

УДК 541.182.4.004.94

**МАССООБМЕН ЭМУЛЬГИРОВАННЫХ ГЕРБИЦИДОВ МЕЖДУ
ПОВЕРХНОСТЬЮ РАСТЕНИЯ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ**Дзарданов Д.В.^{1,2}, Елиневская Л.С.¹, Высоцкий В.В.², Полунина И.А.²¹АО Фирма «Август», 129515 Москва, ул. Цандера, д.6²Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН

119071 Москва, Ленинский проспект, д. 31

e-mail: dzardanov@list.ru

Методом растровой электронной микроскопии исследованы осадки, сформированные после нанесения эмульсий гербицидов на основе феноксапроп-П-этила (граминицидов G-I и G-II, АО «Август», РФ), отличающихся составом ПАВ, на листовую поверхность однолетнего злакового сорняка Щетинника зеленого (*Setaria viridis*). Предложен метод первичной оценки эффективности рецептуры разрабатываемых гербицидов.

ВВЕДЕНИЕ

Химическая защита зерновых культур от сорных растений, болезней и вредных насекомых входит в обязательный комплекс агротехнических мероприятий, проводимых для предотвращения потерь урожая зерна и сохранения его качества [1]. Феноксапроп-П-этил (рис. 1.) – эффективный гербицид, применяемый в сочетании с антидотом для защиты ячменя и пшеницы от таких злаковых сорных растений, как различные виды щетинника, проса куриного и сорнополевого, овсюга и метлицы полевой [2].

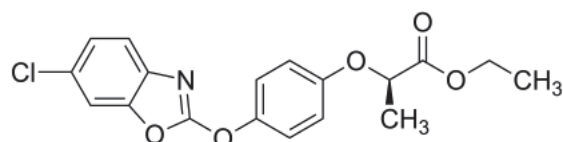


Рис. 1. Структурная формула феноксапроп-П-этила.

В растениях, гербицид быстро гидролизуеться с образованием свободной кислоты феноксапропа, которая тормозит биосинтез жирных кислот. В результате прекращается образование клеточных мембран в зонах роста злаковых сорняков, что приводит к их гибели [3].

На сегодняшний день основной способ внесения агрохимикатов заключается в опрыскивании обрабатываемых сельскохозяйственных культур водными эмульсиями, растворами и суспензиями, именуемыми рабочими жидкостями гербицида [4]. Узкие, направленные вверх длинные листья злаковых сорняков существенно затрудняют фиксацию капель гербицида на своей поверхности. При попадании капли гербицида на обрабатываемую поверхность массообмен между раствором, поверхностью растения и окружающей средой определяет структуру образуемого остатка. Здесь основные потери связаны со стеканием капель, испарением активных компонентов, их кристаллизацией и фотолизом. На финальной стадии, то есть на этапе проникновения в растение, важным является непосредственное взаимодействие остатка препарата с поверхностью растения, заключающееся в абсорбции действующего вещества в кутикулу с последующим перераспределением в тканях растения и метаболизмом действующих веществ [4, 5].

Модификация физико-химических свойств растворов гербицидов часто проводится посредством подбора поверхностно активных веществ (ПАВ) в рецептуре препарата. ПАВ играют роль эмульгаторов при разведении водой концентратов эмульсий гербицидов, они существенным образом влияют как на смачивание каплями эмульсии поверхности листьев, так и на структуру осадков, образующихся после испарения капель. В процессах смачивания существенную роль играют коллоидно-химические характеристики поверхности листьев, которая является гидрофобной вследствие наличия воскового кутикулярного слоя. Все это вызывает необходимость тщательного изучения адгезионно-когезионных взаимодействий капель с ли-

стями и структуры их поверхностного слоя [6]. Структурная форма осадка, образуемого после высыхания рабочего раствора гербицида на поверхности растения, позволяет судить о биоодоступности действующих веществ гербицида и оценить оптимальность выбора компонентов рецептуры.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследованы эмульсии рабочих растворов гербицидов (опытные образцы граминицида G-I и G-II, АО «Август», РФ) на основе феноксапроп-П-этила отличных по своему составу. В состав G-I включены модифицированные растительные масла в комбинации с липофильными ПАВ, в составе граминицида G-II доминируют гидрофильные компоненты.

Образцы готовились следующим образом: на поверхность растений наносили 2 мкл 0,4 % об. свежеприготовленной эмульсии образцов G-I и G-II в бидистиллированной воде, после чего выдерживали их в течение 2 ч перед съёмкой в естественных условиях.

