



УДК 631.4:635.151:635.18

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.4.2023.14>

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ НА ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ ҐРУНТУ В ПРОЦЕСІ ВИРОЩУВАННЯ БУРЯКІВ

Ю. М. Сиромятников¹

Підвищення продуктивності цукрових буряків з урахуванням екологічної безпеки та збалансованого природокористування під час удосконалення агротехнології є актуальним. Метою дослідження є оцінка мінливості показників запасів продуктивної вологи у чорноземі типовому Лісостепу України під час вирощування цукрових буряків. 16 варіантів багатofакторного польового дослідження включали контроль без добрив, мінеральну систему живлення (170NPK), органічну (70 т/га гною) та органо-мінеральну в плодозмінній зернопроросанній сівозмінах на тлі оранки й обробки ґрунту стратифікатором. Щоденний облік температури повітря, відносної вологості повітря, кількості та інтенсивності опадів, температури поверхні ґрунту здійснювали за допомогою автономної онлайн-метеостанції DAVIS Instruments Vantage Pro2 6162EU + додатковий датчик для вимірювання температури поверхні ґрунту 6470 Stainless Steel Temperature Probe. За технології вирощування цукрових буряків без застосування добрив коефіцієнт водоспоживання становить 156–182 м³/т під час оранки та 194–219 м³/т – під час обробки ґрунту стратифікатором.

Мінеральні добрива в дозі $N_{170} P_{170} K_{170}$ знизили коефіцієнт водоспоживання за оранкою у два рази, а за стратифікацією – більше ніж у 2,5 рази, досягнувши величин 75–92 м³/т. Внесення 70 т/га гною вимагає додаткового забезпечення вологого ґрунту за коефіцієнта водоспоживання понад 100 м³/т. Отримали суттєву залежність раціонального водоспоживання у посівах цукрових буряків від таких елементів агротехнології, як внесення мінеральних добрив та гною у поєднанні зі стратифікацією. Уперше з урахуванням екологічної безпеки та збалансованого природокористування визначено, проаналізовано раціональні параметри елементів агротехнології вирощування цукрових буряків для ефективного агропромисловництва за умови відновлення родючості чорноземів Лісостепу.

Ключові слова: стратифікація ґрунту, розпушувально-сепаруюча машина, органічні добрива, сівозміна, технологія, екологія, глобальне потепління, збереження вологи, абіотичний чинник.

¹ кандидат технічних наук,
докторант

(Інститут овочівництва та баштанництва Національної академії аграрних наук України,
Харківська обл.)

e-mail: gara176@btu.kharkov.ua

ORCID: 0000-0001-9502-626X

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL MEASURES ON SOIL MOISTURE SATURATION IN SUGAR BEET GROWING

Yu. M. Syromyatnikov

Increasing the productivity of sugar beet, taking into account environmental safety and balanced nature management while improving agricultural technology, is relevant. Purpose of the study was to assess the variability of productive moisture reserves in the typical chernozem of the Forest-Steppe of Ukraine during the cultivation of sugar beet. Daily recording of air temperature, relative air humidity, amount and intensity of precipitation, soil surface temperature was carried out using an autonomous online weather station DAVIS Instruments Vantage Pro2 6162EU + an additional sensor for measuring soil surface temperature 6470 Stainless Steel Temperature Probe. With sugar beet cultivation technologies without the use of fertilizers, the water consumption coefficient is 156-182 m³ / t during plowing and 194-219 m³ / t when tilling the soil with a stratifier.

Mineral fertilizers at a dose of N₁₇₀P₁₇₀K₁₇₀ reduced the water consumption coefficient for plowing by 2 times, and for stratification by more than 2.5 times, bringing it to 75-92 m³/t. The introduction of 70 t/ha of manure required additional provision of soil moisture with a water consumption coefficient of more than 100 m³/t. We obtained a significant dependence of rational water consumption in sugar beet crops on such elements of agricultural technology as the application of mineral fertilizers and manure in combination with stratification. For the first time, taking into account environmental safety and balanced nature management, the rational parameters of the elements of agricultural technology for growing sugar beet for efficient agricultural production were determined and analyzed, subject to the restoration of the fertility of the chernozems of the Forest-Steppe.

Key words: soil stratification, loosening-separating machine, organic fertilizers, crop rotation, technology, ecology, global warming, moisture conservation, abiotic factor.

