

УДК 633.11:631.811:631.559:632
ГРНТИ 68.37.13
DOI 10.24412/2409-3203-2021-27-13-18

НАНОЧАСТИЦЫ ЖЕЛЕЗА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Тимофеев Вячеслав Николаевич

к.с.-х.н., научный сотрудник НИИСХ Северного Зауралья
ТюмНЦ СО РАН
Россия, г. Тюмень

Аннотация: Исследования по применению наночастиц микроэлементов проведены в стандартной системе возделывания и защиты яровой пшеницы. Подготовка семян в опытных образцах включала протравливание химическим протравителем с добавлением инсектицида и удобрения, контрольные варианты и варианты с применением протравителя с добавлением препаратов таких как биогенное железо, нанокремний, а также варианты с обработкой смесью нанопрепаратов лист + биогенное железо + нанокремний + цинк + с включением фунгицида и инсектицида по вегетации. Отмечалось сдерживающее влияние биогенного железа на всхожесть семян, стимуляции роста проростков и главного корня по сравнению с контролем. Применение биогенного Fe в смеси с протравителем снижало длину coleoptile на 2,3-2,6 см, а применение в смеси с большим количеством препаратов имело еще больший токсический эффект снижая длину coleoptile на 2,6-2,9 см. Применение данных препаратов влияло на снижение болезней семян на 70% при большом наборе разных по действию и на 90% при применении с химическим протравителем. Эффективность испытываемых препаратов против корневых гнилей снижалась на фоне классического химического протравителя на 10-30%. Урожайность культуры возрастала от варианта без сзр к вариантам с применением биогенного железа преимущественно в фазу колошения на 0,4-0,7 т/га.

Ключевые слова: наночастицы, яровая пшеница, защита растений, урожайность

IRON NANOPARTICLES IN CULTIVATION OF SPRING WHEAT

Timofeev Vyacheslav Nikolaevich

SRIA for NTUR – Branch

Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Russia, the city of Tyumen

Abstract: Studies on the use of microelement nanoparticles were carried out in the standard system of cultivation and protection of spring wheat. Preparation of seeds in experimental samples included etching with a chemical mordant with the addition of insecticide and fertilizer, control variants and variants with the use of a mordant with the addition of preparations such as biogenic iron, nanosilicon, as well as variants with treatment with a mixture of nanopreparations leaf + biogenic iron + nanosilicon + zinc + with the inclusion of a fungicide and an insecticide for vegetation. There was a restraining effect of biogenic iron on seed germination, stimulation of the growth of seedlings and the main root in comparison with the control. The use of biogenic Fe in a mixture with a mordant reduced the length of the coleoptile by 2.3-2.6 cm, and the use in a mixture with a large number of drugs had an even greater toxic effect reducing the length of the coleoptile by 2.6-2.9 cm. The use of these drugs affected the reduction of seed diseases by 70% with a large set of different effects and by 90% when used with a chemical mordant. The effectiveness of the tested drugs against root rot decreased against the background of the classical chemical mordant by 10-30%. The crop yield increased from the

variant without spd to the variants with the use of biogenic iron mainly in the earing phase by 0.4-0.7 t / ha.

Keywords: nanoparticles, spring wheat, plant protection, yield.

Введение

Посевные качества семян характеризуются определенными показателями и регламентируются соответствующими гостами и уже допустимы для использования в технологической цепочке возделывания культуры. Но для повышения эффективности применения посевного материала, снижения патогенной нагрузки как семенной, так и почвенной используют биологические и химические средства защиты и при неблагоприятно складывающихся условиях использования средств защиты возникает необходимость использования средств защиты с активаторами роста препаратами [1].

К активаторам роста в настоящее время относят значительное количество препаратов из разных групп, также в применение пошли наночастицы различных веществ способствующие лучшему проникновению и приносящие в растения и другие группы веществ. Значительное количество публикаций сделано подчеркивают как положительное так отрицательное возможное воздействие как на физиологическом так и на генетическом уровне. Так по данным автора предпосевная обработка семян озимой пшеницы наночастицами металлов оказывала влияние на морфометрические показатели роста на всех стадиях ее развития, устойчивость к фитопатогенам, качество зерна, и содержание элементов в почве [2].

