

ОГЛЯДИ, ЛЕКЦІЇ

УДК 613.632.95:632.982(048.8)

<https://doi.org/10.33573/ujoh2020.04.302>**ГІГІЄНИЧНА ОЦІНКА ЗАСТОСУВАННЯ ПЕСТИЦИДІВ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ІНЖЕКТОРНИХ РОЗПИЛЮВАЧІВ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)****Борисенко А. А.¹, Антоненко А. М.¹, Шпак Б. І.², Омельчук С. Т.³, Бардов В. Г.¹**¹Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ²ТОВ «Сингента», м. Київ³Інститут гігієни та екології Національного медичного університету імені О. О. Богомольця, м. Київ

Вступ. Наявність пестицидів та інших сторонніх хімічних речовин у харчових продуктах, питній воді та повітрі створює безпосередню загрозу для здоров'я людини. Запровадження ефективної політики щодо зменшення несприятливих наслідків дії пестицидів при збереженні високого рівня врожаїв сільськогосподарських культур є головним викликом сьогодення.

Мета дослідження – аналіз даних щодо можливості зменшення ризику застосування пестицидів шляхом використання інжекторних розпилювачів.

Результати. Найзначимішими факторами, що впливають на величини професійних і непрофесійних ризиків, умови праці та забруднення об'єктів довкілля при внесенні пестицидів є дисперсність та однорідність, знос препарату, випаровуваність. Встановлено, що найпривабливішою з економічної точки зору є дисперсність розпилу 100–300 мкм щільних розпилювачів. Слід зазначити, що в разі застосування дрібнокрапельних розпилювачів треба приділяти особливу увагу індивідуальним засобам захисту органів дихання, так як існує ризик глибокого проникнення в легені, аж до альвеол, дрібнодисперсних часток пестициду. Нова конструкція інжекторних розпилювачів із низьким дрейфом дозволяє пропускати рідину через невеликий отвір в камеру, що дає можливість знизити тиск розпилювання. За сприятливих погодних умов проблема зносу пестицидів може бути зведена до мінімуму, якщо хімічні речовини застосовуються при правильному підборі та експлуатації обладнання. Відзначено, що необхідно уникати утворення крапель діаметром менше ніж 80–100 мкм. Інжекторні розпилювачі, які мають стабільно-контрольований спектр розпилення, дають можливість отримати не менше ніж 90 % крапель, що максимально відповідають виду пестициду, оброблюваній культурі та фазі її розвитку, технічним і природним умовам внесення. Якщо під час внесення пестициду визначається низька вологість повітря й висока температура, слід вибирати типорозміри розпилювачів, які формують більш великі краплі, щоб зменшити їхнє випаровування та знесення.

Висновок. Оскільки уникнути ризику впливу пестицидів при їхньому застосуванні в сільськогосподарському виробництві повністю неможливо, то надзвичайно важливим є виявлення ризик-небезпечних препаратів, технологій, техніки, що дозволить мінімізувати ризик за рахунок прийняття управлінських рішень, спрямованих на рекомендації щодо заборони застосування пестицидів, окремих технологій, розробки регламентів застосування, використання найефективніших засобів захисту.

Ключові слова: пестициди, умови праці, професійний ризик, вид обприскування, непрофесійний ризик, дисперсність, біологічна ефективність

Вступ

Наявність і постійна циркуляція шкідливих хімічних речовин у навколишньому середовищі є предметом великих дискусій останніми десятиліттями [4]. Наявність пестицидів та інших сторонніх хімічних речовин у харчових продуктах, питній воді та повітрі створюють безпосередню загрозу для здоров'я людини. Поступове їхнє накопичення в об'єктах навколишнього середовища та в організмі людини у невеликих кількостях може викликати віддалені ефекти,

провокуючи появу хронічних захворювань [5, 9]. Запровадження ефективної політики щодо зменшення несприятливих наслідків дії пестицидів при збереженні високого рівня врожаїв сільськогосподарських культур є головним викликом сьогодення.

Беззаперечно, що для отримання високої ефективності хімічних засобів захисту рослин (ХЗЗР) необхідно правильно провести підбір діючої речовини, щоб вирішувати поставлені завдання. Але, крім того, для максимального результату також слід враховувати

безліч факторів, що впливають на розподіл діючих речовин у необхідній кількості [1, 16, 23, 25].

Мета дослідження – аналіз даних щодо можливості зменшення ризику застосування пестицидів шляхом використання інжекторних розпилювачів.

