УДК 631.313:631.343 http://dx.doi.org/ 10.31473/2305-5987-2021-1-28(42)-8

ВПЛИВ ЗМІННИХ ШВИДКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ РОТАЦІЙНОЇ БОРОНИ БЗР-9,0 НА ЯКІСТЬ ВИКОНАННЯ МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ СОНЯШНИКУ

Шустік Л., канд. техн. наук,
e-mail: shustik@ukr.net, https://orcid.org/0000-0003-2413-935X
Нілова Н., e-mail: nilova-n@ukr.net; https://orcid.org/0000-0001-5514-2338
Гайдай Т., канд. техн. наук, e-mail: tanusha-h@ukr.net,
https://orcid.org/0000-0001-9141-4820
Степченко С., https://orcid.org/0000-0003-2808-9644
Сидоренко С., e-mail: silviya20@ukr.net, https://orcid.org/0000-0001-5046-117X
УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Анотація

Мета досліджень *– дослідити якість виконання міжрядного обробітку ротаційною бороною залежно від швидкісних режимів в умовах підвищеної твердості ґрунту.*

Методи досліджень: *теоретичні — аналіз інформаційних ресурсів та результатів досліджень ротаційних борін; експериментально-польові — випробування машини в господарських умовах ТОВ «Носівка Агро», с. Плоске Носівського району Чернігівської області з фіксацією агротехнічних показників; інструментальні виміри та експертне оцінювання; статистичні — математична обробка отриманих показників.*

Результати.

Проведено експериментально-польові дослідження впливу швидкісних режимів борони ротаційної БЗР-9,0 на ефективність виконання міжрядного обробітку ґрунту.

Аналітично встановлено, що ротаційна борона добре мульчує верхній шар ґрунту із закриттям вологи, руйнує ґрунтову кірку, розпушує ґрунт та знищує ниткоподібні бур'яни, створюючи цим ідеальні умови для початкового розвитку кореневої системи рослин і забезпечуючи потужний старт їхнього росту.

Обґрунтовано перспективи застосування ротаційних борін в посушливих умовах у комплексі машин для ґрунтозахисних технологій вирощування зернових культур у фермерських господарствах малого і середнього рівнів.

Висновки.

Ротаційні зубові борони, широко представлені на ринку України, знаходять все більший попит як ефективне знаряддя для знищення бур'янів та руйнування ґрунтової кірки для покращення аерації та насичення водою посівів в умовах підвищеної сухості ґрунту.

Теоретичний аналіз інформаційних джерел підтверджує, що голчасті борони можуть успішно використовуватись на суцільному і міжрядному обробітках посівів сільськогосподарських культур у фермерських господарствах малого і середнього рівнів.

Отримані експериментальними дослідженнями фізичні параметри свідчать, що зі зміною швидкості від 9 км/год до 15 км/год борона зубова ротаційна БЗР-9,0 в міжряддях із захисною зоною 11 см забезпечує якісний обробіток ґрунту з достатнім рівнем агротехнічних показників — ступінь руйнування ґрунтової кірки в межах 91-98 %, а відсоток ушкоджених рослин тримається на рівні відмінних та задовільних значень. Незруйновані ділянки кірки площею більше 5 см^2, які суттєво перешкоджають водо- та повітропроникності, відсутні.

Ключові слова: *ротаційна борона, міжрядний обробіток, швидкісні режими, ущільнення ґрунту, ґрунтова кірка, ушкодження рослин, якість роботи.*

Вступ. Через глобальне потепління по всій території України останніми роками спостерігається зміна клімату на більш посушливий, що негативно впливає на фізичні характеристики та родючість ґрунту і, відповідно, на формування майбутнього врожаю. Запас ґрунтової вологи до моменту висіву насіння формується атмосферними опадами. Слід зауважити, що після танення снігу до досягнення фізичної стиглості ґрунту проходить тривалий час. Цей період набору позитивних температур супроводжується суховіями, які призводять до втрати продуктивної ґрунтової вологи через випаровування.

Одним із ефективних агротехнічних прийомів збереження вологи в передпосівний період є ранньовесняне боронування – закриття вологи, яке проводиться в дуже стислі терміни (3-4 дні) і передбачає розпушування поверхневого шару ґрунту до дрібногрудочкуватого стану на глибину 4-6 см для руйнування капілярних зв'язків і вирівнювання поверхні ґрунту з максимальним збереженням на ній рослинних залишків. Встановлено, що без ранньовесняного боронування до моменту посіву в метровому шарі втрачається 28-30 % продуктивної вологи, а після боронування – всього 10-12 % [Нугманов А., 2017].

Наявні в господарствах агрегати, які застосовуються для виконання процесу боронування, є недостатньо ефективними порівняно з сучасними ротаційними знаряддями. Скажімо, борони з пружинними зубами (БЗТС-1, БЗСС-1) мають високу енергоємність і низьку продуктивність, добре працюють на закритті вологи, проте мають низьку поглиблювальну здатність і забиваються рослинними залишками; зубові ланцюгові робочі органи ротаційних борін типу БДЦ російського і казахстанського виробництва мають низьку поглиблювальну здатність і за твердості оброблюваного шару ґрунту понад 1 МПа не забезпечують необхідної глибини та якості обробітку ґрунту [Курач А., Амантаев М., 2020].

Для порівняння, при міжрядному обробітку посівів кукурудзи бороною БЗСС-1 пошкодження культурних рослин становило 10-15 %, бороною-мотикою ротаційною БМР-5,6 – лише 0,8 %. На обробітку сходів кукурудзи (стадія «шильце») і у фазі 3-4 листків бороною БМР-5,6 отримали 100 % знищення ниткоподібних бур'янів, що свідчить про якісну роботу ротаційної борони. З появою монолітної ґрунтової кірки на ранніх сходах культурних рослин, коли застосування зубових борін неможливе, ефективність використання мотики різко зростає [АгроЛіга, 2021].

