



Original researches

Soil Moisture Dynamics in Sowings of Grain-Fallow-Cutting Crop Rotations in the Northern Steppe of Ukraine**O. I. Tsyliuryk, V. I. Horshchar, M. V. Kotchenko, M. U. Rumbakh, O. O. Izboldin**
*Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine*Received: 29 July 2019
Revised: 31 July 2019
Accepted: 01 August 2019Dnipro State Agrarian and Economic
University, Serhii Efremov Str., 25, 49000,
Dnipro, UkraineTel.: +38-097-580-85-67
E-mail: tsylurik_alexander@ukr.net**Cite this article:** Tsyliuryk, O. I., Horshchar, V. I.,
Kotchenko, M. V., Rumbakh, M. U., &
Izboldin O. O. (2019). Soil moisture dynamics
in sowings of grain-fallow-cutting crop
rotations in the Northern Steppe of Ukraine.
Agrology, 2(3), 170–180. doi: 10.32819/019025

Abstract. Moisture content is one of the most important conditions of plants life. The productivity of field crops is directly proportional to their moisture content. With enough soil moisture, favorable conditions are created for the growth and development of field crops, and eventually their yield increases. There is situation, that not formed a permeable, least saturated soil moisture class, in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine, regardless of the methods and systems of soil cultivation. That is, it was not typical for the annual wetting of one and a half meter of soil, which was characterized by a lack of normative amount of precipitation during December–February, the absence of snow cover with increased wind activity. Precipitation water humidifies the soil only by 90–110 cm to the level of HM (the highest moisture content), resulting in a dry layer between the accumulated moisture during the cold period and the moisture in the deep layers of soil at the level of PM (persistent moisture). During spring-summer vegetation of plants, the root system, reaching the dry layer (PM), in most cases cannot reach deeper layers; with the plants begin to suffer from drought, especially in the absence of rainfall during the growing season, reducing the yield. Total soil moisture costs varied within a narrow range (306.2–310.4 mm) and remained almost unchanged depending on the tillage systems. Economical water consumption by field crops is characteristic of a shallow mulching system of soil cultivation, as evidenced by the decrease of the index of water consumption by 13.4 mm/t compared to the board system. The advantage of the board system of cultivation of soil in the additional accumulation of moisture during the autumn-winter period is noted in the years with frosty snowy winters, slow and prolonged snowmelt, shallow mulch flat-cut loosening – in case of shortage of the normative amount of rainfall during December – February, lack of snow cover and increased wind activity. The use of preserving (chisel) cultivation under a differentiated system increases the moisture accumulation by 91.0–179.0 m³/ha in the autumn-winter period due to plant residues that delay more snow, especially in the warm snow-less winters. The use of a shallow mulching system of soil cultivation, despite the decrease in grain yield, contributes to a more economical consumption of moisture per unit of crop by 1.1–1.2 times during the growing of field crops.

Keywords: productive moisture; moisture balance; total water consumption; crop rotation; soil tillage system; fertilizer system.

**Динаміка вологості ґрунту
в посівах зерно-паро-просапних сівозмін Північного Степу України****O. I. Циліурік, В. І. Горшчар, М. В. Котченко, М. Ю. Румбах, О. О. Ізболдін**
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

Анотація. Вологозабезпечення – одна з найважливіших умов життя рослин. Продуктивність польових культур знаходиться в прямо пропорційній залежності від їх забезпечення вологою. За достатньої кількості ґрунтової вологи складаються сприятливі умови для росту і розвитку польових культур, а в кінцевому результаті зростає їх урожайність. Незалежно від способів та систем обробітку ґрунту в умовах Північного Степу України формується не наскрізний, найменш насичений клас вологості ґрунту, тобто було характерним нещорічне промочування півтораметрового шару ґрунту, що характеризувалося недобором нормативної суми опадів протягом грудня–лютого, відсутністю снігового покриву за підвищеної вітрової активності. Опади тут зволожують ґрунт лише на 90–110 см до рівня найвищої вологоємності, у результаті чого формується сухий прошарок між накопиченою вологою протягом холодного періоду і вологою в глибоких шарах ґрунту на рівні вологості стійкого в'янення (ВВ). За весняно-літньої вегетації рослин коренева система, досягаючи сухого прошарку ВВ, не може в більшості випадків потрапити в глибші шари, при цьому рослини починають страждати від посухи, особливо за відсутності опадів протягом вегетації, знижуючи врожай. Сумарні витрати вологи з ґрунту варіювали у вузькому діапазоні (306,2–310,4 мм) і майже не змінювалися залежно від систем обробітку ґрунту. Більш економне споживання води польовими культурами характерне для мілкої мультівальної системи обробітку ґрунту, про що свідчить зниження показника коефіцієнта водоспоживання на 13,4 мм/т порівняно з полицевою системою. Перевага полицевої системи обробітку ґрунту в додатковій акумуляції вологи протягом осінньо-зимового періоду відмічається в роки з морозними сніжними зимами, повільним і тривалим сніготаненням, мілкого мультівального

плоскорізного розпушування – за недобору нормативної суми опадів протягом грудня–лютого, відсутності снігового покриву і підвищеної вітрової активності. Використання консервуючого (чизельного) обробітку за диференційованої системи збільшує накопичення вологи на 91,0–179,0 м³/га в осінньо-зимовий період за рахунок рослинних решток, які затримують більше снігу, особливо в теплі, малосніжні зими. Застосування мілкої мульчувальної системи обробітку ґрунту, незважаючи на зниження врожаю зерна, сприяє більш економному витрачання вологи на одиницю врожаю в 1,1–1,2 раза під час вирощування польових культур.

Ключові слова: продуктивна волога; баланс вологи; сумарне водоспоживання; сівозмінна; система обробітку ґрунту; система удобрення.

Вступ

Ґрунтова волога – це важливий елемент забезпечення процесів росту надземної частини і кореневої системи рослин. Вона посилює або зменшує механічний опір ґрунту, що є важливим фактором у проведенні основного обробітку ґрунту. Вологозабезпечення – одна з найважливіших умов життя рослин (Тумугузев, 1948). Продуктивність польових культур знаходиться в прямо пропорційній залежності від їх вологозабезпеченості. За достатньої кількості ґрунтової вологи, складаються сприятливі умови для росту і розвитку польових культур, а в кінцевому результаті зростає їх урожайність (Bagley et al., 2012; Brye et al., 2000; Qi & Helmers, 2010a, 2010b; Qi et al., 2011; Liang et al., 2016; Zhang & Schilling, 2006).

Ґрунтова волога визначає умови життя мікроорганізмів, біогенність ґрунту, інтенсивність розкладання рослинних решток, органічних сполук і накопичення в ґрунті рухомих поживних речовин. Нестача вологи завжди була обмежувальним фактором у визначенні рівня врожаю польових культур. Регулювання водного режиму визнано найважливішим завданням землеробства і його центральної ланки – обробітку ґрунту (Medvedev et al., 2011; Cubera & Moreno, 2007; Gutierrez-Lopez et al., 2014; Alamry et al., 2017).

У Північному Степу України висока продуктивність практично всіх вирощуваних культур, в умовах отримання своєчасних і повних сходів, формується за рахунок вологозапасів, накопичених у глибоких шарах ґрунту протягом осінньо-зимового періоду року. Оподи весняно-літнього періоду значно поступаються сумарній витраті вологи на споживання рослинами і фізичне випаровування, їх ефективність невелика і становить 25–30%. Ґрунтам Північного Степу України властивий непрямий режим, який характеризується поповненням водою за рахунок атмосферних опадів без наскрізного промочування (Pikush et al., 1992).

Максимум вологи в ґрунті спостерігається навесні. Промочування ґрунту в сприятливі роки перевищує півтора метра, в несприятливі роки значно знижується. Оподи літнього періоду в більшій своїй масі не надходять до кореневої системи рослин, випаровуючись з поверхні ґрунту, частково стікаючи у ставки, долини рік та їх басейни. Тобто велика частина річних опадів (33–50%) витрачається непродуктивно (Hordiyenko, 2008; Sultana et al., 2017; Ziadat et al., 2010; Ochsner et al., 2013).

