

Влияние условий среды на трансформацию хелатного железа (ДТПА) на поверхности листьев сахарной свёклы

Е.А. ДВОРЯНКИН, д-р с/х. наук (e-mail: dvoryankin149@gmail.com)

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»

Введение

В настоящее время микроэлементы чаще всего применяют на растениях в биологически активной форме, т. е. в форме хелатов. Хелаты металлов (комплексонаты) являются наиболее эффективной формой микроэлементов, они не токсичны для растений, хорошо растворимы в воде. Листовые подкормки – один из способов быстрой доставки элементов в органы растения. Проникая через листья, они заметно быстрее активируют биохимические и морфофизиологические процессы, рост корневой системы в сравнении с применением микроудобрений методом почвенного полива [3, 4].

Полагают, что среди микроэлементов железо играет ведущую роль. Оно содержится в тканях растений в наибольших количествах в сравнении с другими металлами. Железо входит в органические соединения, регулирующие процессы дыхания и фотосинтеза, осуществляет биосинтез хлорофилла. Каталитические свойства железа определяются его особенностями менять степень окисления. Процесс окисления протекает достаточно легко в реакциях с ферментами – дегидрогеназами и цитохромами, содержащими железо[2].

При недостатке железа наблюдается хлороз листьев. Их цвет изменяется от светло-зелёного до жёлтого или белого при сильном голодании. Позднее листья постепенно усыхают. Применение железа на засоленных и карбонатных почвах снижает поглощение хлора, повышает продуктивность фотосинтеза [2, 3].

Дефицит железа является лимитирующим фактором оптимального продукционного процесса для растений культуры. Несмотря на достаточное количество железа в почве, его доступность для растений ограничена. Катион железа Fe^{2+} физиологически более активен и более значим для растений, но при этом он легко окисляется до Fe^{3+} и выпадает в осадок. Поэтому для большинства типов почв рекомендуется применять хелатное железо.

Для хелатирования железа чаще всего используют кислоты, характеризующиеся свойствами комплексонов: ЭДТА – этилендиаминтетрауксусную кислоту, ДТПА – диэтилентриаминпентауксусную кислоту и др. Комплекс железа с ЭДТА эффективен на умеренно кислых почвах. В щелочной среде он нестабилен. Поэтому при производстве хелатного железа большее предпочтение имеют ДТПА. Комплекс $Fe - ДТПА$

более стабилен и невосприимчив к замещению железа кальцием [3, 6].

Цель работы – изучить локализацию и трансформацию хелата железа (ДТПА) на поверхности листьев сахарной свёклы в разных условиях среды.

В задачи исследования входило:

- установить особенности локализации и структуризации хелатного железа на поверхности листьев сахарной свёклы;
- выявить особенности стекания хелатного железа в зависимости от степени увлажнения поверхности листьев сахарной свёклы.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования служили листья сахарной свёклы и микроудобрение – железо, 11 %, хелатированное ДТПА. Норма расхода удобрения на сахарной свёкле по препарату 1 кг/га [5]. В работе использовали хелат железа производства «Lima Europe NV», Бельгия (расфасовано: Россия, г. Новосибирск).

Для реализации поставленных задач применили метод микроскопии эпидермы листа сахарной свёклы и метод капельного анализа структуры микроудобрений в смывах с поверхности листьев в сухих и влажных плёнках раствора

в сочетании с фотосъёмкой объектов [1].

Исследования проводили в лабораторных и полевых опытах. Перед обработкой растений хелатным железом листья сахарной свёклы протирали влажной губкой для устранения помех в виде пыли, частиц почвы и песка. В полевом опыте после обработки хелатным железом отдельные листья или растения накрывали сетчатой белой тканью с ячейкой 0,35×0,35 мм, хорошо пропускающей свет, воздух, влагу.

Растворимость хелатного железа и стекание его с листьев растений оценивали поэтапно:

1) мелкокапельным распылением воды (без стекания жидкости с поверхности объекта) обрабатывали отделённый от растения лист, выдерживали его в горизонтальном положении в течение 5 минут и затем стряхивали капли на блюдце (имитация естественного стекания). Капли собирали шприцем, собранную жидкость (0,08–0,15 мл) помещали на предметное стекло для анализа под микроскопом;

2) этот же лист подвергали искусственному дождеванию в течение 0,5–1 минуты для смыва остатков растворимой фракции удобрений;

3) с этого же листа щёткой делали принудительный смыв адсорбированной на ткани части микроудобрений.