На посівах соняшнику проводилось боронування по сходах (два несправжніх листки) і у фазі 2-6 листків ефект був аналогічний міжрядному обробітку сходів кукурудзи. Підтвердилися дані досліджень щодо доцільності заміни азотної підгодівлі весняним розпушуванням бороною БМР-6. Отриманий ефект від економії добрив і витрат на їх завантаження, транспортування і внесення [АгроЛіга, 2021].

Отже, ротаційна борона фактично виконує функції зубової. Головною відмінністю між ними є можливість застосовувати ротаційну навіть у фазі розвитку 2-3 листки.

Запаси продуктивної вологи стають потужним чинником, який сприяє розвитку кореневої системи культури і створює основу формування якісного врожаю. Збереження вологи в ґрунті стало нагальною потребою, тому пошук шляхів і знарядь для її вирішення є актуальним завданням для спеціалістів аграрної галузі. Найвідомішим, відносно доступним і економічно вигідним способом розв'язання цієї проблеми є процес боронування, який зберігає ґрунт від висихання, вирівнює його поверхню, руйнує кірку та нищить нитковидні сходи бур'янів. Ефективність боронування залежить від терміну його виконання та правильно підібраного агрегата. Якщо закриття вологи проводять занадто рано, то ґрунт не кришиться і його важко розпушувати. Запізнення виконання цього агротехнічного заходу призводить до значних втрат вологи, якість розпушення буде низькою.

І ротаційні борони у цьому випадку можуть зіграти важливу роль. Вони вирішують питання рівномірного розподілу вологи, руйнування поверхневої кірки, розпушування ґрунту та знищення бур'янів з мінімальним негативним впливом на рослини. Передпосівний обробіток ґрунту ротаційними боронами є енергоощадною альтернативою культивації з покращеними показниками повітря- і водопроникнення та комфортної життєдіяльності ґрунтової мікробіоти. Під час суцільного обробітку ротаційними боронами посівів озимих культур покращується фітосанітарний стан завдяки видаленню гнилого, сухого та ураженого хворобами листя.

Постановка завдань. З огляду на проблему деградації ґрунтів, актуальним є впровадження ґрунтозахисних технологій, спрямованих на створення умов для росту й розвитку рослин (боронування, передпосівна культивація). Наявні ґрунтообробні знаряддя (зубові та пружинні борони) недостатньо забезпечують якісне виконання технологічного процесу післясходового боронування в складних ґрунтових умовах.

Враховуючи потреби аграріїв у машинах для виконання вказаних операцій, вітчизняні підприємства почали випуск ротаційних борін для підготовки ріллі під посів насіння та обробітку сходів. Боронуванням можливо створити оптимальні умови для розвитку кореневої системи на ранніх етапах росту і розвитку сільськогосподарських культур: надати верхній частині орного шару ґрунту потрібної структури, активізувати в ньому біологічні та хімічні процеси, вирівняти поверхню поля, зруйнувати ґрунтову кірку, знищити сходи і проростки бур'янів без пошкодження культурних рослин, а також провести регулювання водного, повітряного і харчового режимів ґрунту розущільненням верхньої частини активного кореневого шару і усуненням тріщин.

Мета досліджень – дослідити якість виконання міжрядного обробітку ротаційною бороною залежно від швидкісних режимів в умовах підвищеної твердості ґрунту. Об'єкт дослідження – технологічний процес боронування посівів соняшнику для руйнування ґрунтової кірки.

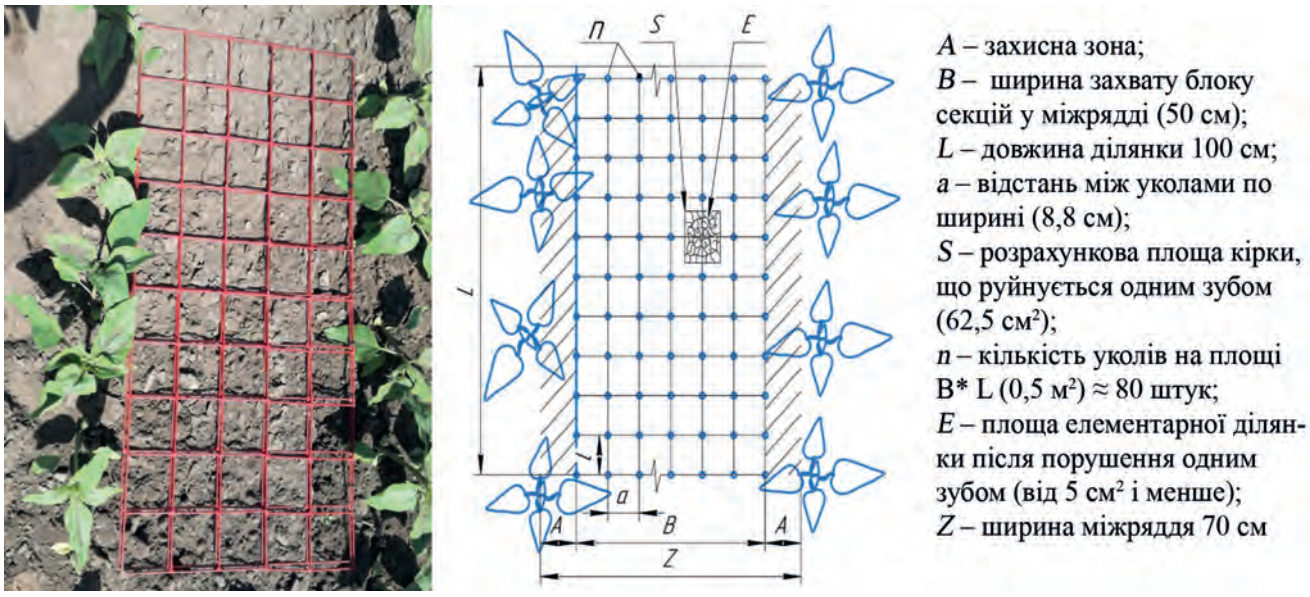
Завданням досліджень було отримати нові експериментальні дані щодо ефективності застосування ротаційної борони на міжрядному обробітку посівів соняшнику та фахово сприяти інформаційному поширенню техніко-технічних особливостей та переваг її застосування в ґрунтозахисних технологіях.

