

Роль хелатного агента ЭДТА в локализации микроэлементов на эпидерме клеток листа 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 производстве микроудобрений используют различные органические кислоты, из которых наибольшее предпочтение оказывается ЭДТА (этилендиаминтетрауксусной кислоте), ОЭДФ (оксиэтилидендифосфоновой кислоте) и ДТПА (диэтилентриаминпентауксусной кислоте). Хелатные микроэлементы на основе этих кислот усваиваются в восемь раз лучше минеральных микроэлементов. Применение ЭДТА наиболее выгодно в связи с её относительно низкой стоимостью, поэтому из-за экономической целесообразности она широко используется в западных странах [3, 6].

ЭДТА – это комплексообразующее соединение (комплексон), которое, соединяясь с катионами металлов ковалентной связью, образует комплексонат. В растворе комплексонат диссоциирует с образованием отрицательно заряженного иона – органической молекулы с ионом металла, а катионом становится водород. Поэтому металл в форме хелатов не вступает в реакции с другими веществами [3, 10].

ЭДТА с катионами металлов образует соли этилендиаминтетраацетаты. В сельском хозяйстве ЭДТА применяют в виде дегидрата двунатриевой соли (трилон Б) для производства хелатных удобрений. Распад этой кислоты в природе происходит медленно,

в основном под воздействием солнечной радиации [10]. Как известно, она увеличивает подвижность тяжёлых металлов, что заметно отражается на состоянии почвенной микрофлоры [10]. Разложение ЭДТА в природных средах приводит к образованию более токсичных продуктов, чем исходное вещество. Установлено, что она накапливается в закрытых водоёмах и мировом океане, образуя комплексонаты с тяжёлыми радиоактивными металлами. Это приводит к отравлению планктона и животных, а также вызывает гипоксию в природных водах [7, 8].

Комплексы ЭДТА с металлами разрушаются в очень кислых и сильных щелочных растворах. В щелочных растворах катионы металлов переходят в нерастворимые гидроокиси. Для разрушения ЭДТА и его комплексонатов используют различные химические окислители: перманганат калия, озон, пероксид водорода и др. В литературе предложены методики по разрушению больших концентраций ЭДТА в щелочных растворах при температуре 80 °С с применением H_2O_2 и др. [7]. Стойкость комплексных соединений ЭДТА с ионами металлов определяется показателем реакционной способности, характеризующейся электронной структурой донорного атома, его положением в молекуле лиганда (связующее звено в комплексе), способно-

стью лиганда к образованию хелатных комплексов [9].

Согласно исследованиям Р.А. Терентьева с соавторами [9] реакционная способность комплекса ЭДТА с металлами Fe (II), Mn (II), Zn (II) и Cu (II) составляет соответственно 14,2; 14,2; 16,2 и 18,8 ед. Если первые два комплексоната можно разрушить простым добавлением щёлочи, то два других разрушаются при сильном нагреве раствора.

В настоящее время актуальны комплексные удобрения, в состав которых входят микроэлементы в хелатной форме. Такие удобрения биоактивны, легко транспортируются и усваиваются растениями культуры. Высокая растворимость биометаллов в воде обеспечивает высокую результативность использования их в сельском хозяйстве. Высокая проницаемость комплексонатов через листья растений активизирует метаболические реакции, отвечающие за продукционный процесс [2].

Характер влияния комплексонатов на локализацию и трансформацию комплексонатов мало исследован. Полагают, что сами комплексоны для растений инертны [3]. Их роль заключается в транспортировке иона металла (микроэлемента) в растение и обеспечении стабильности раствора.

Цель работы – установить значение комплексона ЭДТА в локализации и трансформации микро-

элементов на эпидерме листьев сахарной свёклы.

В задачи исследования входило:

– выявить особенности локализации и трансформации ЭДТА на поверхности листьев сахарной свёклы;

– установить влияние ЭДТА на локализацию и трансформацию биометаллов, хелатированных на её основе.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования служили листья сахарной свёклы и динатриевая соль ЭДТА (трилон Б). Листья растений сахарной свёклы обрабатывали ЭДТА из расчёта 0,5 кг/га. Количество препарата приблизительно соответствовало применяемому количеству ЭДТА с хелатными моноудобрениями.

В целях реализации поставленных задач были применены метод световой микроскопии эпидермы листа сахарной свёклы и капельный анализ для изучения структуры ЭДТА в растворах и смывах с поверхности листьев [1]. Структурные изменения в объектах наблюдения фиксировали методом фотосъёмки.

Исследования проводили в лабораторных и полевых опытах. Перед обработкой растений ЭДТА листья сахарной свёклы протирали влажной губкой для устранения помех в виде пыли, частиц почвы и песка.

Смыв ЭДТА с поверхности листа проводили следующим образом. Мелкокапельным распылением воды без стекания жидкости с поверхности объекта обрабатывали отделённый от растения лист, выдерживали его в горизонтальном положении 5–10 минут и затем стряхивали капли на блюдце. Капли собирали шприцем (0,08–0,15 мл) и собранную жидкость помещали на предметное стекло для анализа под микроскопом (имитация естественного стекания).

