

## ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ З ПОЛИВНОЮ ВОДОЮ ДОЩУВАЛЬНИМИ МАШИНАМИ

Сидоренко В.,

e-mail: sid\_vladimir@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5988-2904>

Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

### Анотація

У статті представлено результати досліджень технології сумісного внесення мінеральних добрив з поливною водою дощувальних машин та випробувань обладнання для фертигації.

**Мета досліджень** - аналіз різних типів обладнання для сумісного внесення добрив, яке застосовується у виробничій практиці с.-г. виробників, визначення їхніх основних експлуатаційно-технологічних показників та ефективності використання технології фертигації.

**Методи досліджень:** теоретичні, емпіричні - аналіз інформаційних ресурсів, аналіз практики застосування фертигації; лабораторно-польові - проведення випробувань для одержання інформаційних даних з використанням вимірів та експериментів.

**Результати досліджень.** Проаналізовані традиційні способи внесення добрив - поверхневий та локальний, зокрема відмічені недоліки їхнього використання. Відмічено, що одним із способів інтенсифікації зрошувального землеробства, за якого дотримуються вимоги до ефективного використання добрив та зниження витрат ресурсів є багатоцільове використання зрошувальної техніки, тобто внесенням добрив разом з поливною водою. Встановлено високу ефективність фертигації, яка визначається тим, що удобрювальні речовини в легкодоступній формі можуть вноситися на тих етапах розвитку рослин, коли вони найбільш потрібні. За таких умов забезпечується більш рівномірний їхній розподіл по площі, підвищується коефіцієнт використання, поліпшується якість продукції, підвищується врожайність. В Україні відсутнє виробництво відповідного обладнання для фертигації і с.-г. виробникам доводиться використовувати для цього обладнання закордонного виробництва. У 2017-2020 роках були проведені випробування такого обладнання: «ITL SL», Іспанія, «Inject-O-Meter Mfg.Co.», «Agri-Inject, Inc.» США.

Проведені дослідження з внесення рідких добрив - карбамідно-аміачної суміші (КАС), показали, що параметри роботи насоса-дозатора та інших складових випробовуваного обладнання забезпечують внесення добрив з поливною водою згідно з потрібною нормою. Робота насоса-дозатора не чинить істотного впливу на напірно-витратні характеристики дощувальної машини. Застосування КАС підвищує технологічність роботи обладнання, зменшує енергоємність та трудомісткість його роботи завдяки відсутності технологічної операції приготування маточного розчину.

**Висновки.** Встановлена ефективність технологічної операції фертигації. Використання випробовуваного обладнання дає змогу стабільно виконувати технологічний процес з показниками призначення, якості роботи і надійності, які задовольняють вимоги до технологічного процесу внесення добрив з поливною водою.

**Ключові слова.** Мінеральні добрива, дощувальна машина, концентрація добрив, маточний розчин, насос-дозатор, тиск, поливна норма, подача насоса.

**Вступ.** Україна належить до держав, де зрошувані землі відігравали і відіграватимуть важливу роль в забезпеченні продовольством і де роль зрошення за умов щодалі зростаючих тенденцій до глобального потепління буде постійно підвищуватись.

За цих умов природна родючість українських ґрунтів у поєднанні з сучасними технологіями вирощування може дати високі врожаї.

Застосування мінеральних добрив є одним із основних важелів підвищення

врожайності та відновлення родючості ґрунтів. Науковий досвід показує, що між рівнем застосування мінеральних добрив і валовим збором сільськогосподарської (с.-г.) продукції існує пряма залежність [Сидоренко та ін., 2012 ].

Продуктивність зрошуваних земель залежить від родючості ґрунту і агротехніки вирощування і добрива в ній займають у середньому до 70 % можливого підвищення врожаю.

Для збільшення продукції зі зрошуваних земель та зниження затрат на її отримання необхідні своєчасне забезпечення рослин елементами живлення і створення найбільш сприятливого водно-повітряного режиму у ґрунті.

Водночас, сучасне с.-г. виробництво вимагає особливої уваги до збереження родючості ґрунту, тому добрий агроекологічний стан зрошуваних земель є необхідною передумовою їхнього ефективного використання і розроблення та здійснення заходів, спрямованих на його поліпшення входять до числа пріоритетних.

Це зумовлює необхідність вирішення питань з розроблення та впровадження технологій, які повинні передбачати не тільки отримання максимальних та високоякісних врожаїв, але й ефективно використання поливної води, покращення меліоративного стану ґрунтів, зниження собівартості продукції та зменшення затрат ручної праці.

Одним із способів інтенсифікації зрошуваного землеробства, за якого дотримуються вимоги до ефективного використання мінеральних добрив, збереження агроекологічного стану ґрунтів та зниження витрат ресурсів є багатоцільове використання зрошувальної техніки, тобто суміщення поливів з внесенням мінеральних добрив разом з поливною водою (фертигація).

