

трубці визначається, головним чином, масою порції та зусиллям повітряного потоку; встановлені діапазони параметрів, за яких можливе синхронне поєднання руху порції, повороту трубки та поступального руху робота.

3. Експериментальна перевірка моделі показала відносну похибку прогнозованого часу переміщення порції в межах 3,0–9,5 %, що є достатнім для практичного застосування під час проектування та налаштування робочого органу.

4. Локалізоване внесення добрив розробленим робочим органом зменшує їх перевитрату в міжряддях і створює передумови для зниження сумарних енерговитрат у системах точного землеробства.

### **Список використаних джерел**

1. Adamchuk V., Bulgakov V., Beloev H., Korenko M. Mineral Fertilization Theory and Working Tools of Fertilizer Spreading Machines. Sofia, 2017.
2. Virro I., Arak M., Maksarov V., Olt J. Precision fertilisation technologies for berry plantation. *Agron. Res.* 2020. Vol. 18. P. 2797–2810.
3. Valero C., Krus A., Cruz Ulloa C. [et al.]. Single Plant Fertilization Using a Robotic Platform in an Organic Cropping Environment. *Agronomy.* 2022. Vol. 12. P. 1339.
4. Lillerand T., Liivapuu O., Ihnatiev Y., Olt J. Theoretical Study of a Pneumatic Device for Precise Application of Mineral Fertilizers by an Agro-Robot. *AgriEngineering.* 2025. Vol. 7(10). P. 320.

УДК 631.432.2:631.51

## **ДИНАМІКА ВЕСНЯНИХ ЗАПАСІВ ПРОДУКТИВНОЇ ВОЛОГИ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ОБРОБІТКУ ЧОРНОЗЕМУ**

Pascuzzi Simone<sup>1</sup>, проф.,

Ігнат'єв Є. І.<sup>2</sup>, к.т.н.,

Іванов С. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*University of Bari Aldo Moro*

<sup>2</sup>*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

**Постановка проблеми.** Весняні запаси продуктивної вологи (ПВ) в орному горизонті це ключовий стартовий ресурс для культур. За умов кліматичного потепління постає завдання кількісно оцінити довгострокові (1977–2024) тенденції формування ПВ у метровому шарі типового чорнозему та роль способу основного обробітку (плужний,

глибокий чизельний 22–25 см, мілкий чизельний 8–12 см).

**Мета досліджень.** Встановити особливості багаторічної динаміки весняних запасів ПВ (0–100 см) за різних способів обробітку та визначити статистичні зв'язки з опадами і температурою холодного періоду (листопад–лютий/березень).

**Матеріали та методи.** Стационарний багатофакторний дослід (Черкаська ДСДС ІЗ НААН, 1976–2024). Облік ПВ у шарах 0–50; 50–100; 0–100 см, нормування за показником  $\eta$  (відношення до 85 % НВ). Статистика: ANOVA, кореляційний, факторний і кластерний аналіз (STATISTICA-10). Агрокліматичні ряди представляють собою метеодані м. Драбів.

**Основні результати.** Довготривалий (1977–2024 рр.) аналіз агрокліматичного фону показав системне «потепління холодного сезону» та збільшення опадів, що прямо вплинуло на формування весняних запасів продуктивної вологи (ПВ) у метровому шарі типового чорнозему. Сумарні опади за листопад–лютий зросли на +71 мм, за листопад–березень на +64 мм, причому у 2020–2024 рр. середньомісячні температури листопад–лютий були вище 0 °С проти довгострокових –1,3 °С. Між опадами й температурою встановлено прямий зв'язок: для листопад–лютий  $R = 0,73 \dots 0,75$ , для листопад–березень  $R = 0,63 \dots 0,70$ , що свідчить про погодне «зм'якшення» зими та кращі умови для інфільтрації/накопичення вологи у профілі.