Результати дослідження та їх обговорення

Лише в Європейському Союзі (ЄС) сьогодні дозволено 494 діючих речовин пестицидів із потенційно різними несприятливими ефектами [7, 17]. Це обумовлює необхідність впровадження політики інтегрованої боротьби зі шкідниками [10], яка представлена низкою законодавчих документів, починаючи з випуску Директиви 2009/128/ЄС, що регламентує дії громади для забезпечення стійкого та безпечного застосування пестицидів. Ця Директива, а також відповідні акти мають великий вплив на фермерів і компанії, що працюють у сільськогосподарському секторі. Відповідно до [6] були внесені зміни та доповнення щодо вимог безпеки машин для внесення пестицидів, зокрема:

- машини для внесення пестицидів повинні бути спроектовані та побудовані з урахуванням результатів оцінки ризику, що забезпечить високий рівень захисту здоров'я та безпеки людини, де це доречно, домашніх тварин, майна та навколишнього середовища;
- машини повинні бути спроектовані та побудовані для точного дозування пестициду, забезпечення легкого та повного внесення, одночасно запобігаючи розливу пестициду та уникаючи забруднення джерел води під час таких операцій;
- машини повинні бути спроектовані та сконструйовані таким чином, щоб забезпечити максимальне осідання пестицидів на цільові об'єкти й мінімізувати втрати на нецільових ділянках і надходження пестициду в навколишнє середовище. Там, де це доречно, необхідно забезпечити рівномірний розподіл та однорідне осідання;
- форсунки, ситечка та фільтри повинні бути маркованими для чіткої ідентифікації їхнього типу та розміру.

Будь-який вид обприскування (ранцеве, штангове, вентиляторне, авіа) передбачає використання форсунок (розпилювачів). Розпилювач є ключовим елементом обприскувача й від нього залежить ефективність обробки, економічні, експлуатаційні, гігієнічні та екологічні показники. Правильно підібрані форсунки й умови внесення пестицидів забезпечують ефективний розподіл робочого розчину на

цільові поверхні [13, 16, 18], що зменшує ризик впливу на екосистему та працівників, які задіяні в обробках. Технічна ефективність обприскування визначається кількістю ефективних краплин, що осіли на одиницю площі цільової поверхні. Чим більшу кількість краплин здатен створити й осадити розпилювач, тим, відповідно, менша кількість робочої рідини та пестициду необхідна для хімічного захисту рослин [1, 16, 28]. Тобто, створюється мінімальне пестицидне навантаження на об'єкти довкілля, що в свою чергу зменшує величини екоотоксикологічного ризику, негативного впливу на професійні та непрофесійні контингенти. У світі існує безліч інструкцій, Директив, рекомендацій щодо правильного підбору розпилювачів залежно від препаративної форми, різновиду пестициду, культури та її фази розвитку, умов навколишнього середовища.

Саме тому нами був проведений аналітичний огляд джерел літератури щодо можливості зменшення ризику для професійних і непрофесійних контингентів населення та мінімізації негативного впливу пестицидів на об'єкти довкілля шляхом застосування інжекторних розпилювачів.

Постачальники сільськогосподарської техніки сьогодні пропонують широкий спектр розпилювачів, які створюють розподіл і вихід робочого розчину ХЗЗР. Нині світовий ринок на 80 % представлений традиційними гідравлічними щільними розпилювачами. В Україні також досить велику частину ринку займають гідравлічні щільні розпилювачі з дрібними розпиленням, оскільки вони були винайдені та стандартизовані раніше й постачаються в комплекті оригінального обладнання нових обприскувачів [1, 18, 20, 25]. Робота щільних розпилювачів, забезпечується створенням високого тиску рідини в баку обприскувача, при цьому процес дезінтеграції рідини відбувається безпосередньо при виході з розпилювача. Таким чином забезпечується відносно висока та нестабільна дисперсність розпилення [18]. Унаслідок цього при обприскуванні завжди відзначаються непродуктивні втрати робочого розчину пестициду через швидке випаровування та (або) знесення дуже дрібних крапель (20–80 мкм) і стікання дуже великих (360–1000 мкм) з оброблюваного об'єкта в ґрунт.

Вищезазначене негативно впливає на біологічну та економічну ефективність обробок, підвищується небезпека гострих респіраторних отруєнь у працівників у зв'язку зі значним випаровуванням і розповсюдженням, особливо за штильової погоди.

Можливі шкірні реакції в разі затіканні великих крапель під спецодяг.

Тільки краплі розмірами 80–360 мкм відіграють ефективну роль їхнього цільового призначення [23]. Це є підґрунтям для постійного вдосконалення щільних розпилювачів із метою підвищення стабільності утворення крапель певного розміру та точності нанесення розчину на оброблюваний об'єкт, зниження непродуктивних втрат пестицидів у навколишньому середовищі [23]. Не останнє місце відіграють деякі економічні аспекти щодо рішення вибору типу розпилювачів, оскільки стандартні (щільні) розпилювачі коштують дешевше, ніж більш сучасні аналоги – інжекторні.

Гідравлічні інжекторні розпилювачі з'явилися на ринку України відносно недавно. У них, на відміну від щільних розпилювачів, спектр розпилю є більш стабільним, тобто містить значно менше дуже дрібних (схильних до зносу та швидкого випаровування) і крупних крапель (погано утримуються на поверхні оброблюваного об'єкта). Незважаючи на значну різницю у вартості, високотехнологічні інжекторні форсунки знаходять усе більше застосування через ряд незаперечних переваг у роботі – за рахунок суттєвого зниження втрат при знесенні, випаровуванні, стіканні й більш високу ефективність засобів захисту рослин. Наприклад, у Німеччині останні кілька років на частку інжекторних форсунок припадає понад 90 % усього ринку [1, 3, 10, 28]. Основний принцип роботи інжекторних розпилювачів полягає в тому, що дозувальний елемент у вхідному отворі сопла знижує тиск у секції випускного патрубку. Крім того – вбудований «інжектор», який призводить до всмоктування повітря ззовні. Потік у форсунці має двофазний тип, який потребує більших перерізів для проходження, але