Висока ефективність фертигації визначається тим, що удобрювальні речовини в легкодоступній формі можуть вноситися на тих етапах розвитку рослин, коли вони найбільш потрібні. За цих умов забезпечується більш рівномірний розподіл

добрив по площі, підвищується коефіцієнт їхнього використання, поліпшується якість продукції завдяки проведенню підживлення незалежно від фази розвитку і стану міжрядь.

Традиційні методи внесення добрив — поверхневе розкидання, внутрішньогрунтове внесення часто не забезпечують достатньо рівномірного розподілу поживних речовин по полю і мають тільки часткову ефективність і в той же час мають багато недоліків [Ківер, Онопрієнко, 2016].

Ось під час поверхневого розкидання нерівномірність внесення добрив може досягати 40-50 % і більше, що знижує їхню ефективність. За цих умов нерівномірне внесення приводить до їхнього нераціонального використання та великої строкатості врожаю. Велика нерівномірність розподілу добрив призводить до зниження врожайності на 10–15 %, нерівномірності дозрівання врожаю і зниження якості продукції [Ківер, Онопрієнко, 2016; Thorup.,1983].

Більш прогресивним способом внесення добрив є локальне внесення. Добрива вносяться безпосередньо в ґрунт концентрованими осередками різної форми на певну глибину. Одним з недоліків є негативна дія на насіння під час проростання та на коріння рослин високої концентрації елементів живлення добрив, якщо вони розташовані близько до рослин [Francis,1980].

На процеси росту і розвитку с.-г. культур впливають також і строки внесення туків. Найвища ефективність добрив забезпечується за поєднання способів, строків і доз їхнього внесення. За традиційних способів не враховується потреба рослин в елементах живлення на пізніх етапах розвитку рослин. Тому за висновками як вітчизняних [Ківер, Онопрієнко, 2016], так і закордонних досліджень [Zerwing at al., 1979; Subbian, Sachdev, 1983] встановлена більша ефективність роздрібного внесення добрив.

Використовуючи роздрібне внесення з поливною водою, оптимізується постачання рослинам поживних речовин у пе-

ріоди їхнього максимального споживання [Amberger, 1988].

Тому впровадження фертигації стало природним та ефективним кроком у розвитку с.-г. технологій, що дало змогу успішно застосувати цю операцію на зрошуваних землях, використовуючи за цих умов наявне зрошувальне обладнання.

Найбільшого розвитку ця технологія набула поширення у крапельному зрошенні.

Що стосується дощувальної техніки, то в Україні до порівняно недавнього часу прийомам і способам багатоцільового використання дощувальних машин не приділялося уваги, незважаючи на високу і доведену ефективність удобрювально-меліоративного багатофункціонального зрошення. Слід також зауважити на відсутність виробництва вітчизняного обладнання для виконання фертигації.

І тільки в останні 3-5 років провідні господарства стали приділяти все більшій увазі впровадженню цього технологічного прийому під час застосування дощувальної техніки, як природного і ефективного кроку у розвитку с.-г. технологій, використовуючи для цього обладнання закордонного виробництва.

**Постановка завдань.** Елементи технологічного прийому фертигації з застосуванням дощувальних машин (терміни, дози та схеми фертигації, екологічний фактор) вже достатньо досліджені, зокрема і в Україні.

Але, як вже згадувалося, у нашій країні не виробляється відповідне обладнання. Тому основною метою роботи є дослідження та конструкційно-технологічний аналіз різних типів обладнання закордонного виробництва для сумісного внесення добрив, яке застосовується у виробничій практиці українських с.-г. виробників, визначення їхніх основних експлуатаційно-технологічних показників та ефективності використання технології фертигації.

**Методи і матеріали.** За даними досліджень, вносячи мінеральні добрива у вигляді сухих туків, на 40 % знижується коефіцієнт їхнього продуктивного вико-

ристання рослинами [Сидоренко та ін., 2012]. Завдяки значній частці втрат добрив, які йдуть на підвищення концентрації ґрунтових розчинів, створюється екологічно небезпечне середовище для рослин. Крім цього, за так званого сухого внесення добрив, не виключена можливість їх змиву опадами або зрошувальною водою і, як наслідок, забруднення нижніх ділянок, ґрунтових вод та водоймищ.

Такий негативний вплив непродуктивних втрат добрив прискорює процеси засолення зрошуваних земель, що порушує екологічну рівновагу навколишнього середовища.

За своїм принципом фертигація виключає негативний вплив хімікатів на навколишнє середовище - слабкоконцентрований у воді поживний розчин (не більше 0,3 - 0,5 %) зосереджується в активному кореновому шарі ґрунту і майже повністю поглинається рослинами, що виключає винос його у дренажну мережу або в глибші шари ґрунту. З цього випливає, що удобрювальні поливи сприяють більш продуктивним витратам зрошувальної води та поживних речовин на одиницю врожаю.