Установлено, що в роки з непромерзлим ґрунтом узимку накопичення вологи в глибоких шарах під посівами озимих і на ябу визначається в основному кількістю опадів і меншою мірою способами та глибиною обробітку. Коли ґрунт сильно зволожується з поверхні восени від випадання частих дощів та рано замерзає, то можна відзначити, як загальну закономірність, покращення водного режиму на більш глибоких обробітках і погіршення на поверхневих і мілких. Однак, на думку багатьох учених, поглиблення орного шару за рахунок оранки не завжди супроводжується зростанням запасів вологи. Дослідженнями інших учених (Hodulyan, 1974; Kuznetsov & Hlazunov, 1986) доведено, що мілкий обробіток ґрунту після просапних культур у посушливі роки має деякі переваги за показниками вологозабезпеченості озимих в осінній період порівняно з оранкою.

Моргун Ф. Т. дійшов висновку, що на ділянках плоскорізного обробітку порівняно з оранкою в метровому шарі ґрунту накопичується на 30–50 мм продуктивної вологи більше (Morgun et al., 1988). Такої ж думки дотримувалися і інші вчені (Ontaev et al., 1993). Значна кількість учених погоджується щодо однакового впливу полицевого і плоскорізного обробітку на забезпеченість рослин водою та їх споживання різними польовими культурами (Chudanov & Vasylyev, 1990).

У північному Степу України рослини найчастіше страждають від нестачі вологи або від посухи, як ґрунтової, так і повітряної, що веде до негативних змін у фізіологічних процесах, порушення обміну речовин у рослинах, а отже, й до втрати врожаю (Tsyliuryk & Kozechko, 2017; Tsyliuryk & Shapka, 2014; Tsyliuryk et al., 2013, 2017a, 2017b).

Нібито захищаючись від посухи, рослини перебудовують свій організм на функціонування в режимі економного споживання води, що безперечно знижує їх продуктивність, підкреслював великий учений Тумугузев (1948).

Осінні дощі та сніг узимку відіграють більш значну роль для накопичення вологи в ґрунті, ніж весняні, а особливо літні оподи (Izmail'skij, 1949).

Для чорноземних ґрунтів режим вологості можна розділити на два періоди: у перший чорнозем накопичує вологу, а в другий – постійно втрачає воду, тобто висихає. Накопичення вологи в зимовий період у ґрунті надзвичайно важливе для рослин, оскільки вона проникає в глибокі шари ґрунту. Вода за літніх короткочасних дощів поглинається лише верхнім шаром ґрунту, після чого швидко випаровується (Medvedev et al., 2011).

Головне завдання основного обробітку ґрунту в холодний осінньо-зимовий період року – накопичити щонайбільше вологи в ґрунті за рахунок снігозатримання та проведення протирозійних заходів. Усі агротехнічні заходи (способів і глибина обробітку, удобрення, сімба та ін.) мають бути спрямовані на збереження вологи та її раціональне використання (Horbatenko et al., 2008, 2010).

Згідно з отриманими даними, в Північному Степу України рівень акумуляції опадів ґрунтом за осінньо-зимовий період під різними культурами відрізнявся і залежав від способів обробітку ґрунту, погодних умов, стану поверхні поля, залишкових запасів води, агротехнічних прийомів (Horobets' et al., 2011; Tsyliuryk & Kozechko, 2017; Tsyliuryk & Shapka, 2014; Tsyliuryk et al., 2013, 2017a, 2017b).

Мета статті – встановити вплив різних систем основного обробітку ґрунту і удобрення мінеральними добривами при залишенні в полі рослинних решток попередника на водний режим чорнозему, продуктивність і економічну ефективність вирощування польових культур в умовах Північного Степу України.

Матеріал і методи досліджень

Експериментальну частину роботи проводили протягом 2001–2015 рр. відповідно до загальноприйнятої методики дослідної справи в довгострокових стаціонарних дослідях ДПДГ “Дніпро” Інституту сільськогосподарства степової зони НААН України (нині Інститут зернових культур НААН Украї-

ни). Досліди закладено у трикратній повторності, загальна площа посівної ділянки – 330 м², облікової – 100 м².

Дослідженнями в стаціонарному досліді № 1 було передбачено вивчити в двох короткоротаційних сівозмінах: чистий пар–пшениця озима–ячмінь ярий та чистий пар–пшениця озима–сосяшник ефективність різних способів основного обробітку ґрунту (зокрема, ураження рослин пшениці озимої кореневими гнилями) у чистому парі (чорний, ранній) після сосяшнику та ячменю: 1. Полицевий (25–27 см) – ПО-3,35, ПЛН-4-35. 2. Плоскорізний (12–14 см) – КР-4,5, або КШН-5,6 “Резидент”. 3. Чизельний (25–27 см) – канадським чизель-культиватором Conser Till Plow. 4. Дисковий (мульчувальний), 8–10 см – БДВ-3. Схема досліді включала також дві системи удобрення: 1) рослинні рештки (без внесення мінеральних добрив); 2) рослинні рештки + внесення мінеральних добрив на основі ґрунтової діагностики.

Схема стаціонарного досліді № 2 складалася з 5-пільної сівозміни чистий пар–пшениця озима–сосяшник–ячмінь ярий–кукурудза на зерно. У сівозміні вивчали ефективність систем полицевого, диференційованого та мульчувального обробітку ґрунту, зокрема, і ураження рослин кукурудзи хворобами та пошкодження її найпоширенішими шкідниками. Обробіток ґрунту проводили такими знаряддями: 1. Полицевий – плугом ПО-3-35 на глибину 20–22 см під ячмінь ярий і сосяшник, 23–25 см під кукурудзу, 25–27 см під чорний пар (восени). 2. Чизельний – канадським чизель-культиватором Conser Till Plow на глибину 14–16 см під сосяшник і ячмінь ярий (восени). 3. Дисковий – бороною БДВ-3 на глибину 10–12 см під ячмінь ярий і чистий пар (восени); 4. Плоскорізний – комбінованим агрегатом КШН-5,6 або КР-4,5 на глибину 14–16 см під кукурудзу (восени) та 12–14 см під сосяшник (восени) і в ранньому парі (весною). Дослід проводили на трьох фонах удобрення: 1) рослинні рештки (без внесення мінеральних добрив); 2) рослинні рештки + N₃₀P₃₀K₃₀; 3) рослинні рештки + N₆₀P₃₀K₃₀. Агротехніка вирощування польових культур у стаціонарних дослідіх – загальноприйнята для зони Північного Степу.

На полі залишали всю подрібнену листостеблову масу попередників без відчуження з поля та проводили її загортання зазначеними знаряддями без добрив і з внесенням мінеральних добрив разом з рослинними рештками. Схема досліді включала три фони удобрення: 1) без добрив + післязбиральні рештки; 2) N₃₀P₃₀K₃₀ + післязбиральні рештки; 3) N₆₀P₃₀K₃₀ + післязбиральні рештки. Мінеральні добрива вносили навесні шляхом розкидання під передпосівну культивуацію.

Агротехніка вирощування польових культур (пшениця озима – сорт Литанівка, кукурудза на зерно – гібрид Білозірський 295 СВ, сосяшник – гібрид Ясон, ячмінь ярий – сорт Ілот) – загальноприйнята для зони Степу. На пшениці озимій та ячмені ярому у фазу кушіння застосовували гербіцид естерон 1,2 та 0,8 л/га, відповідно, на кукурудзі та сосяшнику – ґрунтовий гербіцид Харнес в дозі 2,5 л/га. Мінеральні добрива (N₃₀P₃₀K₃₀) під пшеницю озиму вносили восени перед сівбою, N₃₀ додатково для підживлення рослин навесні у фазу трубкування. При вирощуванні кукурудзи, сосяшнику і ячменю ярога мінеральні добрива (N₃₀P₃₀K₃₀, N₆₀P₃₀K₃₀) були внесені під передпосівну культивуацію.

Двофакторний стаціонарний дослід закладений методом розщеплення ділянок з послідовним їх розміщенням у трикратній повторності. Розмір ділянок першого порядку – 1500, другого – 375, облікова площа – 30–100 м².