Попри сприятливі зрушення клімату, тренд весняних запасів ПВ у 0–100 см за 46 років загалом спадаючий для всіх способів обробітку. Разом із тим чітко окреслилась відмінність між системами: швидкість виснаження вологи під оранкою у 2,1 раза вища, ніж під глибоким чизелюванням. У підсумку в 2020–2024 рр. середні величини ПВ склали 157 мм (оранка), 165 мм (глибоке чизелювання), 150 мм (мілке чизелювання); тобто чизельний обробіток дав +8...+10 мм до запасів відносно оранки, тоді як мілке чизелювання –16 мм до глибокого. Ці відмінності відображають різну здатність профілю утримувати воду за умов теплої зими й частих відлиг.

Вертикальна структура запасів підкреслює роль глибини розпушення. У 0–50 см спостерігається тенденція до зниження і стабілізації ПВ, тоді як у 50–100 см під глибоким чизелюванням формується висхідний тренд: приріст до мінімумів 1985–1990 рр. сягає близько 20 мм. Це означає, що саме глибоке розпушення ефективніше «перенаправляє» вологу у нижню половину орного шару, де вона менше втрачається на випаровування і довше доступна культурам у стартові фази вегетації. Навпаки, мілке чизелювання не забезпечує стійкого поповнення глибинної вологи, що обмежує ресурс ПВ у посушливі весни.

Кореляційний аналіз показав, що зв'язок між ПВ верхнього шару (0–50 см) і температурою повітря у холодний сезон найтісніший під оранкою ( $R = 0,74 \dots 0,76$ ;  $R^2 = 0,54 \dots 0,58$ ), дещо слабший при

глибокому чизелюванні ( $R = 0,70 \dots 0,71$ ;  $R^2 = 0,49 \dots 0,50$ ) і значно слабший під мілким обробітком ( $R = 0,49 \dots 0,52$ ;  $R^2 = 0,24 \dots 0,27$ ). Зростання температури взимку прискорює трансформацію вологи у верхньому шарі (танення/випаровування), і там, де профіль «підтриманий» глибоким розпушенням, частина цієї вологи перерозподіляється до 50–100 см і краще зберігається до весни. Зв'язок «опаді → ПВ (0–100 см)» для всіх систем помірний, прямий, що логічно вказує на мультифакторність процесу (роль структури ґрунту, макропористості, залишків, мікрорельєфу).