дозволяє створити стійкий плоский струмінь із необхідною якістю розподілу рідини. Додатковим ефектом є утворення краплин, що містять бульбашки повітря, і деяка їхня кількість у спектрі, потрапляючи на поверхню листя, лопається й розподіляє робочий розчин по поверхні. З одного боку, бульбашки повітря можуть призвести до додаткового збільшення діаметра пропускання краплі, з іншого, середня щільність цих крапель стає нижчою через повітря всередині. Використання таких форсунок дає можливість мінімізувати викладені вище ризики при використанні інших видів розпилювачів (таблиця).

Нижче наведено порівняльну характеристику найзначиміших факторів, що впливають на величини професійних і непрофесійних ризиків, умови праці та забруднення об'єктів довкілля при внесенні пестицидів.

1. *Дисперсність та однорідність.* Залежно від дисперсності розпилю обприскування класифікують наступним чином: термічні аерозолі (розмір крапель до 20 мкм), механічні (20–50 мкм), дрібнокрапельне обприскування (50–150 мкм), середньокрапельне (150–300 мкм), крупнокрапельне (більше ніж 300 мкм). Залежно від виду пестицидів рекомендують наступну мінімально допустиму густоту покриття оброблюваної поверхні (число крапель на 1 см²): інсектициди – 40; фунгіциди – 50–70 (у разі діаметра крапель 80–360 мкм); гербіциди: обприскування до сходів – 20, після сходів – 30 (у разі діаметра крапель 100–360 мкм) [22, 25, 28].

Дослідженнями [25] встановлено, що найпривабливішою з економічної точки зору є дисперсність розпилю 100–300 мкм, а домінуючі на ринку щільні розпилювачі (Teejet – серія DG (Drift Guard), Lurmark, Jacto i Hardi – серія LD (Low Drift), Lechler – AD, LU, ST.) мають широкий спектр

Таблиця

Види гідравлічних розпилювачів

Вид розпилювача	Переваги	Недоліки	Виробник	Примітка
Інжекторний	Спектр розпилю є більш стабільним; краще проникнення крапель у стеблестій; менш схильні до випаровування та зносу	Висока ціна	Teejet – серія AI, Hardi – серія INJET, Lechler – серія ID, Lurmark – серія DB, Albus – серія AVI	Застосовується для обробки всіх посівів
Щільний	Висока ефективність при оптимальних умовах; не висока ціна; простота в роботі	Спектр розпилю є не стабільним; гірше проникнення крапель у стеблестій рослини; краплі схильні до випаровування та зносу за зону обробки	Teejet – серія DG (Drift Guard), Lurmark, Jacto i Hardi – серія LD (Low Drift), Lechler – AD, LU, ST	Застосовується для обробки всіх посівів

діаметрів крапель від дрібних (50 мкм), що зносяться з оброблюваного об'єкта, до понад 400 мкм, які не утримуються на поверхні рослини й стікають у ґрунт. У даному випадку існує ризик контамінації ґрунтових вод, які використовуються як переважне джерело водопостачання в сільській місцевості. За таких умов знижується й густина покриття, а, відповідно, за певних умов роботи – й ефективність використання препарату. Це вимагає проведення повторних обробок і призводить до збільшення концентрації пестицидів у об'єктах доквілля. Інжекторні розпилювачі мають менший спектр діаметрів утворених крапель, що дає можливість контрольованого утворення крапель потрібного діаметра за рахунок підбору певного типу інжекторного розпилювача (Teejet – серія AI, Hardi – серія INJET, Lechler – серія ID, Lurmark – серія DB, Albuz – серія AVI.) [10–12, 27].

Слід зазначити, що в разі застосування дрібно-крапельних розпилювачів треба приділяти особливу увагу індивідуальним засобам захисту органів дихання, так як існує ризик глибокого проникнення в легені, аж до альвеол, дрібнодисперсних часток пестициду [5, 10, 11, 14].

2. *Знос препарату.* Знос препарату (дрейф) – це фізичний рух дуже маленьких крапель пестициду від цільового об'єкта під час внесення або після до нецільових об'єктів через повітря. Дрейф вважається найскладнішою проблемою, з якою зустрічаються як виробники розпилювачів, так і фермери. Він також є важливим чинником, що визначає рівень забруднення доквілля [10, 19, 25, 26].

Розмір крапель розпилювача є одним з найважливіших факторів, що впливає на дрейф. Краплі малого та середнього розміру бажані при застосуванні інсектицидів і фунгіцидів, оскільки вони забезпечують краще покриття. Але краплі діаметром менше ніж 150 мкм зазвичай становлять найсерйознішу небезпеку дрейфу. Згідно з дослідженням [1, 15, 16, 18, 20, 21, 24, 25], дрейф набагато рідше буде проблемою, коли краплі мають розмір 200 мкм і більше. Це саме дослідження показує, що частинки розпилення діаметром до 50 мкм залишаються завислими в повітрі безстроково або до тих пір, поки вони не випаруються. Їх слід уникати, оскільки немає можливості контролювати осадження дуже малих крапель. Краплі розміром менше ніж 100 мкм випаровуються дуже швидко. Крапельки розміром понад 150 мкм чинять опір випаровуванню значно більшою мірою, ніж дрібні, завдяки більшому об'єму. Із цих та інших результа-

тів досліджень можна зробити висновок, що дрейфовий потенціал крапель швидко зменшується при збільшенні їхнього діаметра до 150 мкм.

