

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОПОРОШКОВ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН С.-Х. КУЛЬТУР

Л.А. ПАНИЧКИН, А.П. РАЙКОВА

(Сектор биофизики растений)

Изложены результаты испытания составов для предпосевной обработки семян сахарной и столовой свеклы, ячменя, яровой пшеницы с использованием нанопорошков металлов меди, железа и цинка (НП Си, Fe, Zn). В опытах с обработкой семян сахарной и столовой свеклы защитные свойства нанопорошков проявились не только к грибным болезням, но и к заражению долгоносиком. Обработка семян НП совместно с Адифуrom обеспечила защиту всходов от корневая инфекции при искусственном заражении на уровне ядохимиката ТМТД. Эффективность обработки семян НП против листогрызущих вредителей отмечена лишь на первых этапах развития растений. В опытах с предпосевной обработкой семян ячменя НП показано положительное влияние на урожайность. Выявлены сортовые особенности у яровой пшеницы (Лада, Амир и МИС) на предпосевную обработку семян НП. Поражаемость бурой ржавчиной и септориозом была заметно меньше у сорта Лада, тогда как наибольшая прибавка урожайности при обработке НП получена у сорта МИС. Заметно возросло содержание белка в зерне у сорта Амир, а сырой и сухой клейковины в муке у сорта Лада.

Ключевые слова: нанопорошки металлов, предпосевная обработка семян, грибные болезни, корневая инфекция, долгоносик, качество зерна.

Известно, что в ультрадисперсной форме металлы — наночастицы размером 10—50 нанометров — приобретают уникальные свойства, используемые в различных отраслях народного хозяйства, из которых для биологов наиболее интересны бактерицидные свойства и возможность использования нанопорошков металлов в качестве микроэлементов. Установлено микробицидное действие нанопорошков (НП) меди. Ингибирование роста наночастицами меди грамотрицательных бактерий *E. Coli* K-12 (глюкозо-минеральная среда) составило 80%, *E. Coli* АВ 1157 (среда — МПБ) — 35% и грамположительных бактерий *St. Albus* — 60% [1]. Выявлен ряд токсичности НП металлов по показателю ЛД₅₀: Cu>Zn>Fe>Cr>Al=Ag и установлена их меньшая токсичность по сравнению с солями аналогичных металлов. Так,

по показателю ЛД₅₀ сульфат меди в 7,5 раз токсичнее НП меди, сульфат цинка — в 28 раз НП цинка, сульфат железа — в 36 раз токсичнее НП железа [1]. Это позволяет эффективно использовать НП в составе премиксов и комбикормов как источников микроэлементов [2, 8].

Способ гидрофобизации семян, заключающийся в обработке семян раствором в хлороформе полистиролом, образующим защитную пленку, в состав которой включен пестицид фентиурам разработан С.В. Крыловым [5]. Способ позволяет проводить посев с.-х. культур, прежде всего кукурузы, в ранние сроки, защищать посевы от болезней и вредителей. Для усовершенствования способа гидрофобизации семян С.В. Крылов использовал нанопорошки металлов вместо ядохимикатов. Наночастицы металлов электронейтраль-

ны и они равномерно распределяются в пленкообразователе, обволакивая семена и обеспечивая их надежную защиту от патогенов. Постепенно окисляясь в почве, нанопорошки создают неблагоприятные условия для патогенных микроорганизмов и используются растениями как микроэлементы в процессе роста.

В сотрудничестве с производителями нанопорошков металлов С.В. Крыловым были проведены лабораторные и полевые опыты по включению нанопорошков меди, железа, цинка и молибдена в состав гидрофобного покрытия семян вместо пестицида фентиурама для безядной защиты семян и всходов и обеспечения растений микроэлементами. На основе проведенных исследований и производственных испытаний был создан препарат, включающий гидрофобный полимер и нанопорошки металлов, которые защищают семена и всходы от патогенов на уровне пестицидов и стимулируют рост и развитие растений, сокращая срок вегетации [6].

