



Рослинництво, кормовиробництво

УДК 632.51:93

© 2019

ФІЗІОЛОГІЧНА РОЛЬ ЕПІКУТИКУЛЯРНИХ ВОСКІВ ДЛЯ РОСЛИН І ЇХ ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ

О.О. Іващенко¹, О.О. Іващенко²

¹доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН

²доктор сільськогосподарських наук

¹Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141, Україна

²Інститут захисту рослин НААН

вул. Васильківська, 33, м. Київ, 030221, Україна

e-mail: ¹o_ivashchenko@ukr.net, ²plant_prot@ukr.net

Надійшла 25.07.2018

Мета. Уточнення особливостей динаміки формування шару епікутикулярних восків на листках бур'янів різних видів у процесі їх органогенезу за різних умов вегетації рослин і визначення ролі такого шару в застосуванні гербіцидів. **Методика.** Дослідження проводили в лабораторіях гербології ІБКЦБ та ІЗР НААН у 2014 – 2018 рр. Посівна площа мікроділянки – 1 м², облікової – 0,5 м². Повторність дослідів – 7-разова. На ділянці залишали по 50 шт./м² рослин одного виду бур'янів. Паралельно всі варіанти досліду закладали як в умовах відкритого ґрунту, так і під полімерною прозорою плівкою (захищений ґрунт), де умови вегетації рослин були стабільнішими. Площі відібраних для аналізів листків визначали способом «просічок» (за А.О. Ничипоровичем). Для визначення кількості епікутикулярних восків на листках використовували спосіб «змивання». Після відбору зразків листків для аналізів ділянки обприскували гербіцидом Бетанал експерт к.е. (фенмедіфам – 91 г/л + десмедіфам – 71 г/л + етофумезат 110 г/л) у нормі витрати 1,0 л/га, норма витрати робочої рідини 210 л/га. **Результати.** Проведені аналізи підтверджують, що на поверхні зелених сім'ядоль різних видів бур'янів, використаних у досліді, епікутикулярних восків майже немає. До часу формування 4-х листків у ювенільних рослин інтенсивність формування шару епікутикулярних восків зростала. Їх середня кількість у рослин лободи білої була 0,24 г/м², або на 50% більше від попередніх обліків, гірчака шорсткого – 0,26 г/м², або на 24% більше порівняно з попередніми показниками, у сходів щиріці звичайної (загнутої) – 0,31 г/м², або на 35% більше, ніж у фазі 2-х листків. Із настанням фаз формування листків і накопичення потужнішого шару епікутикулярних восків сходи бур'янів проявляли фазову

резистентність до дії гербіциду. Висновки. Епікутикулярні воски є істотною перешкодою на шляху дифузії діючих речовин гербіцидів у тканини мезофілу листків. Зростання у 5,6 разів кількості восків на листках рослин гірчака шорсткого в процесі їх розвитку збігалось зі зниженням рівня ефективності дії гербіциду на 62%, взаємозв'язок факторів $r=0,723$. У рослин щириці звичайної за збільшення накопичення епікутикулярних восків з 0,09 до 0,72 г/м² рівень ефективності дії гербіциду знижувався зі 100 до 35%, коефіцієнт кореляції $r=0,886$.

Ключові слова: бур'яни, епікутикулярні воски, гербіциди, ефективність дії.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201901-02>

Будь-який організм у процесі життєдіяльності нерозривно пов'язаний із середовищем, в якому він перебуває. У процесі взаємозв'язків відбувається обмін енергією і речовинами [1–3]. З одного боку, обмін організму із середовищем забезпечує його існування, з другого, — надмірний вплив певних факторів здатний призводити не лише до пригнічення, а й до повного припинення процесів життя. Тобто процеси взаємного обміну енергією і речовинами організму та середовища мають бути регульованими. Така вимога справедлива для всіх форм життя, у тому числі й для рослин [4, 5].

На рівні окремих клітин у тканинах різної спеціалізації таку регуляторну функцію виконують біологічні мембрани, що змінюють проникність для відповідних речовин. Сучасна наука нині має цілісну мембранну теорію переносу і систем регулювання рівня проникності клітинних біологічних мембран. Така галузь досліджень дуже інтенсивно розвивається [6–8].

Водночас вищі рослини, особливо представники відділу Покритонасінні — *Angiospermae*, у процесі еволюції і виходу життя на сушу створили наступний рівень регулювання процесів надходження енергії і речовин із зовнішнього середовища в живий складний організм формуванням спеціалізованих покривних тканин: кірки, екзодерми, корка, епідерми (епікутикулу). Шар спеціалізованих тканин з відповідною будовою стінок виконує роль бар'єра на шляху надмірного або небажаного впливу середовища набагато ефективніше порівняно з мембранами окремої клітини [9–11]. Саме покривними тканинами вкриті надземні і підземні частини рослин, скажімо соняшнику однорічного

(*Helianthus annuus* L.), буряків цукрових (*Beta vulgaris* f. *sacharifera* L.), пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.), пирію повзучого (*Elytrigia repens* L.) Pal. Beauv.), щириці звичайної (загнутої) (*Amaranthus retroflexus* L.) та ін.