Внесення мінеральних добрив з поливною водою повністю відповідає ідеї багатоцільового використання дощувальної техніки, підвищує ефективність води і добрив, сприяє збереженню структури ґрунту, поліпшує екологічні умови під час вирощування с.-г. продукції.

Поєднання операцій поливу і внесення мінеральних добрив виключає застосування низки спеціальних машин, зменшує вимоги до злежування і інших фізико-механічних властивостей добрив, розширює можливості застосування їхніх рідких форм.

Також це дає змогу впроваджувати комплексну механізацію і автоматизацію технологічних процесів, забезпечуючи дотримання рекомендованої агротехнології одержання високих врожаїв з економними витратами енергетичних ресурсів та меншими трудовитратами.

Внесення живильних речовин разом з

поливною водою є найбільш ефективним способом їх доставки до кореневої системи рослин, у розчиненому стані добрива проникають у ґрунт на глибину, що промочує поливна вода. Це істотно підвищує врожай с.-г. культур.

Терміни та дози використання добрив розраховуються, беручи до уваги біологічні особливості с.-г. культур, ґрунтові умови і погоджені з графіком поливу.

Сучасні дощувальні машини забезпечують високу рівномірність розподілення поливної води, а разом з нею і мінеральних добрив - значення коефіцієнтів рівномірності розподілу води за даними випробувань складає 80-90 %.

За цих умов вони підтримують норми поливу, які відповідають всмоктувальній здатності ґрунту, що виключає перерозподіл води та елементів живлення по площі, а значить і винос їх за межі зрошувальної ділянки.

Головні вимоги до добрив за сумісного внесення з поливною водою - це їхня повна розчинність у воді з утворенням мінімальної кількості шламу, мінімальний корозійний вплив на металоконструкції дощувальної техніки.

Переважає частина основних азотних та калійних туків добре розчинні у воді.

З азотних добрив на практиці найбільше використовується аміачна селітра, сечовина (карбоніт) та сульфат амонію, які мають високу розчинність у воді і утворюють невелику кількість шламу.

Більшу перевагу має карбоніт, який містить 46 % азоту і є найбільш концентрованим азотним добривом.

Аміачна селітра має більшу агресивність до металоконструкцій та частково втрачає аміачну форму азоту під час випаровування у процесі дощування.

Для калійного живлення під час дощування можна застосовувати хлористий та сірчаноокислий калій, сульфат калію, калійну селітру. Найбільшу перевагу має хлористий та сірчаноокислий калій.

Асортимент фосфорних туків для внесення з поливною водою обмежується фосфорною кислотою, фосфатами амо-

нію (амофос, діамфос). Найбільш прийнятним є використання амофосу, який має добру розчинність у воді і утворює тонко-дисперсний шлам, який не забиває дощувальні апарати.

Під час удобрювального зрошення способом дощування необхідно дотримуватися допустимої концентрації удобрювальних розчинів. Проблема виникає під час проведення вегетаційних підживлень, оскільки добрива впливають на надземну частину с.-г. культур.

Величина гранично допустимих концентрацій удобрювальних розчинів варіює в широкому діапазоні і визначається різноманітним числом факторів. Насамперед, вона залежить від форм і видів застосовуваних туків, чутливості надземних органів рослин, фаз розвитку, а також від погодних умов та технології процесу фертигації.

С.-г. рослини найбільш чутливі до удобрювальних розчинів на ранній стадії розвитку. Тому саме в цей період висувуються найбільш жорсткі вимоги до концентрації цих розчинів. З розвитком, протягом вегетації, чутливість більшості культур до концентрацій туків знижується.

Максимальна допустима концентрація удобрювальних речовин в поливній воді під час дощування становить для азоту і складних сполучень - 0,5-1 %, фосфору - 2 % і калію - 3 % [Сидоренко, та ін., 2012].

Численні дослідження і практика удобрювального зрошення показують, що нешкідливими для рослин є розчини добрив в концентраціях до 0,3 % (3 г / л).

Однак за наявних норм внесення мінеральних добрив на зернокарбових сівозмінах граничний їхній вміст у поливній воді не перевищує десятих і навіть сотих часток відсотка. Це дає змогу, наприклад, за поливної норми 300 м<sup>3</sup>/га і концентрації солей у воді 0,04 % за один прийом внести 120 кг мінеральних туків.

Концентрація маточного розчину, що готується у технологічній посудині, залежно від поливної норми, з якою вносяться добрива та норми добрив, які потрібно

внести на конкретне поле складає зазвичай 10-40 % [Митрофанов та ін., 2016].