В Проблемной лаборатории гидрофобизации семян проводили испытания комбинированных составов, включающих наночастицы разных металлов (Си, Fe, Zn, Мо). Экспериментально были выявлены оптимальные соотношения компонентов, и установлено обеззараживающее и стимулирующее действие нанопорошков Си, Fe, Zn, Мо при обработке семян [7, 9 — 12, 14]. Однако способ гидрофобизации семян, разработанный С.В. Крыловым, имел существенный недостаток, связанный с использованием органического растворителя (хлороформа) для создания пленки на обрабатываемых семенах. Поэтому дальнейшее развитие технологии предпосевной обработки семян с использованием наночас-

тиц металлов шло по пути совершенствования составов и пленкообразователей [4, 9, 11, 12, 13].

В результате исследований в области применения нанопорошков металлов для предпосевной обработки семян были найдены полимеры, растворимые в воде и не требующие токсичных органических растворителей. Это упростило процесс обработки семян и снизило стоимость препарата. Проводились также работы по использованию НП металлов в сочетании с инсектицидами и пестицидами с целью снижения доз ядохимикатов при обработке семян. Ведутся исследования по разработке нового поколения бактерицид-фунгицидных препаратов на основе нанопорошков металлов и полимеров для обработки семян и вегетирующих растений [12].

В данной статье представлены некоторые результаты исследований эффективности использования нанопорошков металлов в технологии предпосевной обработки семян для защиты растений от болезней и вредителей, влияние НП металлов на качество урожая.

Объекты и методы исследования

Работу проводили в 2003 г. совместно с сотрудниками ГНУ Всероссийского научно-исследовательского института сахарной свеклы и сахара (ВНИИСС) имени А.Л. Мазлумова, г. Рамонь, Воронежской обл., Всероссийского НИИ защиты растений (опытное поле ВНИИЗР, Воронежская обл., Рамонской район) и отдела селекции яровых зерновых культур ГНУ НИИСХ ЦРНЗ*.

Семена сахарной свеклы в производственных условиях протравливают перед посевом комплексом пестицидов и инсектицидов или используют драж-

* Авторы выражают глубокую благодарность зав. лабораторией испытания пестицидов ВНИИЗР канд. с.-х. н. Е.И. Хрюкиной и м.н.с. А.В. Лазукину, а также зав. лабораторией селекции яровой пшеницы канд. с.-х. н. Н.В. Давыдовой за большую помощь в работе.

жированные семена. При этом на 1 т семян наносится около 6 кг ядохимиката для борьбы с корнеедом и столько же инсектицида для борьбы со свеклоной блошкой и другими насекомыми. Для повышения урожайности свеклы и защиты окружающей среды нами проводились исследования с целью снижения доз вносимых пестицидов путем замены их нанопорошками металлов и другими препаратами. Предпосевную обработку семян осуществляли составом, включающим смесь нанопорошков металлов (медь — 60%, цинк — 20% и железо — 20%) с гидрофильным пленкообразователем — 5% ЫаКМЦ. Норма обработки НП Си, Fe, Zn варьировала из расчета от 0,25 до 2,0 кг нанопорошков на 1 т семян.

Во ВНИИСС и ВНИИЗР осуществляли посеvy обработанными нанопорошками семенами сахарной свеклы Воронежская 1990, столовой свеклы Двусемянная ТСХА и ячменя Одесский 100. Опытные посеvy проводили на делянках площадью 10 м², размещение рендомизированное, повторность 4-кратная. В лабораторных опытах через неделю после предпосевной обработки семян ячменя их инфицировали хламидоспорами каменной головни.

В опытах с предпосевной обработкой семян яровой пшеницы (НИИСХ ЦРНЗ) площадь делянки была 12 м², повторность — 4-кратная, норма вы-

сева 6 млн всхожих зерен на 1 га с учетом всхожести семян.