Вступ

Глобальне потепління, що спостерігається останнім століттям у різних регіонах Земної кулі, і щорічне збільшення населення до 122 млн осіб змушують нас шукати нові джерела їжі та інтенсивно освоювати нові сільськогосподарські угіддя (Spinoni et al., 2021; He et al., 2022). Поряд із необхідністю розвитку аграрного виробництва виникає питання про раціональне використання невідновлюваних джерел енергії (Mahalik et al., 2021; Yu et al., 2023).

Сучасні технології механічної та хімічної обробки ґрунту змінюють його агрофізичні властивості ґрунту (Smirnov et al., 2019; Buragienė et al., 2019). Найзначимішими є зміна структури та зниження водопроникності ґрунту.

Під час полицевої оранки відбувається порушення ґрунтових агрегатів, спостерігається цементация ґрунтових частинок залежно від опадів, а структура стабілізується за рахунок діяльності ґрунтової макро-, мезо- та мікрофауни (Giannitsopoulos et al., 2020; Reicosky, 2020).

Традиційна обробка ґрунту оранням з обертаням скиби призводить до його ерозії, дефляції, дегуміфікації, аридизації (Luetzenburg et al., 2020; Martínez-Mena et al., 2020).

У зв'язку з нестійким зволоженням у Лісостеповій зоні України рівень воло-

гозабезпеченості ґрунту та сільськогосподарських культур є одним із вирішальних чинників формування продуктивності у сучасних агрофітоценозах (Demydenko et al., 2021). Ресурсозберігаючі системи землеробства засновані на виконанні комплексу агробіологічних та агротехнічних заходів, спрямованих на максимальну фіксацію атмосферних опадів, раціональне використання ґрунтової вологи для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур у сівозмінах (Hanhur et al., 2021; Hanhur et al., 2021; Hanhur et al., 2021).

Сівозміна у поєднанні з ресурсозберігаючими та ґрунтозахисними системами обробки ґрунту та внесення добрив забезпечує підвищення ефективності накопичення вологи в ґрунті та ефективніше її використання сільськогосподарськими культурами, що є одним з основних способів пом'якшення негативних наслідків посухи (Kuts et al., 2022; Kuts et al., 2022; Kuts et al., 2022). Вивчення закономірностей руху ґрунтової вологи за фізичного випаровування необхідне для обґрунтування та розроблення раціональних сівозмін і систем обробки ґрунту, спрямованих на її зниження, що полегшить оцінку стану ґрунту (Singh et al., 2019; Li et al., 2023).

Погіршення водно-фізичних властивостей чорнозему типового безпосередньо

пов'язане з утратою гумусу і, як наслідок, аридизацією ґрунтових умов для зростання польових культур та ґрунтоутворення в агроценозах (Fomenko et al., 2022; Mamatov et al., 2023). Одним із найважливіших чинників формування та підвищення врожайності сільськогосподарських культур в умовах нестабільного зволоження в Лісостепу України є накопичення та ефективне використання вологи атмосферних опадів, яка є актуальним абіотичним чинником, що лімітує продуктивність польових культур (Polyakov et al., 2021).

Дефіцит вологи в ґрунті в період вегетації польових культур призводить до зниження ефективності застосування мінеральних добрив, систем захисту рослин від шкідників та ін. (Richard et al., 2022). Ураховуючи кліматичні умови та біологічні особливості культур щодо водоспоживання та режиму зволоження ґрунту під посівами, можна визначити напрями найефективнішого використання ґрунтової вологи та атмосферних опадів польовими культурами у процесі їх обробітку у сівозмінах різної тривалості (Kong et al., 2019).

Умови вегетаційного періоду щодо забезпечення достатніми опадами й оптимальним температурним режимом впливають на ефективність добрив і доступність рослинам поживних речовин. Дефіцит вологи в ґрунті обмежує засвоєння фосфору зерновими культурами більшою мірою, ніж азоту, через що порушується нормальне співвідношення між цими елементами в рослинах, загострюється потреба у фосфорних добривах. В умовах достатнього зволоження сильніше виражене азотне голодування посівів, і зростає позитивна дія азотних добрив (Oyetunji et al., 2022).

