

УДК 631.362:621.928

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАВМИРОВАНИЯ СЕМЕННОГО ЗЕРНА В ПРОТРАВИТЕЛЕ ПС-10**

Костенко Михаил Юрьевич  
д.т.н., профессор  
РИНЦ SPIN-код: 2352-0690  
kostenko.mihail2016@yandex.ru  
*ФГБОУ ВО РГАТУ*  
390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, дом 1

Салапин Илья Михайлович  
Аспирант  
1234-99-99@mail.ru  
*ФГБОУ ВО РГАТУ*  
390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, дом 1

Влияние механических повреждений, наносимых шнековыми транспортерами протравителя ПС-10, определяет существенные негативные последствия для развития растений. Эксперимент, проведенный в полевых условиях с соблюдением принципа одинаковых агротехнических приемов и погодных условий, позволил детально проанализировать влияние травмирования семян на ключевые параметры роста и развития. В качестве контрольной группы использовались не травмированные семена, прошедшие обработку без контакта со шнеками протравителя. В ходе вегетационного периода проводился тщательный мониторинг показателей, включающих всхожесть семян, высоту растений, количество листьев. Для объективности данных, измерения проводились на достаточно большой выборке, что обеспечило достоверность полученных результатов. Результаты показали, что семена, поврежденные шнеками, имеют значительно более низкую всхожесть по сравнению с контрольной группой. Кроме того, наблюдалась повышенная гибель всходов на ранних этапах развития. У растений из экспериментальной группы отмечались укороченные стебли, меньшее количество листьев, замедленный темп роста и развития. Данные исследования позволят изменить конструкцию шнековых транспортёров семян с целью снижения степени их повреждения

Ключевые слова: ТРАВМИРОВАНИЕ СЕМЯН, ШНЕКОВЫЙ ТРАНСПОРТЁР, МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕМЯН, ПОЛЕВАЯ ВСХОЖЕСТЬ, ПС-10

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-207-031>

<http://ej.kubagro.ru/2025/03/pdf/31.pdf>

UDC 631.362:621.928

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

### **STUDY OF SEED GRAIN TRAUMATIZATION IN DRESSING AGENT PS-10**

Kostenko Mikhail Yuryevich  
Dr.Sci.Tech., professor  
RSCI SPIN-code: 2352-0690  
kostenko.mihail2016@yandex.ru  
*FGBOU VO RGATU*  
390044, Russia Ryazan, ul.Kostycheva, 1

Salapin Ilya Mikhailovich  
Post graduate student  
234-99-99@mail.ru  
*FGBOU VO RGATU*  
390044, Russia Ryazan, ul.Kostycheva, 1

The effect of mechanical damage inflicted by screw conveyors of PS-10 dressing agent determines significant negative consequences for plant development. Field experiment conducted under the principle of the same agrotechnical practices and weather conditions allowed to analyze in detail the influence of seed traumatization on the key parameters of growth and development. Uninjured seeds treated without contact with the dressing screws were used as a control group. During the growing season, indicators including seed germination, plant height, and number of leaves were closely monitored. For the objectivity of the data, the measurements were carried out on a sufficiently large sample to ensure the reliability of the results obtained. The results showed that seeds damaged by screws had significantly lower germination compared to the control group. In addition, increased death of seedlings at early stages of development was observed. Plants from the experimental group had shorter stems, fewer leaves, and slower growth and development. These studies will allow to change the design of screw conveyors in order to reduce the degree of seed damage

Keywords: SEED TRAUMATIZATION, AUGER CONVEYOR, SEED MECHANICAL PROPERTIES, FIELD GERMINATION, PS-10

**Введение.** Травмирование семян - серьезная проблема, значительно снижающая посевные качества и, как следствие, урожайность сельскохозяйственных культур. Механические повреждения, получаемые семенами в процессе подготовки к севу, являются основной причиной этого явления. Рабочие органы большинства протравителей семян, в том числе и ПС-10, оснащены шнековыми транспортёрами и смесителями, которые оказывают значительное механическое воздействие на семена, приводящее к различным видам повреждений. Эти повреждения могут быть как видимыми, например, трещины в оболочке, так и скрытыми, затрагивающими внутреннюю структуру семени, невидимыми невооруженным глазом [1,4].