Семена сахарной свеклы сорта Воронежская 1990 обрабатывали композицией нанопорошков Си, Fe, Zn при норме 0,25, 0,5 и 1,0 кг/т семян и 35% адифура в растворе пленкообразователя ЫаКМЦ. В лабораторных условиях исследовали влияние обработки НП на энергию прорастания семян при искусственном заражении их корнеедом. На опытном поле ВНИИСС определяли влияние обработки семян на поражаемость всходов корнеедом и устойчивость растений к насекомым и листогрызущим вредителям. В качестве эталона использовали семена, обработанные ТМТД.

Результаты и их обсуждение

В таблице 1 представлены результаты оценки биологической эффективности обработки семян сахарной свеклы Воронежская 1990 смесью нанопорошков Си, Fe, Zn и 50% адифура против корнееда всходов.

Обработка семян НП Си, Fe, Zn в концентрации 1 и 2 кг на 1 т семян (совместно с адифуром) обеспечила защиту семян от корнееда при искусственном заражении на уровне ядохимиката ТМТД, применяемого в производстве для обработки семян сахарной свеклы [3]. Полевая всхожесть семян во всех вариантах обработки НП

Т а б л и ц а 1

Биологическая эффективность обработки семян сахарной свеклы Воронежская 1990 нанопорошками Си, Fe, Zn против корнееда всходов (ВНИИСС, г. Рамонь)

| Вариант | Норма расхода препарата, кг/т | Энергия прорастания (лабораторная, искусственный фон), % | Полевая всхожесть, % | Степень зараженности всходов корнеедом, % | |
|----------------------------|-------------------------------|--|----------------------|---|------------------|
| | | | | количество больших растений | развитие болезни |
| Контроль | — | 100,0 | 88 | 44,3 | 28,4 |
| Тачигарен, 70% СП | 6,0 | 89,7 | 88 | 18,1 | 8,8 |
| ТМТД 80% СП | 6,0 | 94,8 | 91 | 33,7 | 21,3 |
| НП Си, Fe, Zn + адифур 50% | 0,5 | 71,0 | 87 | 47,1 | 32,0 |
| НП Си, Fe, Zn + адифур 50% | 1,0 | 89,7 | 81 | 37,0 | 25,7 |
| НП Си, Fe, Zn + адифур 50% | 2,0 | 100,0 | 84 | 35,4 | 23,0 |
| НСР ₀₅ | | | | 6,6 | 6,2 |

Cu, Fe, Zn несущественно отличалась от вариантов с обработкой ядохимикатами. Количество больных растений было меньше, чем в контроле и не превышало вариант с обработкой ТМТД при норме расхода НП — 2 кг/т. Лучшие результаты были получены при обработке тачигареном (70% СП), но с точки зрения экологии — это наилучший вариант.

При обработке семян НП Си, Fe, Zn в концентрации 2 кг/т семян получен положительный эффект в защите от листогрызущих вредителей в первые фазы развития (всходы и развитая вилочка). В фазу 1-2 пары настоящих листьев защитное влияние НП Си, Fe, Zn достоверно не проявлялось. Гораздо эффективнее была обработка 35% адифуром при норме 30 л/т (табл.2).

Таким образом, частичная замена пестицидов ультрадисперсными порошками металлов в проведенных нами опытах показала возможность использования их в целях снижения пестицидной нагрузки на почву и окружающую среду. Обработка семян в концентрации 2 кг/т семян обеспечила защиту всходов от патогенов на уровне ТМТД. Особенно важным результатом исследования явилось то, что обработка семян НП Си, Fe, Zn в максимальной концентрации (2 кг/т) оказывает значительное влияние на защиту всходов от листогрызущих насекомых. Представляется целесообразным вести исследования в направлении уточнения концентраций НП Си, Fe, Zn и включению в композицию других ме-

таллов, а также исследовать возможность замены пестицидов нанопорошками Си, Fe, Zn для снижения дозы применяемых при обработке семян сахарной свеклы инсектицидов.