Результаты исследований

Динатриевая соль ЭДТА хорошо растворима в воде. В сильных кислых и щелочных растворах она может структурироваться с образованием редких кристаллов

(рис. 1-1) или плёнок. При нагреве растворов структуризация ЭДТА резко возрастает. В слабокислой и нейтральной среде раствор ЭДТА стабилен достаточно длительное время.

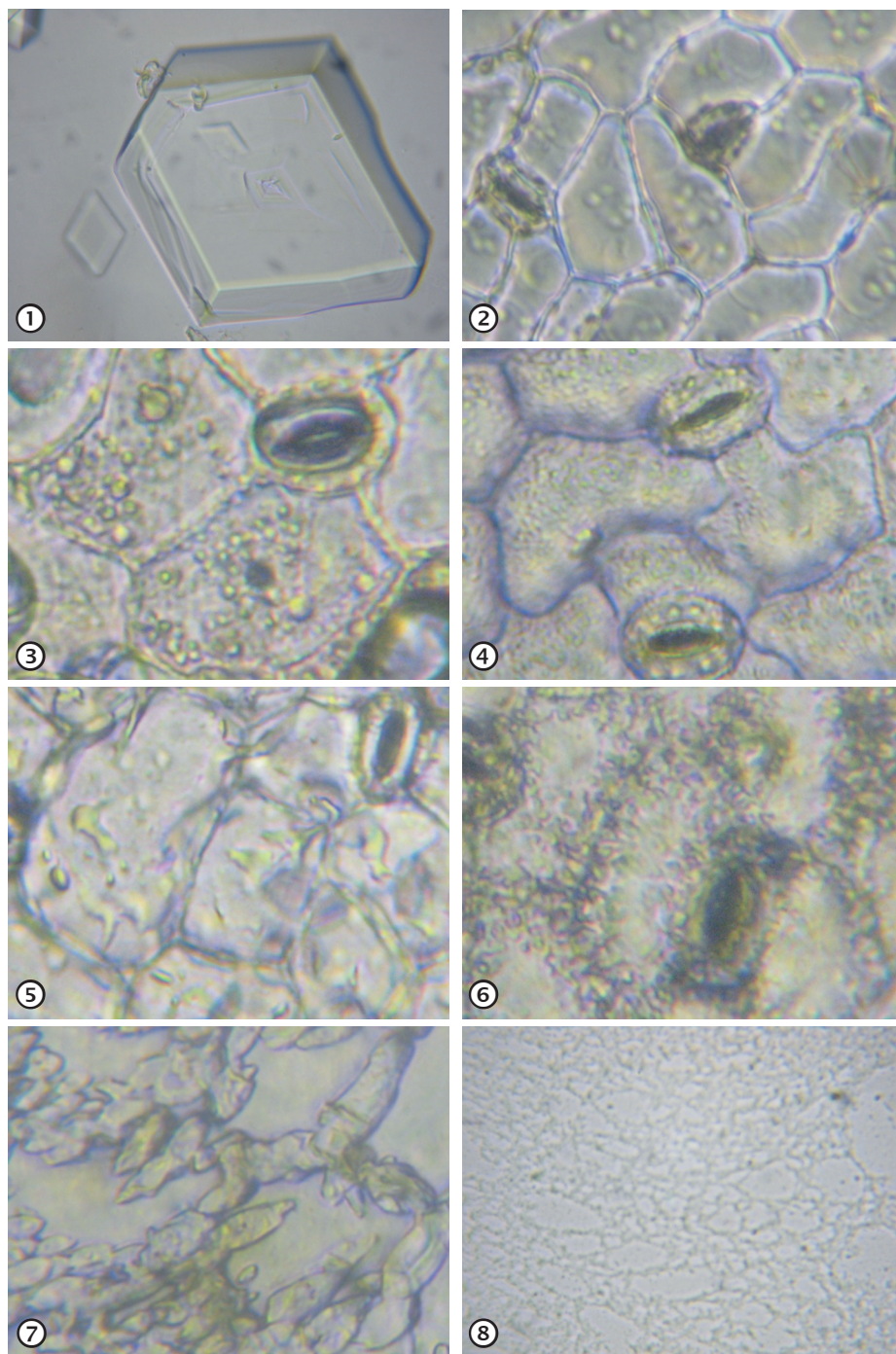


Рис. 1. Структуризация ЭДТА в растворах и на листьях сахарной свёклы: 1 – кристаллы ЭДТА в растворе; 2 – контроль – эпидерма клеток листа; 3–7 – локализация и структуризация ЭДТА на листьях; 8 – сухая плёнка смыва ЭДТА с листьев

Если обработка растений проводится утром накануне предстоящего солнечного жаркого дня, капельки раствора (рис. 1-3) недолго задерживаются на эпидерме листа, жидкая фаза раствора относительно быстро испаряется и на поверхности клеток образуется тонкая шероховатая плёнка ЭДТА (рис. 1-4 в сравнении с контролем – рис. 1-2).