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем звичайний важкосуглинковий, містить в орному шарі: гумусу – 4,2%, нітратного азоту – 13,2 мг/кг, рухомих сполук фосфору і калію (за Чириковим) відповідно 145 і 115 мг/кг. Погодні умови в цілому склалися сприятливо для вирощування польових культур за винятком гостро посушливого 2012 року, коли гідротермічний коефіцієнт у період найбільшого водоспоживання рослин (червень–перша половина липня) становив 0,6. Показник ГТК (гідротермічний коефіцієнт), менший за 0,7, свідчить про наявність ґрунтово-повітряної посухи, яка негативно впливає на формування врожаю.

Вологість ґрунту визначали в півтораметровому шарі ґрунту термостатно-ваговим методом (Vadyunina & Korchagina, 1986). Зразки відбирали кожні 10 см у трьох місцях ділянки і двох несуміжних повтореннях навесні перед сівбою ярих культур, у фазу колосіння, цвітіння, викидання волотей; восени – перед сівбою пшениці озимої, а також наприкінці вегетації культур. Сумарне водоспоживання посівів визначали методом водного балансу (Vadyunina & Korchagina, 1986).

Облік урожаю здійснювали подільночно методом прямого обмолоту (пшениця озима, ячмінь, горох) комбайном “Сампо-500”, сосяшник – комбайном Нива-Ефект; кукурудзи – ручним способом з урахуванням вологості і засміченості продукції (Bulygin et al., 1999) у фазу повної стиглості зерна. Після визначення засміченості і вологості зерна урожай перераховували на 100%-ву чистоту і 14%-ву вологість. Дані врожайності по всіх культурах обробляли методом дисперсійного аналізу, використовуючи комп’ютерну техніку (Dosphehov, 1985).

Оцінку продуктивності сівозмін залежно від систем обробітку та удобрення, давали по збору зерна, кількості кормових, зернових одиниць і перетравного протеїну на 1 га сівозмінної площі, а також по середній врожайності польових культур. Розрахунок кормових, зернових одиниць і перетравного протеїну проводили шляхом множення врожаю отриманої продукції на нормативні коефіцієнти (Tomme, 1964);

Економічну ефективність заходів, що вивчали, розраховували за рекомендаціями ННЦ “Інститут аграрної економіки” та Інституту зернових культур НААН України (Rybka et al., 2012).

Результати

Згідно з результатами досліджень, у посівах ячменю ярога акумуляція вологи визначалася особливостями погоди. У середньому за 2005–2009 рр. на час сівби ячменю ярога вміст продуктивної вологи в шарі 0–150 см за полицевого обробітку становив 201, мілкого мульчувального плоскорізного – 200 мм (табл. 1).

Різниця в показниках між варіантами не перевищувала 4–7 мм за м’якої зими, періодичних відлиг, незначного промерзання і швидкого відтаювання ґрунту навесні (2005, 2008, 2009 роки.). Перевага полицевого обробітку в додатковому накопиченні води спостерігалася в роки з морозною, сніжною зимою, повільним і тривалим сніготаненням (2006 р.), мілкого плоскорізного розпушування – за недобору нормативної суми опадів протягом грудня–лютого, відсутності снігового покриву і підвищеної вітрової активності (2007 р.). Висока акумулятивна здатність стернового фону в цих умовах також пов’язана з меншою площею випаровуючої поверхні, з наявністю у верхньому шарі (0–15 см) до 7 т/га подрібненої соломи і зі збереженням “дренажної” системи, сформованої після відмирання коренів попередньої культури.

Витрати води з ґрунту в період весняно-літньої вегетації ячменю за усередненими даними варіювали від 128 до 142 мм, безпосередньо залежали від рівня врожайності зерна; найвищими вони виявилися за полицевого обробітку на фоні внесення азотних добрив.

Сумарне водоспоживання ячменю ярога значно залежало від кількості опадів у рік проведення досліджень. Так, у посушливі роки (2007, 2009) воно було мінімальним – 274,8–336,0 мм, але, незважаючи на меншу кількість використаної вологи, рослини у 2,0–2,5 рази більше витрачали її на формування одиниці врожаю. Коефіцієнт водоспоживання за посушливих умов був максимально високим (188,8–286,5 мм/т), у той час як у вологі роки (особливо 2008 рік) із зростанням сумарного водоспоживання до 328,3–336,0 мм коефіцієнт суттєво знижувався (73,4–83,7 мм/т). Тобто рослини ячменю за посушливих умов непродуктивно використовують вологу, витрачаючи її більше на підтримання свого тургорного стану (транспірацію).

У середньому за роки досліджень відзначена тенденція до підвищення використання вологи рослинами ячменю за поли-

Таблиця 1. Запаси вологи в ґрунті та її сумарне водоспоживання ячменем ярим по стерньовому попереднику під впливом систем обробітку в шарі 0–150 см

Система обробітку ґрунту (фактор А)	Рік	Сівба, мм	Фаза збирання, мм	Використано вологи з ґрунту, мм	Опади за вегетацію, мм	Сумарне водоспоживання, мм	Коефіцієнт водоспоживання, мм/т
Без добрив + побічна продукція попередника (фактор В)							
Полицева	2005	239	127	112	194,4	306,4	181,3
	2006	226	29	197	173,1	370,1	86,8
	2007	158	1	157	116,8	273,8	188,8
	2008	139	62	77	235,3	312,3	83,7
	2009	210	0	210	126,0	336,0	147,3
	Середнє	201	65	136	194,2	330,1	117,0
Мілка (безполицева)	2005	233	108	125	194,4	319,4	190,1
	2006	205	45	160	173,1	333,1	96,8
	2007	170	26	144	116,8	260,8	286,5
	2008	135	64	71	235,3	306,3	83,2
	2009	217	0	217	126,0	343,0	166,5
	Середнє	200	72	128	194,2	322,2	128,3
N₆₀ + побічна продукція попередника (фактор В)							
Полицева	2005	239	118	121	194,4	315,4	87,3
	2006	226	1	225	173,1	398,4	76,3
	2007	158	0	158	116,8	274,8	131,4
	2008	139	45	94	235,3	329,3	75,1
	2009	210	0	210	126,0	336,0	107,0
	Середнє	201	59	142	194,2	336,7	87,5
Мілка (безполицева)	2005	233	100	133	194,4	327,4	123,0
	2006	205	18	187	173,1	360,1	81,2
	2007	170	5	165	116,8	281,8	182,9
	2008	135	42	93	235,3	328,3	73,4
	2009	217	0	217	126,0	343,0	107,5
	Середнє	200	62	138	194,2	332,4	96,9
НП _{0,95} – середнє, мм:							
фактор А		2,0	4,5				
фактор В		2,0	6,0	-	-	-	-
взаємодія АВ		4,0	8,0				

цевого обробітку на 4,3–7,9 мм. Незважаючи на більш високу витрату вологи за оранки, рослини використовували вологу раціональніше, тобто коефіцієнт водоспоживання був нижчий на 9,4–11,3 мм/т, ніж у варіанті з мілким мульчувальним плоскорізним обробітком.

Паралельно зі зростанням урожайності в разі внесення мінеральних добрив підвищувалося закономірно і сумарне водоспоживання рослин ячменю на 6,6–10,2 мм, а коефіцієнт водоспоживання, навпаки, суттєво знижувався (на 29,5–31,4 мм/т). Внесення добрив поряд з підвищенням урожайності сприяє більш раціональному використанню вологи, тобто зменшує витрату води на одиницю врожаю.

Протягом 2010–2015 рр. під час дослідження систем обробітку ґрунту перед сівбою ячменю ярого запаси продуктивної вологи у шарі 0–150 см дорівнювали: за полицевої системи обробітку – 151,7 мм, диференційованої (чизелювання) – 169,6, мульчувальної (дискування) – 160,4 мм. Перевагу в збільшенні акумуляції вологи в осінньо-зимовий період тут мала диференційована (чизелювання) та мілка мульчувальна (дискування) системи обробітку порівняно з полицевою на 17,9 та 8,7 мм відповідно, що пояснюється наявністю на цих агрофо-

нах рослинних решток, які сприяли додатковому накопиченню снігу, наслідком чого було зростання акумуляції вологи, особливо в теплі, малосніжні зими (2011–2012 рр., 2012–2015 рр.) – рис. 1. У подальшому водний режим ґрунту змінювався залежно від стану поверхні, темпів росту і розвитку рослин на різних агрофонах, і в різних гідротермічних умовах.