При обработке семян столовой свеклы НП Си, Fe, Zn совместно с инсектицидом карбосульфат растения не поражались вредителями и болезнями. Урожайность корнеплодов при обработке семян столовой свеклы НП была выше на 15-18%, чем в контроле. В контрольном варианте при обработке семян ТМТД и опрыскивании всходов инсектицидами отмечалось значительное поражение растений церкоспорозом и долгоносиком (табл. 3).

В опытах с предпосевной обработкой семян ячменя нанопорошками Си, Fe, Zn показано положительное их влияние на урожайность (табл. 4).

Достоверная прибавка урожайности наблюдалась при обработке семян ячменя нанопорошками Си, Fe, Zn с использованием в качестве пленкообразователя гидрофобного полимера [6] при норме расхода НП 0,3 кг/т семян. Использование водорастворимого ЫаКМЦ при той же норме расхода нанопорошков не дало достоверного положительного эффекта.

Интересными оказались данные о сортовых особенностях реакций растений яровой пшеницы на предпосевную обработку семян нанопорошками Си, Fe, Zn. Поражаемость бурой ржавчиной и септориозом была заметно меньше у растений яровой пшеницы сорта Лада, выращенных из семян, обработанных НП Си, Fe, Zn, тогда как наи-

Т а б л и ц а 2

Биологическая эффективность обработки семян сахарной свеклы Воронежская 1990 против листогрызущих вредителей всходов нанопорошками Си, Fe, Zn (ВНИИСС, г. Рамонь)

| Вариант | Норма расхода препарата | Повреждённость растений в фазу, % | | |
|-------------------|-------------------------|-----------------------------------|------------------|----------------------------|
| | | всходы | развитая вилочка | 1-2 пары настоящих листьев |
| Контроль | — | 9,1 | 18,1 | 13,9 |
| Адифур, 35% ТПС | 30 л/т | 1,8 | 3,9 | 6,5 |
| НП Си, Fe, Zn | 2 кг/т | 4,9 | 8,9 | 12,9 |
| НСР ₀₅ | — | 1,3 | 2,3 | 2,8 |

Таблица 3

Полевая всхожесть семян, степень зараженности растений и урожайность столовой свеклы Двусемянная ТСХА при обработке семян нанопорошками Си, Fe, Zn совместно с инсектицидом (ВНИИСС, г. Рамонь)

| Вариант | Норма расхода препарата | Полевая всхожесть, % | Степень зараженности растений, % | | Урожайность, ц/га | Отклонение от контроля | |
|--|-------------------------|----------------------|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------|----|
| | | | церкоспоров | долгоносик | | ц/га | % |
| Эталон ТМТД + карбосульфат (обработка всходов) | 10 кг/т 3 кг/га | 98 | 30 | 70 | 300 | — | — |
| НП Си, Fe, Zn + карбосульфат (обработка семян) | 0,3 кг/т 3 кг/т | 100 | — | — | 360 | 60 | 18 |
| НП Си, Fe, Zn + карбосульфат (обработка всходов) | 0,3 кг/т 3 кг/га | 100 | — | — | 345 | 45 | 15 |

Таблица 4

Хозяйственная эффективность предпосевной обработки семян ячменя Одесский 100 нанопорошками Си, Fe, Zn (опытное поле ВНИИЗР)

| Вариант опыта | Норма расхода препарата, кг/т | Длина колоса, см | Число зерен в колосе, шт. | Масса зерен в колосе, г | Масса 1000 зерен, г | Урожайность, ц/га | Прибавка урожая, ц/га |
|-------------------------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|
| Контроль | — | 5,33 | 14,37 | 0,63 | 44,11 | 23,9 | — |
| НП Си, Fe, Zn + гидрофобный полимер | 0,3 | 5,72 | 16,22 | 0,74 | 45,66 | 26,6 | 2,7 |
| НП Си, Fe, Zn + гидрофобный полимер | 0,5 | 5,50 | 15,43 | 0,69 | 44,91 | 24,9 | 1,0 |
| НП Си, Fe, Zn + NaКМЦ | 0,5 | 5,29 | 15,77 | 0,69 | 43,53 | 24,7 | 0,8 |
| НП Си, Fe, Zn + NaКМЦ | 0,3 | 5,66 | 16,55 | 0,75 | 45,31 | 25,5 | 1,6 |
| НСР ₀₅ | | | | | | | 2,14 |

большая прибавка урожайности при обработке НП получена у сорта НИС. На содержание белка в зерне заметно повлияла обработка НП семян яровой пшеницы Амир (табл. 5).