На поверхні епікутикулу, що вкриває надземні частини трав'янистих рослин, наявна кутикула, що не має клітинної будови. На її зовнішній бік із клітин епікутикулу поступово виходять стрижні або пластинки різної форми епікутикулярних восків. Такі утворення досить пластичні і поступово зливаються між собою, формуючи на поверхні листків суцільний шар аморфної речовини [12–17].

Епікутикулярні воски — складні органічні речовини, що мають ліпідну хімічну природу. У процесі формування систем захисту від несприятливого впливу довкілля оболонки клітин епікутикулу (епідерми) просочуються різновидом рослинних восків — *кутином*. Кутин формується із жирних кислот, що мають низьку молекулярну масу. Кількість кутину може бути досить значною — до 3,5% сухої маси листків [18–21].

Порівняно з жирами в рослинних восках більше атомів вуглецю (С) — до 80–82%, водню (Н) — до 13–14, проте менше атомів кисню (О) — до 4–7% [22–24].

Епікутикулярні воски за своєю природою є сумішшю складних ефірів вищих жирних кислот та аліфатичних спиртів, стеаринів і терпенових спиртів. У складних ефірів хімічні зв'язки стійкіші і важче гідролізуються порівняно з жирами. Вуглеводневі компоненти восків переважно складаються з Н-алконів, що формуються в процесі декарбоксілювання вільних жирних кислот. Традиційно вони містять непарну кількість атомів вуглецю: від С₁₁ до С₃₃ [25–28].

Такий аморфний шар на поверхні істотно посилює захисні функції покривних тканин рослин. Він погано або зовсім не змочується водою, не пропускає водяної пари і газів. Завдяки наявності шару епікутикулярних восків випаровування води з цитоплазми клітин через поверхню листків у середньому в 100 разів менше за обсяг випаровування через породи [29–31].

Шар епікутикулярних восків добре відбиває частину енергії сонячних променів знову в простір, особливо ультрафіолетові та інфрачервоні частини спектра. Скажімо, листки лутуги блискучої (*Atriplex nitens* Selk.), латуку компасного (*Lactuca serriola* L.) та ін. Така оптична особливість поверхні листків сприяє оптимізації температури в тканинах і дає змогу рослинам менше витратити води на процеси транспірації.

Шар епікутикулярних восків на листках рослин є істотним бар'єром на шляху проникнення діючих речовин пестицидів у живі тканини і провідні системи. Особливо важливу роль відіграє шар епікутикулярних восків у підвищенні стійкості сходів бур'янів до дії гербіцидів за умов сухої, сонячної, вітряної погоди та підвищених температур довкілля [25, 32–34]. Тому дослідження динаміки формування захисного шару епікутикулярних восків на поверхні надземних частин сходів бур'янів і способів їх подолання є актуальним питанням.

Мета досліджень — уточнення особливостей динаміки формування шару епікутикулярних восків на листках бур'янів різних видів у процесі їх органогенезу за різних умов вегетації рослин і визначення ролі такого шару при застосуванні гербіцидів.

Методика досліджень. Дослідження проводили в 2014–2018 рр. у лабораторіях гербології ІБКЦБ та ІЗР НААН.

Мікроділянкові дослідження передбачали послідовне висівання насіння бур'янів на ділянки в різні строки з інтервалом 6 діб. Така система неоднакових строків початку вегетації забезпечувала диференційоване отримання сходів і відповідно різний рівень розвитку рослин бур'янів одного виду до часу відбору проб листків для аналізів та проведення обприскування гербіцидами.

Посівна площа мікроділянки — 1 м², облікової — 0,5 м². Повторність дослідів — 7-разова.

На ділянці залишали по 50 шт./м² рослин одного виду бур'янів.

Схема дослідів передбачала:

- рослини бур'янів вегетують на ділянках без проведення заходів захисту;
- рослини бур'янів вегетують до формування сім'ядоль. Після відбору зразків листків для аналізів їх обприскують гербіцидами;
- рослини бур'янів вегетують до формування 2-х листків. Після відбору зразків листків для аналізів їх обприскують гербіцидами;
- рослини бур'янів вегетують до формування 4-х листків. Після відбору зразків листків для аналізів їх обприскують гербіцидами;
- рослини бур'янів вегетують до формування 6-ти листків. Після відбору зразків листків для аналізів їх обприскують гербіцидами;
- рослини бур'янів вегетують до формування 8-ми листків. Після відбору зразків листків для аналізів їх обприскують гербіцидами.