Як уже зазначалося вище, щільні розпилювачі продукують широкий спектр діаметрів крапель від дрібних (50 мкм) до понад 400 мкм, що є побічним (небажаним) ефектом даних розпилювачів. Краплі діаметром до 70 мкм за температури повітря 30 °С і вологості 20 % до повного випаровування пролітають 15 см, а краплі діаметром до 150 мкм – 2,3 м. При випаровуванні крапель відбуваються прямі втрати пестициду, пари якого змішуються з повітрям і зносяться вітром. Дрібні краплі гірше осідають на рослинах, оскільки значна їхня кількість зноситься вітром за межі оброблюваного поля, тому при застосуванні щільних розпилювачів пестицидів різко зростають втрати пестицидів, забруднення ґрунту та атмосфери. Відповідно зростають ризики для екосистем і непрофесійних контингентів (не задіяних у обробках) [23, 24, 27].

Нова конструкція інжекторних розпилювачів з низьким дрейфом дозволяє пропускати рідину крізь невеликий отвір в камеру, що дає можливість знизити тиск розпилювання. За рахунок потрапляння повітря в розпилювач, а потім і в краплю, відбувається розпилення краплями більшого розміру. Рідинно-повітряні краплі приблизно в 2 рази важчі тих, що утворені щільними розпилювачами, стійкі до вітру. Повітря та рідина, що виходять з форсунки, як більша крапля розпилення дають можливість отримати більше надходження пестицидів до цільового об'єкта та значно зменшити їхній дрейф. Інжекторні розпилювачі порівняно зі щільними дозволяють виконувати обприскування посівів при швидкості вітру до 5 м/с і знизити знос крапель до 90 %. За сприятливих погодних умов проблема зносу пестицидів може бути зведена до мінімуму, якщо хімічні речовини застосовуються при правильному підборі та експлуатації обладнання [1, 12, 13, 20, 24].

Ураховуючи високу потенційну небезпеку для здоров'я населення під час використання пестицидів та агрохімікатів, із метою профілактики випадків гострих і хронічних отруєнь, потрапляння ХЗЗР на посіви суміжних ділянок, у водойми тощо, дотримання вимог санітарного законодавства є обов'язковим критерієм їхнього безпечного застосування.

Згідно з Державними санітарними правилами «Транспортування, зберігання та застосування пестицидів у народному господарстві» ДСП 08.08.1.2.-001-98, зона санітарного розриву від населених пунктів, тваринницьких комплексів, місць проведення ручних

робіт із догляду за сільгоспкультурами, водоймами та місцями відпочинку в разі штангового обприскування повинна бути не меншою ніж 300 м (у разі використання вентиляторного обприскувача – 500 м).

3. *Випаровуваність*. За деякими джерелами літератури [2, 25], у зв'язку з випаровуванням крапель водорозчинних препаратів більшістю гідравлічних щільних розпилювачів втрачається до половини робочого об'єму рідини. Час існування водяної краплі й дальність її польоту до повного випаровування залежать від розміру, температури та вологості повітря. Краплі діаметром 70 мкм за температури повітря 30 °C і вологості 20 % до повного випаровування пролітають 15 с, а краплі з діаметром 50 мкм випаровуються за 3,5–12,0 с за будь-яких метеорологічних умов. Тому при дрібнодисперсному розпиленні робочого розчину відбуваються прямі втрати пестициду, пари якого змішуються з повітрям і зносяться вітром. При цьому погіршуються умови праці працівників, забруднюється середовище проживання людини, тварин і рослин.

Непрямі втрати відбуваються при випаровуванні розчинника (води) робочого розчину або суспензії пестициду, як наслідок, утворюється кристалічна або аморфна частка. У такому вигляді пестицид не проникає в тканини рослини (що є невід'ємним етапом застосування системних гербіцидів, інсектицидів і фунгіцидів), легше здувається вітром або змивається дощем. Випаровування крапель в умовах польового обприскування – складний фізичний процес [5, 16]. Стандартних, рекомендованих для практики методів розрахунку випаровування крапель пестициду при обприскуванні не існує. Із цих причин питання про випаровування часто просто ігнорується. Виходячи з аналізу даних літератури [2, 27], теоретичних досліджень і практичного досвіду, відзначимо, що необхідно уникати утворення крапель діаметром менше ніж 80–100 мкм. У той самий час в інформаційних проспектах на нові розпилювачі зазначено, що основний

розмір крапель становить 80–140 мкм, і при цьому відсутня інформація, що при такому спектрі потрібно працювати зі спеціальними препаративними формами пестицидів із низьким ступенем випаровування або використовувати в складі робочої рідини антивипаровувачі. Інжекторні розпилювачі, що мають стабільно-контрольований спектр розпилю, дають можливість отримати не менше ніж 90 % крапель, що максимально відповідають виду пестициду, оброблюваній культурі та фазі її розвитку, технічним (робочий тиск у баку обприскувача, швидкість руху обприскувача та ін.) і природним (температура, вологість, швидкість руху повітря та ін.) умовам внесення. Наприклад, якщо під час внесення ХЗЗР визначається низька вологість повітря й висока температура, то слід вибирати типорозміри розпилювачів, які формують більші краплі, щоб зменшити їхнє випаровування та знесення.