Идентификацию микроэлемента проводили по реакции образования нерастворимого в воде осадка оксидов железа в растворе проб со щёлочью (15 % КОН). Для наблюдения под микроскопом осадка раствор нейтрализовали, убирая жидкость над осадком и разбавляя оставшийся раствор дистиллированной водой (несколько раз).

Результаты исследований

Раствор хелатного железа в кислой среде (рН 4,5–5,5) достаточ-

но стабилен. В щелочной среде (рН 8) через небольшое время хелатное железо структурируется, в растворе появляется жёлтая взвесь и относительно крупные частицы органического вещества. Следовательно, согласно рекомендациям производителей удобрений перед приготовлением рабочего раствора хелатного железа необходимо определить качество используемой воды и в случае отклонения от требований откорректировать её кислотность до рН 5–5,5, например лимонной кислотой. Желательно применить раствор сразу после его приготовления.

Исследуемый раствор хелатного железа хорошо смачивал поверхность листьев сахарной свёклы, особенно в условиях высокой влажности воздуха. Раствор отно-

сительно равномерно покрывал эпидерму растительных клеток, образуя тонкую плёнку микроудобрений в биологически активной форме (рис. 1.1).

При последующем умеренном (без стекания влаги) увлажнении листьев, например в результате образования конденсата воды из воздуха, хелатное железо легко растворяется в ней с образованием капель различной формы и величины, располагающихся в основном вдоль стенок растительных клеток (рис. 1.2). С нарастанием температуры воздуха и при быстром испарении влаги с поверхности листьев хелатное железо, растворённое в каплях воды, образует плёнку с более концентрированным содержанием в ней железа из-за ухудшения смачивания поверхности рас-

Аннотация. Исследована локализация и трансформация хелатного железа (ДТПА) на поверхности листьев сахарной свёклы в зависимости от факторов среды. Установлено, что количество хелатного железа сильно варьирует на листьях сахарной свёклы в зависимости от степени конденсации воды на листовом аппарате. Хелатное железо легко стекает с поверхности листьев при избытке влаги на них в виде обильной росы или выпавших осадков. Показано образование слаборастворимых в воде частиц хелатного железа на листьях сахарной свёклы, которые могут длительное время удерживаться на эпидерме клеток в условиях, не подверженных резким колебаниям температуры и влажности среды, например в лабораторном помещении.

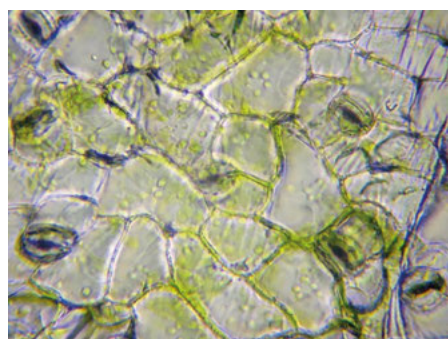
В полевых условиях препарат можно наблюдать на эпидерме листьев в течение одних – трёх суток после обработки растений. Подтверждены рекомендации специалистов о необходимости двух-трёхкратного применения хелатных микроэлементов на растениях для получения хозяйственного эффекта.

Ключевые слова: сахарная свёкла, микроудобрение, хелатное железо, локализация, трансформация, растворимость, стекание.

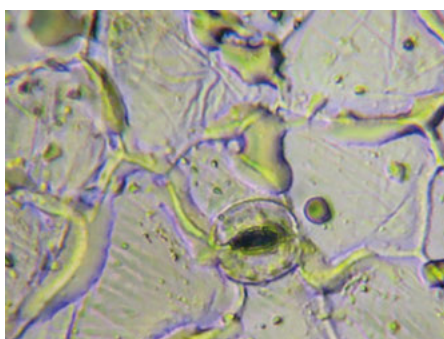
Summary. Localization and transformation of chelate iron (DTPA) on sugar beet leaf surface depending on environment factors has been studied. It has been determined that amount of chelate iron on sugar beet leaves varies considerably depending on a degree of water condensation on the leaf apparatus. The chelate iron easily flows down from surface of leaves if excess moisture presents on them in the form of abundant dew or precipitations. Formation of chelate iron particles that are slightly soluble in water on sugar beet leaves has been shown. Under conditions without abrupt changes of environment temperature and humidity – in a laboratory room, for example, they can remain on cell epidermis for a long time.

Under field conditions, the chemical can be observed on the leaf epidermis during one-three days after treatment of plants. Therefore, to obtain economic effect, recommendations of experts about necessity of double or triple application of the chelate microelements for plants are quite justified.