Протягом вегетаційного періоду зернофуражної культури вологозапаси в ґрунті поступово зменшувалися порівняно з першим визначенням навесні; у фазу колосіння вони становили за полицевої системи 18,2–36,5 мм, диференційованої – 24,3–74,5, мілкої мульчувальної – 37,0–57,2 мм і залежали від рівнів живлення рослин. Удобрені рослини на відміну від неудобренених мали потужнішу вегетативну масу і закономірно використовували більше вологи для підтримання тургорного стану. Водовитрачання зросло по висхідній: природний фон – N₃₀P₃₀K₃₀–N₆₀P₃₀K₃₀. У фази розвитку кушіння–колосіння, який відзначався недобором опадів, відбувалося стрімке накопичення вегетативної маси та інтенсивне використання води рослинами ячменю, про що свідчать низькі залишкові запаси вологи. Відповідно до стану посівів і передумов для формування урожайності зерна найбільші витрати вологи з ґрунту зареєстро-

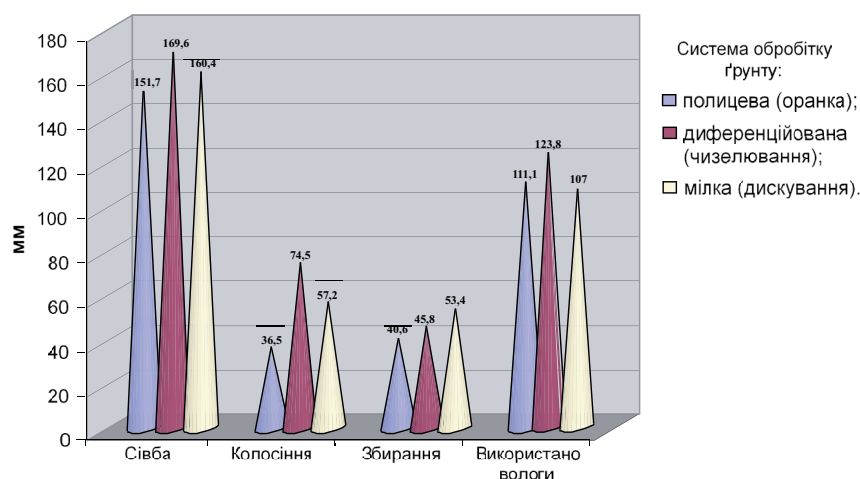


Рис. 1. Динаміка запасів продуктивної вологи в посівах ячменю ярого залежно від систем та способів обробітку ґрунту у шарі 0–150 см (2010–2015 рр.), мм

вані на чизелюванні (диференційована система) – 121,3–124,9 та оранці (полицева система) – 111,1–118,2 мм, найменші – на дискуванні (мульчувальна система) – 107–112,8 мм (табл. 2).

Від фази колосіння до збирання зернофуражної культури випадали дощі, які поповнювали запаси вологи у ґрунті до 33,5–53,4 мм в 1,5-метровому шарі. Відмічено прямий взаємозв'язок між рівнем залишкових запасів її (колосіння) і кількістю ввібраної вологи опадів. Випаровування води в цей період корегувалося здебільшого ступенем проективного покриття поверхні рослинами зернофуражної культури з явними ознаками гальмування цього процесу в більш щільних посівах. Щодо абсолютних величин умісту вологи у ґрунті, то по варіантах обробітку ґрунту збереглася тенденція, притаманна фазі колосіння рослин ячменю.

Сумарне водоспоживання рослин ячменю ярого корелювало з показниками використаної вологи з ґрунту та зросло

на величину опадів (152,8 мм) протягом вегетаційного періоду. Найменше вологи на одиницю врожаю використовувалося за мілкою мульчувальної системи обробітку (дискування), коефіцієнт водоспоживання тут був мінімально низьким і становив лише 89,6–99,1 мм/т, незважаючи на мінімальний урожай зерна – 2,05–2,68 т/га. Використання полицевої та диференційованої систем обробітку ґрунту хоча і сприяло зростанню врожайності до 2,51–2,90 т/га, але збільшувало витрати вологи на одиницю врожаю в 1,1–1,3 раза (табл. 2).

Аналогічно відбувалося і формування водного режиму ґрунту в посівах соняшнику в трипільній зерно-паро-просапній сівозміні. Так, на час сівби олійної культури запаси продуктивної вологи в шарі 0–150 см варіювали по роках від 99,3 до 217,1. Суттєву перевагу полицевої оранки в накопиченні вологи відзначено в морозні, сніжні зими 2006 і 2008 років, мілкою плоскорізного розпушування – у теплі, малосніжні зими з частими відлигами (2007 р.) – табл. 3.

Таблиця 2. Сумарне водоспоживання ячменем ярим по просапному попереднику за різних систем обробітку ґрунту у шарі 0–150 см (середнє за 2010–2015 рр.)

Система обробітку ґрунту	Сівба, мм	Фаза збирання, мм	Використано вологи з ґрунту, мм	Опади за вегетацію, мм	Сумарне водоспоживання, мм	Коефіцієнт водоспоживання, мм/т
Без добрив + рослинні рештки						
Полицева	151,7	40,6	111,1		263,9	105,1
Диференційована	169,6	45,8	123,8	152,8	276,6	103,6
Мілка (мульчувальна)	160,4	53,4	107,0		259,8	89,6
N₃₀P₃₀K₃₀ + рослинні рештки						
Полицева	151,7	38,9	112,8		265,6	112,5
Диференційована	169,6	44,7	124,9	152,8	277,7	105,9
Мілка (мульчувальна)	160,4	52,3	108,1		260,9	90,6
N₆₀P₃₀K₃₀ + рослинні рештки						
Полицева	151,7	33,5	118,2		271,0	132,2
Диференційована	169,6	48,3	121,3	152,8	274,1	116,6
Мілка (мульчувальна)	160,4	47,6	112,8		265,6	99,1
НП _{0,95} – середнє, мм:						
фактор А	8,0	9,5				
фактор В	0,0	5,0	-	-	-	-
взаємодія АВ	8,0	13,0				

Таблиця 3. Запаси вологи у ґрунті та її сумарне водоспоживання соняшником у зв'язку зі системами обробітку ґрунту та удобренням у шарі 0–150 см

Система обробітку ґрунту (фактор А)	Рік	Сівба, мм	Фаза збирання, мм	Використано вологи з ґрунту, мм	Опади за вегетацію, мм	Сумарне водоспоживання, мм	Коефіцієнт водоспоживання, мм/т
Без добрив + рослинні рештки (фактор В)							
Полицева	2005	200,0	68,6	131,4	227,4	358,8	169,2
	2006	217,1	46,8	171,0	252,9	423,9	203,7
	2007	149,0	0	149,0	198,2	347,2	160,7
	2008	129,6	33,5	96,1	329,8	425,9	165,7
	2009	198,9	33,7	165,2	211,1	376,3	136,8
	2010	202,7	22,4	180,3	270,2	450,5	212,5
	Середнє	182,9	34,1	148,8	248,2	397,1	172,6
Мілка (безполицева)	2005	195,4	61,4	134,0	227,4	361,4	175,4
	2006	207,0	56,5	150,5	252,9	403,4	212,3
	2007	174,7	41,9	132,8	198,2	331,0	157,6
	2008	99,3	37,4	61,9	329,8	391,7	155,4
	2009	205,5	42,4	163,1	211,1	374,2	150,8
	2010	196,2	41,0	155,2	270,2	425,4	189,0
	Середнє	179,7	46,7	133,0	248,2	381,1	171,6
N₃₀P₃₀K₃₀ + рослинні рештки (фактор В)							
Полицева	2005	200,0	72,4	127,6	227,4	355,0	159,1
	2006	217,1	13,5	203,6	252,9	456,5	201,9
	2007	149,0	0	149,0	198,2	347,2	155,7
	2008	129,6	31,5	98,1	329,8	427,9	155,0
	2009	198,9	19,2	179,7	211,1	390,8	130,2
	2010	202,7	0	202,7	270,2	472,9	195,4
	Середнє	182,9	22,8	160,1	248,2	408,3	164,6
Мілка (безполицева)	2005	195,4	65,5	129,9	227,4	357,3	166,1
	2006	207,0	20,1	186,9	252,9	439,8	206,4
	2007	174,7	0	174,7	198,2	372,9	159,3
	2008	99,3	29,2	70,1	329,8	399,9	149,8
	2009	205,5	30,5	175,0	211,1	386,1	136,9
	2010	196,2	0	196,2	270,2	466,4	184,3
	Середнє	179,7	24,2	155,5	248,2	403,7	165,4
НІР _{0,95} – середнє, мм:							
фактор А		2,8	4,1				
фактор В		0,2	8,1	-	-	-	-
взаємодія АВ		2,8	11,8				

Посіви соняшнику від сівби до настання повної стиглості насіння в більшості випадків майже повністю використовували наявні запаси ґрунтової вологи, особливо на фоні внесення мінеральних добрив. Це пояснюється біологічними особливостями рослин (потужна коренева система, досить велика листкова поверхня, тривалий вегетаційний період) та складними гідротермічними умовами (посухи, суховії), що спричиняло непродуктивне випаровування вологи.