Методи і матеріали: теоретичні – аналіз інформаційних ресурсів та результатів досліджень (зокрема УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого) ротаційних борін для поверхневого обробітку ґрунту, які впливають на поліпшення структури орного шару, нагромадження вологи, елементів мінерального живлення в ґрунті, зменшення забур'яненості тощо; експериментально-польові – випробування машини в господарських умовах ТОВ «Носівка Агро», с. Плоске Носівського району Чернігівської області на полі площею 25 га з фіксацією агротехнічних показників; інструментальні виміри та експертне оцінювання; статистичні – математична обробка отриманих показників [Доспехов, 1985].

Умови проведення випробувань: агрофон – посіви соняшнику з міжряддям 70 см. Густота культурних рослин – 3,2 шт/м погонний. Фаза розвитку – 5 листків. Висота рослин – 17,8 см. Наявність ущільненої поверхні ґрунту товщиною 2 мм та більше (як наслідок почергової дії довготривалих злив і високої температури повітря) є передумовою для проведення такого агротехнічного заходу, як руйнування ґрунтової кірки.

Тип ґрунту – дерново-підзолисті супіщані ґрунти. Попередній обробіток – внесення ґрунтового гербіциду; засміченість поля бур'янами (хвощ польовий, берізка польова, мишій сизий) у зоні обробітку – 12 шт./м^2; вологість та твердість в шарах 0-15 см відповідно складають: 11,0-16,6 %; 0,40-0,78 МПа.

Агрегатування: трактор Class Arion 430 потужністю 125 к.с.



а б

Рисунок 1 – Визначення повноти руйнування ґрунтової кірки:
а – рамка; б - схема роботи блока секцій борони зубової ротаційної БЗР-9,0 у міжрядді

Для дослідження параметрів прийнято режими роботи: 3 швидкості руху – 9 км/год; 12 км/год; 15 км/год; установочна глибина обробітку – 5,3 см.

На площі поверхні поля, яка обмірювалась металевою рамкою 0,5 х 1 (м²), визначали якість руйнування ґрунтової кірки (рис. 1). Повторюваність вимірювань – шестикратна (три вперед, три – у зворотньому напрямку).

Після виконання технологічного процесу на трьох швидкісних режимах, проводили облік з визначення пошкоджень культурних рослин, нанесених робочими органами ротаційної борони. Облік ушкоджень вівся на ділянках, на яких до проходу агрегата визначали густоту та розподіл рослин у рядку: на трьох ділянках завдовжки 5 м і завширшки, як ширина захвату сівалки. Досліди проходили з п'ятикратною повторюваністю.

Агротехнічні вимоги до виконання технологічного процесу ранньовесняного та післясходового боронування викладені в [СОУ, 2004] і представлені в таблиці 1.

Результати.

Якість виконання технологічного процесу визначалась по довжині гону через рівні інтервали на 6 облікових ділянках завдовжки 10 м і завширшки, як ширина просапної сівалки. Фіксувався стан поля до та після проходу ротаційної борони (рис. 2).

Попит на ротаційні борони в Україні з кожним роком зростає, що пов'язано з пошуком альтернативи хімічним методам

Таблиця 1 – Агротехнічні вимоги до процесу боронування

Показник	Значення показника	
	ранньовесняне боронування	боронування посівів
Глибина обробітку, см	5 ± 1	4-10
Кришення ґрунту (Ø до 25 см), %	Не менше 80	Не менше 50
Руйнування ґрунтової кірки, %	Не менше 75	Не менше 90
Пошкодження культурних рослин, %	-	Не більше 3 (1, 2 обр.) ≤ 5 (*n* повтор.)
Знищення бур'янів у фазі «білої ниточки»	Не менше 99	Не менше 95
Гребенистість поверхні після проходу борони, см	Не більше 3	Не більше 3

а б

Рисунок 2 – Поле до (а) і після (б) міжрядного обробітку соняшнику бороною БЗР-9,0

боротьби з бур'янами, прагненням аграріїв зекономити на азотних добривах та поширенням органічного землеробства. Агрегати є ефективними для виконання до- та післясходового боронування посівів зернових, просапних і технічних культур. Ротаційні борони мають різноманітні варіації робочих органів: дискові ротори з пелюстковими, голчастими, зубовими або ножовими елементами, що дає змогу виконувати різноманітні операції (поверхневе розпушування, аерацію та мульчування ґрунту, кришіння брил і грудок, закриття вологи, часткове перемішування ґрунтових шарів та вирівнювання поверхні, міжрядне боронування ґрунту без пошкодження культурних рослин, а також знищення ниткоподібних бур'янів).

Іноземні та вітчизняні компанії пропонують професійним фермерам широкий асортимент ротаційних борін. На полях України на сьогоднішній день активно працюють ротаційні знаряддя як зарубіжного, так і українського виробництва [Барило К., 2018; Мариніна Л. та ін., 2017; Марченко В., 2021]: борони Green Star від ТОВ «Аверс-Агро» (м. Дніпро) для весняного та осіннього розпушування ґрунту; борони Yetter 3400/3500 (США); ротаційна борона-мотика AIR Bee 58, аналог John Deere 400 (США); ротаційні борони мотики зубчасті Rottary Harrow RH для до- і післясходового боронування сільськогосподарських посівів на будь-яких типах ґрунтів; ротаційні культиватори Rotarystar австрійської фірми «Einboqck» для закриття вологи, руйнування кірки, знищення бур'янів з мінімальним негативним впливом на культурні рослини; борона мотика ротаційна БР-8 від ТОВ «Оріхівсільмаш» (Запорізька обл.) для суцільного обробітку ґрунту, розпушування міжрядь просапних культур, працює у важких умовах (за наявності твердої ґрунтової кірки, великої кількості рослинних залишків, стерні); ротаційне знаряддя Antoks від «Агромаш-Калина» для передпосівного, суцільного та міжрядного обробітків; ротаційна борона ДИНАР-6,4 виробництва ТОВ «Лозівський ковальсько-механічний завод»; зубова міжрядна ротаційна борона БЗМ-5,6 від «Хмільниксільсмаш» для обробітку просапних культур (буряків, соняшнику, кукурудзи) із міжряддями завширшки 45; 60; 70 см та суцільного обробітку ґрунту, зокрема для проріджування озимих посівів упоперек рядків; ротаційні борони мотики типу СТЕП РШ виробництва підприємства «Степаненко і К°» (м. Біла Церква) та багато інших борін і виробників.