Keywords: sugar beet, micro-fertilizer, chelate iron, localization, transformation, solubility, flowing down.



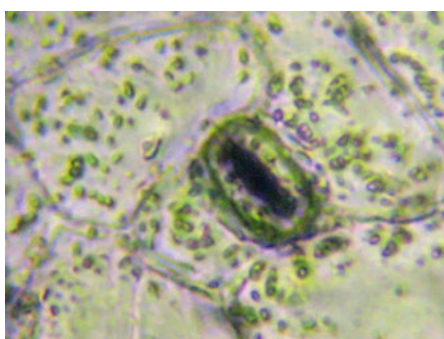
1



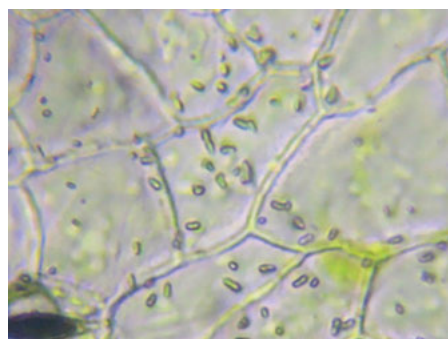
2



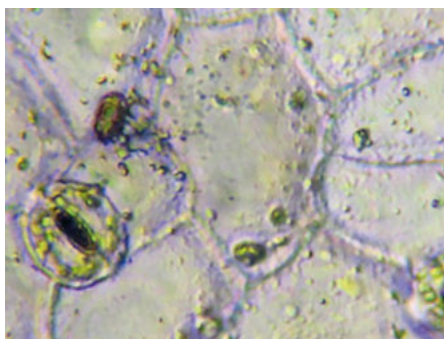
3



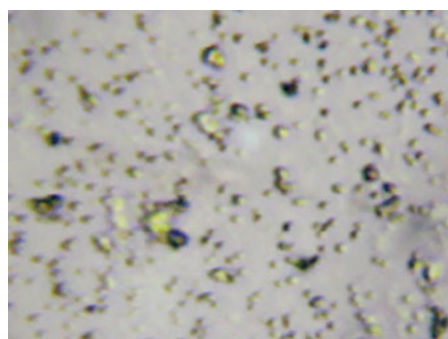
4



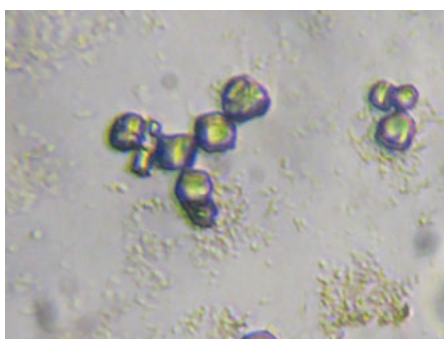
5



6



7



8

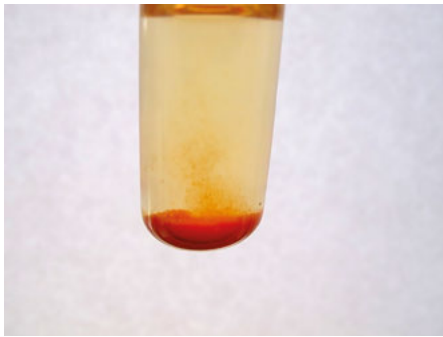
Рис. 1. Локализация и структуризация хелатного железа на листьях сахарной свёклы

тительных клеток после повторного растворения микроудобрения, вследствие чего препарат хуже растекается на эпидерме (рис. 1.3).

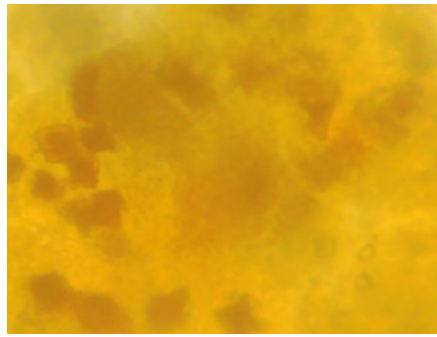
При периодическом высыхании и увлажнении плёнка хелатного железа структурируется и образует слабо растворимые в воде конгломераты разной формы и величины, относительно равномерно распределённые на поверхности клетки (рис. 1.4, 1.5). Возможно, в структурировании хелата железа на листьях сахарной свёклы принимают участие органические выделения листа — жиры, белки, углеводы, а также соли и другие вещества. Причиной структурирования может стать и убыль микроэлементов в органической форме на эпидерме клетки в процессе их поглощения растением. В лабораторных условиях подобная структура хелатного железа сохранялась длительное время (более 14 дней) на поверхности листьев сахарной свёклы.