Повреждения семян вызывают цепную реакцию негативных последствий. Нарушается целостность семенной кожуры, что делает семя более уязвимым для проникновения патогенных микроорганизмов и вредителей. Повреждения нарушают процессы обмена веществ внутри семени, снижая его энергетический потенциал и замедляя процессы прорастания. Это проявляется в замедленном появлении ростков и уменьшении энергии прорастания. Даже если семя и прорастёт, поврежденное растение будет ослабленным, более подверженным болезням и стрессовым факторам, таким как засуха или заморозки. В результате, травмированные семена демонстрируют значительно более низкую полевую всхожесть, что приводит к неравномерным всходам и значительному снижению урожая. Величина потерь урожая может достигать десятков процентов, в зависимости от степени повреждения семян и вида культуры [6,7].

Для оценки физиологического качества семян ключевым этапом является тестирование их всхожести и дальнейшего развития. Всхожесть семян представляет собой один из самых важных и общепринятых критериев, позволяющих определить способность к прорастанию. Этот

процесс помогает различать живые семена, которые способны к развитию, и мертвые, которые не смогут дать всходы. Тестирование всхожести семян может проводиться различными способами, включая метод пробирок, метод с использованием бумаги и метод полевых испытаний. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки, и выбор конкретного способа зависит от целей исследования и типа семян.

Важно помнить, что всхожесть — это не единственный параметр, который необходимо учитывать при оценке качества семян. Также следует обратить внимание на дальнейшее развитие всходов, что в совокупности дают полное представление о их физиологическом состоянии и потенциальной продуктивности.

### **Проблема и цель.**

Повреждение семян во время предпосевной обработки – серьёзная проблема, приводящая к значительным экономическим потерям для сельскохозяйственных предприятий. Снижение урожайности и ухудшение качества продукции напрямую связаны с физическим повреждением семенного материала, снижающим его энергию прорастания, устойчивость к заболеваниям и стрессовым факторам окружающей среды. Выбоины и сколы на поверхности эндосперма зерновок существенно влияют на их полевую всхожесть, снижая этот показатель до 42%. Более критичным является повреждение зародыша. Когда зародыш зерновки страдает от механических повреждений, семенные качества зерна практически теряются. В таких случаях снижение полевой всхожести может достигать 88% [2,8].

Наиболее распространенной причиной таких повреждений является использование машин с шнековыми механизмами, таких как шнековые транспортеры и смесители, применяемые для протравливания и обработки семян различными препаратами. В этих машинах семена подвергаются интенсивному механическому воздействию, вызванному вращением

шнеков, что приводит к образованию трещин, царапин на поверхности семени, а в худшем случае – к полному разрушению семенной оболочки и зародыша. Цель данного исследования заключалась в детальном анализе механических повреждений семян, возникающих в процессе предпосевной обработки на протравителе ПС-10, оборудованном шнековыми механизмами для перемешивания и транспортировки [3].

### **Материалы и методы исследования.**

Для проведения опыта в полевых условиях 26.08.2024 года была отобрана партия семян озимой пшеницы сорта Льговская 4 из-под протравителя марки ПС-20 в хозяйстве ООО «Мир», расположенного по адресу – Рязанская область, Александро-Невский район, с. Студёнки.



Рисунок 1 – Отбор семян пшеницы обработанных на протравителе ПС-20

Из указанной партии, с помощью цифрового микроскопа Mustool G1200 и функцией увеличения от 1 до 1200X, были отобраны семена не имеющие признаков травмирования в количестве 100 штук и партия семян в количестве 100 штук имеющие различные механические травмы.



a.



b.



c.



d.



e.



f.



g.



h.