У 2020 році на український ринок сільськогосподарської техніки була представлена борона зубова ротаційна БЗР-9,0 виробництва ТОВ «АЗТЕХ-Україна» (м. Шепетівка Хмельницької області) [Протокол № 01-18-2020].

Борона (рис. 3) призначена для суцільного та міжрядного обробітків посівів різних культур (зернових, просапних, бобових, овочевих тощо), боротьби з бур'янами в стадії білої ниточки, руйнування ґрунтової кірки, розпушування поверхні поля, насичення ґрунту повітрям, збереження вологи та підготовки ґрунту під посів.

Особливості конструкції: система підвіски тандему ротаційних дисків – криволінійна підпружинена стійка; глибина входження зуба в ґрунт – регульована, переміщенням опорних коліс; робоча секція – тандем ротаційних зубових дисків на асиметричних плечах коливного важе-

Рисунок 3 – Борона зубова ротаційна БЗР-9,0 під час міжрядного обробітку соняшнику

а б в

Рисунок 4 – Загальний вигляд робочих органів: а – тандем зубових дисків; б – зуб; в - диск

ля (рис. 4); величина притискного зусилля зубів – змінна, регульована.

Правильна форма зуба забезпечує входження в ґрунт під кутом 90° і вихід під кутом 45°, що гарантує розпушування ґрунту без пошкодження рослин.

Під час руху машини оброблюваним полем на різних швидкостях голчасті колеса ротаційної борони, обертаючись, заглиблюються в ґрунт на глибину 3-5 см, внаслідок чого руйнується ґрунтова кірка і покращується аерація та регулювання теплового балансу поверхневого шару ґрунту. Одночасно у верхні шари ґрунту з повітря проникає азот, що дає можливість зменшити обсяги внесення азотних добрив. Використання таких борін дає змогу провести мульчування верхнього шару ґрунту.

На підставі аналізу результатів досліджень пакетом прикладних програм, отримали графічне відображення впливу швидкості агрегата на якість руйнування ґрунтової кірки та ушкодження рослин. Графічна інтерпретація показників якості представлена на рисунках 5, 6.

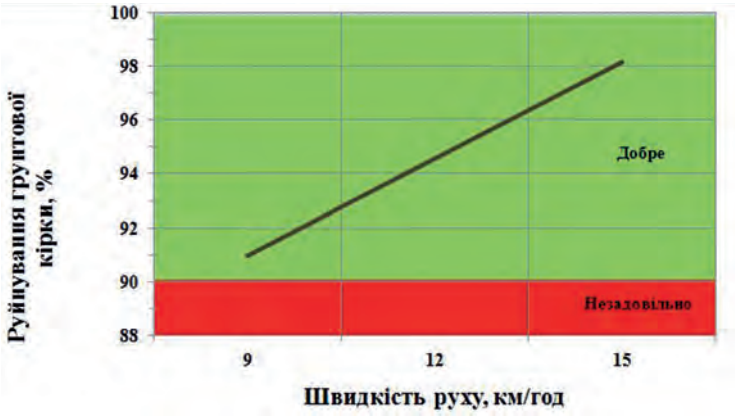


Рисунок 5 – Повнота руйнування ґрунтової кірки ротаційною бороною БЗР-9,0 на посівах соняшнику

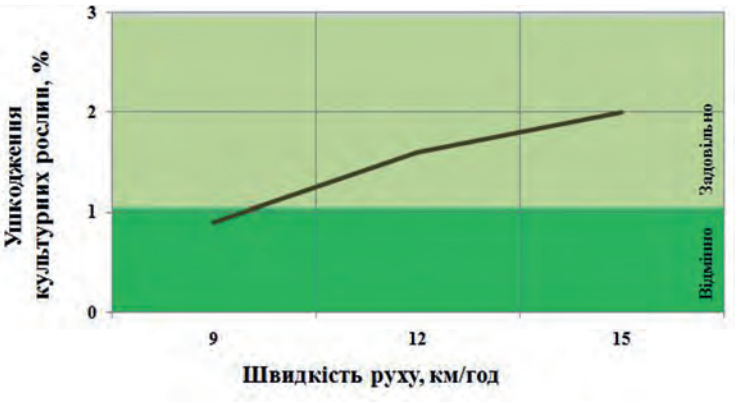


Рисунок 6 – Ушкодженість рослин соняшнику робочими органами ротаційної борони БЗР-9,0

Обговорення. Сучасні світові тенденції на отримання екологічно чистої продукції вимагають відмови від хімічних засобів боротьби з бур'янами та зменшення витрат мінеральних добрив. Враховуючи вагомий вплив (18-25 %) чинника обробітку ґрунту на врожайність сільськогосподарських культур, недостатню кількість ефективної вологи в ґрунті, значне погіршення агрофізичних властивостей ґрунту, посилення вітрової і водної ерозії, аграрії шукають

інноваційні рішення, які сприятимуть отриманню стабільних врожаїв та допоможуть заощадити на добривах і засобах захисту рослин. Автори [Кравчук В. та ін., 2019; Матеріали НААН, 2018; Оничко В., Зубко В., 2018] доводять, що особливо актуальним є забезпечення системної єдності техніки, технологій і природного середовища, насамперед, удосконалення процесів обробітку ґрунту, комплексний підхід до питань зменшення пошкодження рослин робочими органами машин і знарядь, суміщення операцій та цілеспрямоване впровадження ґрунтозахисних механізованих процесів. Ці напрямки є перспективними для подальших досліджень, розробки ефективних конструкційних рішень, нових технологій та їх адаптації.