Паралельно всі варіанти дослідів закладали як в умовах відкритого ґрунту, так і вегетації під полімерною прозорою плівкою (захищений ґрунт), де умови вегетації рослин були стабільнішими. Під плівкою відносна вологість повітря традиційно становила 70–90%. В умовах відкритого ґрунту вона змінювалася залежно від погодних умов.

Метою такого паралельного закладання варіантів було визначення впливу добових коливань температури і змін рівня відносної вологості повітря на інтенсивність формування шару епікутикулярних восків на поверхні надземних частин рослин, передусім на листках, та на рівень ефективності дії гербіцидів на такі бур'яни.

Площі відібраних для аналізів листків визначали способом «просічок» (за А.О. Ничипоровичем). Для визначення кількості епікутикулярних восків на листках використовували спосіб «змивання». Після визначення площі 10-ти листків кожного виду рослин бур'янів їх занурювали в попередньо зважені сухі пробірки на 1 год в ефір. Після розчинення епікутикулярних восків із поверхні листків у розчиннику листкові пластинки виймали і випарювали ефір з пробірок у витяжній

шафі за температури 20°C. Розчинені епікутикулярні воски після повного випаровування ефіру залишалися на стінках пробірок. Пробірки зважували повторно. Різниця у вазі пробірок і була масою епікутикулярних восків, змитих із листків, що формувалися за етапами розвитку рослин конкретного виду у відповідних умовах вегетації. Отриману величину маси епікутикулярних восків перераховували на площу поверхні використаних листків у пробі (з 2-х боків).

Такий спосіб визначення наявності епікутикулярних восків на листках не дає змоги установлювати величину накопичення захисного шару на кожному боці листових пластинок, а дає узагальнені показники з обох боків — адаксіального та абаксіального.

Після відбору зразків листків рослин для аналізів ділянки обприскували ручним обприскувачем робочою рідиною з гербіцидом Бетанал експерт к.е. (фенмедіфам — 91 г/л + десмедіфам — 71 г/л + етофумезат 110 г/л) у нормі витрати 1,0 л/га, норма витрати робочої рідини 210 л/га.

Для отримання об'єктивної оцінки рівня ефективності дії гербіцидів ділянки з рослинами різного рівня розвитку і накопичення епікутикулярних восків на поверхні листків мікроділянки обприскували одночасно за умов однакової температури, рівня відносної вологості повітря та інших факторів погоди.

Застосування гербіцидів, обліки і спостереження здійснювали відповідно до вимог методики [35].

Результати досліджень. Погодні умови в роки проведення досліджень були сприятливими для росту і розвитку рослин бур'янів. Сівба насіння бур'янів у різні строки забезпечувала на час проведення обліків, аналізів і обприскувань перебування ювенільних рослин у різних фазах розвитку.

На інтенсивність формування шару захисних епікутикулярних восків на листках бур'янів впливали фази розвитку рослин різних видів, їх морфологічні особливості та зміни погодних умов у період проведення вегетації. Особливо стимулює формування епікутикулярних восків суха сонячна і вітряна погода з високими температурами і низькими показниками відносної вологості повітря. Такі умови вегетації сприяють

прояву ксероморфних ознак у молодих рослин, передусім формування клітин епідермісу менших розмірів на поверхні листових пластинок. Таку реакцію можна пояснити необхідністю посилення захисту сходів від надмірного обсягу втрат води в процесі транспірації. Епікутикулярні воски виконують захисну роль від надмірної транспірації, і тому рослини нарощують їх шар на поверхні листових пластинок.

Усі види бур'янів, використані у дослідженнях, мають надземний тип проростання і за допомогою гіпокотилія (підсім'ядольного коліна) виносять сім'ядолі насінин на поверхню ґрунту. Такі сім'ядолі є першими частинами рослин, що розпочинають процеси фотосинтезу і сприяють переходу молодій рослині на автотрофне живлення за рахунок фотосинтезу.

Проведені аналізи доводять, що на поверхні зелених сім'ядоль різних видів бур'янів, використаних у досліджах, епікутикулярних восків майже немає. Тобто такі надземні частини рослин не здатні істотно захищати та утримувати воду в клітинах тканин і не є істотною перешкодою на шляху проникнення діючих речовин гербіцидів.

У період формування першої пари справжніх листків (за досягнення повного росту і розвитку їх листових пластинок) кількість епікутикулярних восків на їх поверхні становила в середньому за роки проведення досліджень у рослин лободи білої (*Chenopodium album* L.) — 0,16, гірчака шорсткого (*Polygonum scabrum* L.) — 0,21, щириці звичайної (загнутої) (*Amaranthus retroflexus* L.) — 0,23 г/м² (таблиця).