Следующая группа авторов утверждает, что токсичность наносоединений на растения зависит от физических свойств наночастиц и мало изучено их взаимодействие с растительной клеткой, концентрация дозозащитных для разных препаратов и растительных объектов [3]. В последние годы установлено, что окислительный стресс могут вызвать наночастицы многих металлов (серебра, золота, железа), ферритов, а также оксидов цинка, никеля, меди, железа, титана и кремния. При этом основное внимание сосредоточено на изучении поглощения нанометаллов и показателях роста растений после воздействия наночастиц металлов и их оксидов а фитотоксических свойств наночастиц переходных металлов (железа, меди и никеля) в сопоставлении с их оксидными формами, ранее не проводили [4,5]. Показатели развития корневой системы и увеличения площади листьев под воздействием железа и цинка, а также накопления в почве указаны в следующих работах [6,7].

Цель исследований провести оценку применения ферригидрата в технологической цепочке возделывания яровой пшеницы.

2. Методы исследований

Исследования проведены на опытном поле НИИСХ Северного Зауралья – филиал ТюмНЦ СО РАН в условиях 2020 года, который был недостаточно обеспечен осадками. За период 3-я декада мая – 1-я декада сентября выпало 169 мм осадков – 72% к среднемноголетнему показателю. В осенне-зимне-весенний период выпало осадков 236 мм, или 102% к норме, и так по увлажнению осадками текущий сельскохозяйственный год был близким к среднемноголетним показателям, но недостаточной обеспеченностью влагой в атмосферных осадках за вегетационный период – 72%. Так, за период май- август выпало всего 189,7 мм, что составило 78% к среднемноголетней норме, недостаток осадков был отмечен во 2-й декаде июня – 57% к норме, в июле – выпало всего 185 мм – 20% осадков к среднемноголетней норме, в 1-й декаде августа – 86% к норме. Недостаток летних осадков был преодолен благодаря влагозарядке за осенне-зимне-весенний период – 102% к норме, а также осадками в мае и июне, которых выпало соответственно 132 и 119% к среднемноголетним значениям.

Обеспеченность теплом вегетационного периода была хорошая. среднесуточная температура вегетационного периода составляла – 17,3 °С, что составляет 113% по отношению к среднемноголетнему показателю.

Сумма эффективных температур выше 5 °С за период май-август составила – 126% к норме. Поэтому вегетационный период можно охарактеризовать как теплый.

Таким образом, вегетационный период можно охарактеризовать, как недостаточно обеспеченный осадками 78% к норме, ГТК=0,89, хорошо обеспеченный теплом (126% к норме), с острой засушливостью июля ГТК=0,28 и 1-й декады августа ГТК=0,61.

Почва опытного участка относится к подтипу темно-серая лесная, по гранулометрическому составу тяжелосуглинистая. Гумусовый горизонт обладает небольшой плотностью (1,22г/см³). Содержание гумуса составляет 4,3%. Содержание нитратного азота в почве исследований низкое (1,36 – 2,38 мг/100 г почвы), фосфора среднее (8,25 – 14,1 мг/100 г почвы), калия выше среднего (6,65 – 8,9 мг/100 г почвы), реакция почвенного раствора слабокислая (5,1-6,0).

Учеты и наблюдения выполнялись по стандартным методическим указаниям, принятым в Госсортсети, растениеводстве и защите растений [8,9]. Фитоэкспертизу семян проводили методом рулонов [10]. Развитие и распространенность обыкновенной корневой гнили [11]. Учет полевой всхожести семян, структурный анализ урожая, развитие болезней [12,13].

Урожайность учитывали методом сплошного обмолота комбайном Сампо 130, приводили к стандартной влажности и чистоте согласно ГОСТ 1386.5-93 и 30483-97. Определение показателей качества зерна проводилось в центре аналитических исследований и технологической оценки зерна по ГОСТ 12042-80, ГОСТ 10840 – 64, ГОСТ 13586.1-68.