У статті [Kayad A. and all, 2019] представлені результати дослідження руху верхнього шару ґрунту в процесі ротаційного боронування методом RFID (ідентифікації радіочастот). Автори підтверджують важливість боронування ротаційними знаряддями у боротьбі з ерозією ґрунту, що найшло відображення і в цій статті.

Питання підвищення якості процесу боронування (особливо в посушливих умовах) і впровадження нових знарядь є актуальним для фермерів і виробників сільськогосподарської техніки. У [Курач А., Амантаев М., 2020] представлені результати польових експериментальних досліджень і характеристики щодо якості роботи розробленого ґрунтообробного знаряддя у вигляді зубчатого ланцюга на ущільнених ґрунтах. Результати досліджень показали, що розроблена роторна ланцюгова борона покращує якість обробітку ґрунту із підвищеною твердістю. Зроблений авторами висновок про те, що одним з ефективних способів накопичення вологи в ґрунті та найбільш придатними для виконання операції ранньовесняного передпосівного боронування є ротаційні ґрунтообробні знаряддя, співзвучний з нашими дослідженнями.

Ротаційні борони – це сучасні сільськогосподарські машини, головною функцією яких є поліпшення ґрунту після традиційної оранки для культивації, яка вимагає дуже тонких поверхневих шарів. Функційні можливості ротаційних борін італійської компанії Maschio Gaspardo, які виконують механічний контроль бур'янів у садах і виноградниках між рядами, висвітлюються в [Facchinetti D., 2016]; у деяких випадках вони можуть бути використані з великою користю як єдина машина для підготовки насіннєвого ложа або пересадки рослин. Останні моделі відрізняються швидкістю і можливістю поєднання операцій. За суцільного боронування поля ці машини можуть виконувати мінімальний обробіток для підготовки ґрунту і сівби другого врожаю, повністю замінивши традиційну комбінацію оранки і боронування. Проведені дослідження підтверджують доцільність та перспективи застосування ротаційних борін у комплексі машин для ресурсоощадних та ґрунтозахисних технологій у фермерських господарствах малого і середнього рівнів.

У [Шмидт А. и др., 2019; Черкас В., 2020] проаналізовані техніко-експлуатаційні характеристики різних видів знарядь для весняного боронування, їхні недоліки та переваги. Обробіток ґрунту визначає процеси відтворення родючості, регулювання ґрунтових режимів (збереження вологи) та процеси деградації ґрунтів. Важливе значення, як самостійний прийом у системі обробітку ґрунту, має поверхневий і мінімальний обробітки. Висновок, що найбільш прийнятними для цих операцій є голчасті борони, досить обґрунтований і узгоджується з нашими дослідженнями. Існує безліч різноманітних типів борін, що викликає у фермерів певні складності у виборі необхідної моделі. Обґрунтування технічної характеристики та особливостей використання борони для конкретних ґрунтово-кліматичних умов є важливим науковим та виробничим завданням.

У [Шмидт А. и др., 2019] досліджується необхідність проведення весняного закриття вологи. На думку американських експертів, без цієї операції можна втрати-

ти вологу в профілі ґрунту до 50 см. Автор [Басанець О., 2020] вважає, що закриття вологи необхідно проводити там, де існує дефіцит вологи і де потрібно турбуватись про її запаси і збереження. Україна за останні років 10-15 вже потрапила до переліку таких країн. Такі результати співзвучні з дослідженнями інших авторів [Нугманов А., 2017].

Дослідженню рівномірності глибини боронування посівів сільськогосподарських культур присвячена робота [Serguntsov A., Malashikhin N., 2018], у якій порівнювались показники якості виконання технологічного процесу ротаційною бороною та робочими органами пальцевої борони (штригеля). Під час експерименту на кожному варіанті вимірювались глибина обробітку ґрунту, робоча швидкість руху агрегата, якість кришення ґрунту. Математичний аналіз експериментальних даних підтвердив ефективність ротаційної борони-мотики за всіма якісними показниками (рівномірність боронування, глибина, коефіцієнт структурного ґрунту тощо) порівняно з пальцевою бороною. Висвітлення техніко-технічних характеристик ротаційної борони, переваг та особливостей її використання є пізнавальною інформацією для споживача. Результати досліджень можуть бути застосовані у сфері проектування, виготовлення та випробування ротаційних борін.

Результатами досліджень [Шейченко В. та ін., 2017] встановлено, що вплив швидкості руху голчастої борони в діапазоні 6-12 км/год приводить до збільшення тягового опору на 5-24 %, а глибини обробітку ґрунту на 37-61 %. Однак автори констатують показники якісних характеристик за критеріями підрізання бур'янів і вмісту ґрунтових фракцій до 25 мм як сталу величину, а не інтервал, з якого можливо мати більшу уяву щодо домінування впливу на якість роботи просідання борони на більшу глибину чи руйнівних зусиль, які є похідними прискорень мас занурених у ґрунт голок з циклоїдною траєкторією руху. Автори проводили дослідження голчастих борін на швидкостях 6-12 км/год, що, на нашу думку, є практично нижнім порогом рекомендованих швидкостей для таких машин.

Вплив швидкості руху на якість роботи ротаційної борони досліджувався [Шустік Л. та ін., 2018]. Експерименти проводились у дослідному господарстві Миколаївського аграрного університету на полях із насіннєвими посівами кукурудзи. Досліджувались два варіанти кривизни зубів ротаційної борони ДИНАР-6,4. Визначались показники якості: глибина обробітку ґрунту, руйнування ґрунтової кірки, кришіння поверхні ґрунту (масова частка фракцій діаметром до 25 мм). Отримані авторами результати свідчать про більший вплив на глибину обробітку конфігурації зуба порівняно зі швидкістю. От у варіанті 1 за мінімальної та максимальної швидкості руху польового агрегата фактична глибина обробітку в середньому сягала 7,4 см, а у другому – 8,5 см, але приріст глибини від швидкості є близьким, що для обох варіантів становить, відповідно, 22 % та 17 %. Руйнування ґрунтової кірки в останньому варіанті в діапазоні досліджуваних швидкостей є кращим порівняно з першим: 92,6-97,2 % проти 88,093,0 %. Кришення ґрунту у варіанті 2 в діапазоні досліджуваних швидкостей є кращим порівняно з варіантом 1: 93,2-98,5 % проти 85,0-93,6 %. Обидва варіанти ротаційних зубових дисків руйнують ґрунтову кірку на потрібному рівні. При цьому більша кривизна зуба ротаційного диска у варіанті 2 забезпечує більшу активність руйнування та розпушування ґрунтової кірки порівняно з першим.