До формування наступної пари листків (4 листки в ювенільних рослин) інтенсивність формування шару епікутикулярних восків зростала. Їх середня кількість на розвинених листках у рослин лободи білої була 0,24 г/м², або на 50% більше від попередніх обліків, гірчака шорсткого — 0,26 г/м², або на 24% більше порівняно з попередніми показниками, у сходів щириці звичайної (загнутої) — 0,31 г/м², або на 35% більше, ніж у фазі 2-х листків.

За наявності в молодих рослин бур'янів 6-ти розвинених листків на поверхні їхніх листових пластинок шар епікутикулярних восків збільшувався. Воски в процесі їх

Динаміка формування епікутикулярних восків на листках рослин бур'янів (2014 – 2018 рр.), г/м²

Вид бур'янів	Фаза розвитку рослин (листки)				
	Сім'ядолі	2	4	6	8
<i>Відкритий ґрунт</i>					
<i>Chenopodium album</i> L.	0,08	0,16	0,24	0,38	0,57
<i>Polygonum scabrum</i> L.	0,11	0,21	0,26	0,40	0,61
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	0,09	0,23	0,31	0,44	0,72
<i>Закритий ґрунт (під плівкою)</i>					
<i>Chenopodium album</i> L.	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11
<i>Polygonum scabrum</i> L.	0,05	0,07	0,08	0,09	0,12
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	0,06	0,07	0,09	0,10	0,13
НІР _{0,05}	0,01	0,03	0,03	0,05	0,09

накопичення набували якостей дедалі потужнішого захисного бар'єра на шляху випаровування води і проникнення в тканини діючих речовин гербіцидів.

На поверхні листових пластинок середні показники наявності захисного шару епікутикулярних восків з обох боків у різних видів рослин були неоднаковими. На листках лободи білої на листових пластинках їх було в середньому 0,38 г/м², гірчака шорсткого — 0,40, щиріці звичайної (загнутої) — 0,44 г/м² (рисунок).

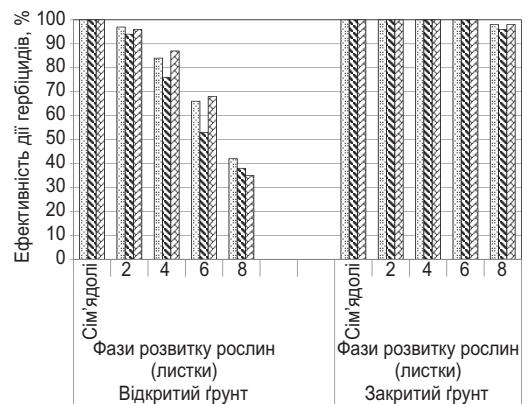
До періоду формування 8-ми листків накопичення епікутикулярних восків на листових пластинках підвищувалося і досягало в середньому за роки проведення досліджень у рослин лободи білої — 0,57 г/м², гірчака шорсткого — 0,61, щиріці звичайної (загнутої) — 0,72 г/м². Кількість епікутикулярних восків на листових пластинках порівняно з їх наявністю у фазі формування 2-х справжніх листків збільшилася у рослин лободи білої в 7,1 раза, гірчака шорсткого — 5,6, щиріці звичайної (загнутої) у — 8 разів.

Установлені величини не є абсолютними, а лише орієнтовними. За інших умов вегетації рослин зазначених видів кількість восків може істотно різнитися. Це підтверджує і динаміка накопичення епікутикулярних восків на листових пластинках рослин бур'янів, що паралельно проходили вегетацію в умовах стабільного і вищого рівнів відносної вологості повітря та відсутності дії вітру і значних коливань температур. Вирощування здійснювали на дослідних ділянках в умовах захищеного

ґрунту (під синтетичною прозорою плівкою). У нічний період рослини були захищені від впливу зниження температури, а впродовж світлого періоду доби отримували відповідний полив і вентиляцію.

За виносу на поверхню ґрунту сім'ядоль кількість епікутикулярних восків на них була незначною. Аналізи виявили наявність таких речовин, проте їх кількість становила в середньому від 0,04 г/м² у лободи білої до 0,06 г/м² у щиріці звичайної (загнутої). У рослин гірчака шорсткого на сім'ядолях їх було 0,05 г/м².

У період формування 2-х справжніх листків кількість епікутикулярних восків у рослин, що вегетували в умовах захищеного ґрунту,



Рівень ефективності дії гербіцидів залежно від кількості епікутикулярних восків і фаз розвитку рослин: □ — лобода біла; ▨ — гірчак шорсткий; ▩ — щиріця звичайна (загнута)

наростала дуже повільно. Порівняно з показниками накопичення у вегетуючих рослин у відкритому ґрунті кількість епікутикулярних восків була істотно меншою: у рослин лободи білої — у 2,7 раза, гірчака шорсткого — 3, шириці звичайної (загнутої) — у 3,3 раза. У наступні фази розвитку рослин і формування листків кількість епікутикулярних восків на листових пластинках поступово зростала. Проте на час формування 8-ми листків їх кількість у середньому в лободи білої була — 0,11 г/м², гірчака шорсткого — 0,12, шириці звичайної (загнутої) — 0,13 г/м².