Показники кількості використаної води з ґрунту змінювалися відповідно до рівня продуктивності посівів олійної культури: найбільшими (160,1 мм) вони були на полицевому обробітку за використання побічної продукції і внесення N₃₀P₃₀K₃₀, найменшими (133,0 мм) – за мілкого плоскорізного обробітку без застосування мінеральних добрив.

Такі самі закономірності спостерігалися і в сумарному водоспоживанні. За полицевого обробітку сумарне водоспожи-

вання згідно зі середніми показниками зростало на 4,6–16 мм порівняно з плоскорізним. Коефіцієнт водоспоживання знижувався в посушливі роки (2007 р.) до 155,7–160,7 мм. Рослини соняшнику в посушливих умовах використовували вологу з глибоких шарів (глибше 1,5 м) і, незважаючи на повне використання її у шарі 1,5 м, витрачали води менше на формування одиниці врожаю. Внесення мінеральних добрив також забезпечувало економне використання води рослинами соняшнику на одиницю врожаю, коефіцієнт водоспоживання при цьому знижувався на 6,2–8,0 мм/т.

Із вивченням водного режиму ґрунту під соняшником у п'ятирічній зерно-паро-просапній сівозміні протягом 2010–2015 рр. відмічено тенденцію до акумуляції опадів холодної пори року на ділянках диференційованої (безполицевий обробіток) та мілкої мульчувальної (чизельний обробіток) систем обробітку ґрунту (177,1–179,4 мм проти 170,3 мм на полицевому обро-

бітку в шарі 0–150 см). Під час цвітіння олійної культури спостерігалася зворотна залежність, тобто більше водовитрачання було притаманне варіантам з вищими вихідними (весняними) запасами вологи у ґрунті, а також удобрених рослин, які формували потужнішу листостеблову масу (рис. 2, табл. 4).

Посіви соняшнику від сівби до настання повної стиглості насіння майже цілком використовували наявні запаси ґрунтової вологи, особливо на фоні внесення добрив. Це пояснюється, насамперед, біологічними особливостями рослин (потужна коренева система, досить велика листкова поверхня, тривалий вегетаційний період) та складними гідротермічними умовами (посуха в серпні), що ставало причиною непродуктивного випаровування води з поверхні ґрунту.

Показники кількості використаної вологи з ґрунту за вегетацію в більшості випадків змінювалися відповідно до рівня продуктивності посівів олійної культури: найбільшими

(163,5–174 мм) вони були за мілкої мульчувальної (чизельний обробіток) та диференційованої (плоскорізний обробіток) систем обробітку ґрунту внаслідок використання рослинних решток і внесення $N_{60}P_{30}K_{30}$, найменшими (166,8–168,5 мм) – на ділянках полицевого обробітку, особливо без застосування мінеральних добрив (табл. 4).

Коефіцієнт водоспоживання соняшником знижувався в 1,1–1,2 раза з використанням мілкої мульчувальної системи обробітку відносно полицевої, що свідчить про більш економне споживання води рослинами на варіантах, укритих рослинними рештками попередника, які зменшують фізичне випаровування вологи з поверхні ґрунту та сприяють раціональному використанню води рослинами для підтримання фізіологічних процесів. Майже не поступалася мульчувальній (чизелювання) за показниками раціонального використання вологи диференційована (плоскорізний обробіток) система обробітку ґрунту,

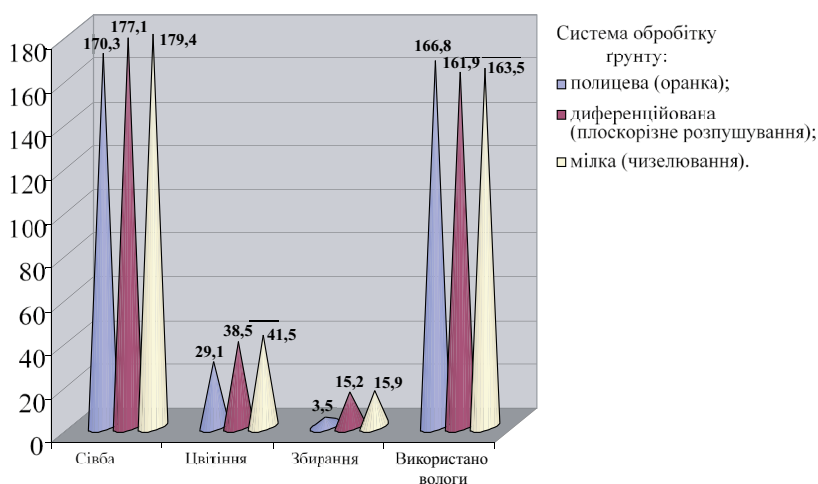


Рис. 2. Динаміка запасів продуктивної вологи в посівах соняшнику залежно від систем та способів обробітку ґрунту у шарі 0–150 см (2010–2015 рр.), мм

Таблиця 4. Сумарне водоспоживання соняшником у п'ятипільній сівозміні під впливом різних систем обробітку ґрунту в шарі 0–150 см (середнє за 2010–2015 рр.)

Система обробітку ґрунту	Сівба, мм	Фаза збирання, мм	Використано вологи з ґрунту, мм	Опади за вегетацію, мм	Сумарне водоспоживання, мм	Коефіцієнт водоспоживання, мм/т
Без добрив + рослинні рештки						
Полицева	170,3	3,5	166,8		361,4	151,8
Диференційована	177,1	15,2	161,9	194,6	356,5	139,8
Мілка (мульчувальна)	179,4	15,9	163,5		358,1	134,6
$N_{30}P_{30}K_{30}$ + рослинні рештки (фактор В)						
Полицева	170,3	2,9	167,4		361,7	161,4
Диференційована	177,1	3,7	173,4	194,6	368,0	144,8
Мілка (мульчувальна)	179,4	5,4	174,0		368,6	137,5
$N_{60}P_{30}K_{30}$ + рослинні рештки (фактор В)						
Полицева	170,3	1,8	168,5		363,1	157,2
Диференційована	177,1	2,2	174,9	194,6	369,5	141,2
Мілка (мульчувальна)	179,4	3,7	171,2		365,8	134,9
НІР _{0,95} – середнє, мм:						
фактор А	8,1	5,5				
фактор В	2,2	4,9	-	-	-	-
взаємодія АВ	6,1	9,1				

яка давала можливість рослинам олійної культури знизити коефіцієнт водоспоживання на 12,0–16,6 мм/т та більш економно використовувати ґрунтову вологу.

Перед сівбою кукурудзи на зерно після ячменю ярого в середньому за 2010–2015 рр. акумулювалася практично однакова кількість продуктивної вологи, що пояснюється невеликою загальною кількістю рослинних решток попередника (ячмінь ярий) – 1,9–2,7 т/га (рис. 3).

Підвищена акумулятивна і вологозберігаюча здатність стерньового агрофону за мілкого обробітку відзначена у 2011 та 2013 роках, і зумовлена меншою площею випаровуючої поверхні за рахунок наявності захисного екрана і збереженням “дренажної” системи, сформованої після відмирання коренів попередньої культури. Полицева оранка мала перевагу у вологонакопиченні лише 2012 року за відсутності належного стерньового екрана з рослинних решток.

