

ВЛИЯНИЕ ХЕЛАТОВ ЦИНКА НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН

А. С. Фадеева, Н. В. Сырчина

Вятский государственный университет, alla.fadeeva.96@mail.ru

Важнейшей задачей современной агрохимии является повышение эффективности применения удобрений. Вносимые в почву и используемые для внекорневой подкормки удобрения должны максимально полно усваиваться растениями и способствовать повышению их урожайности. На эффективность удобрений большое влияние оказывают формы, в которых применяются соответствующие агрохимикаты. Для обеспечения растений микроэлементами используются микроудобрения, содержащие соответствующие элементы в наиболее доступной для растений форме. Перспективной формой микроудобрений считаются хелатные комплексы. Для получения хелатов применяются такие хелатирующие агенты, как этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА) и натриевые соли этой кислоты, оксиэтилидендифосфоновая кислота (ОЭДФК), этилендиаминдиантарная кислота (ЭДДЯК), диэтилентриаминпентауксусная кислота (ДТПА), которые образуют с микроэлементами устойчивые комплексы [1]. В качестве микроэлементов в состав хелатных удобрений обычно включают Zn, Cu, Mn, Fe, Co, Mo. Хелатные микроудобрения в настоящее время широко представлены на рынке удобрений и, несмотря на высокую стоимость, пользуются устойчивым спросом.

В ряде исследований показано, что применение микроэлементов в хелатной форме более эффективно, чем применение растворов соответствующих неорганических солей [2]. Однако в некоторых работах приводятся данные о том, что связывание микроэлементов в высокоустойчивые комплексы может привести к затруднению их усвоения растениями [3]. Вопрос о биодоступности хелатированных микроэлементов до настоящего времени остается открытым. Кроме того, в литературных источниках недостаточно данных, позволяющих сопоставить агрохимическую эффективность различных хелатов одного микроэлемента. Вместе с тем эти аспекты применения хелатных микроудобрений имеют большое практическое значение.

Цель исследования состояла в изучении особенностей влияния хелатов цинка на прорастание семян однодольных и двудольных культур по сравнению с неорганическими формами этого микроэлемента.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

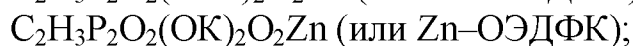
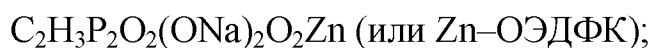
- синтезированы хелатные комплексы цинка с различными хелатирующими агентами, используемыми для производства микроудобрений;
- выполнена сравнительная количественная оценка влияния полученных комплексов на прорастание семян однодольных и двудольных культур методом биотестирования;
- выявлена наиболее эффективная для предпосевной обработки семян форма цинкового микроудобрения.

В качестве объекта исследований был выбран микроэлемент цинк. Соединения цинка широко используются для предпосевной обработки семян, однако данный элемент может проявлять и выраженные фитотоксичные свойства [4], поэтому выявление фитотоксичных эффектов различных соединений цинка представляет несомненный практический интерес.

Для получения хелатных комплексов цинка использовались ОЭДФК, динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты (Трилон Б) и гуминовые вещества (ГВ). Строение и свойства данных комплексов в настоящее время хорошо изучены. ОЭДФК находит широкое применение для получения широкого спектра устойчивых в диапазоне pH 4–11 хелатов микроэлементов. Особое распространение этот хелатирующий агент получил в нашей стране. Хелаты на основе ОЭДФК можно применять на различных типах почв и использовать для приготовления многокомпонентных питательных растворов. Трилон Б достаточно широко применяется в качестве хелатирующего агента для производства микроудобрений за рубежом (Голландия, Германия, Израиль, Финляндия), что обусловлено его относительно низкой стоимостью, доступностью, нетоксичностью и простотой получения соответствующих комплексов. ЭДТА отличается хорошей стабильностью в субстрате и способствует повышению биодоступности меди и цинка, а также накоплению этих элементов растениями [5]. В качестве источника ГВ (преимущественно в форме фульвокислот) для получения гуматов цинка использовался продукт кавитационной обработки торфа «Торфогель». Данный препарат проявляет выраженную физиологическую активность и широко применяется в сельском хозяйстве для повышения плодородия почв и обеспечения стрессоустойчивости растений. При взаимодействии ГВ с катионами металлов образуются комплексы состава 1 : 1 и 1 : 2. При отношении $Me : ГВ = 1 : 2$ катион металла может быть полностью координирован функциональными группами ГВ в устойчивый хелатный комплекс [6]. В качестве неорганической формы Zn применялся гептагидрат сульфата цинка.

Для проведения исследований применялись синтезированные в лабораторных условиях хелатные комплексы цинка. Для синтеза всех хелатов использовались реактивы квалификации ХЧ.