Порівняно з рослинами, що вегетували у відкритому ґрунті під впливом добових коливань температури, дії сухого вітру, дефіциту вологи і прямих сонячних променів, рослини в умовах захищеного ґрунту формували на поверхні листків істотно менший шар епікутикулярних восків. У рослин лободи білої — у 5,2 раза, гірчака шорсткого — 5,1, шириці звичайної — у 5,5 раза.

Кількість епікутикулярних восків, що формують на поверхні молодих рослин захисний шар, має не лише чисто академічне, а й прикладне значення. На перших етапах формування епікутикулярні воски є аморфними (м'якими), проте протягом наступного періоду перебування під впливом атмосферних факторів і ультрафіолетових сонячних променів у восках проходять реакції полімеризації, і на поверхні листків рослин вони перетворюються в кристалічні (тверді) форми. Такі форми восків стають стійкішими до впливу факторів зовнішнього середовища, зокрема до інтенсивності процесів фізичної дифузії діючих речовин гербіцидів, нанесених на їхню поверхню.

Після кожного відбору зразків листків для аналізів у відповідні фази формування листків молоді рослини бур'янів, що вегетували у відкритому та захищеному ґрунтах, обприскували робочою рідиною з гербіцидом.

Середні показники рівня ефективності дії гербіциду наведено на рисунку. Сходи бур'янів, що вегетували у відкритому ґрунті і на час проведення обприскувань гербіцидом формували різну кількість листків, проявляли неоднакову чутливість до дії токсикантів: 3 діючі речовини — фенмедіфам, десмедіфам, етофумезат. Рослини

всіх видів бур'янів, що були використані в досліді і формували лише зелені сім'ядолі, відмирили повністю (100%).

У фазі 2-х листків рівень відмирання молодих рослин становив у середньому 94–97%. За наявності 4-х листків у рослин бур'янів чутливість і рівень відмирання сходів різних видів знижувалися з 76 до 87%.

За наявності у рослин бур'янів 8-ми листків ефективність дії гербіциду значно скоротилася і становила в середньому 35–42%. У рослин кожного виду бур'янів динаміка наростання стійкості до діючих речовин була своя, проте загальна тенденція змін проявлялася досить чітко. З наростанням фаз формування листків і накопичення потужнішого шару епікутикулярних восків сходи бур'янів проявляли фазову резистентність до дії гербіциду.

Про зв'язок між кількістю епікутикулярних восків на листових пластинках молодих рослин бур'янів і рівнем чутливості до дії гербіциду безпосередньо свідчать результати застосування тієї самої робочої рідини на сходи, що вегетували за умов захищеного ґрунту (під синтетичною плівкою). У таких сходів виявилася інша динаміка накопичення епікутикулярних восків, і рівень ефективності дії гербіциду був відмінним від показників у рослин, що вегетували у відкритому ґрунті.

Відмирання сходів бур'янів, що попередньо вегетували за умов захищеного ґрунту, було майже повним незалежно від кількості листків, які мали рослини на час проведення обприскувань. Лише в рослин, що формували 8 листків, рівень відмирання становив у середньому 96–98%. Кількість епікутикулярних восків на їх листках була близькою до показників рослин, що вегетували у відкритому ґрунті у фазі формування 2-х листків.

Через низький рівень захищеності листових пластинок шаром епікутикулярних восків у рослин, що вегетували в умовах захищеного ґрунту, діючі речовини в процесі фізичної дифузії легко долали такий захисний бар'єр і проникали до цитоплазми живих клітин хлоренхіми та провідних систем рослин і вже через них — до сайту дії. Така система проникнення забезпечувала високий рівень ефективності дії гербіциду на сходи бур'янів у різних фазах росту і розвитку.

Кореляційний аналіз отриманих результатів накопичення шару епікутикулярних восків за фазами розвитку у рослин видів бур'янів, використаних у досліджах, доводить, що їх вегетація в умовах відкритого і закритого ґрунтів проходила за фазами розвитку: сім'ядолі — 8 листків. Коефіцієнт кореляції був позитивним у рослин лободи білої $r=0,988$, гірчака шорсткого $r=0,997$,

щиріці звичайної (загнутої) $r=0,990$.

Рівень ефективності дії гербіцидів на сході бур'янів за фазами розвитку та різної кількості накопичення епікутикулярних восків мав негативну кореляційну залежність. Коефіцієнти кореляції виявляли високий рівень взаємозв'язку. У рослин лободи білої $r=0,831$, гірчака шорсткого $r=0,723$, щиріці звичайної (загнутої) $r=0,886$.