Протягом вегетаційного періоду зернової просапної культури до фази викидання волотей рослини використовували майже 70% ґрунтових вологозапасів, що пов’язано з нижчим урожаєм зерна на мульчувальному фоні. Залишкові запаси вологи у фазу повної стиглості зерна були незначними, при цьому здебільшого різнилися фонами удобрення, ніж способами обробітку ґрунту (від 44,2–49,0 мм на ділянках без мінеральних добрив до 22,1–31,5 мм за внесення $N_{60}P_{30}K_{30}$) – табл. 5. В оберненій залежності змінювалися показники використаної ґрунтової вологи за період вегетації кукурудзи: 1311–1246 м³/га (без добрив), 1315–1483 м³/га ($N_{60}P_{30}K_{30}$), 1421–1532 м³/га ($N_{60}P_{30}K_{30}$).

Коефіцієнт водоспоживання під час вирощування кукурудзи на зерно також був вищим в 1,1–1,2 раза за полицевої та диференційованої систем обробітку порівняно з мульчувальним фоном. Застосування мілкої мульчувальної системи обробітку сприяло більш економному використанню вологи на 9,3–11,8 мм/т.

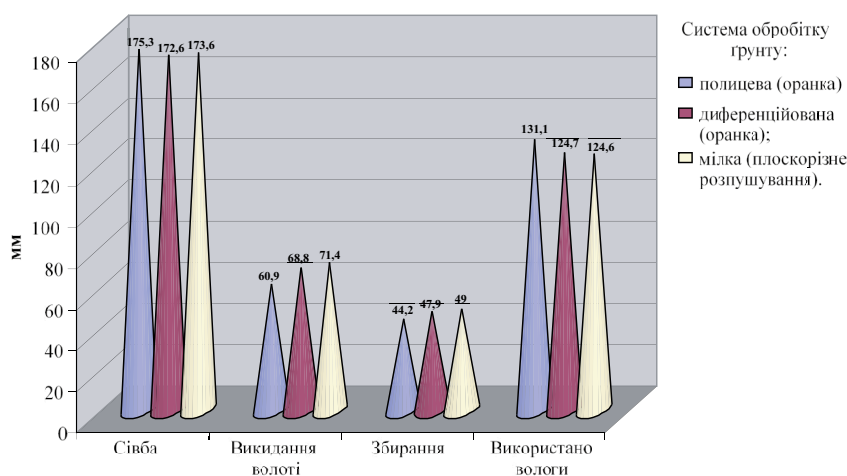


Рис. 3. Динаміка запасів продуктивної вологи в посівах кукурудзи застосування різних систем та способів обробітку ґрунту у шарі 0–150 см (середнє за 2010–2015 рр.), мм

Таблиця 5. Сумарне водоспоживання кукурудзою за різних систем обробітку ґрунту та удобрення у шарі 0–150 см (середнє за 2010–2015 рр.)

Система обробітку ґрунту	Сівба, мм	Фаза збирання, мм	Використано вологи з ґрунту, мм	Опади за вегетацію, мм	Сумарне водоспоживання, мм	Коефіцієнт водоспоживання, мм/т
Без добрив + рослинні рештки						
Полицева	175,3	44,2	131,1		325,7	65,0
Диференційована	172,6	47,9	124,7	194,6	319,3	58,6
Мілка (мульчувальна)	173,6	49,0	124,6		319,2	55,7
$N_{30}P_{30}K_{30}$ + рослинні рештки (фактор В)						
Полицева	175,3	27,0	148,3		342,9	69,4
Диференційована	172,6	32,7	139,9	194,6	334,5	62,5
Мілка (мульчувальна)	173,6	42,1	131,5		326,1	57,8
$N_{60}P_{30}K_{30}$ + рослинні рештки (фактор В)						
Полицева	175,3	22,1	153,2		347,8	72,0
Диференційована	172,6	27,3	145,3	194,6	339,9	64,8
Мілка (мульчувальна)	173,6	31,5	142,1		336,7	60,2
НІР _{0,95} – середнє, мм:						
фактор А	2,9	5,0				
фактор В	0,0	7,2				
взаємодія АВ	2,9	12,1				

Режим вологи у ґрунті під польовими культурами та в парі постійно змінюється, тому важливого значення набуває спостереження за взаємозв'язками між поступальною і витратною частинами водного балансу, а також між ґрунтовою вологою та її споживанням рослинами в сівозміні. Баланс вологи у ґрунті розраховували за вихідними даними запасу її до початку сівби в період збирання врожаю, а також за кількістю опадів під час вегетації тієї чи іншої культури. Із показників по культурах виводили середні показники в сівозмінах (табл. 6).

Баланс вологи за усередненими даними в зерно-паро-просапній сівозміні складався однаково, незалежно від систем обробітку ґрунту; відмічалася лише невелика тенденція до підвищення сумарних витрат вологи за вегетаційний період (4,4 мм) по полицевій системі, що пояснюється більш високими показниками врожайності культур.

У зерно-паровій сівозміні деяку перевагу мала мілка (безполицева) система обробітку ґрунту, де в холодний осінньо-зимовий період накопичувалося дещо більше вологи (на 3,2 мм) відносно полицевої, що мотивується наявністю тут мульчі після зернових культур та кращою акумуляцією вологи раннім паром. По решті показників відмічалася така сама закономірність, як і в зерно-паро-просапній сівозміні. Сумарні витрати вологи за вегетаційний період зростали на 7,0 мм по полицевій системі порівняно з мілкою (безполицевою).

Загалом водний режим ґрунту в сівозміні з полем соняшнику складався більш напружено, ніж у зерно-паровій з полем ячменю, про що свідчать нижчі показники запасів вологи перед сівбою культур на 7,2–13,4 мм та вищі сумарні витрати вологи на 25,9–28,5 мм протягом вегетації. Коефіцієнт водоспоживання тут також був вищим на 34,8–39,2 мм/т, що можна поясни-

ти наявністю в цій сівозміні соняшнику та його біологічними особливостями, зокрема, здатністю “висушувати” ґрунт глибше 1,5 м. Отже наголосимо, що системи обробітку ґрунту мали менший вплив на формування балансу вологи, ніж набір культур у сівозміні.

У п'ятирічній зерно-паро-просапній сівозміні запаси вологи в ґрунті перед сівбою польових культур були на 7,1–8,5 мм вищими за мілкої мульчувальної та диференційованої систем обробітку ґрунту порівняно з полицевою оранкою, що пояснюється наявністю мульчі в полях сівозміни, яка захищає поверхню ґрунту від фізичного випаровування (табл. 7).

Сумарні витрати вологи з ґрунту варіювали у вузькому діапазоні (306,2–310,4 мм) і майже не змінювалися залежно від систем обробітку ґрунту. Необхідно відзначити більш економне споживання води польовими культурами за мілкої мульчувальної системи обробітку ґрунту, про що свідчить зниження показника коефіцієнта водоспоживання на 13,4 мм/т порівняно з полицевою системою.

Обговорення

Проаналізовані дані підтверджують, що незалежно від способів та систем обробітку протягом років досліджень, на фоні загального непромивного водного режиму ґрунту, характерного для степової зони за класифікацією А.А. Rode (2009), формувалася ненаскрізний, найменш насичений клас вологості ґрунту, тобто було характерним нещорічне промочування півтораметрового шару ґрунту, зокрема у 2007, 2008 та 2012 роках, які відрізнялися недобором нормативної суми опадів протягом грудня–лютого, відсутністю

Таблиця 6. Баланс вологи під культурами залежно від систем обробітку ґрунту у короткоротаційних сівозмінах (середнє за 2005–2009 рр.)