Висновок

Виходячи з проведеного аналізу джерел літератури можна припустити, що в основу підвищення безпечності умов праці робітників, населення та екологічної безпеки повинно бути покладено вивчення механізму сукупного впливу технологічного процесу розпилення пестицидів і його ефективності для сільськогосподарського виробництва, здатних чинити прямий чи опосередкований, гострий або віддалений вплив на навколишнє середовище і, як наслідок, – на людину. Оскільки уникнути ризику впливу пестицидів при їхньому застосуванні в сільськогосподарському виробництві повністю неможливо, надзвичайно важливим є виявлення ризик-небезпечних препаратів, технологій, техніки, що дозволить мінімізувати ризик за рахунок прийняття управлінських рішень, спрямованих на рекомендації щодо заборони застосування пестицидів, окремих технологій, розробку регламентів застосування, використання найефективніших засобів захисту.

Література

1. Agricultural Spray Nozzles and Accessories. Catalogue Lechler. EN, 2012. 65 p.
2. Aleinikova N. V., Didenko L. V. Analysis of the modern equipment applying for spraying of vineyards under conditions of the Crimea. *Bull. of the State Nikit. Botan. Gard.* 2015. № 116. P. 53–57.
3. Field-crop-sprayer potential drift measured using test bench: Effects of boom height and nozzle type. P. Balsari, E. Gil, P. Marucco et al. *Biosystems Engineering.*

2017. № 154. P. 3–13. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.10.015>

4. Global trends of research on emerging contaminants in the environment and humans: A literature assimilation. L.-J. Bao, Y.-L. Wei, Y. Yao et al. *Environ. Sci. Poll. Res.* 2015. № 22. P. 1635–1643. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3404-8>.

5. Damalas C. & Koutroubas S. Farmers' Exposure to Pesticides: Toxicity Types and Ways of Prevention. *Toxics.* 2016. 4 (1), 1. <https://doi.org/10.3390/toxics4010001>.

6. Directive 2009/127/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 Amending Directive 2006/42/EC with Regard to Machinery for Pesticide Application. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/127/oj> (дата звернення: 07.11.2018).
7. European Union (EU), 2017. EU Pesticides database. URL: <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticidesdatabase/public> (дата звернення: 15.09.2020).
8. A Risk Assessment Procedure for the Enhancement of Occupational Health and Safety (OHS) Management. M. Fargnoli, M. Lombardi, D. Puri et al. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019. № 16 (3). P. 310. <https://doi.org/10.3390/ijerph16030310>.
9. Emerging pollutants in the environment: Present and future challenges in biomonitoring, ecological risks and bioremediation. M. Gavrilesu, K. Demnerová, J. Aamand et al. *New Biotechnol.* 2015. № 32. P. 147–156. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2014.01.001>.
10. Lamichhane J. R. Pesticide use and risk reduction in European farming systems with IPM: An introduction to the special issue. *Crop Prot.* 2017. № 97. P. 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.01.017>.
11. Assessing human health risks from pesticide use in conventional and innovative cropping systems with the BROWSE model. S.-K. Lammoglia, M. C. Kennedy, E. Barriuso et al. *Environment International*. 2017. № 105. P. 66–78. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.04.012>.
12. Comparison of a new air-assisted sprayer and two conventional sprayers in terms of deposition, loss to the soil and residue of azoxystrobin and tebuconazole applied to sunlit greenhouse tomato and field cucumber. Y. Li, Y. Li, X. Pan et al. *Pest Manag Sci.* 2018. № 74 (2). P. 448–455. <https://doi.org/10.1002/ps.4728>.
13. Spray distribution evaluation of different settings of a hand held trolley sprayer used in greenhouse tomato crops. J. Llop, E. Gil, M. Gallart et al. *Pest Management Science*. 2015. № 72. P. 505–516. <https://doi.org/10.1002/ps.4014>.
14. Machado S. C., Martins I. Risk assessment of occupational pesticide exposure: Use of endpoints and surrogates. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 2018. P. 276–283. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2018.08.008>.
15. Management of Pesticide Spray Drift. The official website of the Government of Canada. URL: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/consumer-product-safety/pesticides-pest-management/growers-commercial-users/drift-mitigation/management-pesticide-spray-drift.html> (дата звернення: 20.09.2020).
16. Michael F. Wilson Optimising pesticide use. *Application technologies. UK.* 2003. P. 1–6. <https://doi.org/10.1002/0470871792>.
17. Möhring N., Gaba S., & Finger R. Quantity based indicators fail to identify extreme pesticide risks. *Science of The Total Environment*. 2018. № 646. P. 503–523. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.287>.
18. Nasr G. G., Yule A. J., Bendig L. Agricultural Sprays. Industrial Sprays and Atomization Design, *Analysis and Applications. UK.* 2002. P. 185–208. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-3816-7_5.
19. Reducing Spray Drift (AE1210, Reviewed June 2017). URL: <https://www.ag.ndsu.edu/publications/crops/reducing-spray-drift> (дата звернення: 10.09.2020).
20. TeeJet Technologies. A Spraying Systems Company. Wheaton, 2007. 192 p.
21. Бублик Л. І., Васечко Г. І., Васильев В. П. Довідник із захисту рослин; за ред. М. П. Лісового. Київ : Урожай, 1999. 744 с.
22. Киреев И. М., Коваль З. М. Пневмогидравлический распылитель жидкости для совершенствования технологии опрыскивания растений при их защите от сорняков. *Достижения науки и техники АПК.* 2018. № 2. С. 73–76.
23. Кобець О. М., Пугач А. М., Кузьменко О. Ф. Стенд для дослідження розпилюючих пристроїв машин для внесення агрохімікатів. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені П. Василенка.* 2018. Вип. 190. С. 52–57.
24. Маркевич А. Е., Немировец Ю. Н. Основы эффективного применения пестицидов: справочник в вопросах и ответах по механизации и контролю качества применения пестицидов в сельском хозяйстве. Горки: учреждение образования «Могилевский государственный учебный центр подготовки, повышения квалификации, переподготовки кадров, консультирования и аграрной реформы», 2004. 60 с.
25. Ревякин Е. Л., Краховецкий Н. Н. Непроизводительные потери пестицидов при опрыскивании. Как их избежать: науч. анализ. обзор. Москва : ФГНУ «Росинфор-агротех», 2010. 124 с.
26. Рекомендации по технологии опрыскивания полевых культур. URL: <https://www.syngenta.kz/rekomendacii-po-tehnologii-opryskivaniya-polevyh-kultur> (дата звернення: 10.09.2020).
27. Сидоренко В. Актуальні технологічні рішення для ефективного застосування пестицидів. Агроном. 2020. URL: <https://www.agronom.com.ua/aktualni-tehnologichni-rishennya-dlya-efektyvnogo-zastosuvannya-pestytsydiv/> (дата звернення: 10.09.2020).
28. Технічна ефективність обприскування. *Пропозиція.* 2014. URL: <https://propozitsiya.com/ua/tehnicna-efektivnist-obpriskuvannya> (дата звернення: 02.10.2020).