Исследование текстуры и геометрических параметров поверхности листьев и структуры осадков эмульсий, оставшихся на листьях после испарения капель, проводили с помощью растрового электронного микроскопа Quanta 650 FEG с полевым катодом (FEI, Нидерланды), оснащенного энергодисперсионным датчиком рентгеновского излучения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Поверхности разных видов растений обладают индивидуальным поверхностным рельефом, который существенно варьируется в зависимости от вида сорной растительности, этапа развития растения и характера внешних условий (рис. 2а, б). Поверхность листьев обычно покрыта восковым слоем, степень кристалличности которого в сочетании со структурой поверхности определяет величину гидрофобных свойств, вплоть до супергидрофобности листьев лотоса [6]. На рис. 3а показана адаксиальная поверх-

ность листа однолетнего злакового сорняка Щетинника зеленого (*Setaria viridis*). На нем можно отметить дыхательные устья, выступы в виде коготков, образованных эпидермальной тканью растения, а также участки с агрегацией кутикулярных восков. При дальнейшем увеличении в 26470 раз (рис. 3b) на поверхности растения отчетливо проявляется чешуйки воска, покрывающие поверхность растения и защищающей его от различных неблагоприятных внешних факторов, таких как потеря влаги или заражения растения микробами, вирусами.

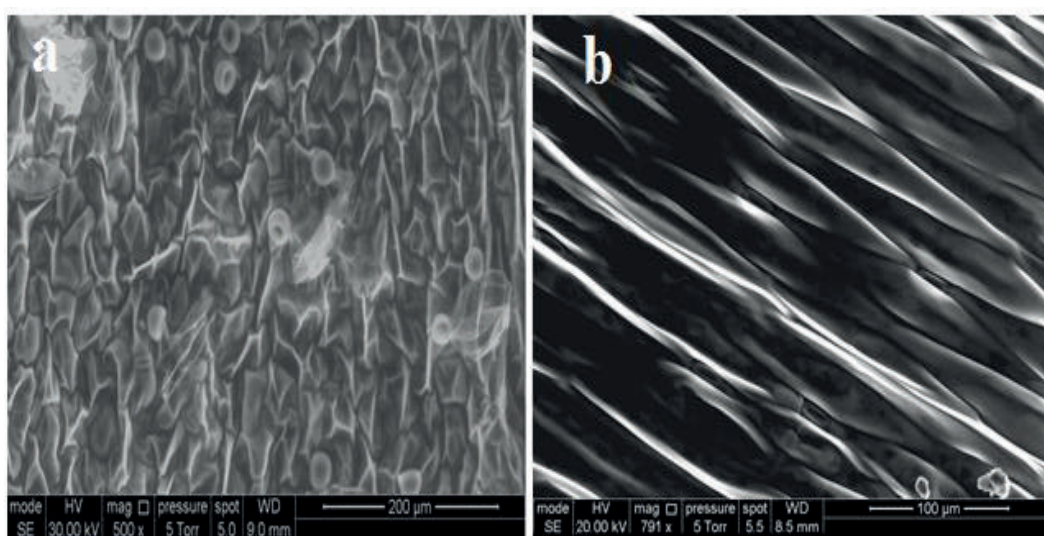


Рис. 2. Адаксиальная листовая поверхность: *a* – Мари белой (*Chenopodium album*), увеличение 500×, *b* – Овсяга (*Avena fatua*), увеличение 791×

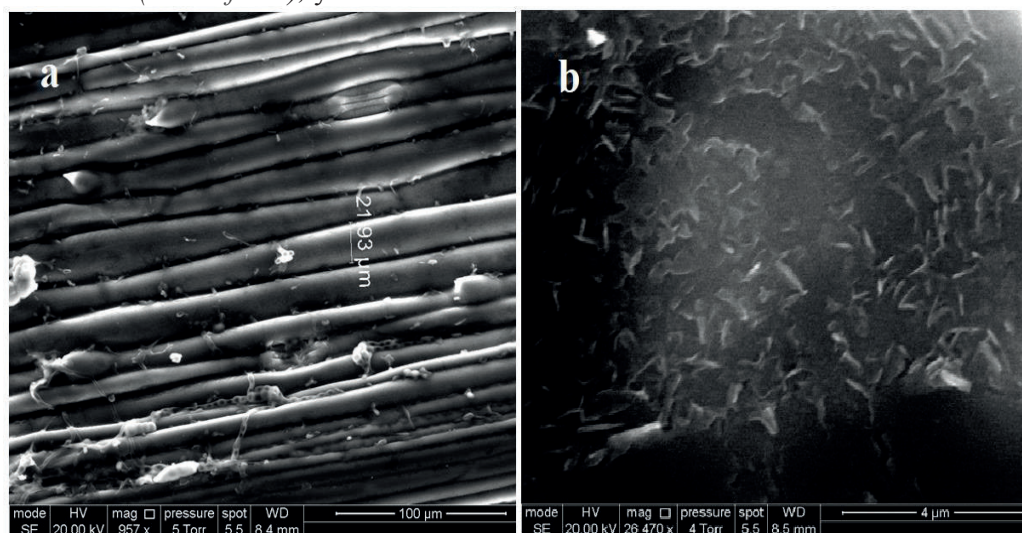


Рис. 3. *a* – Адаксиальная листовая поверхность Щетинника зеленого, увеличение 957×, *b* – Восковой слой на поверхности листа Щетинника зеленого, увеличение 26470×

На рис. 4 приведены результаты исследования осадков, образованных после испарения капель рабочего раствора гербицида с поверхности растения.