Чергування культур у сівозміні	Система обробітку ґрунту	Запас вологи в шарі 0–150 см, мм		Використано з ґрунту в період вегетації, парування, мм	Опади за вегетаційний період, мм	Сумарні витрати вологи за вегетаційний період, мм	Коефіцієнт водоспоживання, мм/т
		перед сівбою культур та відновлення вегетації пшениці озимої	під час збирання врожаю, сівба пшениці озимої				
Зерно-паро-просапна сівозміна							
Чистий пар	Полицева	180,4	159,3	21,3	279,1	300,4	-
	Мілка (безполицева)	183,9	168,3	15,8	279,1	294,9	-
Пшениця озима	Полицева	217,6	59,8	157,8	242,1	399,9	60,6
	Мілка (безполицева)	215,5	62,1	153,4	242,1	395,5	59,3
Соняшник	Полицева	182,9	15,5	167,4	248,2	415,6	164,6
	Мілка (безполицева)	179,7	15,6	164,1	248,2	412,3	165,4
Середнє	Полицева	193,6	78,2	115,5	256,4	371,9	112,6
	Мілка (безполицева)	193,0	82,0	111,1	256,4	367,5	112,3
Зерно-парова сівозміна							
Чистий пар	Полицева	196,6	170,5	26,1	279,1	305,2	-
	Мілка (безполицева)	209,7	180,7	29,0	279,1	308,1	-
Пшениця озима	Полицева	223,6	75,0	148,5	241,2	389,7	59,2
	Мілка (безполицева)	220,8	89,1	131,7	241,2	372,9	58,1
Ячмінь ярий	Полицева	201,0	52,0	149,0	194,2	343,2	87,5
	Мілка (безполицева)	200,0	58,0	142,0	194,2	336,2	96,9
Середнє	Полицева	207,0	99,1	107,8	238,2	346,0	73,4
	Мілка (безполицева)	210,2	109,2	89,5	238,2	339,0	77,5

Таблиця 7. Баланс вологи в короткоротаційній п'ятипільній зерно-паро-просапній сівозміні на фоні різних систем обробітку ґрунту (середнє за 2010–2015 рр.)

Чергування культур у сівозміні	Система обробітку ґрунту	Запас вологи в шарі 0–150 см, мм		Використано з ґрунту в період вегетації, парування, мм	Опади за вегетаційний період, мм	Сумарні витрати вологи за вегетаційний період, мм	Коефіцієнт водостоківання, мм/т
		перед сівою культур та відновлення вегетації пшениці озимої	під час збирання врожаю, сіва пшениці озимої				
Чистий пар	Полицева	151,3	151,7	+0,4		210,5	-
	Диференційована	166,3	158,3	8,0	210,9	218,9	-
	Мілка (мульчувальна)	175,2	165,7	6,8		217,7	-
Пшениця озима	Полицева	208,3	58,0	150,3		346,5	71,3
	Диференційована	207,0	53,6	153,4	196,2	349,6	69,6
	Мілка (мульчувальна)	211,0	61,8	149,2		345,4	71,3
Соняшник	Полицева	170,3	1,8	168,5		363,1	157,2
	Диференційована	177,1	2,2	174,9	194,6	369,5	141,2
	Мілка (мульчувальна)	179,4	3,7	171,2		365,8	134,9
Ячмінь	Полицева	151,7	33,5	118,2		271,0	132,2
	Диференційована	169,6	48,3	121,3	152,8	274,1	116,6
	Мілка (мульчувальна)	160,4	47,6	112,8		265,6	99,1
Кукурудза	Полицева	175,3	22,1	153,2		347,8	72,0
	Диференційована	172,6	27,3	145,3	194,6	339,9	64,8
	Мілка (мульчувальна)	173,6	31,5	142,1		336,7	60,2
Середнє	Полицева	171,4	53,4	118,0		307,8	86,5
	Диференційована	178,5	57,9	120,6	189,8	310,4	78,4
	Мілка (мульчувальна)	179,9	62,1	116,4		306,2	73,1

снігового покриву за підвищеної вітрової активності. Вода опадів у ці роки зволожувала ґрунт лише на 90–110 см до рівня НВ, у результаті чого формувалася прошарок між накопиченою вологою протягом холодного періоду і вологою в глибоких шарах ґрунту на рівні ВВ. За весняно-літньої вегетації рослин коренева система, досягаючи сухого прошарку (ВВ), не може в більшості випадків досягти глибших шарів, при цьому рослини починають страждати від посухи, особливо за відсутності опадів протягом вегетації, знижуючи врожай.

У зв'язку з аридизацією кліматичних умов степових районів України в подальшому планується продовження досліджень в даному напрямку, а зокрема, визначення динаміки балансу ґрунтової вологи, зростання накопичення та збереження води в ґрунті з метою оптимізації водного балансу в сівозмінах та збільшення врожайності польових культур

Висновки

В умовах Північного Степу України формується непромивний водний режим з ненаскрізним, найменш насиченим класом вологості. Перевага полицевої системи обробітку ґрунту в додатковій акумуляції вологи протягом осінньо-зимового періоду реєструється в роки з морозними сніжними зимами, повільним і тривалим сніготаненням (2006 р.), мілкою мульчувального плоскорізного розпушування – за недобору нормативної суми опадів протягом грудня–лютого, відсутності снігового покриву і підвищеної вітрової активності (2007, 2012, 2013 роки).

Використання консервуючого (чизельного) обробітку за диференційованої системи збільшує накопичення вологи на

91,0–179,0 м³/га в осінньо-зимовий період за рахунок рослинних решток, які затримують більше снігу, особливо в теплі, малосніжні зими.

Застосування мілкої мульчувальної системи обробітку ґрунту, незважаючи на зниження врожаю зерна, сприяє більш економному витрачання вологи на одиницю врожаю в 1,1–1,2 раза під час вирощування польових культур.

References

- Alamry, A. S., van der Meijder, M., Noomen, M., Addink, E. A., van Benthem, R., & de Jong, S. M. (2017). Spatial and temporal monitoring of soil moisture using surface electrical resistivity tomography in Mediterranean soils. *Catena*, 157, 388–396. doi: [10.1016/j.catena.2017.06.001](https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.06.001)
- Bagley, E. J., Desai, A. R., Dirmeyer, P. A., & Foley, J. A. (2012). Effects of land cover change on moisture availability and potential crop yield in the world's breadbaskets. *Environmental Research Letters*. 7, 014019. doi: [10.1088/1748-9326/7/1/014009](https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/1/014009)
- Brye, K. R., Norman, J. M., Bundy, L. G., & Gower, S. T. (2000). Water-budget evaluation of prairie and maize ecosystems. *Soil Science Society of America Journal*, 64, 715–724. doi: [10.2136/sssaj2000.642715x](https://doi.org/10.2136/sssaj2000.642715x)
- Bulygin, S. Y., Balyuk, S. A., & Mikhnovska, A. D. (1999). Methods of analysis of soils and plants. O. N. Sokolovsky Institute of Pedology and Agrochemistry, Kharkiv (in Ukrainian).
- Chudanov, Y. A., & Vasyl'ev, V. P. (1990). *Osnovy minimalizacii obrabotki chernozjomnyh pochv Srednego* [The basics of minimizing the processing of chernozem soils of the Middle