Взаємозв'язок між швидкістю, кришенням ґрунту та ефективністю боротьби з бур'янами в міжряддях боронуванням досліджувався в [Cirujeda A. and all, 2003]. Польові випробування проводились в господарствах Данії та Іспанії. У Данії озиму пшеницю висівали з міжряддям 24 см, що давало змогу проводити міжрядний обробіток на швидкостях 2, 5 і 8 км/год (боронували в кінці фази кущіння, на початку видовження стебла або в обох варіантах). В іспанському господар-

стві озимий ячмінь висівали з міжряддям 12 см і боронували перед появою сходів, після появи сходів або одноразово після їх появи в середині фази кущіння на швидкостях 2, 4, 6 і 8 км/год. Для боротьби з бур'янами засіяні рядки засипали шаром ґрунту від 0,4 до 1,4 см. Шар ґрунту в Данії тільки збільшувався зі зростанням швидкості. Після двох обробітків мотикою + боронування вдалося отримати більш дрібну структуру ґрунту. Однак це не вплинуло на боротьбу з бур'янами.

Он у Данії ефективність прополювання падалиці ріпаку всередині рядка, залежно від кількості рослин до і через 7 днів після обробітку, виявилася низькою (21-41 %), але збільшилася до 74-79 % після оцінювання через 45 днів. Часткове присипання точки росту разом з конкуренцією сільськогосподарських культур, ймовірно, придушили ріст бур'янів і збільшили кінцеву загибель. Підрізання було причиною загибелі зірочника середнього. В Іспанії ефективність прополювання маку дикого була аналогічною: показник коливався від 58 до 83 % і це було досягнуто незабаром після боронування.

Зниження біомаси пшениці не було виявлено від збільшення швидкості або від повторних проходів борони. Результати показали, що можна рекомендувати збільшити швидкість боронування, яке є економічно привабливішим для фермерів. Автори не виявили зростання ефективності, порівнюючи якість роботи на швидкостях 2, 5 і 8 км/год. Найбільше скорочення кількості бур'янів відмічено на 5 км/год, а збільшення швидкості боронування до 9 або 13 км/год не поліпшило боротьбу з бур'янами.

Питання ущільнення ґрунту та шляхи його вирішення досліджувались [Wolkowski, R. & Lowery, B., 2008; Springborn F., 2016]. Причинами ущільнення ґрунту є вплив дощової краплі, посуха та перезволоження. Дощ є природною причиною ущільнення і утворення ґрунтової кірки (зазвичай, менш ніж 1,5 см завтовшки на поверхні ґрунту), яка може стримувати появу сходів. Ущільнення ґрунту у вологі роки знижує аерацію, збільшуючи денітрифікацію. Ротаційна борона є ефективним способом вирішення проблеми ущільнення і ґрунтової кірки, що підтверджують результати наших досліджень.

Висновки.

1. Ротаційні зубові борони, широко представлені на ринку України, знаходять все більший попит як ефективне знаряддя для різних технологічних операцій, найбільша частка яких припадає на знищення бур'янів та руйнування ґрунтової кірки для покращення аерації та насичення водою посівів в умовах підвищеної сухості ґрунту.

2. Аналітичні дослідження свідчать, що голчасті борони можуть використовуватись на суцільному і міжрядному обробітках посівів сільськогосподарських культур.

3. Форма зуба ротаційної борони, особливості компонування дисків та режими і умови роботи впливають на якість виконання технологічного процесу.

4. Тип ґрунту, інтенсивність опадів і температурних режимів впливають на швидкість і товщину формування кірки, руйнація якої до ділянок площею 5 $см^2$ сприяє відновленню та нормалізації водно-повітряного обміну кореневої системи рослин, за умови їх збереження неушкодженими до допустимого рівня.

5. Отримані в результаті досліджень ротаційної борони БЗР-9,0 показники якості свідчать, що зростання швидкості руху від 9 км/год до 15 км/год забезпечує руйнацію ґрунтової кірки в міжряддях із захисною зоною 11 см, яка змінюється від 92 до 98 %, що є діапазоном зміни показника на рівні добрих значень. Відсоток ушкоджених рослин зі збільшенням швидкості зростає від 1 до 2 %, що характеризується переходом від відмінних до задовільних значень. Незруйнованих боронуванням ділянок кірки площею більше 5 $см^2$, які суттєво перешкоджають водо- та повітропроникності, не відмічено.

Перелік літератури

АгроЛіга (2021). Каталог продукції. Борона мотика ротаційна БМР. https://agro-liga.com/catalog-produkcii/bmr-borona-motyga-rotatsionnaya.

Барило К. (2018). Ротаційні борони на ринку України: мінус бур'яни, плюс азот //Traktorist.ua. https://traktorist.ua/articles/511-rotatsiyni-boroni-na-rinku-ukrayini-minus-buryani-plyus-azot.

Басанець О. (2020). Весняне боронування: чи потрібно щороку закривати вологу? Думки та поради експертів / SuperAgronom.com, березень.

Оничко В., Зубко В. (2018). Шляхи підвищення накопичення вологи при обробітку ґрунту / Сумський національний університет. – АгроЕліта. – № 2.

Доспехов Б. А. (1985). «Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)». – М: Агропромиздат. – 351.

Кравчук В., Новохацький М., Гусар В. (2019). Синтез техніко-технологічних рішень для розкриття і використання ресурсів агробіосфери // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва України. Зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, Дослідницьке. Вип. 24(38). 193-201.