Химический состав полученных хелатов может быть выражен формулами:



$C_{10}H_{12}N_2O_4(ONa)_2O_2Zn$ (или Zn–Трилон Б);
Zn–гуминовые вещества (или Zn–ГВ).

Оценка влияния хелатов цинка на прорастание семян тест-культур проводилась по таким показателям, как всхожесть; энергия прорастания; дружность прорастания; скорость прорастания; интенсивность начального роста проростков [7]. В качестве субстрата для проращивания семян использовался промытый речной песок, в который в форме растворов вносились соответствующие добавки. Дозировка добавок составляла 60 мг цинка на 100 г субстрата. В качестве тест-культур использовались семена ячменя (сорт родник Прикамья) и редиса (сорт розово-красный с белым кончиком). Проращивание семян осуществлялось в термостатируемых условиях при температуре $20 \pm 1^\circ C$. Экспериментальные исследования выполнялись в трех повторностях. Полученные результаты подвергались статистической обработке в программе «Microsoft Excel» по общепринятым методикам.

Результаты биотестирования различных соединений цинка представлены в таблице.

Таблица

Влияние различных хелатов цинка на прорастание семян тест-культур

| Показатели | Тест культуры | Варианты эксперимента | | | | |
|---|---------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|
| | | $ZnSO_4$ + гуматы | $C_2H_3P_2O_2$ (OK) $_2O_2Zn$ | Zn- ЭДТА | $C_2H_3P_2O_2$ (ONa) $_2O_2Zn$ | $ZnSO_4$ |
| Всхожесть (5 суток), % | Ячмень | 87,8 \pm 5,1 | 92,2 \pm 6,9 | 57,8 \pm 10,7 | 58,9 \pm 1,9 | 77,8 \pm 15,0 |
| | Редис | 74,4 \pm 6,9 | 68,9 \pm 15,7 | 16,7 \pm 3,3 | 20,0 \pm 5,1 | 85,5 \pm 5,0 |
| Дружность прорастания, % | Ячмень | 58,8 \pm 23,4 | 71,1 \pm 16,7 | 48,9 \pm 13,8 | 63,3 \pm 5,7 | 73,3 \pm 8,8 |
| | Редис | 36,6 \pm 3,3 | 42,2 \pm 11,7 | 4,4 \pm 1,7 | 4,4 \pm 1,7 | 51,1 \pm 18,3 |
| Энергия прорастания (3 суток), % | Ячмень | 70,0 \pm 29,0 | 82,2 \pm 5,1 | 48,9 \pm 13,9 | 68,9 \pm 6,9 | 75,5 \pm 11,7 |
| | Редис | 58,9 \pm 1,9 | 61,1 \pm 15,0 | 5,6 \pm 3,8 | 6,7 \pm 3,3 | 81,1 \pm 7,7 |
| Скорость прорастания семян, дней | Ячмень | 2,6 \pm 0,4 | 2,9 \pm 0,2 | 3,0 \pm 0,5 | 2,4 \pm 0,1 | 2,1 \pm 0,1 |
| | Редис | 3,7 \pm 0,1 | 3,4 \pm 0,2 | 4,3 \pm 0,5 | 3,8 \pm 0,4 | 3,4 \pm 0,0 |
| Средняя масса зеленых проростков, г на 30 проращиваемых семян | Ячмень | 0,3 \pm 0,1 | 0,5 \pm 0,1 | 0,3 \pm 0,0 | 0,4 \pm 0,1 | 0,5 \pm 0,1 |
| | Редис | 0,36 \pm 0,02 | 0,28 \pm 0,03 | 0,07 \pm 0,05 | 0,17 \pm 0,14 | 0,43 \pm 0,09 |
| Средняя длина корней, см | Ячмень | 7,3 \pm 1,5 | 29,6 \pm 8,7 | 14,6 \pm 2,1 | 6,7 \pm 0,6 | 7,0 \pm 1,0 |
| Средняя длина зеленых проростков, см | Ячмень | 15,0 \pm 3,5 | 24,7 \pm 12,0 | 11,0 \pm 1,7 | 12,7 \pm 6,4 | 25,3 \pm 5,7 |
| | Редис | 8,0 \pm 1,0 | 16,3 \pm 2,3 | 5,0 \pm 1,0 | 7,0 \pm 5,0 | 8,7 \pm 0,6 |

Приведенные в таблице данные показывают, что наилучшие результаты достигаются при внесении в субстрат сульфата цинка и хелатного комплекса состава $C_2H_3P_2O_2(OK)_2O_2Zn$. Самые низкие показатели биотестирования получены для хелата Zn-ЭДТА. Отличительной особенностью комплекса $C_2H_3P_2O_2(OK)_2O_2Zn$ является наличие в его составе подвижного калия – одно-

го из основных элементов минерального питания растений. Потребность растений в калии особенно велика на ранних этапах развития проростков, этот элемент концентрируется преимущественно в молодых органах и тканях. В отличие от $C_2H_3P_2O_2(OK)_2O_2Zn$ внесение в субстрат хелата $C_2H_3P_2O_2(ONa)_2O_2Zn$ привело к существенному угнетению процессов прорастания семян тест-культур. Исходя из полученных данных, есть основания предположить, что положительное влияние на прорастание семян и развитие проростков оказывает не столько хелатный комплекс цинка, сколько наличие в его составе подвижных ионов калия.