Схема опыта

№	Вариант
1	Контроль (без обработки семян и без фунгицидов)
2	Контроль (с протравливание семян и сзр по вегетации)
3	Протравливание + биогенное (семена) + биогенное Fe (колошение)
4	Протравливание + нанокремний (семена) + нанокремний + биогенное Fe (кущение) + нанокремний (колошение)
5	Протравитель + нанокремний + биогенное Fe (семена) + нанокремний + биогенное Fe (кущение) + кремний + биогенное Fe (колошение)
6	нанокремний, + биогенное Fe+ цинк (семена) + лист + новичок + нанокремний + биогенное Fe + цинк + 20% д.в. пропиконазол + инсектицид (кущение) + лист + новичок + нанокремний + биогенное Fe + цинк + бор + молибден + 20% д.в. пропиконазол (флаг-лист)
7	лист + новичок + нанокремний + биогенное Fe (семена) + лист + новичок + кремний + биогенное Fe + 20% д.в. пропиконазол + инсектицид (кущение) + Лист + новичок + кремний + биогенное Fe + 20% д.в. пропиконазол (флаг лист)

Опыт заложен в мелкоделяночном формате, площадь учетной делянки 20 м² в 4х повторениях, посев по пару, в опыте использована яровая пшеница сорт Гренада селекции НИИСХ Северного Зауралья, все технологические операции стандартные.

3. Результаты исследований

Подготовка семян в опытных образцах включала протравливание химическим протравителем с добавлением инсектицида и удобрения, контрольные варианты и варианты с применением протравителя с добавлением препаратов таких как биогенное железо, нанокремний, а также варианты с обработкой смесью нанопрепаратов лист + биогенное железо + нанокремний + цинк + с включением фунгицида и инсектицида по вегетации. Обработанные семена через 12 дней заложили на прорастание в рулоны для оценки влияния применяемых препаратов на развитие зародышевых органов и подавление семенной инфекции.

Всхожесть семян после обработки испытываемыми средствами и в сравнении с контролем колебалась в пределах 60-79%, отмечается влияние препарата с железом на снижение всхожести или торможение процессов прорастания семян.

Высокую устойчивость растений наблюдали при действии железосодержащих наночастиц, что выражалось в достоверной стимуляции роста проростков и главного корня по сравнению с контролем.

Применение железа скорее всего необходимо ограничить для обработки семян так как тормозит появление ростков, но при этом более возможное и положительное влияние оказывает при обработке растений в период вегетации особенно в период активного роста по зеленым частям растения.

Рост главного корня на контроле составлял 12,5 см, обработка препаратами в большинстве вариантов способствовало его увеличению, но в большей степени на 1,6-1,8 см увеличение длины корня и 0,6-0,9 г массы корней составило при включении в смесь биогенного железа и нанокремния.

Длина coleoptile сорта на контрольном варианте составляла 6,75 см, а при стандартном фунгицидном протравителе снижалась до 4,2-4,7 см, т.е. ограничение в росте составляет 2-2,5 см. Отмечается уменьшение воздействия на coleoptile протравителя в смеси с кремнием, где длина его снижается на 1,7 см или в смеси с большим количеством препаратов (удобрений, инсектицидов) т.е. они несколько нейтрализуют и разбавляют протравитель снижая ретардантные свойства. Применение биогенного Fe в смеси с протравителем снижало длину coleoptile на 2,3-2,6 см, а применение в смеси с большим количеством препаратов имело еще больший токсический эффект снижая длину coleoptile на 2,6-2,9 см.

Длина ростков на контроле составляла 9,6 см и имела подтвержденное увеличение только при обработке комплексной смесью протравителя на 1,7 см и протравливание с кремнием сохраняло развитие ростка на уровне контроля т.е. 9,3-9,7 см, а остальные варианты заметно снижали рост ростка до 7,4-8,7 см и его массу соответственно с 3,7 г в пересчете на 100 растений до 2,7-2,9 г.