У зоні нестійкого зволоження управління надходженням та втратами вологи в ґрунті має здійснюватися за рахунок оптимального підбору та чергування культур у сівозмінах, що забезпечують найефективніше використання вологи (Zhou et al., 2020). Елементи мінерального живлення, агрохімічні, фізико-хімічні, фізико-механічні та біологічні властивості ґрунту, а також здатність забезпечувати рослини вологою визначають рівень її родючості (Biswas et al., 2019). Агротехнологічні прийоми, такі як сівозмінна, обробіток ґрунту та внесення добрив, є пріоритетними у формуванні врожайності (Zhang et al., 2022).

Підвищення продуктивності цукрових буряків з урахуванням екологічної без-

пеки та збалансованого природокористування під час удосконалення агротехнології є актуальним.

Метою дослідження є оцінка мінливості показників запасів продуктивної вологи у чорноземі типовому Лісостепу України під час вирощування цукрових буряків. Завдання: визначити показники накопичення та використання запасів продуктивної вологи в чорноземі типовому.

Наукова новизна роботи. Уперше з урахуванням екологічної безпеки та збалансованого природокористування визначено, проаналізовано, експериментально обґрунтовано та науково узагальнено раціональні параметри елементів агротехнології вирощування цукрових буряків для ефективного агровиробництва за умови відновлення родючості чорноземів Лісостепу.

На основі результатів польового стаціонарного багатофакторного досвіду в різних видах сівозмін раціоналізовано систему внесення добрив чорноземних ґрунтів під час вирощування цукрових буряків.

Матеріал і методи

Місце проведення досліджень: Україна, Харківська область, Харківський район, Навчально-дослідне господарство ХНТУСГ ім. Петра Василенка, дослідне поле «Центральне» загальною площею 280 га. Природно-кліматична зона – Лісостеп; агроґрунтова провінція – Лісостеп лівобережний високий. Географічні координати: широта – 49°51'24"N, довгота – 36°05'01"E.

16 варіантів багатофакторного польового досвіду включали контроль без добрив, мінеральну систему живлення (170NPK), органічну (70 т /га гною) й органомінеральну в п'ятипільній плодозмінній і зернопросапній сівозмінах на тлі оранки та обробки ґрунту стратифікатором. Ґрунт дослідного поля на початку закладання стаціонарного досвіду представлений чорноземом типовим мало гумусним важкосуглинковим на лесовидному суглинку, із умістом гумусу в орному шарі 3,89%, нітратного азоту – 23,5 мг/кг, легкогідролізованого азоту – 135 мг/кг, рухомого фосфору – 47–56 мг та обмінного калію – 90–120 мг/кг ґрунту, pH_{KCl} – 5,6–6,5.

Повторюваність варіантів досвіду потрійна. Розмір дослідної ділянки – 40 м², облікової – 28 м². Добрива вносили вручну під усі культури перед основним обробітком ґрунту. У досліді застосовували дві сівозміни з таким чергуванням культур:

1) зернопросапну – горох, озима пшениця, цукрові буряки, ячмінь, кукурудза на зерно;

2) плодозмінну – люцерна 1-го року, люцерна 2-го року, озима пшениця, цукрові буряки, ячмінь + багаторічні трави.

(Чинник А) – два способи основного обробітку ґрунту:

1) оранка на глибину 30–35 см плугом ПАН-5-35;

2) обробіток ґрунтообробною розпушувально-сепаруючою машиною «Докучаєвська» ПРСМ-5 (стратифікатор) на глибину 12–15 см, без обертання скиби ґрунту (рис. 1). Машина працює в такий спосіб: під час руху по полю лемеші піднімають скибу ґрунту, далі за його переміщення вздовж поверхні лемеша і прутів сепаруючої решітки відбувається її кришення, при цьому дрібно-грудкувата фракція проходить крізь решітку, формуючи насінневій підшар ґрунту. Далі формування насінневого шару відбувається за впливу на скибу розпушувачів ротора, які кришать і розпушують ґрунт, переміщуючи його вздовж сепаруючої решітки. Окрім цього, розпушу-

вачі ротора в процесі взаємодії з ґрунтом вичісують із нього бур'яни, не порушуючи їх цілісності, і транспортують їх на поверхню ґрунту. У результаті відбувається сепарація оброблюваного шару ґрунту, розшарування його за структурним складом, знищення бур'янів шляхом їх механічного вичісування з оброблюваного шару, а на поверхні утворюється мульчований шар (Syromyatnikov et al., 2017; Pashchenko et al., 2019; Syromyatnikov et al., 2019; Syromyatnikov et al., 2021).