Борисенко А. А.¹, Антоненко А. Н.¹, Шпак Б. И.², Омельчук С. Т.³, Бардов В. Г.¹

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНЖЕКТОРНЫХ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

¹Национальный медицинский университет имени А. А. Богомольца, г. Киев

²ООО «Сингента», г. Киев

³Институт гигиены и экологии Национального медицинского университета имени А. А. Богомольца, г. Киев

Введение. Наличие пестицидов и других посторонних химических веществ в пищевых продуктах, питьевой воде и воздухе создает непосредственную угрозу для здоровья человека. Введение эффективной политики по уменьшению неблагоприятных последствий воздействия пестицидов при сохранении высокого уровня урожаев сельскохозяйственных культур является главным вызовом современности.

Цель исследования – анализ данных о возможности уменьшения риска применения пестицидов путем использования инжекторных распылителей.

Результаты. Наиболее значимыми факторами, влияющими на величины профессиональных и непрофессиональных рисков, условия труда и загрязнение объектов окружающей среды при внесении пестицидов является дисперсность и однородность, снос препарата, испаряемость. Установлено, что наиболее привлекательной с экономической точки зрения является дисперсность распыления 100–300 мкм щелевых распылителей. Следует отметить, что при применении мелкокапельных распылителей надо уделять особое внимание индивидуальным средствам защиты органов дыхания, так как существует риск глубокого проникновения в легкие, к альвеолам, мелкодисперсных частиц пестицида. Новая конструкция инжекторных распылителей с низким дрейфом позволяет пропускать жидкость через небольшое отверстие в камеру, что позволяет снизить давление распыления. При благоприятных погодных условиях проблема сноса пестицидов может быть сведена к минимуму, если химические вещества применяются при правильном подборе и эксплуатации оборудования. Отмечено, что необходимо избегать образования капель диаметром менее 80–100 мкм. Инжекторные распылители со стабильно контролируемым спектром распыления дают возможность получить не менее 90 % капель, максимально соответствующих виду пестицида, обрабатываемой культуре и фазе ее развития, техническим и натурным условиям внесения. Если при внесении пестицида определяется низкая влажность воздуха и высокая температура, то следует выбирать типоразмеры распылителей, которые формируют более крупные капли, чтобы уменьшить их испарение и снос.

Вывод. Поскольку избежать риска воздействия пестицидов при их применении в сельскохозяйственном производстве полностью невозможно, чрезвычайно важным является выявление риск-опасных препаратов, технологий, техники, что позволит минимизировать риск за счет принятия управленческих решений, направленных на рекомендации по запрещению применения пестицидов, отдельных технологий, разработку регламентов применения, использования наиболее эффективных средств защиты.