Эффективность приема обработки семян и снижения инфекции на семенах при зараженности семян *p. Alternaria* – 10-12%, *p. Fusarium* – 2-7%, *Vipolaris sorokiniana* – 0-2% - при обработке химическим протравителем составляла 100%. При анализе остаточное количество инфекции отмечалось только фузариозного типа и при обработке протравителем с железом и кремнием снижение составило до 90%, и при большей нагрузке смесью препаратов без химических протравителей – 70%.

Корневые гнили растений начинают проявляться в зависимости от наличия почвенной инфекции, погодных и агротехнических условий, способствующих ее развитию. Проявление болезни возможно в начальный период вегетации и имеет важное значение на рост и развитие культуры, что определяет снижение урожайности в зависимости от развития болезни на 1 растении и распространении по полю.

В фазу кущения развитие корневых гнилей растений пшеницы из необработанных протравителями семян составляло 1,4%, распространение 5,6% и в течении вегетации в 3 раза увеличилось поражение. Применение протравливания химическим протравителем на 100% защищало растения от гнилей в начальную фазу развития и к концу вегетации эффективность против развития болезни 78-84%, распространения 71-79%.

Включение в смесь к химическому протравителю препаратов на основе железа, кремния и обработка Лист в комплексе с другими препаратами показала эффективность на уровне 82-100%.

К концу вегетации при обработке стандартной смесью (протравитель фунгицидный + инсектицидный протравитель + удобрение) эффективность против развития 78-84%, распространения 71-79%, что выше на 8-17% по отношению применения протравителя в смеси железом, кремнием и лист в комплексе.

Урожайность культуры, учитываемая прямым обмолотом в поле, изменялась по вариантам опыта от 2,4 до 3,2 т/га. По вариантам применения микроэлементов достоверная прибавка урожайности отмечается при применении Биогенного железа по вегетации на 0,6-0,7 т/га к контролю без обработки семян.

По отношению к контролю с применением предпосевного протравливания прибавка составляет в среднем 0,5 т/га. Применение препарат Лист в комплексе урожайность достоверно ниже по отношению к вариантам с биогенным железом на 0,3 т/га (табл. 1).

Таблица 1 - Урожайность культуры, т/га

Вариант	Среднее, т/га	+- к контролю	
		т/га	%
1.Контроль (без обработки семян и без фунгицидов)	2,38	-	-
2.Контроль (с протравливанием семян)	2,78	0,2	8,4
3.Протравливание + биогенное Fe + биогенное Fe, (колошение)	3,15	0,77	32,3
4.Протравливание + Кремний + кремний + биогенное Fe (кущение) + Кремний (колошение)	3,04	0,66	27,7
5.Протравитель + кремний + биогенное Fe + Кремний + биогенное Fe (кущение) + кремний + биогенное Fe (колошение)	3,15	0,77	32,3
6. Лист + новичок + кремний + биогенное Fe + цинк	2,69	0,41	17,2
7. Лист + новичок + кремний + биогенное Fe	2,76	0,48	20,1
НСР		0,26	

Качество зерна в условиях опыта было высокое, так масса 1000 зерен варьировала от 36-40 г, содержание белка 12-14%, натура 732-744 г/л, клейковина 21-29%. Содержание клейковины в опыте с микроэлементами колебалось от 21-29% и причем значительно между вариантами, где количество составляющих в одну обработку было более 5 препаратов.

Вывод

При обработке семян снижали всхожесть препараты с железом, способствовали росту корней железо и кремний увеличивая длину на 1,6 см или 12%, уменьшали ретардантное действие протравителя обработка в смеси с кремнием на 20%, обработка комплексной смесью протравителя с кремнием SiO₂ сохраняло развитие ростка на уровне контроля остальные варианты снижали рост.

Эффективность препаратов против семенной инфекции в смеси с протравителем и без снижалась от эффективного действия химического протравителя в 100% до 70-90%.

Применение химического протравливания снижало поражение корневыми гнилями в начале вегетации на 100% и в конце вегетации на 71-84%, добавление в смесь железа, кремния, и других препаратов в комплексе снижение составило по эффективности на 10-30%.