- Zavolzh'ja]. In: I. P. Makarov (Ed.), *Resursoberegajushhie sistemy obrabotki pochvy* [Resource-Saving Soil Processing Systems]. Ahropromizdat, Moscow (in Russian).
- Cubera, E., & Moreno, G. (2007). Effect of single *Quercus ilex* trees upon spatial and seasonal changes in soil water content in dehesas of central western Spain. *Annals of Forest Science*, 64(3), 355–364. doi: [10.1051/forest:2007012](https://doi.org/10.1051/forest:2007012)
- Dosphehov, B. A. (1985). *Metodyka polevogo opyta* [Methods of Field experience]. Agropromizdat, Moscow (in Russian).
- Gutierrez-Lopez, J., Asbjornsen, H., Helmers, M., Isenhardt, T. (2014). Regulation of soil moisture dynamics in agricultural fields using strips of native prairie vegetation. *Geoderma*, 226–227, 238–249. doi: [10.1016/j.geoderma.2014.02.013](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.02.013)
- Hodulyan, Y. S. (1974). *Ozyma pshenitsa v sevooborotakh* [Winter wheat in crop rotation]. Promin', Dnipropetrovs'k (in Russian).
- Horbatenko, A. I., Horobets', A. H., Tsyliuryk, O. I., & Kompaniyets', V. O. (2008). Efektyvnist' rann'oho paru v Stepu Ukrainy [Effectiveness of an early couple in Steppe of Ukraine]. *Bulletin of Agricultural Science*, 9, 10–13 (in Ukrainian).
- Horbatenko, A. I., Horobets', A. H., & Tsyliuryk, O. I. (2010). Vplyv sposobiv osnovnogo obrobittu chystogo paru na agrofizichnyy stan g'runtu i urozhajnist' ozymo' pshenyци [The influence of methods of basic cultivation of pure steam on the agrophysical condition of the soil and the yield of winter wheat]. *Bulletin of the Grain Institute*, 38, 40–45.
- Hordiyenko, V. P. (2008). *Gruntova voloha* [Soil moisture]. *Predpryyatye Fenyks, Simferopol'* (in Ukrainian).
- Horobets', A. H., Tsyliuryk, O. I., Horbatenko, A. I., & Sudak, V. M. (2011). Vologozabezpechenist' ta urozhajnist' pol'ovyyh kul'tur za riznyh system obrobittu gruntu v sivozmini [Moisture availability and yield of field crops under different tillage systems in crop rotation]. *Bulletin of the Institute of Agriculture of the Stain Zone of NAAN of Ukraine*, 1, 20–25 (in Ukrainian).
- Izmail'skij, A. A. (1949). *Izbrannyye sochinenija* [Selected Works]. Sel'hozgid, Moscow (in Russian).
- Kuznetsov, M. S., & Hlazunov, H. P. (1986). *Metody izucheniya jerozionnyh processov* [Methods of studying erosion processes]. MHU, Moscow (in Russian).
- Liang, H., Hu, K., Batchelor, W. D., Qi, Z., & Li, B. (2016). An integrated soil–crop system model for water and nitrogen management in North China. *Scientific Reports*, 6, 1–20. doi: [http://dx.doi.org/10.1038/srep25755](https://doi.org/10.1038/srep25755)
- Medvedev, V. V., Laktyonova, T. N., & Dontsova, L. V. (2011). Vodnye svoystva pochv Ukrainy i vlagoobespechennost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Water properties of Ukrainian soils and moisture supply of crops]. *Apostrof, Kharkiv* (in Russian).
- Morgun, F. T., Shykula, N. K., & Tararyko, A. G. (1988). *Pochvozashhytnoe zemledelye* [Conservation agriculture]. Urozhaj, Kyiv (in Russian).
- Ochsner, T. E., Cosh, M. H., Cuenca, R. H., Dorigo, W. A., Draper, C. S., Hagimoto, Y., Kerr, Y. H., Njoku, E. G., Small, E. E., & Zreda, M. (2013). State of the art in large-scale soil moisture monitoring. *Soil Science Society of America Journal*, 77(6), 1888. doi: [10.2136/sssaj2013.03.0093](https://doi.org/10.2136/sssaj2013.03.0093)
- Ontaev, A. K., Hal'dvarh, B. A., & Dzhavrunov, V. K. (1993). *Pochvozashhitnaya sistema obrabotki pochvy v Kalmykii* [Soil protection system in Kalmykia]. *Zemledelye*, 8, 16.
- Pikush, H. R., Hetmanets', A. Y., Lebid', Y. M., Pabat, I. A. (1992). *Chornyy par* [Black steam]. Urozhay, Kyiv (in Ukrainian).
- Qi, Z. M., & Helmers, M. J. (2010a). Soil water dynamics under winter rye cover crop in central Iowa. *Vadose Zone Journal*, 9(1), 53–60. doi: [10.2136/vzj2008.0163](https://doi.org/10.2136/vzj2008.0163)
- Qi, Z. M., Helmers, M. J., & Kaleita, A. L. (2011). Soil water dynamics under various agricultural land covers on a subsurface drained field in north-central Iowa, USA. *Agricultural Water Management*. 98(4), 665–674. doi: [10.1016/j.agwat.2010.11.004](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.11.004)
- Qi, Z., & Helmers, M. J. (2010b). The conversion of permittivity as-measured by a PR2 capacitance probe into soil moisture values for Des Moines loess soils in Iowa. *Soil Use and Management*, 26(1), 82–92. doi: [10.1111/j.1475-2743.2009.00256.x](https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2009.00256.x)
- Rode, A. A. (2009). *Yzbrannyye trudy* [Selected Works]. Pochvennyy institute, Moscow (in Russian).
- Rybka, V. S., Cherenkov, A. V., Shevchenko, M. S., Kulyk, A. O., & Kompanijec', V. O. (2012). Poelementni normatyvy zatrat na vykonannya tehnologichnyh operacij pry vyroshhuvanni ta zbyranni zernovyh kul'tur v zoni Stepu Ukrainy i metodychni rekomendacii' po i'h rozrobci ta zastosuvannju [Elemental norms of costs for the implementation of technological operations in the cultivation and harvesting of grain crops in the Steppe of Ukraine and methodical recommendations for their development and application]. *Institute of agriculture of the steppe zone of the National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipropetrovsk* (in Ukrainian).
- Sultana, S. N., Mani Hazarika, U., Misra, U. K. (2017). Improvement of water use efficiency and remote sensing applications for surface soil moisture monitoring. *ADB Journal of Engineering Technology (AJET)*. 6(2), 2348–2305, 00602611 (6PP).
- Tomme, M. F. (1964). *Korma SSSR, sostav i pitatel'nost'* [Feed of USSR, composition and nutritional value]. Colos, Moscow (in Russian).
- Tsyliuryk, A. I., & Kozechko, V. I. (2017). Effect of mulching tillage and fertilization on maize growth and development in Ukrainian Steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7(3), 50–55. doi: [10.15421/2017_153](https://doi.org/10.15421/2017_153)
- Tsyliuryk, A. I., Tkalic, Y. I., Masliiov, S. V., & Kozechko, V. I. (2017a). Impact of mulch tillage and fertilization on growth and development of winter wheat plants in clean fallow in Northern Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7(4), 511–516. doi: http://doi.org/10.15421/2017_153
- Tsyliuryk, O. I., & Shapka, V. P. (2014). Efektyvnist' bezpolycevoogo obrobittu g'runtu za vyroshhuvannya jachmenju jarogo v Pivnichnomu Stepu [Effectiveness of moldboardless tillage at spring barley cultivation in the Northern Steppe]. *News of the Poltava State Agrarian Academy*, 1, 25–29 (in Ukrainian).
- Tsyliuryk, O. I., Horobets', A. H., & Shapka, V. P. (2013). Chyzel'nyy obrobittok g'runtu pid jachmin' jaryj v pivnichnomu Stepu [Chisel tillage under barley spring in the northern steppe]. *Bulletin of the Steppe Zone Agriculture Institute*, 4, 14–17.
- Tsyliuryk, O. I., Shevchenko, S. M., Shevchenko, O. M., Shvec, N. V., Nikulin, V. O., & Ostapchuk, Y. V. (2017b). Dynamika chyzel'nosti bur'janiv i i'h vydovogo skladu v agrocenozah kukurudzzy zalezjno vid obrobittu gruntu ta udobrennja v pivnichnomu stepu Ukrainy [Effect of the soil cultivation and fertilization on the abundance and species diversity of weeds in corn farmed ecosystems]. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7(3), 154–159 (in Ukrainian). doi: [10.15421/2017_64](https://doi.org/10.15421/2017_64)
- Tymyryazev, K. A. (1948). *Yzbrannyye sochynenyia* [Selected Works]. Sel'khoziz, Moscow (in Russian).
- Vadyunina, A. F., & Korchagina, Z. A. (1986). *Metody issledovaniya fizicheskikh svoyst pochvy* [Methods for studying physical properties of soil]. Agropromizdat, Moscow (in Russian).
- Zhang, Y. K., & Schilling, K. E. (2006). Effects of land cover on water table, soilmoisture, evapotranspiration, and groundwater recharge: a field observation and analysis. *Journal of Hydrology*, 319(1–4), 328–338. doi: [10.1016/j.jhydrol.2005.06.044](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.06.044)
- Ziadat, F. M., Taimeh, A. Y., & Hattar, B. I. (2010). Variation of soil physical properties and moisture content along toposequences in the arid to semiarid area. *Arid Land Research and Management*, 24(2), 81–97. doi: [10.1080/15324981003635396](https://doi.org/10.1080/15324981003635396)