семенах при любой заданной относительной влажности. Кривая равновесия гигроскопической влаги представляет собой сигмовидную кривую с тремя довольно отчетливыми фазами, представляющими различные стадии поглощения или десорбции воды (рис. 2).

Первая фаза представляет собой очень прочно удерживаемую воду, которая фактически может быть частью химической структуры семени. Этот вид воды не может быть удален без разрушения ткани семени. Эта фаза может также включать некоторое количество воды, удерживаемой в виде дискретных молекул в связующих взаимодействиях с молекулами ткани семян. Вторая фаза кривой равновесия влажности представляет воду, которая удерживается слабее, чем вода первой фазы. Для большинства семян эта часть равновесия влажности представлена прямой линейной зависимостью между относительной влажностью и содержанием влаги. Вода, представленная верхней частью второй фазы, легко удаляется при сушке; однако нижняя часть, представляющая прочную связь, удалить трудно. Вода в верхней части второй фазы вносит значительный вклад в ухудшение качества семян во время хранения.

Вода в третьей фазе представляет собой воду, свободно удерживаемую очень слабыми связями и свободной водой в межклеточном и межтканевом про-



странстве. Она легко удаляется во время сушки; но, если ее не удалить, она способствует быстрой порче семян.



**Рис. 2.** Изотерма абсорбции, показывающая связь влажности семян с относительной влажностью воздуха при заданной температуре

Сушка семян должна быть щадящей и характеризуется намного более низкими температурами теплоносителя, чем при сушке продовольственного или фуражного зерна. При этом, особое внимание следует уделять на значения максимального влагосъема за один пропуск семян через сушилку (табл. 2).

Таблица 2

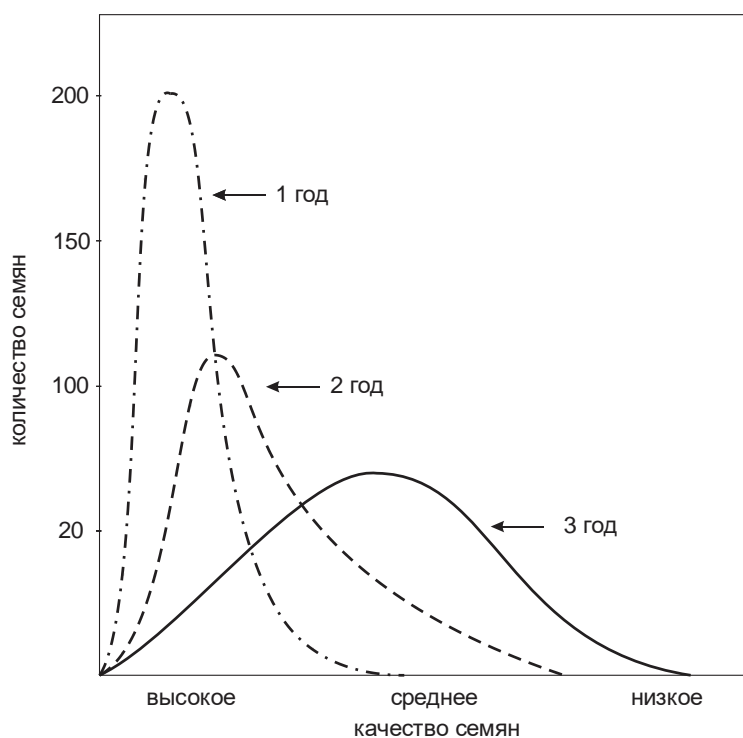
**Влияние влагосъема на образование трещин от теплового напряжения в зерновках кукурузы при температуре сушки 71 °С**

Влагосъем (уменьшение влажности), %	Зерновки с многочисленными трещинами, %
22-18	5,0
22-16	86,9
22-14	100,0

Комбайновая уборка и послеуборочная обработка семян, неизбежно приводят к механическим повреждениям. Хотя непосредственное воздействие таких повреждений на качество семян обычно является незаметным, отсроченные эф-

факты механических повреждений на жизнеспособность и долговечность семян, а также на стойкость при их хранении гораздо более проблемны и имеют серьезные экономические последствия. Ухудшение качества семян неизбежно и прогрессирует; таким образом, небольшие механически поврежденные области, которые изначально не оказывают большого влияния на продуктивность семян и могут впоследствии увеличиться в размерах и вызвать ухудшение жизненно важных эмбриональных тканей, что приводит к существенному снижению качеству семян. Прямые повреждения эмбриональных тканей гораздо более пагубны для долговечности семян, чем крупные повреждения неэмбриональных тканей. Механические повреждения также способствуют проникновению грибов хранения через трещины в семенной оболочке.

Партия семян состоит из отдельных семян, каждая из которых обладает своей уникальной способностью произрастать и развиваться в полевых условиях. Из гипотетического распределение снижение качества семян сои в течение трехлетнего периода (рис. 3) можно сделать следующие выводы.