При выступлении влаги на листьях в ночное время ЭДТА вновь растворяется с образованием капелек разной величины (рис. 1-5), которые перераспределяются на поверхности эпидермы, чаще локализуясь вдоль стенок клетки. В случае длительного сохранения капелек раствора на листьях сахарной свёклы в условиях высокой влажности воздуха (при переменной облачности, пасмурной погоде, обработке в вечернее или ночное время) структура плёнки ЭДТА приобретает более рыхлую форму – «хлопьев» (рис. 1-6) или «лепестков» (рис. 1-7). Следует заметить, что в смывах с листьев сахарной свёклы сухая плёнка ЭДТА сохраняет рисунок структуры сформировавшейся на листьях (рис. 1-8).

Обильная роса или осадки легко смывают ЭДТА с поверхности листьев. Структуризация ЭДТА частично способствует уменьшению её смыва с эпидермы листа, скорее всего в связи с образованием новых структур при взаимодействии с биоорганическими и минеральными веществами, выделяемыми тканью растений.

Исследования показали, что ЭДТА играет значительную роль в локализации, структуризации и миграции хелатных микроэлементов на листовой поверхности растений сахарной свёклы. Ранее показано, что распределение и структуризация микроэлементов, хелатированных ЭДТА, в основном зависят от физико-химических свойств комплексона, природной воды и условий погоды [4, 5].

Заключение

Таким образом, в результате исследований установлено, что комплексоны, в частности ЭДТА, играют ведущую роль в локализации, трансформации и миграции комплексонатов металлов на поверхности листьев сахарной свёклы. Распределение и структуризация микроудобрений на листьях растений зависят от физико-химических свойств ЭДТА, природной воды и погодных-климатических условий.

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. *Дворянкин, Е.А.* Локализация и трансформация монокомпонентных хелатных микроудобрений на поверхности листьев сахарной свёклы / Е.А. Дворянкин // Сахар. – 2020. – № 11. – С. 29–33.
5. *Дворянкин, Е.А.* Локализация и миграция хелата марганца (ЭДТА) на поверхности листьев сахарной свёклы при внекорневой

подкормке растений культуры / Е.А. Дворянкин // Сахарная свёкла. – 2020. – № 2. – С. 31–34.

6. *Дятлова, Н.М.* Комплексоны и комплексонаты металлов / Н.М. Дятлова, В.Я. Тёмкина, К.И. Попов. – М. : Химия, 1988. – 544 с.

7. *Камруков, А.С.* Современные окислительные и фотоокислительные методы разрушения комплексонов в жидких радиоактивных отходах / А.С. Камруков, Д.О. Новиков // Безопасность в техносфере. – 2015. – № 1. – С. 68–83.

8. *Мартыненко, Л.И.* О влиянии комплексонов на биосферу / Л.И. Мартыненко, Н.П. Кузьмина // Химия комплексонов и их применение. – Калинин : 1986. – С. 3–28.

9. *Терентьев, Р.А.* Некоторые аспекты реакционной способности динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) / Р.А. Терентьев [и др.] // Известия Алтайского государственного университета. – 2011. – № 3 – 1(71). – С. 143–147.

10. *Самусенко, Ю.В.* Применение ЭДТА в сельском хозяйстве // Ю.В. Самусенко // URL: <http://agropravda.com/news/chimia-dla-rasteniy/11521-primenenie-edta-v-selskom-hozyaystve> (дата обращения: 15.01.2021).

Аннотация. Исследовано влияние погодных условий на трансформацию ЭДТА на эпидерме листьев сахарной свёклы. Установлено, что ЭДТА распределяется равномерно на поверхности растительной клетки в виде шероховатой тонкой плёнки в условиях тёплой или жаркой сухой погоды. При высокой влажности воздуха структура плёнки ЭДТА становится более рыхлой, а сам препарат в основном распределяется вдоль стенок клеток. Показана ведущая роль хелатных агентов в локализации, структуризации и миграции микроэлементов на эпидерме растительной клетки сахарной свёклы.

Ключевые слова: сахарная свёкла, хелатный агент ЭДТА, хелатное микроудобрение, эпидерма, локализация, трансформация, миграция.

Summary. Influence of weather conditions on transformation of EDTA on sugar beet leaves epidermis has been studied. It has been determined that EDTA is evenly distributed over a plant cell surface as a harsh thin layer under conditions of warm or hot dry weather. Under conditions of high air moisture level, structure of the EDTA layer becomes looser, and the compound itself is mainly distributed along the cell walls. The leading role of chelating agents in localization, structuring and migration of microelements on a plant cell epidermis of sugar beet has been revealed.

Keywords: sugar beet, the EDTA chelate agent, chelate microfertilizer, epidermis, localization, transformation, migration.