Висновки

Епікутикулярні воски, особливо на ювенільному етапі органогенезу, є дієвим захисним засобом молодих рослин від небажаного впливу середовища. Їх захисний шар на поверхні здатний істотно наростати залежно від фаз розвитку, специфіки умов зовнішнього середовища та біологічних особливостей рослин конкретного виду. Кількість епікутикулярних восків у рослин лободи білої в процесі вегетації у відкритому ґрунті зростала з 0,08 (сім'ядолі) до 0,57 г/м² (8 листків), або в 7,1 раза.

За вегетації рослин в умовах захищеного ґрунту, де добові коливання температури істотно менші, а рівень відносної вологості повітря вищий як мінімум удвічі порівняно з умовами відкритого ґрунту та за повної відсутності дії вітру, формувався у 5,2 раза менший шар епікутикулярних восків на поверхні рослин лободи білої, $r=0,988$.

Епікутикулярні воски є істотною перешкодою на шляху дифузії діючих речовин

гербіцидів у тканини мезофілу листків. Зростання у 5,6 раза кількості восків на листках рослин гірчака шорсткого в процесі їх розвитку збігалось зі зниженням рівня ефективності дії гербіциду до 62%, кореляційний зв'язок був досить високим, $r=0,723$. У рослин щиріці звичайної за збільшення накопичення епікутикулярних восків з 0,09 до 0,72 г/м² рівень ефективності дії гербіциду знижувався зі 100 до 35%. Взаємозв'язок факторів був $r=0,886$.

За планування обприскування посівів гербіцидами доцільно обов'язково враховувати попередній вплив факторів середовища, що посилюють процеси формування шару епікутикулярних восків на листках бур'янів, особливості рівня росту та розвитку рослин. А також необхідність додання до робочої рідини пенітрантів, які посилюють процеси фізичної дифузії діючих речовин препаратів через захисні покриви надземних частин рослин бур'янів.

Иващенко А.А.¹, Иващенко А.А.²

¹Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03141, Украина, ²Институт защиты растений НААН, ул. Васильковская, 33, г. Киев, 03022, Украина; e-mail: ¹o_ivashchenko@ukr.net, ²plant_prot@ukr.net

Физиологическая роль эпикутикулярных восков для растений и их практическое значение

Цель. Уточнение особенностей динамики формирования слоя эпикутикулярных восков на листьях сорняков разных видов в процессе их органогенеза при различных условиях вегетации растений и определение роли такого слоя в использовании гербицидов. **Методика.** Исследования проводили в лабораториях

гербологии ИБКСС и ИЗР НААН в 2014–2018 гг. Посевная площадь микроделянки — 1 м², учетной — 0,5 м². Повторность опытов — 7-кратная. На делянках оставляли по 50 шт./м² растений одного вида сорняков. Параллельно все варианты опытов осуществляли в условиях открытого грунта и под полимерной прозрачной пленкой (защищенный грунт), где условия вегетации были более стабильными. Площадь листьев для анализов определяли способом «просечек» (по А.А. Ничипоровичу). Для определения количества эпикутикулярных восков на листьях использовали способ «смывания». После отбора образцов листьев растений для анализов делянки опрыскивали гербицидом Бетанал эксперт к.э. (фенмедифам — 91 г/л + десмедифам — 71 + этофумезат 110 г/л) в норме расхода 1,0 л/га и норме внесения рабочей

жидкості 210 л/га. **Результати.** Виконані аналізи доводять, що на поверхні зелених семядолей різних видів сорняків, використаних в експериментах, епікутикулярні воски практично відсутні. На етапі формування 4-х листків у ювенильних рослин інтенсивність формування шару епікутикулярних восків зростає. Їх середнє кількість у рослин мари білої становить 0,24 г/м², або на 50% більше, ніж у попередніх дослідженнях, у горця шершавого — 0,26 г/м², або на 24% більше, ніж у порівнянні з попередніми показателями, у висхідній щиріці звичайної (загнутої) — 0,31 г/м², або на 35% більше, ніж у фазі 2-х листків. З настанням фаз формування листків і накоплення більш потужного шару епікутикулярних восків висхідні сорняки проявляли фазову резистентність до дії гербициду. **Висновки.** Епікутикулярні воски є суттєвим перешкодою на шляху дифузії діючих речовин гербицидів у тканину мезофілла листків. Збільшення в 5,6 рази кількості восків на листках рослин горця шершавого в процесі їх розвитку збігалося з зниженням рівня ефективності дії гербициду на 62%, $r=0,723$. У рослин щиріці звичайної при збільшенні накоплення епікутикулярних восків з 0,09 до 0,72 г/м² рівень ефективності дії гербициду знизився з 100 до 35%, $r=0,886$.