Хелатное железо очень легко смывается с поверхности листьев сахарной свёклы. При искусственном дождевании через бытовой распылитель жидкости в течение 10–15 секунд хелатное железо полностью стекало с листьев растений, а после дождевания структурированных частиц оставались лишь следы их присутствия на эпидерме клеток (рис. 1.6), что подтверждалось наличием этих частиц в смывах с поверхности листьев (рис. 1.7, 1.8) в лабораторном опыте.

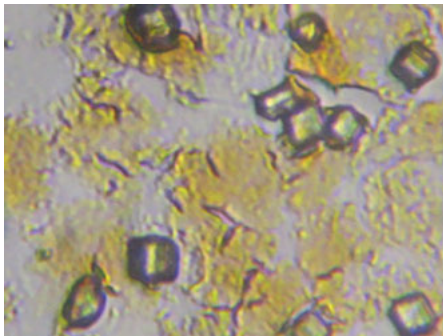
В полевом опыте уже через сутки бывает сложно наблюдать присутствие хелатного железа на эпидерме листа. В полевых условиях препарат может стекать с росой по бороздке черешка на головку корнеплода в расположение точки роста сахарной свёклы или на почву при более обильном увлажнении растений (в случае



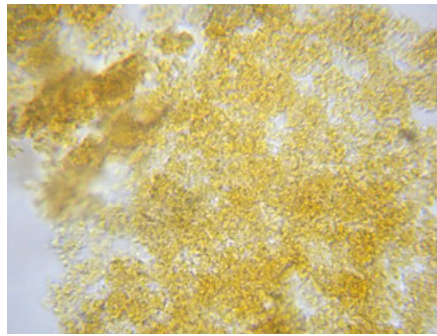
1



2



3



4

Рис. 2. Качественная реакция на железо: 1, 2 – контроль (раствор хелатного железа); 3, 4 – в смывах с листьев

доступность элементов питания в биологически активной форме для растений. Вместе с тем высокий показатель растворимости хелатных удобрений оборачивается их недостатком в условиях, способствующих образованию обильной влаги на листьях, которая легко смывает с них удобрения. Следует заметить, что смытые с листьев хелатные удобрения не теряют своей активности в почве, но для получения необходимого эффекта их должно содержаться в ней значительно в большем количестве. Поэтому многократные листовые подкормки лучше обеспечивают растения микроэлементами в полевых условиях. Сроки проведения листовых подкормок следует корректировать с прогнозом погоды.

Список литературы

1. Алексеев, В.Н. Курс качественного химического полумикроанализа / В.Н. Алексеев. – М. : Химия, 1973. – 584 с.
2. Анспок, П.И. Микроудобрения / П.И. Анспок. – Л. : Агропромиздат, 1990. – 272 с.
3. Булыгин, С.Ю. Микроэлементы в сельском хозяйстве / С.Ю. Булыгин [и др.]. – Дніпропетровськ : Січ, 2007. – 100 с.
4. Лапа, В.В. Применение макро- и микроудобрений в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / В.В. Лапа, М.В. Рак // Белорусское сельское хозяйство. – 2009. – № 4 (84). – С. 40–43.
5. agromaster.ru/files/catalog_hoz_2017_color.pdf
6. <http://neznaniya.net/agronomija/racionalnoe-primenie-udobrenij/1979-effektivnje-sposoby-primeneniya-mikroudobreniy.html>

выпадения осадков). При благоприятных условиях (отсутствии обильного увлажнения растений) препарат можно наблюдать на эпидермисе листа в полевых условиях в течение одних – трёх (в лучшем случае пяти) суток после обработки.

Результаты исследований особенностей локализации хелатного комплекса Fe – ДТПА на поверхности листьев сахарной свёклы, его структурирование и перераспределение на объекте подтверждались качественными реакциями на присутствие железа в микропробах с листьев растений (рис. 2). В щелочной среде хелат

железа образует осадок красного цвета.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что для получения хозяйственного эффекта в полевых условиях рекомендации специалистов сельскохозяйственного производства о необходимости двух-трёхкратного внесения хелатных микроэлементов в течение вегетации культуры вполне оправданны.

Заключение

Главным достоинством эффективного применения хелатных удобрений является их высокая растворимость в воде и лёгкая