Як вже згадувалося, в Україні відсутнє виробництво відповідного обладнання для фертигації і с.-г. виробникам доводиться використовувати для цього обладнання закордонного виробництва.

Як інформаційну базу досліджень, було використано результати випробувань обладнання для внесення добрив з поливною водою дощувальних машин виробництва декількох закордонних компаній, результати власних досліджень та аналізу матеріалів публікацій науковців стосовно дослідженого питання.

**Результати.** У 2017-2020 роках Південно-Українською філією були проведені випробування обладнання для фертигації трьох основних закордонних компаній, яке використовують українські с.-г. виробники: «ITL SL», Іспанія (рис. 1), «Inject-O-Meter Mfg.Co.» (рис. 2), «Agri-Inject, Inc.» США (рис. 3, 4).

Обладнання для фертигації з використанням сучасних електрифікованих дощувальних машин складається з бака для приготування та зберігання маточного розчину добрив, насоса-дозатора та пристрою перемішування маточного розчину у баку для підтримки його заданої концентрації.

Насоси-дозатори – поршневого, або діафрагмового типу, призначені для дозованої подачі розчину мінеральних добрив в трубопровід дощувальної машини. Насос приводиться від електродвигуна, який зі свого боку живиться від електричної системи дощувальної машини. Необхідна норма внесення досягається зміною ходу штока насоса, який задається регулятором.

Міксер призначений для перемішування та приготування маточного розчину добрив з водою. Перемішування здійснюється або механічним способом (привод від окремого електродвигуна), або стисненим повітрям від компресора. Водночас трубопровідна мережа швидко забирає воду для приготування розчину добрив та точного внесення заданої норми.



**Рисунок 1** – Застосування обладнання для фертигації «ITL SL» для підживлення соняшника



**Рисунок 2** – Застосування обладнання для фертигації «Inject-O-Meter» для підживлення соняшника



**Рисунок 3** – Застосування обладнання для фертигації «Agri-Inject» для підживлення озимої пшениці

Технічні характеристики складових частин обладнання наведені у таблиці 1.

**Таблиця 1 – Технічні характеристики складових частин обладнання для фертигації**

Показник	Значення показника		
	ITL	Inject-O-Meter	Agri-Inject
Об'єм бака, л	5000	5000	5000
Насос-дозатор:			
- марка	DOSTEC-40	ІОМ-96	G5
- тип	поршневий	плунжерний	діафрагмовий
- тиск впорскування, МПа	0,45	0,50	1,0
- подача, л/год.	50-500	40-760	40-400
- маса (з урахуванням електродвигуна), кг	19,1	52,1	49,4
Електродвигун приводу насоса-дозатора:			
- номінальна потужність, кВт	0,75	0,37	0,75
- номінальна напруга, В	380	380	380
- частота струму, Гц	50	50	50
- частота обертів вала, хв. <sup>-1</sup>	1380	1725	1450

Головна особливість системи добрив на зрошуваних землях – широке застосування дрібного внесення елементів живлення. Підживлення стимулюють органотвірний процес. Суттєву роль вони відіграють в період бурхливого росту, на початку росту зав'язей, в період накопичення білка в зерні.

Особливо важливим є забезпечення необхідного режиму живлення в період закладки і на початку формування репродуктивних органів. Тому дуже важливе значення має вибір техніки і технології проведення підживлення.

Найбільшого поширення набуло багаторазове внесення азоту [Третьяков та ін., 1990]. Практично всі азотні туки добре розчинні і їх роздрібне внесення під час підживлення більшості с.-г. культур набуло найбільшого поширення під час фертигації. Найбільш доцільне наближення строків внесення азотних добрив до фази їхнього активного споживання рослинами.

Вивчення термінів і способів внесення азотних добрив під час зрошення показало, що подача великих одноразових доз до посіву менш ефективна, ніж дрібна. Завдяки добрій забезпеченості вологою азотні підживлення ефективні для всіх основних с.-г. культур під час зрошення [Ківер, Онопрієнко, 2016; Ned Van Buren, 1982].

Останні декілька років передові господарства для підживлення різних зернових

та просапних культур під час фертигації застосовують внесення рідких азотних добрив КАС.

Південно-Українською філією у 2018-2019 р.р. були проведені дослідження з використання обладнання «ITL SL», «Inject-O-Meter», «Agri-Inject» для внесення КАС з поливною водою дощувальними машинами марки «Valley» та «Western».

Як відомо КАС є рідким добривом, яке містить суміш розчинів карбаміду і аміачної селітри. КАС не містить вільного аміаку і має певні технологічні переваги перед іншими рідкими і твердими азотними добривами під час застосування.

Агробіологічні переваги КАС перед іншими азотними добривами обумовлені наявністю в їхньому складі всіх трьох форм азоту: амідної, амонійної і нітратної, кожна з яких відіграє свою важливу роль. Тому КАС вважається максимально ефективним азотним добривом.