Угнетающее действие $C_2H_3P_2O_2(ONa)_2O_2Zn$ на прорастание семян может быть обусловлено бактерицидными свойствами ОЭДФК. Угнетение полезной почвенной микрофлоры приводит к замедлению ростовых и формообразовательных процессов в прорастающих семенах [8].

Замедление процессов прорастания семян тест-культур при внесении в субстрат комплекса Zn-ЭДТА может быть обусловлено связыванием содержащихся в субстрате катионов магния и других необходимых для развития растений элементов в прочные хелатные комплексы, что вызывает ингибирование биохимических процессов в клетках [9]. Особенно негативно на внесение в субстрат комплексов ЭДТА реагируют семена редиса.

Внесение в субстрат гуминовых комплексов цинка оказывает менее заметное влияние на прорастание семян, чем использование комплексов Zn-ЭДТА и $C_2H_3P_2O_2(ONa)_2O_2Zn$. Однако в присутствии гуминовых комплексов цинка семена тест-культур прорастают хуже, чем в присутствии сульфата цинка. Возможно это связано с более низкой биодоступностью микроэлемента в форме гумата по сравнению с растворимой минеральной формой.

Для проведения экспериментальных исследований были синтезированы 4 различных по составу хелатных комплексов цинка с Трилоном Б, ОЭДФК (два комплекса) и фульвокислотами. Полученные комплексы были устойчивы в интервалах pH, благоприятных для внесения удобрений в почву, предпосевной обработки семян и внекорневой подкормки растений.

С помощью метода биотестирования было установлено, что наиболее благоприятное влияние на прорастание семян тест-культур оказывает внесение в субстрат раствора сульфата цинка. Использование хелатов в области изученных концентраций не имеет преимуществ по сравнению с минеральными формами цинка.

Установлено, что различные хелатные формы цинка оказывают различное влияние на прорастание семян. Наилучшие результаты наблюдаются при использовании сульфата цинка и $C_2H_3P_2O_2(OK)_2O_2Zn$. Положительное влияние $C_2H_3P_2O_2(OK)_2O_2Zn$ на процессы прорастания семян тест-культур, скорее всего, связано с наличием в этом комплексе подвижных ионов калия.

Полученные результаты могут быть использованы в практике современного земледелия при выборе наиболее эффективных форм микроудобрений.

Литература

1. Сентемов В. В., Копысова Е. В. Микроудобрения: эффективность минеральных солей и координационных соединений при повышении урожайности и качества зерновых культур // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 3 (32). С. 49–50.
2. Гейгер Е. Ю., Варламова Л. Д., Семенов В. В. и др. Микроудобрения на хелатной основе: опыт и перспективы использования // Агрохимический вестник. 2017. Т. 2. № 2. С. 29–32.
3. Занозина О. Д., Шабанова И. В. Способ получения микроудобрения на основе биоактивных кислот // Научный альманах. 2016. № 6–2(19). С. 459–461.
4. Крылова Е. Г. Прорастание семян и развитие проростков прибрежно-водных растений под действием сульфата цинка // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2014. № 2 (26). С. 151–160.
5. Автухович И. Е., Постников Д. А. Влияние ЭДТА на поведение металлов в субстрате и их накопление растениями // Агрохимический вестник. 2014. № 1. С. 23–25.
6. Путилина В. С., Галицкая И. В., Юганова Т. И. Адсорбция тяжелых металлов почвами и горными породами // Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2009. 155 с.
7. Чеснокова С. М. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды. Ч. 2. Методы биотестирования. Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. 92 с.
8. Халык А. Е., Шырынбек М. К., Жанабай А. Г. и др. Влияние азотфиксирующих микроорганизмов на всхожесть семян озимой пшеницы Красноводопадская 210 при выращивании на суглинисто-сероземных почвах юга Казахстана // Успехи современного естествознания. 2014. № 8. С. 109–110.
9. Плотников В. К. Сортоспецифичность действия трилона б на прорастание семян озимого ячменя // Научный журнал КубГАУ. 2016. №120(06). С. 1–24.