Существенное влияние предпосевная обработка семян нанопорошками Си, Fe, Zn оказала на качество зерна яровой пшеницы сортов Лада, Амир и МИС (табл.6). Содержание сырой и сухой клейковины в муке пшеницы заметно возросло, особенно это проявилось у сорта Лада. Скорее всего, этот факт можно объяснить реакцией растений пшеницы на обработку семян НП Си, Fe, Zn как дополнительное обеспечение необходимыми микроэлементами.

Основной способ применения меди, железа, цинка, молибдена в качестве

микроудобрений в форме минеральных солей — внесение до посева, вместе с семенами в рядки в количестве 0,5 - 5,0 кг дв. на 1 га.

Применение металлов Си, Fe, Zn как микроэлементов в виде наночастиц, т.е. в неионной форме для обработки семян, например пшеницы, при норме расхода 0,5 - 2,0 кг/га, экологически безопасно, так как в этом случае в несколько раз снижается количество вносимых металлов по сравнению с рекомендуемыми дозами внесения их в форме минеральных солей. Нанопорошки металлов при обработке семян попадают в почву локально и при таких малых нормах внесения не загрязняют почву. Важно также отметить, что НП металлов можно сме-

Таблица 5

**Результаты испытания нанопорошков металлов на посевах яровой мягкой пшеницы
в отделе селекции яровых зерновых культур (ГНУ НИИСХ ЦРНЗ)**

| Сорт, вариант опыта | Урожайность, ц/га | Поражаемость болезнями, % | | Число растений с 1 м ² , шт. | Длина колоса, см | Масса зерна с колоса, г | Белок, % |
|------------------------|-------------------|---------------------------|-----------|---|------------------|-------------------------|----------|
| | | бурая ржав. | септориоз | | | | |
| Лада, без обработки НП | 59,9 | 15 | 20 | 61,8 | 7,9 | 0,95 | 13,55 |
| Лада, обработка НП | 62,6 | 5 | 15 | 63,2 | 8,8 | 1,29 | 13,61 |
| Амир, без обработки | 64,1 | 35 | 25 | 58,2 | 8,4 | 1,26 | 13,08 |
| Амир, обработка НП | 61,5 | 15 | 20 | 70,0 | 8,3 | 1,21 | 13,59 |
| МИС, без обработки | 55,5 | 5 | 40 | 89,5 | 7,3 | 0,95 | 12,86 |
| МИС, обработка НП | 59,4 | 5 | 30 | 111,5 | 7,5 | 1,0 | 13,05 |

Таблица 6

**Результаты технологического анализа образцов зерна яровой пшеницы сортов Лада, Амир и МИС, выращенных из обработанных и необработанных НП Си, Fe, Zn семян
(ГНУ НИИСХ ЦРНЗ)**

| Сорт, вариант опыта | Масса 1000 зерен, г | Клейковина в муке | | |
|------------------------|---------------------|-------------------|-------------|---------|
| | | % сырой | ИДК. ед.шк. | % сухой |
| Лада, без обработки НП | 41,8 | 21,3 | 52 | 8,7 |
| Лада, обработка НП | 42,8 | 36,0 | 60 | 12,8 |
| Амир, без обработки НП | 36,8 | 31,3 | 58 | 10,8 |
| Амир, обработка НП | 38,0 | 33,5 | 72 | 11,4 |
| МИС, без обработки НП | 40,0 | 23,6 | 46 | 8,4 |
| МИС, обработка НП | 40,8 | 31,6 | 47 | 11,2 |

шивать и пропорционально снижать количество отдельно взятых металлов.