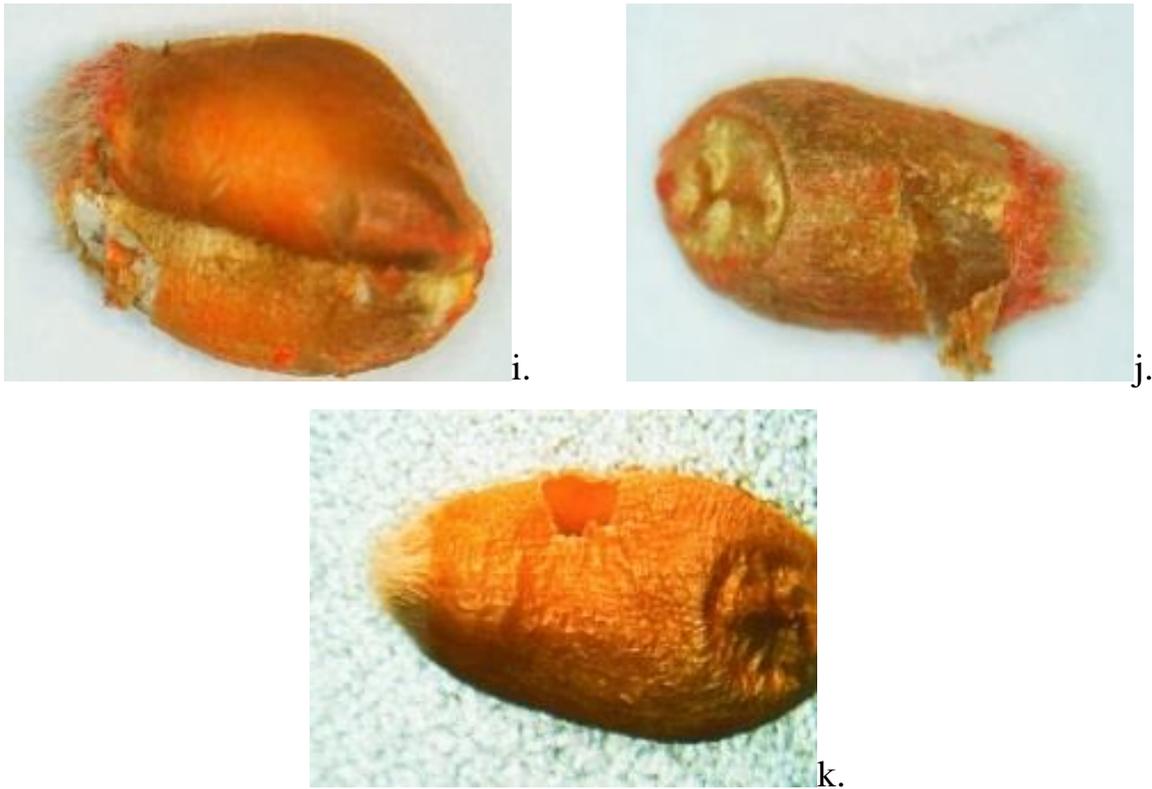


Рисунок 2 – Травмированные семена протравителем ПС-20

На рисунке 2 представлены семена озимой пшеницы влажностью 13,2% после протравливания со следующими повреждениями:

а,с,d,i– повреждение эндосперма;

е,f,j,k - повреждение околоплодника и семенной кожуры;

в,g,h - повреждение зародыша.

Сев семян проводился вручную на двух опытных участках 01.09.2024г. на глубину 5 см. при температуре 29 градусов, влажность почвы определена как очень сухая и РН почвы 7,0.



Рисунок 3 – КС-300 цифровой измеритель температуры и РН почвы

Появление первых всходов озимой пшеницы - важнейший этап в её развитии, маркирующий успешное прорастание зерна. Скорость прорастания напрямую зависит от внешних факторов, прежде всего, температуры и влажности почвы. В оптимальных условиях, при температуре 14-16°C и достаточном уровне увлажнения, первые всходы можно наблюдать уже через 7-9 дней после посева и для данного опыта проводилось искусственное орошение. Однако, в обычных условиях, без искусственного поддержания оптимального микроклимата, этот период растягивается до 15-25 дней. Наличие достаточного количества влаги критически важно – семя должно набухнуть, чтобы запустить процессы прорастания. Недостаток влаги приводит к задержке всходов или даже гибели зерна. Кроме температуры и влажности, на скорость прорастания влияет глубина заделки семян, механический состав почвы (рыхлость, аэрация) и, конечно же, качество самого посевного материала - видовые особенности, обработка семян перед посевом (протравливание, предпосевная обработка стимуляторами роста), а также уровень повреждений зерна.

### **Результаты исследований и обсуждение.**

Протоколом испытаний проб семян пшеницы мягкой озимой сорта Льговская 4 от 05.08.2024г. №441-448, выданного Ново-Деревенским районным отделом филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Рязанской области, было установлено следующее: - энергия прорастания 97%; - всхожесть 98%; - влажность 11,7%.