В условиях опыта при одинаковых элементах технологии с разницей лишь в том, что по фону с удобрениями проведена фунгицидная обработка, а по фону с микроэлементами нет, то урожайность не зависела от фактора защиты от болезней и варьировала между 2 фонами 2,7-3,2 т/га. Большая зависимость урожайности и соответственно прибавка наблюдалась от фактора применения элементов технологии.

Применение биогенного железа по семенам и по вегетации, в большей части влияние оказывает обработка по вегетации, что сохраняло урожайность на уровне 3,15

т/га, что обеспечило прибавку в 0,4 т/га от стандартной технологии защиты растений. варианта без защиты семян и защиты от болезней.

Применение смесей препаратов с включением их количества более 3-5 одновременно снижает их положительное влияние, способствует снижению урожайности и качественных показателей продукции.

Работа выполнена в рамках раздела государственного задания № 121041600036-6

Список литературы:

1. Василова Н.З. Ученые рекомендуют «Весна 2020 – особенности технологии возделывания яровой пшеницы» : [Электронный ресурс] / ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН, 29.04.2020 URL: <https://knc.ru/tatniva/496/>.
2. Юрина Т.А., Дробин Г.В., Богословская О.А., Ольховская И.П., Глущенко Н.Н. Об эффективности предпосевной обработки семян озимой пшеницы наночастицами металлов. *Сельскохозяйственная биология*, 2021, том 56, № 1, с. 135-145.
3. Зотикова А.П., Астафурова Т.П., Буренина А.А., Сучкова С.А., Моргалев Ю.Н. Морфофизиологические особенности проростков пшеницы (*Triticum aestivum* L.) при воздействии наночастиц никеля. *Сельскохозяйственная биология*, 2018, том 53, № 3, с. 578-586.
4. Давыдова Н.В., Замана С.П., Крохмаль И.И., Резеткин А.М., Романова Е.С., Ольховская И.П., Богословская О.А., Яблоков А.Г., Глущенко Н.Н. Показатели яровой пшеницы в ответ на обработку семям наночастицами металлов // *Российские нанотехнологии*, 2019, том 14, № 11–12, С. 64–74.
5. Мехмуд А. Краткий обзор применение серебря наночастиц для улучшения роста сельскохозяйственных культур // *ИЭПП Nanobiotechnol.* 2018. V. 12 (6). с. 701. doi.org/10.1049/iet-nbt.2017.0273
6. Короткова А.М. Галактионова Л.В. Кван О.В., Терехова Н.А., Орлова В.А., Петров М.И. Оценка биологической активности комплексов наночастиц магнетита, оксида кремния и молибдена с гуминовыми кислотами в тесте *Triticum Aestivum* и *Hordeum Vulgare* Проблемы региональной экологии, 2018. №4, с. 31-36. DOI: 10.24411/1728-323X-2018-14031 DOI: 10.24411/1728-323X-2018-14031
7. Короткова А.М., Лебедев С.В., Каюмов Ф.Г., Сизова Е.А. Морфофизиологические изменения у пшеницы (*Triticum vulgare* L.) под влиянием наночастиц металлов (Fe, Cu, Ni) и их оксидов (Fe₃O₄, CuO, NiO). *Сельскохозяйственная биология*. 2017, том 52, № 1, с. 172-182. doi: 10.15389/agrobiology.2017.1.172rus
8. Доспехов, Б А 1985 Методика полевого опыта (М.: Агропромиздат) с 351.
9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. - Вып. 2. - М.: 1989. - 194 с.
10. Торопова Е Ю, Стецов Г Я и Чулкина В А 2002 Эпифитотиологические основы систем защиты растений Новосибирск с 579.
11. Чулкина В.А. Методические указания по учету обыкновенной корневой гнили хлебных злаков в Сибири дифференцированно по органам / В.А. Чулкина. - Новосибирск, 1972. - 21 с.
12. Опытное дело в полеводстве / Сост. Г.Ф. Никитенко. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 190 с.
13. Практические рекомендации по диагностике, учету и защите пшеницы от бурой ржавчины, септориоза и мучнистой росы. - М.: Колос, 1988. - 26 с.