Під час внесення КАС з поливною водою відпадає необхідність застосування технологічного прийому приготування маточного розчину для проведення процесу фертигації. Добриво вже готове до застосування.

Концентрація КАС у поливній воді повинна бути невеликою і не перевищувати 0,5-1,0 %, щоб запобігти опікам рослин.

Під час досліджень застосовувалося добриво марки КАС-32 (сумарна кіль-

кість азоту 32 %) для підживлення таких культур, як кукурудза, озима пшениця, соняшник, ріпак, соя. У різні фази вегетації проводилося 1-2 внесення КАС-32 нормою 100 кг/га.

Значення тиску впорскування робочого розчину складало 0,45-1,0 МПа, концентрація добрив у поливній воді не перевищувала 0,5 % і складала 0,033-0,044 %.

У результаті були отримані високі показники врожайності цих культур: озимої пшениці в середньому – 70 ц/га, кукурудзи – 100-110 ц/га, сої – 38-40 ц/га.

Конструкція складових частин та технологічна схема роботи обладнання дає змогу використовувати його з різними за характеристиками та марками дощувальними машинами, що підвищує універсальність та мобільність його застосування.

Отримані агро-експлуатаційні показники за даними випробувань роботи обладнання з введення КАС у поливний потік дощувальної машини наведені у таблиці 2.

За результатами випробувань встанов-

лено, що параметри роботи насоса-дозатора та інших складових обладнання «Agri-Inject», «ITL SL», «Inject-O-Meter» забезпечують внесення розчинних добрив з поливною водою дощувальної машини згідно з потрібною нормою внесення. Робота насоса-дозатора не чинить істотного впливу на напірно-витратні характеристики дощувальної машини, працює разом в агрегаті з обладнанням для сумісного внесення добрив [протоколи державних приймальних випробувань № 2407 / 0605-03-2019, 2152-0608-03-2017, 2167-0607-03-2017].

Найбільшого поширення серед українських с.-г. виробників набули насос-дозатори марки «Agri-Inject G5» компанії «Agri-Inject, Inc.» (рис. 3, 4), зважаючи на його можливості більш точного регулювання дози внесення добрив та більший тиск впорскування робочої рідини у поливний потік дощувальної машини.

Насос-дозатор (рис. 4) складається з мембранного насоса зі зворотними кульковими клапанами на всмоктувальному та

**Таблиця 2 - Показники агротехнічного, енергетичного та експлуатаційного оцінювання обладнання «Agri-Inject», «ITL SL», «Inject-O-Meter»**

Показник	Значення показника		
	«Agri-Inject»	«ITL SL»	«Inject-O-Meter»
Тип обладнання	Valley FP 375	Western-413 CP 600	Valley FP 860 PC
Марка дощувальної машини	G5	DOSTEC-40	IOM-96
Насос-дозатор	0,40	0,38	0,23
Тиск на вході в машину, МПа	КАС-32	КАС-32	КАС-32
Характеристика добрива	300	300	400
Встановлена норма поливу для внесення добрив, м <sup>3</sup> /га	50,5	60	93,5
Витрати води дощувальною машиною, л/с	5000	5000	5000
Ємкість бака маточного розчину, л	32	32	32
Концентрація розчину, %	100	100	100
Норма внесення добрив, кг/га	60,6	72	84
Подача насоса, л/год.	1,0	0,45	0,50
Значення тиску впорскування робочого розчину, МПа	87	86	87
Коефіцієнт рівномірності розподілення добрив, %	0,044	0,038	0,033
Концентрація добрив у поливній воді, %	0,012	0,021	0,010
Питомі енерговитрати, кВт-год./л	0,97	0,97	0,97
Коефіцієнт використання робочого часу зміни			

напірному патрубках, черв'ячного понижувального редуктора з кривошипно-ексцентриковим механізмом, електродвигуна привода кривошипного механізму, мікрометричного регулятора регулювання ходу шатуна кривошипного механізму.



**Рисунок 4** – Загальний вигляд насоса-дозатора «Agri-Inject» в складі обладнання для внесення добрив з поливною водою

Рідина всмоктується та подається під час зворотно-поступального руху діафрагми насоса. Подача насоса залежить від довжини ходу шатуна кривошипного механізму і задається залежно від необхідної норми внесення добрив мікрометричним регулятором, регулюється у межах від 0 до 100 % його максимальної продуктивності.

Корпус насоса-дозатора лапами кріпиться до спеціальної опори подібної до станини, в яку вмонтований пульт управління насосом.

Насос-дозатор живиться електроенергією від електричної мережі дощувальної машини.

**Обговорення.** Технологія сумісного внесення добрив з поливною водою досліджувалася як вітчизняними, так і закордонними вченими.