На начальном этапе развития растений были взяты для исследования под микроскопом проросшие семена с участка №1. В результате смыва и рассмотрения полученных образцов были зафиксированы на семенах места с травмами, которые и влияли на развитие корневой системы и в целом всего растения.



Рисунок 4 – Проросшие семена имеющие признаки травмирования

Эти процессы – дыхание (клеточное окисление) и гидролиз запасных веществ – тесно взаимосвязаны и критичны для успешного прорастания. Нарушение работы ферментов, таких как амилазы (расщепляющие крахмал), протеазы (расщепляющие белки) и липазы (расщепляющие жиры), приводит к недостатку энергии и строительных материалов, необходимых для роста зародыша. В поврежденных семенах, даже при начальном быстром росте, наблюдается характерное явление: замедление, а затем и полная остановка роста coleoptily – защитного чехла, окружающего первичный лист. Это обусловлено несколькими факторами. Во-первых, недостаток энергии, вызванный ферментной дисфункцией, не позволяет coleoptily эффективно пробиваться сквозь почву. Во-вторых, недостаток строительных материалов может приводить к ослаблению клеточных стенок coleoptily, делая его более подверженным повреждениям. В-третьих, нарушение водного баланса в клетках также может играть существенную роль. Дефицит воды, связанный с неправильным функционированием ферментов, приводит к дегидратации клеток и замедлению роста. В результате, coleoptиль не справляется с прорастанием, и первичный лист, не имея возможности прорваться через него верхушечно, пробивается сбоку, что препятствует нормальному

развитию растения. Это приводит к появлению так называемых "слепых" всходов – растений, застрявших под поверхностью земли, которые вскоре погибают из-за недостатка света и кислорода. Такая ситуация может быть вызвана различными причинами, а в данном случае это связано с повреждением семян.

На опытных участках всходы пшеницы были зафиксированы 7 сентября 2024 г. Дальнейший рост и развитие растений документировались с помощью фотосъемки, позволяющей отслеживать динамику роста, оценивать состояние растений.



08.09.2024г



08.09.2024г



11.09.2024г



11.09.2024г



16.09.2024г



16.09.2024г



27.09.2024г



27.09.2024г



20.10.2024г



20.10.2024г



15.11.2024г

а



15.11.2024г

б

а - участок с травмированными семенами №1; б - участок с полноценными семенами № 2

Рисунок 5 – Общий вид растений в процессе вегетации

Поврежденные семена пшеницы демонстрируют значительно сниженные показатели силы роста и полевой всхожести по сравнению с семенами, которые не подвергались травмам. Это явление можно объяснить тем, что в семена с повреждениями проникает патогенная микрофлора, которая негативно сказывается на их развитии. Проростки, полученные из травмированных семян, не только отстают в росте, но и имеют более слабую структуру по сравнению с ростками, вырастающими из неповрежденных семян. Это может быть связано с тем, что поврежденные семена часто имеют недостаточное количество питательных веществ и энергии, необходимых для полноценного развития. Например, они могут содержать меньше запасов углеводов и белков, что является критически важным для начального этапа роста [5].

Таблица 1 – Сравнение опытных участков №1 и №2

Дата	Количество растений на участке, шт.		Отличие участка №2 от участка №1, %.	Средняя высота растений на участке, см.		Отличие участка №2 от участка №1, %.	Среднее количество листьев на одном растении, шт.		Отличие участка №2 от участка №1, %.
	№1	№2		№1	№2		№1	№2	
08.09.2024г.	81	92	12	2,3	2,6	12	1	1	0
11.09.2024г.	81	92	12	3,7	4,3	14	1,3	1,5	13
16.09.2024г.	80	92	13	5,3	6,5	18	2,3	2,7	15
27.09.2024г.	76	91	16	7,8	9,4	17	5,2	6,2	16
20.10.2024г.	73	89	18	10,1	12,0	16	8,4	10,5	20
30.10.2024г.	72	89	19	11,2	13,5	17	10	14	25