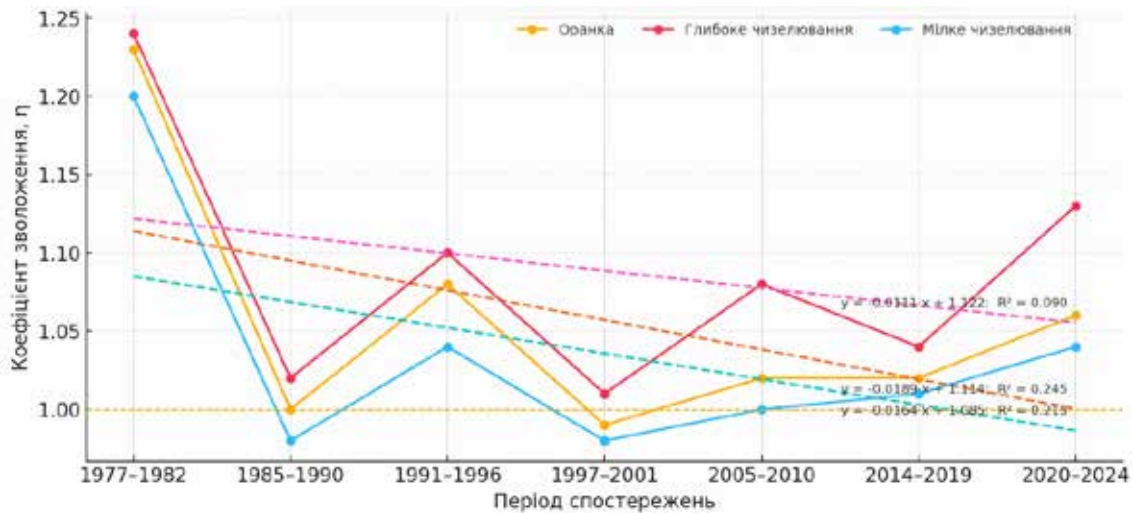


Рис. 1. Динаміка коефіцієнта зволоження  $\eta$

Коефіцієнт  $\eta$  (відношення запасів до 85 % НВ) у більшості періодів відповідав оптимальним умовам зволоження ( $\eta = 1,1 \dots 0,9$ ); у 1977–1982 рр. фіксувались вологі умови ( $\eta = 1,3 \dots 1,1$ ), а в 2020–2024 рр. під глибоким чизелюванням  $\eta$  знову піднявся, що узгоджується з більшими запасами ПВ у шарі 50–100 см. Отже, глибоке розпушення не лише «додає міліметри вологи», а й переводить систему у більш стійкий зволожений режим на початок весняних робіт.

Узагальнюючи, глибоке чизелювання (22–25 см) сповільнює багаторічне виснаження ПВ, переміщує «центр ваги» запасів у глибший підшар (50–100 см) і дає +8...10 мм до метрових запасів порівняно з оранкою за сучасних «тепліших» зим. Мілке чизелювання (8–12 см) формує менші та менш стабільні запаси і потребує компенсаторних технологій (мульча, утримання рослинних решток, мікрорельєф), тоді як оранка демонструє найбільший темп виснаження і найсильнішу залежність верхнього шару від температури зими. Таким чином, для Лівобережного Лісостепу за поточних кліматичних трендів пріоритетним є глибокий чизельний обробіток як інструмент збереження вологи та підвищення стабільності водозабезпечення культур на старті вегетації.

**Висновки.** 1. За 1977–2024 рр. зафіксовано підвищення температур у холодний період і приріст опадів; між ними прямий

зв'язок. Весняні запаси ПВ у 0–100 см зменшуються за всіх способів; найменша швидкість виснаження за глибокого чизелювання (перевага +8...10 мм над оранкою). У верхньому шарі (0–50 см) ПВ сильніше корелює з температурою; поверхневий обробіток є найваріабельнішим і формує менші запаси (–16 мм у порівнянні з глибоким). Отримані залежності обґрунтовують пріоритет глибокого чизелювання для збереження вологи у типовому чорноземі за сучасних кліматичних умов.

#### **Список використаних джерел**

1. Blanco-Canqui H., Ruis S.J. No-tillage and soil physical environment. *Geoderma*. 2018. Vol. 326. P. 164–200.
2. Lampurlanés J., Plaza-Bonilla D., Álvaro-Fuentes J., Cantero-Martínez C. Long-term analysis of soil water conservation and crop yield under different tillage systems in Mediterranean rainfed conditions. *Field Crops Research*. 2016. Vol. 189. P. 59–67.
3. Copec K., Filipović D., Husnjak S. Effects of tillage systems on soil water content and yield in maize and winter wheat production. *Plant, Soil and Environment*. 2015. Vol. 61. P. 213–219.

УДК 631.362:631.372

### **ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ КРУГЛИХ КОРЕНЕПЛОДІВ СТОЛОВОГО БУРЯКА У СПІРАЛЬНОМУ ВІБРАЦІЙНОМУ ОЧИСНИКУ**

Adolfs Rucins<sup>1</sup>, д.т.н.,  
Ігнат'єв Євген<sup>2</sup>, к.т.н.,  
Снитко М. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Latvia University of Life Sciences and Technologies*

<sup>2</sup>*Таврійський державний агротехнологічний університет імені  
Дмитра Моторного*

**Постановка проблеми.** Однією з найактуальніших задач технологічного процесу виробництва столового буряка є очищення коренеплодів від прилиплого ґрунту, домішок і рослинних решток після збирання. У роботі подано результати теоретичного дослідження руху круглих коренеплодів буряка в каналі нового спірального вібраційного очисника. Розроблено математичну модель руху коренеплоду уздовж робочої поверхні спіралі, складено систему диференціальних рівнянь, що описує взаємодію коренеплоду зі спіральними витками під час транспортування і очищення.