Дослідження, проведені в США, показали, що в результаті нерівномірного внесення добрив відцентровими розкидачами урожайність зерна кукурудзи змінювалася від 52 до 106 ц/га [Thorup R. 1983].

Ці недоліки переважно усуваються заміною розкидного способу внесення до-

брив локальним. Але й воно має свої недоліки, один з головних – негативна дія добрив на рослини та ґрунт – нітратне забруднення, зафосфачування [Francis C. 1980].

Неефективність одноразового внесення всієї дози азоту під зрошувану кукурудзу показали дослідження американських та індійських дослідників. Водночас ці ж дослідження показали велику ефективність роздільного внесення мінеральних добрив в умовах зрошення [Zerwing et al., 1979.; Subbian, Sachdev, 1983].

Дослідженнями вітчизняних та іноземних наукових установ встановлено, що для фертигації придатні як рідкі, зокрема й комплексні, так і тверді, добре розчинні у воді добрива [Циков та ін., 1991].

Питаннями ефективності фертигації займалися провідні українські науковці (Ківер В. Х., Онопрієнко Д. М.). Вони провели ряд дослідів з використання сумісного внесення добрив з поливною водою у вирощуванні кукурудзи на зерно із застосуванням дощувальних машин.

Результати багаторічних досліджень показали, що використання фертигації порівняно з роздільним (сухим внесенням) мінеральних добрив дало змогу добитися приросту врожаю до 17 %. За цих умов покращується і якість зерна – збільшується зміст білка в ньому [Ківер, Онопрієнко, 2016].

Останніми дослідженнями Онопрієнка Д. М також була відмічена ефективна робота насоса-дозатора «Agri-Inject» під час внесення рідких мінеральних добрив КАС у складі обладнання для сумісного внесення добрив на підживленні кукурудзи.

Аналіз досліджень вітчизняних та іноземних вчених свідчить, що фертигація за програмування врожаїв зерна кукурудзи та інших зернових культур стає одним із головних факторів підвищення ефективності використання поливної води, добрив, зрошуваних земель та дощувальної техніки.

**Висновки.** Процес комплексного регулювання водного та поживного режиму ґрунту сумісним внесенням добрив з



поливною водою під час дощування, крім високої ефективності їхнього використання, піднімає культуру зрошувального землеробства на більш високий економічно доцільний рівень завдяки:

- скороченню затрат праці, матеріальних засобів та енергії на виробництво одиниці с.-г. продукції;

- приросту врожаю від сумісного внесення води та живильних речовин (з правильним поливним режимом і загальним високим рівнем агротехніки – перевищує суму приросту від роздільної дії цих факторів);

- повній механізації та автоматизації всіх операцій, пов'язаних з приготуванням та використанням поживних розчинів – застосування сучасного обладнання для внесення маточних розчинів добрив;

- можливості використання добрив у малих дозах протягом вегетаційного періоду та їхнім внесенням на тих етапах розвитку рослин, коли їм найбільше необхідні елементи живлення та вологи. За таких умов забезпечується більш рівномірне розподілення елементів живлення по площі, розширюється можливість покращення якості продукції завдяки проведеному пізнім підживлень незалежно від фази розвитку рослин;

- можливості зменшення ущільнення орного шару ґрунту завдяки скороченню кількості проходів спеціальних с.-г. машин;

- запровадженню агротехнології сумісного внесення мінеральних добрив з поливною водою дощувальних машин знижує дози мінеральних добрив та підвищує їхню окупність (в 1,5-2,0 рази, за різними даними досліджень) завдяки оптимізації строків і способів внесення;

- внесенню добрив одночасно з поливом, коли реалізується можливість синхронної оптимізації водного режиму рослин і забезпечення їх легкодоступними формами поживних елементів практично на всіх стадіях органогенезу;

- використанню випробовуваного обладнання, яке стабільно виконує технологічний процес фертигації з показниками

призначення, якості роботи і надійності, які задовольняють вимоги до технологічного процесу внесення розчинних добрив з поливною водою дощувальних машин;

- тому, що вітчизняна промисловість не виробляє подібного обладнання і тому, що на цей час у с.-г. виробників степової зони України є потреба у пристроях для внесення добрив з поливною водою дощувальних машин, обладнання буде мати попит у споживача.

### Перелік літератури

Ківер В. Х., Онопрієнко Д. М., (2016). Фертигація і гербігація в зрошуваному землеробстві України.: монографія. Дніпро, 147 с.

Митрофанов О. П., Сидоренко В. В., Мігальов А. О, Негуляєва Н. М., Малярчук В. М., (2016). Фертигація як захід інтенсифікації зрошувального землеробства: наукове видання/; за ред.. В. І. Кравчука; УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого.- Дослідницьке, 112 с.