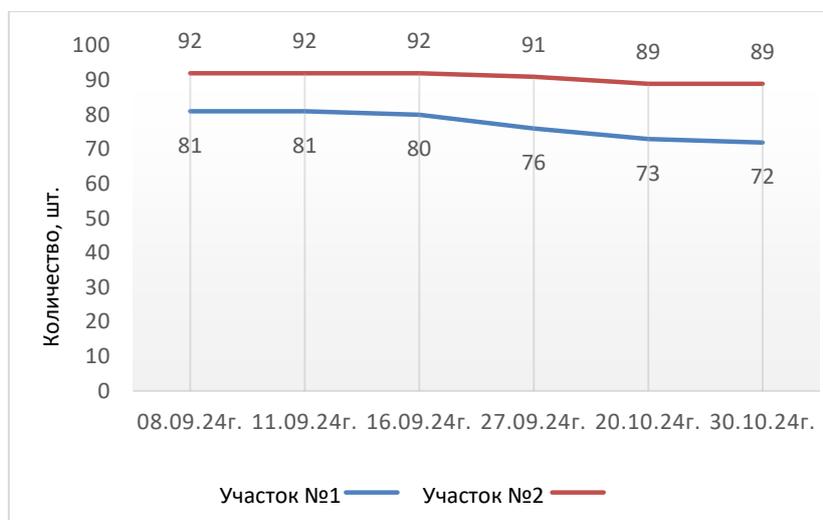


Рисунок 6 – Количество растений на опытных участках, шт.

Начальные данные, полученные 8 сентября 2024 года, показали существенное различие во всхожести семян на двух опытных участках. Участок №2 продемонстрировал достаточно хорошую всхожесть – 92%, в то время как на участке №1 этот показатель составил лишь 81%. Низкая всхожесть семян озимой пшеницы на участке №1 обусловлена, прежде всего, дисфункцией ферментных систем, ответственных за ключевые метаболические процессы в период прорастания. Повторный подсчет растений, произведенный 30 октября 2024 года, показал дальнейшее отклонение в росте и развитии посевов. На участке №2 сохраняется высокая плотность растений – 89%, что свидетельствует о стабильном развитии после прорастания. Однако на участке №1 наблюдается более

существенное отставание: 72% выживших растений. Это подтверждает начальные опасения о проблемах с ферментными системами и другими факторами, повлиявшими на жизнеспособность всходов. Разница в 19 процентных пункта между участками №1 и №2 наглядно показывает результат развития травмированных семян.

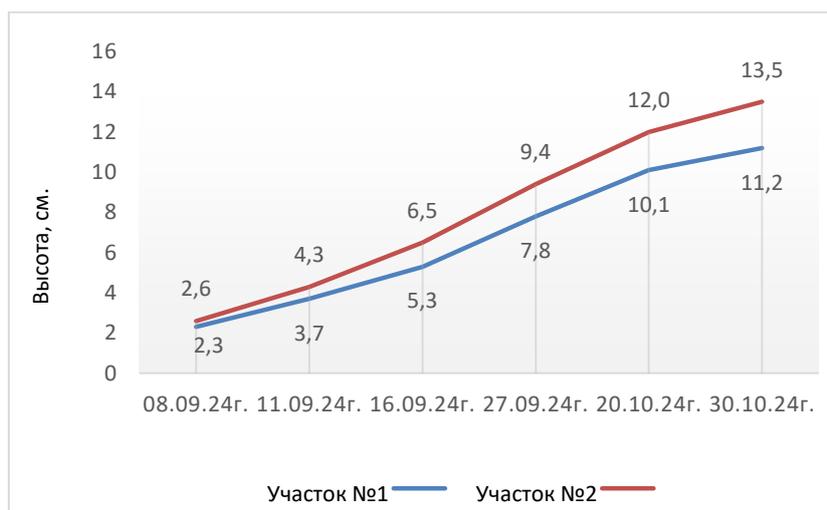


Рисунок 7 – Средняя высота растений на опытных участках, см.

Этапы развития растений на опытных участках продемонстрировали и разницу в росте. Анализ показал, что высота растений, выращенных из неповрежденных семян, в среднем составила 13,5 см, в то время как высота растений из травмированных семян достигла лишь 11,2 см. Это различие составляет 17%, что указывает на существенное негативное влияние повреждений семян на последующее развитие растений. В зависимости от типа и степени повреждения, последствия могут варьироваться. Например, мелкие поверхностные повреждения могут не оказывать значительного влияния на всхожесть, тогда как глубокие повреждения, затрагивающие зародыш, могут привести к гибели семени или значительному снижению темпов роста.