Ключевые слова: пестициды, условия труда, профессиональный риск, вид опрыскивания, непрофессиональный риск, дисперсность, биологическая эффективность

Borysenko A. A.¹, Antonenko A. M.¹, Shpak B. I.², Omelchuk S. T.³, Bardov V. G.¹

HYGIENIC EVALUATION OF PESTICIDE APPLICATION IN USING INJECTION SPRAYERS (LITERATURE REVIEW)

¹Bogomolets National Medical University, Kyiv

²«Syngenta» LCC, Kyiv

³Hygiene and ecology Institute of Bogomolets National Medical University, Kyiv

Introduction. The availability of pesticides and other foreign chemicals in food, drinking water and air poses an immediate threat to human health. Implementing an effective policy on reducing adverse effects of pesticides, while maintaining high crop yields, is a major challenge today.

The aim of the study was to analyze data on the possibility of reducing the risk of pesticide application by using injection sprayers.

Results. The most significant factors influencing the magnitude of occupational and non-occupational risks, working conditions and pollution levels when applying pesticides are dispersion and homogeneity, drug drift, evaporation. It is established that the most attractive from the economic point of view is the spray dispersion of 100–300 μm of slit sprayers. In the use of fine droplet sprayers special attention should be paid to individual respiratory protection as there is a risk of deep penetration of pesticide's fine particles into the lungs, up to the alveoli. A new design of injectors with low drift provides for passing the liquid through a small hole in the chamber, reducing the spray pressure. Under favorable weather conditions, the problem of pesticide drift can be minimized if chemicals are used with proper selection and operation of the equipment. It is noted that it is necessary to avoid the formation of drops with a diameter of less than 80–100 μm. Injector sprayers with

a stable-controlled spray spectrum make it possible to obtain at least 90 % of drops most appropriate to the type of a pesticide, the cultivated crop and the phase of its development, to technical and natural conditions of application. In the case of low humidity and high temperatures in pesticide application, there should be chosen sprayers forming larger droplets in order to reduce evaporation and drift.

Conclusion. Since it is not possible to fully avoid the risk of pesticide application in agriculture, it is extremely important to identify hazardous and high-risk formulations, technologies, equipment, which will minimize the risk by making management decisions using recommendations to ban pesticides, certain technologies, aimed at development of application regulations, use of the most effective means of protection.

Key words: pesticides, working conditions, occupational risk, type of spraying, bystander's risk, dispersion, biological efficiency

Reference

1. Agricultural Spray Nozzles and Accessories. (2012). Catalogue Lechler, EN.
2. Aleinikova N. V., Didenko L. V. (2015), «Analysis of the modern equipment applying for spraying of vineyards under conditions of the Crimea», *Bull. of the State Nikit. Botan. Gard*, 116, 53–57.
3. Balsari P., Gil E., Marucco P., van de Zande J. C. et al. (2017), «Field-crop-sprayer potential drift measured using test bench: Effects of boom height and nozzle type», *Biosystems Engineering*, 154, 3–13. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.10.015>.
4. Bao L.-J., Wei Y.-L., Yao Y. et al. (2015), «Global trends of research on emerging contaminants in the environment and humans: A literature assimilation», *Environ. Sci. Poll. Res.*, 22, 1635–1643. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3404-8>.
5. Damalas C. & Koutroubas S. (2016), «Farmers' Exposure to Pesticides: Toxicity Types and Ways of Prevention», *Toxics*, 4 (1), 1. <https://doi.org/10.3390/toxics4010001>.
6. Directive 2009/127/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 Amending Directive 2006/42/EC with Regard to Machinery for Pesticide Application. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/127/oj> (Accessed 07.11.2018).
7. European Union (EU). EU Pesticides database. (2017). URL: <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticidesdatabase/public>, (Accessed 15.09.2020).
8. Fargnoli M., Lombardi M., Puri D. et al. (2019), «A Risk Assessment Procedure for the Enhancement of Occupational Health and Safety (OHS) Management», *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16 (3), 310. <https://doi.org/10.3390/ijerph16030310>.
9. Gavrilescu M., Demnerová K., Aamand J. et al. (2015), «Emerging pollutants in the environment: Present and future challenges in biomonitoring, ecological risks and bioremediation», *New Biotechnol.*, 32, 147–156. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2014.01.001>.
10. Lamichhane J. R. (2017), «Pesticide use and risk reduction in European farming systems with IPM: An introduction to the special issue», *Crop Prot.*, 97, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.01.017>.
11. Lammoglia S.-K., Kennedy M. C., Barriuso E. et al. (2017). «Assessing human health risks from pesticide use in conventional and innovative cropping systems with the BROWSE model», *Environment International*, 105, 66–78. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.04.012>.
12. Li Y., Li Y., Pan X. et al. (2018), «Comparison of a new air-assisted sprayer and two conventional sprayers in terms of deposition, loss to the soil and residue of azoxystrobin and tebuconazole applied to sunlit greenhouse tomato and field cucumber», *Pest Manag Sci.* 74 (2), 448–455. <https://doi.org/10.1002/ps.4728>.
13. Llop J., Gil E., Gallart M. et al. (2015), «Spray distribution evaluation of different settings of a hand held trolley sprayer used in greenhouse tomato crops», *Pest Management Science*, 72, 505–516. <https://doi.org/10.1002/ps.4014>.
14. Machado S. C., Martins I. (2018), «Risk assessment of occupational pesticide exposure: Use of endpoints and surrogates», *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, 276–283. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2018.08.008>.
15. Management of Pesticide Spray Drift. The official website of the Government of Canada URL: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/consumer-product-safety/pesticides-pest-management/growers-commercial-users/drift-mitigation/management-pesticide-spray-drift.html> (Accessed 20.09.2020).
16. Michael F. Wilson. (2003), Optimising pesticide use. *Application technologies*. UK, 1–6. <https://doi.org/10.1002/0470871792>.
17. Möhring N., Gaba S. & Finger, R. (2018), «Quantity based indicators fail to identify extreme pesticide risks», *Science of the Total Environment*, 646, 503–523. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.287>.
18. Nasr G. G., Yule A. J., Bendig L. (2002), «Agricultural Sprays. Industrial Sprays and Atomization Design», *Analysis and Applications*, UK, 185–208. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-3816-7_5.
19. Reducing Spray Drift (AE1210, Reviewed June. (2017). URL: <https://www.ag.ndsu.edu/publications/crops/reducing-spray-drift> (Accessed 10.09.2020).
20. TeeJet Technologies. (2007), A Spraying Systems Company, Wheaton.
21. Bubyk L. I., Vasechko G. I., Vasylyev V. P. (1999), *Dovidnyk iz zakhystu roslyn [Handbook of plant protection]*, (ed. Lisovyi M.P.), Urozhai, Kyiv, Ukraine.