Ключові слова: сорняки, епікутикулярні воски, гербициди, ефективність дії.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201901-02>

Ivaschenko O.¹, Ivaschenko O.²

¹Institute of biopower crops and sugar beet of NAAS, Clinichna Str., 25, Kyiv, 03141, Ukraine, ²Institute of protection of plants of NAAS, Vasykivska Str., 33, Kyiv, 03022, Ukraine; e-mail: ¹o_ivashchenko@ukr.net, ²plant_prot@ukr.net

Physiological role of epicuticular waxes for plants and their practical significance

The purpose. To specify the features of dynamics of formation of a layer of epicuticular waxes on leaves of weeds of different sorts during their organogenesis under different conditions of vegetation of plants and determination of role of

such layer in use of herbicides. **Methods.** Probes were carried out in laboratories of herbology of IBCSB and IPP of NAAS in 2014–2018. The cultivated area of microplot — 1 m², registration plot — 0,5 m². Frequency of experiments — 7-fold. On plots they kept 50 plants of one sort of weeds for 1 m². All alternatives of experiments were realized both in conditions of open ground and under the polymerous transparent film (sheltered ground) where conditions of vegetation were more stable. The square of leaves for analysis was determined by method of “notchings” (A.A. Nichiporovich). For determination of amount of epicuticular waxes on leaves they used “washing off” method. After sampling leaves of plants for analysis the plot were sprayed with herbicide Betanal expert k.e. (phenmedipham — 91 g/l + desmedipham — 71 + ethofumezat 110 g/l) in rate of application of 1,0 l/hectare and dose of importation of working fluid of 210 l/hectare.

Results. Analysis proved that on the surface of green seed-lobe of different sorts of weeds used in experiments, epicuticular waxes were almost absent. To the time of formation of 4 leaves at juvenile plants intensity of formation of layer epicuticular waxes increased. Their average amount at plants of white goosefoot was 0,24 g/m², or on 50% more than in the previous records, at plants of asperous jointweed — 0,26 g/m², or on 24% more in comparison to previous indexes, at sprouts of amaranth — 0,31 g/m², or on 35% more than in the phase of 2 leaves. In phases of formation of leaves and accumulation of more powerful layer of epicuticular waxes sprouts of weeds manifested phase resistance to action of herbicide. **Conclusions.** Epicuticular waxes are essential obstruction in diffusion of acting matters of herbicides in tissue of mesophyll of leaves. The augmentation in 5,6 times of amount of waxes on leaves of plants of asperous jointweed during their development coincided with the level of recession of efficiency of herbicide on 62%, $r=0,723$. At plants of amaranth at augmentation of accumulation of epicuticular waxes from 0,09 up to 0,72 g/m² the level of efficiency of herbicide decreased from 100 to 35%, $r=0,886$.

Key words: weeds, epicuticular waxes, herbicides, efficiency of action.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201901-02>

Бібліографія

1. Василевич В.И. Типы стратегий растений и фототипы. *Журнал общей биологии*. 1987. Т. XLVIII, № 3. С. 368–374.
2. Эзау К. Анатомия семенных растений. Москва: Мир, 1980. Кн. 1, 2. 300 с.
3. Кларксон Д. Транспорт ионов и структура

растительной клетки. Москва: Мир, 1978. 351 с.

4. Швартау В.В., Трач В.В. Физиологические особенности синергического усиления активности производных арилооксифеноксипропионовой кислоты с помощью ингибиторов синтеза липидов. *Физиология и биохимия культурных*

растений. 2000. V. 32, № 4. С. 329–333.

5. Соколов М.С. Проникновения в растения гербицидов и некоторых других экзогенных веществ. *Агротехника*. 1970. № 4. С. 135–138.

6. Ленинджер А. Основы биохимии. Москва: Мир, 1985. 1056 с.

7. Шульгин А.М. Агрометеорология и агроклиматология. Ленинград: Метеоиздат, 1978. 196 с.

8. Ботвиновский В.В. О смачивании эпидермиса листьев. Доклады АН СССР. 1948. Т. XII, № 3. С. 581–584.

9. Протасов Н.И. Некоторые биологические особенности сорных растений. *Рациональные приемы защиты растений от вредителей, болезней и сорняков*: сб. научн. тр. ТСХФ. Горки, 1979. Вып. 59. С. 189–196.

10. Vnay W.G. Weed control programmes: dirrent and future trends. *Aspects of applied biligy*. 1993. № 2. P. 177–181.

11. Daly G.T. Leaf — surface wax in Poacolorsor. *J. Exper. Bot.* 1964. V. 15, № 43. P. 160–165.

12. Juniper B.E. Growth development and effect of the environment on the plant surfaces. *J. Linn. Soc. (London)*, 1960. P. 413–420.