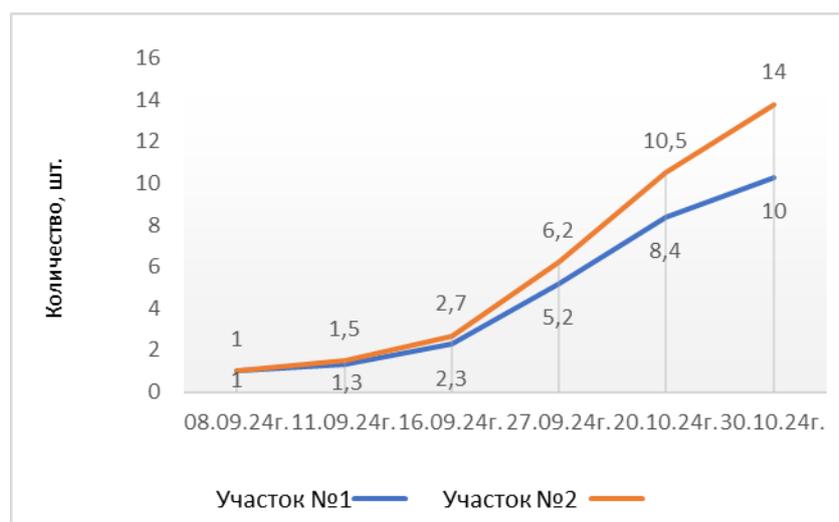


Рисунок 8 – Среднее количество листьев на одном растении, шт.

Ключевым показателем стало количество листьев на одном растении – важный индикатор общего состояния и потенциальной урожайности. Анализ показал, что растения, выращенные из целых, неповрежденных семян, демонстрируют большую кустистость и, соответственно, большее количество листьев. В среднем, на одном растении из целого семени насчитывалось 14 листьев. Это свидетельствует о полноценном развитии корневой системы, обеспечивающей эффективное поглощение питательных веществ и влаги. Более того, более развитая корневая система обеспечивает лучшую устойчивость к стрессовым факторам окружающей среды, таким как засуха или избыток влаги. Напротив, растения, выращенные из травмированных семян, продемонстрировали значительно меньшую кустистость и меньшее количество листьев – в среднем всего 10 на одно растение. Это снижение на 25% по сравнению с контрольной группой указывает на негативное влияние повреждения семени на его последующее развитие. Причиной такого отставания являются механическое повреждение зародыша, эндосперма или оболочки семени, что приводит к нарушению процессов роста.

Травмированные семена могут быть подвержены и более высокому уровню стресса, что также сказывается на их способности к адаптации и выживанию в полевых условиях. В условиях, когда растения сталкиваются с неблагоприятными факторами окружающей среды, такими как засуха или высокая влажность, слабые ростки из поврежденных семян могут не справляться с этими вызовами и, как следствие, показывать низкую урожайность.

Исследования показывают, что использование здоровых семян, свободных от повреждений и инфекций, является ключевым фактором для достижения высоких результатов в сельском хозяйстве. Важно также отметить, что правильное хранение и обработка семян могут значительно снизить риск повреждений и последующего заражения.

### **Выводы.**

Разница в развитии растений на данных опытных участках, в указанную выше дату, составила 17%, а по количеству листов на одном растении 23%. Поврежденные семена пшеницы демонстрируют значительно сниженные показатели силы роста и полевой всхожести по сравнению с семенами, которые не подвергались травмам.

Результаты исследований показали высокую всхожесть и высокую степень развития семян, которые не имеют травм. Это говорит о качестве и жизнеспособности таких семян, которые, как правило, обеспечивают более надежный старт для растений. В то же время, травмированные семена демонстрируют высокую степень гибели на начальном этапе своего роста, а также относительно низкую степень своего развития.