Протоколи випробувань Південно-Української філії УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого № 2407 / 0605-03-2019, 2152-0608-03-2017, 2167-0607-03-2017

Сидоренко В. В., Митрофанов О. П., Мігальов А. О. (2012). Дослідження та наукова експертиза технологій зрошення з одночасним внесенням мінеральних добрив : Звіт про НДР / Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого: №. 0111U009412, Херсон,

Третьяков Н. Н., Варфоломеев С. А., Кондратьев Б. М., (1990). Увлажнение, минеральное питание и накопление азота в зерне кукурузы // Кукуруза и сорго. – № 3.-С.14-16

Циков В. С., Ролдугин Н. И., Ківер В. Ф., Токарев В. А. (1991). Ресурсосберегающая технология производства кукурузы. – М.: ВИМ, - 50 с.

Amberger A. (1988). Stenerung des ackerboden und optimal rund der Strick – Stoffdii- ngung. Bayer Landawirt gahrb. № 1, 41-49.

Francis C. (1980). Developing hybrids of

corn and sorghum for future cropping systems. Annual Corn Sorghum Res. Conf. 35, 32-47.

Ned Van Buren. (1982). Switch to fluids doubles rusty 's gross. Solutions. № 4, 28-40.

Subbian B.V., Sachdev M.S. (1983). Increasing efficiency of fertilizer nitrogen use under multiple cropping system. Indian agricultural research Institute: New Delhi, 33-39.

Thorup R. (1983). Uniform application – key to maximum yields. Utah: Farmer – Stockman. 103, № 5, 5.

Zerwing G. R., Caldawell A. S., Zoodroad I. I. (1979). Fertilizer nitrogen distribution under irrigation between soil-plant. Journal of Environmental quality. № 3, 281-284.

### References

Amberger A. (1988). Stenerung des ackerboden und optimal rund der Strick – Stoffdiingung. Bayer Landawirt gahr. № 1, 41-49.

Francis C. (1980). Developing hybrids of corn and sorghum for future cropping systems. Annual Corn Sorghum Res. Conf. 35, 32-47.

Kivers V. H., Onoprienko D. M. Fertilization and Herbigation in irrigated agriculture of Ukraine.: Monograph. Dnipro, 2016. 147 p.

Mitrofanov O. P., Sidorenko V. V. ,. Migallov A. O, Nhulyaeva N. M., Malyarchuk V. M. (2016). Fertigation as an intensifica-

tion of irrigated agriculture: scientific publication /; By ed .. V. I. Kravchuk; L. Pogorilyy UkrNDIPVT - Doslidnytske, 112 p.

Ned Van Buren. (1982). Switch to fluids doubles rusty's gross. Solutions. № 4, 28-40.

Protocols of testing of the South Ukrainian branch of UKRNIPVT them. L. Posky № 2407 / 0605-03-2019, 2152-0608-03-2017, 2167-0607-03-2017

Sidorenko V. V., Mitrofanov O. P., Migallov A. O. Research and scientific examination of irrigation technologies with simultaneous introduction of mineral fertilizers: report on the GDR / South Ukrainian branch of L. Pogorilyy UkrNDIPVT: No. 0111U009412, Kherson, 2012

Subbian B. V., Sachdev M. S. (1983). Increasing efficiency of fertilizer nitrogen use under multiple cropping system. Indian agricultural research Institute: New Delhi, 33-39.

Thorup R. (1983). Uniform application – key to maximum yields. Utah: Farmer – Stockman. 103, № 5, 5.

Tretyakov N. N. Moisturizing, mineral nutrition and nitrogen accumulation in corn grains / N. N. Tretyakov, S. A. Varfolomeyev, B. M. Kondratyev // Corn and sorghum. - 1990. - № 3.-C.14-16

Tsikov V. S., Roldugin N. I., Kiver V. F., Tokarev V. A. (1991). Resource-saving corn production technology. - M.: Vim, - 50 s.

Zerwing G. R., Caldawell A. S., Zoodroad I. I. (1979). Fertilizer nitrogen distribution under irrigation between soil-plant. Journal of Environmental quality. № 3, 281-284.

UDC 631.816.352

## TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT FOR APPLYING FERTILIZERS WITH WATER BY SPRINKLING MACHINES

**Sidorenko V.,**

e-mail: sid\_vladimir@ukr.net, <https://orcid.org/0000-00025988-2904>

South-Ukrainian branch of UKRNIPVT them. L. Pogorylogo

### **Summary**

*The article presents the results of research on the technology of compatible introduction of mineral fertilizers with irrigation water of sprinkling machines and testing equipment for fertigation.*

**The purpose of research** - technological analysis of various types of equipment for combining fertilizer, which is used in the production practice of S.-G. Manufacturers, definition of their basic operational and technological indicators and efficiency of using fertigation technology.