Использование НП металлов — экологически чистая технология, при которой исключается использование пестицидов или заметно снижается доза их внесения при возделывании с.-х. культур. Кроме того, не требуется дополнительное оборудование, так как эта технология возможна в сочетании с другими обработками, в т.ч. с биологически активными препаратами. Суспензия с нанопорошками не ядовита (4-й класс опасности), не имеет запаха, поэтому безопасна в приме-

нии и не требует защиты персонала при обработке семян и растений.

Технология может быть использована для обработки семян различных с.-х. культур перед посевом, для опрыскивания вегетирующих растений и прикорневой обработки с целью защиты от таких заболеваний, как пыльная головня, гельминтоспориоз, пероноспороз, аскохитоз, гнили и др. Препарат с нанопорошками металлов стимулирует прорастание семян, увеличивая их энергию и всхожесть, позволяет получить экологически чистую продукцию.

Библиографический список

1. Глущенко Н.Н., богословская О.А., Ольховская И.П. Сравнительная токсичность солей и наночастиц металлов и особенность их биологического действия // Материалы Международной научно-практической конференции «Нанотехнологии и информационные технологии — технологии XXI века». М., 2006. С. 93–95.

Глуценко Н.Н. Физико-химические закономерности биологического действия высокодисперсных порошков металлов: // Автореф. докт. дис. М., 1988.

Г осударственный агропромышленный комитет СССР. Протравливание семян сельскохозяйственных культур пленкообразующими составами и препаратами. М., 1988.

Иванова М.И. Использование ультрадисперсных порошков металлов и биологически активных веществ для предпосевной обработки семян: Автореф. канд. дис. М., 1997.

Крылов С.В. Способ предпосевной обработки семян: Авторское свидетельство № 224940 от 3.07.1968.

Крылов С.В. и др. Состав для обеззараживания семян / Патент РФ № 2074616 от Ю.03.1997.

Крылов С.В., Паничкин Л.А., Захарин А.А. и др. Способ оценки метода протравливания семян. Патент № 2015631 на изобретение от 15.07.1994.

Куренева Е.Н., Егоров И.А., Федоров Ю.И., Глуценко Н.Н., Фаткулина Л. Д. Использование высокодисперсных металлов в составе премиксов комбикормов для бройлеров // В сб.: Новое в кормлении и содержании сельскохозяйственной птицы. Загорск, 1984. С. 3–8.

Райкова А.П. Предпосевная обработка семян // Материалы международной научно-практической конференции «Льняной комплекс России, проблемы и перспективы». Вологда, 2001.

Райкова А.П., Паничкин Л.А. Предпосевная обработка семян // Докл. ТСХА, М., 2000.

Райкова А.П., Паничкин Л.А., Райкова Н.Н. Использование ультрадисперсных порошков металлов для предпосевной обработки семян // Докл. ТСХА, 2004. Вып. 276. С. 44–48.

Райкова А.П., Паничкин Л.А., Райкова Н.Н. Исследование влияния ультрадисперсных порошков металлов, полученных различными способами, на рост и развитие растений // Материалы Международной научно-практической конференции «Нанотехнологии и информационные технологии — технологии XXI века». М., 2006. С. 118–123.

Фолманис Г.Э. , Коваленко П.В. Ультрадисперсные металлы в сельском хозяйстве. М., 1999.

Черняев Н.Г. Изучение влияния препаратов и способов обработки семян на перезимовку озимых зерновых культур // Известия ТСХА, 1997. Вып. 2. С. 23–28.

Рецензент — д. б. н. Н.Н. Третьяков

SUMMARY

Both fungicidal and insecticidal effect of copper, iron and zinc nano powders that are constituents of preseeding treatment preparations has been discovered in some crops. Positive influence of seed treatment upon both crop capacity and quality of spring wheat grain has been revealed in this article.