22. Kireev I. M., Koval' Z. M. (2018), «Pneumohydraulic fluid sprayer to improve the technology of spraying plants while protecting them from weeds», *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2, 73–76.
23. Kobecz' O. M., Pugach A. M., Kuz'menko O. F. (2018), «Stand for research of spraying devices of machines for fertilizing», *Visnyk Xarkivskogo natsionalnogo tekhnichnogo universytetu silskogo gospodarstva imeni P. Vasylenka*, 190, 52–57.
24. Markevich A. Ye., Nemirovets Yu. N. (2004), *Osnovy effektivnogo primeneniya pestitsidov: cpravochnik v voprosakh i otvetakh po mekhanizatsii i kontrolyu kachestva primeneniya pestitsidov v sel'skom khozyaystve* [Fundamentals of effective use of pesticides: a handbook of questions and answers on mechanization and quality control of pesticides in agriculture], Gorki, Mogilevskiy gosudarstvennyy uchebnyy tsentr podgotovki, povysheniya kvalifikatsii, perepodgotovki kadrov, konsultirovaniya i agrarnoy reformy», Mogilevsk, Belarus.
25. Revjakin E. L., Krahoveckij N. N. (2010), *Neproizvoditel'nyye poteri pestitsidov pri opryskivani. Kak ikh izbezhat': nauch. analit. Obzor* [Unproductive losses of pesticides during spraying. How to avoid them. Overview], Rosinfor-magroteh, Moscow, Russia.
26. Recommendations for spraying technology for field crops. URL: <https://www.syngenta.kz/rekomendacii-po-tehnologii-opryskivaniya-polevyh-kultur> (Accessed 10.09.2020).
27. Sidorenko V. (2020), «Current technological solutions on effective use of pesticides», *Agronom*. URL: <https://www.agronom.com.ua/aktualni-tehnologichni-rishennya-dlya-efektyvnogo-zastosuvannya-pestytsydiv/> (Accessed 10.09.2020).
28. Technical efficiency of spraying. (2014), *Proposal*. URL: <https://propozitsiya.com/ua/tehnichna-efektivnist-obpriskuvannya> (Accessed 02.10.2020).

ORCID ID співавторів та їхній внесок у підготовку та написання статті:

Борисенко А. А. (ORCID ID 0000-0002-0211-607X) – збір і наукова обробка джерел літератури, оформлення та підготовка статті до друку;

Антоненко А. М. (ORCID ID 0000-0001-9665-0646) – визначення актуальності, розробка плану та мети дослідження, аналіз та узагальнення отриманих результатів;

Шпак Б. І. (ORCID ID 0000-0001-9273-8544) – збір і наукова обробка джерел літератури, оформлення та підготовка статті до друку;

Омельчук С. Т. (ORCID ID 0000-0003-3678-4241) – узагальнення та систематизація інформації по темі дослідження, гігієнічна оцінка отриманих результатів (оцінка ризику), формування висновків;

Бардов В. Г. (ORCID ID 0000-0002-9846-318X) – гігієнічна оцінка отриманих результатів (оцінка ризику), формування висновків.

Надійшла: 19 жовтня 2020 р.

Прийнята до друку: 2 листопада 2020 р.

Контактна особа: Борисенко Андрій Анатолійович, кандидат медичних наук, доцент, кафедра гігієни та екології № 1, Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, буд. 34, просп. Перемоги, м. Київ, 03680. Електронна пошта: Andrey-b.07@ukr.net