Курач А. А., Амантаев М.А. (2020). Результаты испытаний ротационной бороны с регулируемой нагрузкой на зубовые цепные рабочие органы для ранневесеннего боронования. // Вестник Курганской ГСХА. № 3. 72.

Мариніна Л., Шустік Л., Маринін С. (2017). Ротаційні борони – багатофункціональність, висока продуктивність та екологічність / Пропозиція. № 4. 40-44.

Марченко В. (2021). Ротаційні борони у сучасному землеробстві / Agroexpert, 3 березня.

Нугманов А. Б. (2017). Проведение весенне-полевых работ в системе сберегающего и органического земледелия: рекомендации. Заречное: Костанайский НИИСХ. 55.

СОУ 74.3-37-155:2004. Випробування сільськогосподарської техніки. Машини і знаряддя для обробітку ґрунту. Методи випробувань – Київ: Мінагрополітики України.

Про збереження та відтворення родючості ґрунтів / Інформаційно-аналітичні матеріали НААН України щодо наукового обґрунтування заходів із збереження та відтворення ґрунтів, вересень 2018.

Протокол функціональних випробувань (фокус-тест) борони зубової ротаційної БЗР-9,0. Дослідницьке, № 01-18-2020 від 14 липня 2020 року.

Черкас В. (2020). Переваги застосування ротаційних борін для догляду за озимими культурами. Агробізнес сьогодні, лютий.

Шейченко В. А., Хайлис Г.А., Шевчук В. В., Дудников И. А., Пушка А. С. (2017). «Экспериментальные исследования игольчатой бороны» // Монография. Германия. – 164 с. http://lib.udau.edu/ua / handle /123456789/6336.

Шмидт А. Н., Кузьмин Д. Е., Мяло В. В., Союнов А. С. (2019). Особенности ранневесеннего влагосбережения // Вестник Омского ГАУ им. П. А. Столыпина.

Шустік Л., Нілова Н., Супрун В. (2018). Випробування ротаційної борони ДИНАР-6,4. / Агробізнес сьогодні, листопад.

Amantayev Maxat (2020). Investigation of the performance of a new rotary harrow with the setting load on the prickle chain tillage tools Eurasian Journal of Biosciences. - Volume 14 Issue 1, pp. 1203-1208. Published Online: 28 May.

Cirujeda A., Melander B., Rasmussen K., Rasmussen Ilse A. (2003). Relationship between speed, soil movement into cereal row and intra-row weed control efficacy by weed harrowing. / https://www.researchgate.net/publication /227720687_Relationship_between_speed_soil_movement_into_the_cereal_row _and_intra-row_weed_control_efficacy_by_weed_harrowing. August.

Facchinetti Davide (2016). The rotary harrow: the Joker for soil preparation. https://www.mondomacchina.it/en/the-rotary-harrow-the-joker-for-soil-preparation-c1228.

Kayad, Ahmed; Rainato, Riccardo; Picco, Lorenzo; Sartori, Luigi; Marinello, Francesco (2019). «Assessing Topsoil Movement in Rotary Harrowing Process by RFID (Radio-Frequency Identification) Technique» / Agriculture 9. - no. 8: 184. https://doi.org/10.3390/agriculture9080184

Serguntsov Alexander and Malashikhin Nikolai (2018). Harrowing of sowings with synchronous additional fertilizing. – MATEC Web Conf. – Volume 224, 05016. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE). – Publ. online: 30 October. 6.

Springborn, Fred (2016). Rotary hoes as a crast-busting aid. Michigan State University Extension – May 26.

Wolkowski, R. & Lowery, B. (2008). Soil compaction: causes, problems and remedies (University of Wisconsin publication № 3367).

References

AgroLeague (2021). Product catalog. Rotary hoe harrow BMP. https://agro-liga.com/catalog-produkcii/bmr-borona-motyga-rotatsionnaya.

Amantayev Maxat (2020). Investigation of the performance of a new rotary harrow with the setting load on the prickle chain tillage tools Eurasian Journal of Biosciences. - Volume 14 Issue 1, pp. 1203-1208. Published Online: 28 May.

Barilo K. (2018). Rotary harrows on the market of Ukraine: minus weeds, plus nitrogen / Traktorist.ua. https://traktorist.ua/articles/511-rotatsiyni-boroni-na-rinku-ukrayini-minus -buryani-plus-nitrogen.

Basanets O. (2020). Spring harrowing: is it necessary to cover moisture every year? Opinions and advice of experts. / SuperAgronom.com, March.

Cherkas V. (2020). Advantages of using rotary harrows for care of winter crops./ Agribusiness today, February.

Cirujeda A., Melander B., Rasmussen K., Rasmussen Ilse A. (2003). Relationship between speed, soil movement into cereal row and intra-row weed control efficacy by weed harrowind / https://www.researchgate.net/publication /227720687 _Relationship_ between_speed_soil_movement_into_the_ cereal_row _and_intra-row_weed_control_ efficacy_by_weed_harrowing. August.

Dospekhov B. A (1985). «Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results)». – Moscow: Agropromizdat. 351.

Facchinetti Davide (2016). The rotary harrow: the Joker for soil preparation. https://www.mondomacchina.it/en/the-rotary-harrow-the-joker-for-soil-preparation-c1228.

Kayad, Ahmed; Rainato, Riccardo; Picco, Lorenzo; Sartori, Luigi; Marinello, Francesco (2019). «Assessing Topsoil Movement in Rotary Harrowing Process by RFID (Radio-Frequency Identification) Technique» / Agriculture 9. - no. 8: 184. https://doi.org/10.3390/agriculture9080184.

Kravchuk V., Novohatsky M., Husar V. (2019). Synthesis of technical and technological solutions for the disclosure and use of agrobiosphere resources // Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agricultural production in Ukraine. Coll. of Sc. Works. L. Pogorily UkrNDIPVT., Doslidnytske. Issue. 24 (38). 193-201.

Kurach A. A, Amantaev M. A (2020). Test results of a rotary harrow with adjustable load on toothed chain working bodies for early spring harrowing. Bulletin of the Kurgan GSHA. № 3. 72.

Marchenko V. (2021). Rotary harrows in modern agriculture. / Agroexpert, March 3.