13. Claerchout S., Recheul D. & De CB. Sensitivity of Echinochloa crus — galli populations to maize herbicides: a comparison between cropping systems. *Weed Research*. 2015. V 55. P. 470–481.

14. Kentschler J. Die Wasser bendenetzbarkeit von Blatt ober flachen und ihre submikroskopische Wachs struktur. *Planta*. 1971. V. 96, № 2. S. 119–135.

15. Maartin E.T., Juniper B.E. The cuticules of plants (Edward Arnild) (Publishers) IRB. London, 1970. 122 p.

16. Mc. Horter C.G., Paul R.N., Barrentine B.E. Morphology, development and recrystallization of epicuticular waxes of Jonsongras (*Sorghum halepense* L.) *Weed Science*. 1999. V. 38, № 1. P. 23–33.

17. Norris R.F., Buccovac N.J. Structure of the pear leaf cuticle with special reference to cuticular penetration. *Amer. J. Bot.* 1968. V. 55, № 8. P. 975–983.

18. Nussbaum E.G., Wiese A.F., Crutchfield D.E. The affects of temperature and rainfall on emergence and growth of eight weeds. *Weed Science* 1995. V. 33, № 2. P. 165–170.

19. Radler F.B. The surface waxes of the sultana wine. *Austr. J. Biol. Science*. 1965. V. 18, № 5. P. 1045–1056.

20. *Herbicide*. Efficacy, Leaf Structure, and Spray Droplet Contact Angle among Ipomoea Species and Smallflower Mornigglory. *Weed Science* V. 49, № 5 (Sep. – Oct., 2001). P. 628–634.

21. Trevor H.Y., Jocelyn K.C. Rose The Formation of Function of Plant Cuticles. *Plant Physiology*. Sep. 2013. 163 (1) 5-20;DOI: 10. 104/pp. 113.222737.

22. Мордерер Е.Ю., Мережинський Ю.Г. Гербициди, механізми дії та практика застосування. Київ: Логос, 2009. Т. 1. 372 с.

23. Su L., Sivey JD, Dai N. Emerging investigator series: sunlight photolysis of 2,4herbicides in systems simulating leaf surfaces. *Environ Sci Process Impacts*. 2018. Jul. 5. Doi: 101039/c8em00186c.

24. Arand K., Asmus E., Popp C. et al. The Mode of Action of Adjuvants —Relevance of Physicochemical properties for Effects on the Foliar Application, Cuticular Permeability, and Greenhouse Performance of Pinoxaden. *J. Agric Food Chem*. Jun 13, 2018; 66(23):5779–5777. Doi: 10.1021/acs.jafc. 8b01102.

25. Rielofsen R.A. On the submicroscopis structure of cuticular cell wax. *Acta bot. Neerl.* 1952. V. 1, № 1. P. 90–114.

26. Sargent J.A. The penetron of growth regulatirs into leaves Meded. *Land biwhogeschool*. 1994. V. 29, № 3.

27. Burkhard J., Basi S., Pariyar S., Hunsche M. Stomatal penetration by aqueous — an update involving leaf surface particles. *New Phytol*. 2012 Nov; 196(3): 774–87. Doi: 10.1111/j. 1469–8137. 2012. 04307/x.

28. Halle A., Lavielle D., Richard C. The effect of mixing two herbicides mesotione and nocosulfurin on ther photochemical reactivity on cuticular wax film. *Chemosphere*. 2010 Apr; 79(4): 482–7. Doi: 10.1016/j. Chemosphere. 201. 01. 003.

29. Schaufele W.R. Einflusshoch wachsenden Unckautes (*Chenopodium album* L.) auf Entwicklung and Ertag der Zuckerrube. *Zeitschrift fur Pflanzen krankheiten and Pflancenschitz. J. of Plant Diseases and Protection Heft* 93(2). April, 1996. Band 93. S. 125–135.

30. Skoss J.D. Structure and Composition of plant cuticle in relation to environmental factors and permibility. *Bot. Gaz*. 1999. V. 177, № 1. P. 55–72.

31. Shechter M., Xing B., Kopince FD, Chefetz B. Competitive sorption — desorption behavior of triasene herbicides with plant cuticular fractions. *J. Agric Food Chem*. 2006 Oct. 4; 54(20):7761–8.

32. Озерова Л.В., Швартау В.В. Механізми дії сучасних гербицидів. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2005. Т. 37, № 6. С. 486–494.

33. Швартау В.В., Михальська Л.М. Гербициди. Фізико-хімічні та біологічні властивості. Київ: Логос, 2013. 906 с.

34. Heap I.M. (2017) International survey of herbicide resistant weeds. Online Internet, December 30. Available www.weedsscience.com. Communication Open Access.

35. Трибель С.О. Методика випробування і застосування пестицидів; за ред. С.О. Трибеля. Київ: Світ, 2001. 447 с.