**Research methods:** theoretical, empirical - analysis of information resources, analysis of the practice of using fertigation; laboratory-field tests for information data. using measurements and experiments.

**Research results.** *The traditional methods of fertilizing - superficial and local, in particular, the disadvantages of their use are analyzed. It was noted that one of the ways of intensifying irrigated agriculture, in which the requirements for the effective use of fertilizers and reducing resource costs are multipurpose use of irrigation equipment, namely combining irrigation with fertilizers along with irrigation water. The high efficacy of fertigation is established, which is determined by the fact that the fertilizers in an easily accessible form can be introduced at those stages of plant development when they are most required. In this case, a more uniform distribution of fertilizers in the area is provided, the coefficient of their use increases, improves the quality of products, increases yield. In Ukraine there is no production of appropriate equipment for fertigation and S.-G. Manufacturers have to use for this Equipment for foreign production. In 2017-2020, testing equipment for fertigation used by Ukrainian S.-G. Manufacturers: ITL SL, Spain, Inject-O-Mfg.S., Agri-Inject, Inc. » USA. The conducted studies on the introduction of liquid fertilizer CAS showed that the parameters of the dispenser pump and other components of the test equipment provide fertilizers with irrigation water according to their desired norm. The work of the pump-dispenser does not significantly affect the pressure-consuming characteristics of the rainy machine. The use of CAS increases the technological equipment of equipment, reduces energy intensity and labor intensity of its work due to the absence of a technological operation of the preparation of a mother liquor.*

**Conclusions.** *The established effectiveness of the technological operation of fertility using test equipment allows a steadily process with the appointment indicators, the quality of work and reliability that satisfy the requirements for the technological process of fertilizing with irrigation water.*

**Keywords.** *Mineral fertilizers, sprinkler, fertilizer concentration, mother liquor, pump-dispenser, pressure, irrigation rate, pump feed.*

УДК 631.816.352

## ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ С ПОЛИВНОЙ ВОДОЙ ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ МАШИНАМИ

Сидоренко В.,

e-mail: sid\_vladimir@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5988-2904>

Южно-Украинский филиал УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого

### **Аннотация**

*В статье представлены результаты исследований технологии совместного внесения минеральных удобрений с поливной водой дождевальными машинами и испытаний оборудования для фертигации.*

**Цель исследований** - анализ различных типов оборудования для совместного внесения удобрений, которое применяется в производственной практике сельскохозяйственных производителей, определение их основных эксплуатационно-технологических показателей и эффективности использования технологии фертигации.

**Методы исследований:** теоретические, эмпирические - анализ информационных ресурсов, анализ практики применения фертигации; лабораторные - проведение испытаний для получения информационных данных. с использованием измерений и экспериментов.

**Результаты исследований.** Проанализированы традиционные способы внесения удобрений - поверхностный и локальный, в частности отмеченные недостатки их использования. Отмечено, что одним из путей интенсификации орошаемого земледелия, при котором соблюдаются требования к эффективному использованию удобрений и снижение ресурсозатрат является многоцелевое использование оросительной техники, а именно совмещение поливов с внесением удобрений вместе с поливной водой. Установлена высокая эффективность фертигации, которая определяется тем, что удобрительные вещества в легкодоступной форме могут вноситься на тех этапах развития растений, когда они наиболее необходимы. При этом обеспечивается более равномерное распределение удобрений по площади, повышается коэффициент их использования, улучшается качество продукции, повышается урожайность. В Украине отсутствует производство соответствующего оборудования для фертигации и с.-х. производителям приходится использовать для этого оборудования зарубежного производства. В 2017-2020 годах были проведены испытания оборудования для фертигации, которое используют украинские сельскохозяйственных производители: «ITL SL», Испания, «Inject-O-Meter Mfg. Co.,» «Agri-Inject, Inc.» США. Проведенные исследования по внесению жидких удобрений КАС показали, что параметры работы насоса дозатора и других составляющих испытываемого оборудования обеспечивают внесение удобрений с поливной водой согласно их нужной нормы. Работа насоса дозатора не оказывает существенного влияния на напорно-расходные характеристики дождевальной машины. Применение КАС повышает технологичность работы оборудования, уменьшает энергоемкость и трудоемкость его работы за счет отсутствия технологической операции приготовления маточного раствора.

**Выводы.** Установлена эффективность технологической операции фертигации. Использование испытываемого оборудования позволяет стабильно выполнять технологический процесс с показателями назначения, качества работы и надежности, которые удовлетворяют требования к технологическому процессу внесения удобрений с поливной водой.

**Ключевые слова.** Минеральные удобрения, дождевальная машина, концентрация удобрений, маточный раствор, насос-дозатор, давление, поливная норма, подача насоса.