Marinina L., Shustik L., Marinin S. (2017). Rotary harrows – versatility, high productivity and environmental friendliness / Propozytsiya. № 4. 40-44.

Nugmanov AB (2017). Carrying out spring field work in the system of saving and organic farming: recommendations. Zarechnoe: Kostanay Research Institute. 55.

On preservation and reproduction of soil fertility // Information and analytical materials of NAAS of Ukraine on scientific substantiation of measures for preservation

and reproduction of soils, September 2018.

Onychko V., Zubko V. (2018). Ways to increase moisture accumulation during tillage / Sumy National University. - AgroElite. - № 2.

Protocol of functional tests (focus test) of the harrow of tooth rotary BZR-9,0. Research, № 01-18-2020 dated July 14, 2020.

Schmidt A. N, Kuzmin D. E, Myalo V. V, Soyunov AS. (2019). Features of early spring moisture conservation // Bulletin of Omsk GAU. PA. Stolypin.

Serguntsov Alexander and Malashikhin Nikolai (2018). Harrowing of sowings with synchronous additional fertilizing. – MATEC Web Conf. – Volume 224, 05016. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE). – Publ. online: 30 October. 6.

Sheichenko V. A, Hailis G. A, Shevchuk V. V, Dudnikov I. A, Pushka A. C (2017). «Experimental studies of a needle harrow» // Monograph. - Germany. - 164 p. http://lib.udau.edu/ua/handle/123456789/6336.

Shustik L., Nilova N., Suprun V. (2018). Test of a rotary harrow DINAR-6,4. / Agribusiness today, November.

SOU 74.3-37-155: 2004. Testing of agricultural machinery. Machines and tools for tillage. Test methods - Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine.

Springborn, Fred (2016). Rotary hoes as a crast-busting aid. Michigan State University Extension – May 26.

Wolkowski, R. & Lowery, B. (2008). Soil compaction: causes, problems and remedies (University of Wisconsin publication № 3367).

UDC 631.313:631.343

INFLUENCE OF VARIABLE SPEED INDICATORS OF THE ROTARY HARVEST BZR-9,0 WORK ON THE SUNFLOWER INTERROW TREATMENT PERFORMANCE QUALITY

Shustik L., Ph.D. tech. Scs,
e-mail: shustik@ukr.net, https://orcid.org/0000-0003-2413-935X
Nilova N., e-mail: nilova-n@ukr.net, https://orcid.org/0000-0001-5514-2338
Gaidai T., Ph.D. in Tech. Scs, e-mail: tanusha-h@ukr.net,
https://orcid.org/0000-0001-9141-4820
Stepchenko S., https://orcid.org/0000-0003-2808-9644
Sidorenko S., https://orsid.org/0000-0001-5046-117X
L. Pogorilyy UkrNDIPVT

Summary

The purpose of the research *is to investigate the quality of inter-row tillage with a rotary harrow depending on the speed regimes in conditions of high soil hardness.*

Research methods: *theoretical - analysis of information resources and research results of rotary harrows; experimental field - testing of the machine in the economic conditions of LLC «Nosivka Agro», village Ploske Nosiv district of Chernihiv region with the fixation of agronomic indicators; instrumental measurements and expert evaluation; statistical - mathematical processing of the obtained indicators.*

Results.

Experimental field studies of the influence of the speed modes of the rotary harrow BZR-9.0 on the efficiency of inter-row cultivation have been carried out.

The nomenclature of quality criteria and their achieved level have been established by expert evaluation.

It has been analytically established that the rotary harrow mulches the topsoil well, destroys the soil crust, loosens the soil and destroys filamentous weeds, thus creating ideal conditions for the initial development of the plant root system and providing a strong start to their growth.

Conclusions.

Rotary harrows, widely available on the Ukrainian market, are increasingly in demand as an effective tool for weed control and soil crust destruction in order to improve aeration and water saturation of crops in conditions of increased soil dryness.

Theoretical analysis of information sources confirms that needle harrows can be successfully used for continuous and inter-row cultivation of crops in small and medium-sized farms.

The physical parameters obtained as a result of experimental researches testify that with change of speed from 9 km / h to 15 km / h the harrow tooth rotary BZR-9,0 in interrow spacing with a protective zone of 11 cm provides qualitative cultivation of soil with a sufficient level of agrotechnical indicators - degree of destruction. soil crust in the range of 91-98 %, and the percentage of damaged plants is at the level of excellent and satisfactory values. There are no undamaged areas of crust with an area of more than 5 cm2, which significantly impede water and air permeability.

Key words*: rotary harrow, inter-row cultivation, speed regimes, soil compaction, soil crust, plant damage, quality of work.*

УДК 631.313:631.343

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ СКОРОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ БОРОНЫ БЗР-9,0 НА КАЧЕСТВО ВЫПОЛНЕНИЯ МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Шустик Л., канд. техн. наук,
e-mail: shustik@ukr.net, https://orcid.org/0000-0003-2413-935X
Нилова Н., e -mail: nilova-n@ukr.net; https://orcid.org/0000-0001-5514-2338
Гайдай Т., канд. техн. наук, e -mail: tanusha-h@ukr.net,
https://orcid.org/0000-0001-9141-4820
Степченко С., https://orcid.org/0000-0003-2808-9644
Сидоренко С., https://orcid.org/0000-0001-5046-117X
УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого

Аннотация

Цель исследований *– определить качество выполнения междурядной обработки подсолнечника ротационной бороной в зависимости от скоростных режимов в условиях повышенной твердости почвы.*

Методы исследований*: теоретические – анализ информационных ресурсов и результатов исследований ротационных борон; экспериментально-полевые – испытание машины в хозяйственных условиях ООО «Носовка Агро», с. Плоское Носовского района Черниговской области с фиксацией агротехнических показателей; инструментальные измерения и экспертное оценивание; статистические – математическая обработка полученных показателей.*

Результаты.

Проведены экспериментально-полевые исследования влияния скоростных режимов бороны ротационной БЗР-9,0 на эффективность выполнения междурядной обработки почвы.