Методом растровой электронной микроскопии показано, что структура осадков эмульсий G-I (а) и G-II (б) кардинально отличаются друг от друга. Осадок G-I распределен равномерно и упорядоченность его структуры визуально не отмечается. Это характерно для эффективной диффузионной структуры остатка. Такие остатки легко сорбируются кутикулой сорного растения. Границы капли эмульсии G-I размыты.

В структуре осадка G-II по контуру высыхания капли наблюдается существенная кристаллизация гербицида. Это переводит действующее вещество G-II в труднодоступную форму, уменьшает его сорбцию поверхностью листьев и снижает биологическую эффективность гербицида в полевых условиях [3].

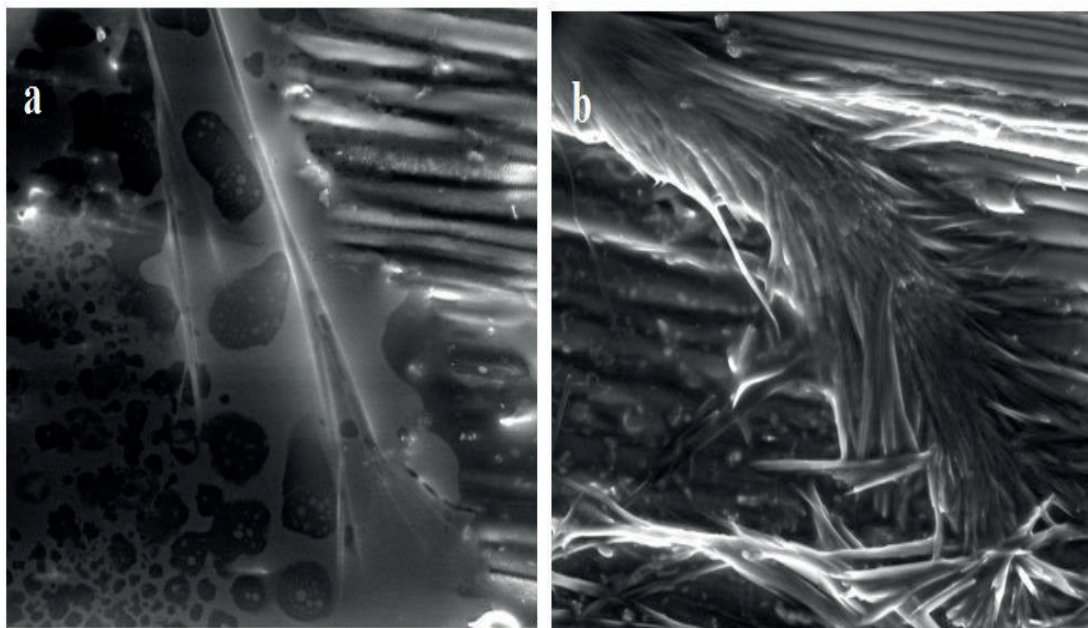


Рис. 4. Осадки на адаксиальной поверхности листа Щетинника зеленого (*Setaria viridis*):
а – осадок, формируемый эмульсией граминицида G-I,
б – осадок, формируемый эмульсией граминицида G-II.

Таким образом, скрининг структурной формы осадков, образуемых после высыхания рабочих растворов гербицидов на поверхности растения, позволяет научно обоснованно предполагать биологическую эффективность действия новых разрабатываемых препаратов и может стать универсальным методом

первичной оценки оптимальности подбора компонентов рецептуры гербицидов – ПАВ; растворителей, адъювантов и биологически активных соединений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куликова Н.А., Лебедева Г.Ф. Гербициды и экологические аспекты применения: М.: Книжный дом «Либроком», 2010.
2. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Справочное издание. М.: Приложение к журналу «Защита и карантин растений» 2017. №5.
3. Turner J.A. The Pesticide Manual: A World Compendium // British Crop Protection Council; 17th ed, 2015.
4. Никитин Н.В., Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Научно-практические аспекты технологии применения современных гербицидов в растениеводстве. М.: Печатный Город. 2010.
5. Дзарданов Д. В., Елиневская Л.С., Ролдугин В.И. // Коллоид. журн. 2014. Т.76. №6. С.725.
6. Jeschke P., Schirmer U., Witschel M. Modern Methods in Crop Protection Research // Wiley-VCH. 2012.