**Рис. 3.** Гипотетическое распределение снижения качества семян сои в течение трехлетнего периода.

Доля высококачественных семян в популяции уменьшается с увеличением времени хранения. Кривые смещаются в сторону понижения качества семян, при этом размах становится шире с увеличением времени хранения. По мере старения семян общий уровень качества партии семян снижается. Поскольку некоторые

семена по своей природе сильнее других, остаток высококачественных семян сохраняется даже после трехлетнего периода хранения. Суть этого примера в том, что семена в хранилище не погибают одновременно, а стареют с разной скоростью. Таким образом, общие популяционные исследования ухудшения качества семян в процессе хранения не отражают то, что происходит на уровне отдельных семян.

Физическое и физиологическое состояние семян сильно влияют на их жизнеспособность и долговечность. Механически или термически травмированные семена портятся быстрее, чем неповрежденные семена. Даже при отсутствии физических симптомов семена могут быть физиологически повреждены и стать восприимчивыми к быстрому ухудшению качества. Незрелые и мелкие семена в партии семян не хранятся так же хорошо, как зрелые и крупные семена. Твердость семян, как правило, увеличивает их долговечность.

Ухудшение качества семян – неизбежный процесс. Все живые существа в конечном итоге теряют качество и погибают. Снижение жизнеспособности семян по-прежнему остается неизбежным результатом жизни, однако скорость ее ухудшения можно замедлить с помощью оптимальных способов послеуборочной обработки и хранения семян.

**Заключение.** Производство семян – это сложный технологический процесс, включающий множество различных и интегрированных операций, а семенная промышленность является основой конкурентоспособности растениеводства и с.-х. производства в целом.

Совершенствование системы производства семян и повышение профессионального уровня специалистов-семеноводов, а также развитие семенной индустрии тесно связаны между собой.

Снижение качества семян – необратимый процесс. После снижения качества семян этот анаболический процесс не может быть обращен вспять. Семена низкого качества не могут быть превращены в семена высокого качества. Хотя некоторые механизмы предпосевной подготовки или обработки семян фунгицидами улучшают всхожесть в поле. Эти обработки позволяют только оптимально реализовать потенциал семян; они не изменяют их основные физиологические качества.

Уменьшение количественных и качественных потерь семян является одной из главных проблем в сельскохозяйственном производстве.

### Список литературы

1. Аммосов И.Н. Технологические аспекты подавления насекомых-вредителей зерна азириванием / Аммосов И.Н., Дринча В.М., Борисенко И.Б. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование, 2022. – № 2 (66). – С. 537–544.

2. Дондоков Ю.Ж. Концептуальные положения сохранности зерна в процессе его хранения / Дондоков Ю.Ж., Аммосов И.Н., Дринча В.М. // Вестник АГАТУ, 2023 – №1(9). – С. 50-57
3. Дринча В.М. Протравливание семян и его качество // Земледелие – 2000. – № 1. – С. 34 –35
4. Дринча В.М., Пехальский И.А., Пехальская М.В. Влияние машинного воздействия на качество семян // Техника в сельском хозяйстве. – 1998. – №1. – С. 35–37
5. Дринча В.М. Проблема качества семян и пути его повышение сепарирующими рабочими органами // Международный сельскохозяйственный журнал. – 1995. – №3. – С. 49–51
6. Иванов Н. М. Технологии и техника для послеуборочной обработки зерна и семян: монография / Н. М. Иванов, Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов; СФНЦА РАН. – Новосибирск: СФНЦА РАН, 2021. – 277 с.
7. Смелик В.А. Послеуборочная обработка зерна и семян в условиях регионов повышенного увлажнения / В.А. Смелик, М.А. Новиков, А.Н. Перекопский, Л.И. Ерошенко. Монография. – С. Петербург, СПб ГАУ, 2023. – 162 с.
8. Стрикунов, Н. И. Технологические основы компоновки оборудования семяочистительных линий / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (207). – С. 99-104. – DOI: 10.53083/1996- 4277-2022-207-1-104-108
9. Фейденгольд В.Б. Меры борьбы с потерями зерна при заготовках, послеуборочной обработке и хранении на элеваторах и хлебоприемных предприятиях / Фейденгольд В.Б., Алексеева Л.В., Закладной Г.А., Львова Л.С., Темирбекова С.А. // М., ДеЛи принт, 2007, 302 с.
10. Bala V.K. *Drying and Storage of Cereal Grains*. John Wiley & Sons, Ltd, 2017, 354 p.
11. Brooker D.B., Baaker-Arkema F.W., Hall C.W. *Drying and Storage of Grains and Oilseeds*. Van Nostrand Reinhold, New York, 1992, 450 p.
12. Lawrence O. Copeland, Miller B. McDonald. *Principles of seed science and technology*. 4-th edition. Kluwer Academic Publisher. 2001, 478 p13/
13. Foster George H. *Heated. Air Grain Drying. Grain storage: Part of a system* Westport, Connecticut. The Avi publishing company, Inc. 1973, pp. 189-208.