### **Библиографический список**

1. Нуруллин, Э.Г. Экспериментальное исследование травмирования семян в сельскохозяйственных машинах / Э.Г. Нуруллин, Р.А. Файзуллин // Вестник Казанского ГАУ. – 2022. - № 2(66). – С. 99-05

2. Пехальский, И.А. Травмирование внутренних структур зерновок как фактор снижения продуктивности семян зерновых культур / И.А. Пехальский, В.М. Кряжков, А.А. Артюшин, В.Ф. Сорочинский // Научный журнал КубГАУ. – 2016. – №117(03)
3. Протравливатель семян ПС-20 / Руководство по эксплуатации ИЯПБ.10.00.00.000 РЭ. - Горки: ООО «Ремком», 2019. - 29 с.
4. Скворцова Ю.Г. Влияние травмирования семян озимой пшеницы на их посевные качества / Ю.Г. Скворцова, Е.В. Ионова // Аграрный вестник Урала. – 2015. - №11(141). – С. 16-19
5. Тарасенко, А.П. Снижение травмирования семян при уборке и послеуборочной обработке / А.П. Тарасенко. – Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2003. – 331 с.
6. Тарасенко, А.П. Совершенствование технологии получения качественных семян и продовольственного зерна / А.П. Тарасенко, В. И. Оробинский, М. Э. Мерчалова, Н. Н. Сорокин // Лесотехнический журнал. – 2014. – №1. – С. 36-41
7. Шарафутдинов М.Х. Приемы профилактики травмированности семян яровой пшеницы / М.Х. Шарафутдинов, Л.С. Нижегородцева, Р.И. Сафин // Зерновое хозяйство России. – 2017. - №2. – С. 69-72
8. Feizollah Shahbazi. Mechanical damage to wheat and triticale seeds related to moisture content and impact energy / Feizollah Shahbazi // Agricultural Engineering International. – 2012. - № 14(4). – С. 150-155
9. Richard W. Smiley. Diseases which Challenge Global Wheat Production—Root, Crown, and Culm Rots / Richard W. Smiley, David Backhouse, Philippe Lucas, Timothy C. Paulitz // Wheat Science and Trade. – 2009. - С. 125-153

## REFERENCES

1. Nurullin, Je.G. Jeksperimental'noe issledovanie travmirovaniya semjan v sel'skohozjajstvennyh mashinah / Je.G. Nurullin, R.A. Fajzullin // Vestnik Kazanskogo GAU. – 2022. - № 2(66). – S. 99-05
2. Pehal'skij, I.A. Travmirovanie vnutrennih struktur zernovok kak faktor snizheniya produktivnosti semjan zernovyh kul'tur / I.A. Pehal'skij, V.M. Krjazhkov, A.A. Artjushin, V.F. Sorochinskij // Nauchnyj zhurnal KubGAU. – 2016. – №117(03)
3. Protravlivatel' semjan PS-20 / Rukovodstvo po jekspluatatsii IJaPB.10.00.00.000 RJe. - Gorki: ООО «Ремком», 2019. - 29 s.
4. Skvorcova Ju.G. Vlijanie travmirovaniya semjan ozimoy pshenicy na ih posevnye kachestva / Ju.G. Skvorcova, E.V. Ionova // Agrarnyj vestnik Urala. – 2015. - №11(141). – S. 16-19
5. Tarasenko, A.P. Snizhenie travmirovaniya semjan pri uborke i posleuborochnoj obrabotke / A.P. Tarasenko. – Voronezh: FGOU VPO VGAU, 2003. – 331 s.
6. Tarasenko, A.P. Sovershenstvovanie tehnologii poluchenija kachestvennyh semjan i prodovol'stvennogo zerna / A.P. Tarasenko, V. I. Orobinskij, M. Je. Merchalova, N. N. Sorokin // Lesotehnicheskij zhurnal. – 2014. – №1. – S. 36-41
7. Sharafutdinov M.H. Priemy profilaktiki travmirovannosti semjan jarovoj pshenicy / M.H. Sharafutdinov, L.S. Nizhegorodceva, R.I. Safin // Zernovoe hozjajstvo Rossii. – 2017. - №2. – S. 69-72
8. Feizollah Shahbazi. Mechanical damage to wheat and triticale seeds related to moisture content and impact energy / Feizollah Shahbazi // Agricultural Engineering International. – 2012. - № 14(4). – S. 150-155
9. Richard W. Smiley. Diseases which Challenge Global Wheat Production—Root, Crown, and Culm Rots / Richard W. Smiley, David Backhouse, Philippe Lucas, Timothy C. Paulitz // Wheat Science and Trade. – 2009. - S. 125-153