Схема досліду із цукровим буряком (табл. 1) включає варіанти з мінеральними та органічними добривами.

(Чинник В) – контроль (без добрив), $N_{170} P_{170} K_{170}$, гній 70 т/га, $N_{170} P_{170} K_{170}$ + гній 70 т/га. У досліді використовували напівперепрілий гній.

Відбір проб ґрунту для визначення запасу продуктивної вологи здійснювали вручну за допомогою спеціального бура довжиною 1 м через кожні 10 см глибини ґрунту (Li et al., 2020). Кожна проба відбиралася окремо до попередньо зважених металевих ємностей (бюкси). Аналіз проб проводили в лаборато-



Рис. 1. Обробка ґрунту розпушувально-сепаруючою машиною «Докучаєвська» ПРСМ-5 (стратифікатор)

Таблиця 1

План польового багатофакторного дослідю

Чинник	Сівозміна			
	Плодозмінна		Зернопросапна	
А	ПРСМ-5	ПАН-5-35	ПРСМ-5	ПАН-5-35
В	без добрив	без добрив	без добрив	без добрив
	$N_{170} P_{170} K_{170}$	$N_{170} P_{170} K_{170}$	$N_{170} P_{170} K_{170}$	$N_{170} P_{170} K_{170}$
	Гній 70 т/га	Гній 70 т/га	Гній 70 т/га	Гній 70 т/га
	$N_{170} P_{170} K_{170}$ + гній 70 т/га	$N_{170} P_{170} K_{170}$ + гній 70 т/га	$N_{170} P_{170} K_{170}$ + гній 70 т/га	$N_{170} P_{170} K_{170}$ + гній 70 т/га

рії. Визначення запасу продуктивної вологи здійснювали термостатно-ваговим методом. Бюкси з пробами зважували на технічних терезах, після чого ґрунт висушувався до постійної маси в термостаті за температури 100–105°C і повторно зважувався. Після повторного зважування проводили розрахунки, які показують, скільки міліметрів вологи міститься у кожному шарі. Для інтерпретації отриманих показників використали традиційний метод визначення запасів продуктивної вологи у ґрунті. Обчислювали вологість в'янення, повну і найменшу вологоємність, вологість розриву капілярів і т. д. За різницею між реальною вологістю ґрунту та вологістю в'янення оцінювали запаси доступної вологи, порівнюючи з нормативними показниками згідно з табличними та графічними моделями. Як правило, оптимальна вологість ґрунту для більшості культур становить 80% від найменшої вологоємності, з відхиленнями для певних культур. Запас продуктивної вологи визначали два рази на рік: восени та навесні.

Сумарне водоспоживання (E) нами визначалося за методом водного балансу, розробленим О.М. Костяковим (Buber et al., 2020):

$$E = P \pm \Delta W + W_{zp},$$

де E – сумарне водоспоживання, м³/га;

P – сума опадів, що випали за розрахунковий період, мм;

ΔW – зміни запасів ґрунтової вологи за період часу, м³/га;

W_{zp} – підживлення активного шару ґрунту ґрунтовими водами, м³/га.

Під час розрахунку сумарного водоспоживання урахувалася вся сума атмосферних опадів у період вегетації рослин.

Формула для розрахунку коефіцієнта вологоспоживання (K_w):

$$K_w = W/Y,$$

де W – сумарне водоспоживання (продуктивна волога з ґрунту + опади), мм;

Y – урожайність, т/га.

Щоденний облік температури повітря, атмосферного тиску, відносної вологості повітря, швидкості та напрямку вітру, температури точки роси, кількості та інтенсивності опадів, температури поверхні ґрунту здійснювали за допомогою автономної онлайн-метеостанції DAVIS Instruments Vantage Pro2 6162EU + додатковий датчик для вимірювання температури поверхні ґрунту 6470 Stainless Steel Temperature Probe (рис. 2).

Роздільну здатність вимірювань кількості опадів та температури повітря навколишнього середовища автономної онлайн-метеостанції DAVIS Instruments Vantage Pro2 6162EU описано в табл. 2.

У метеостанції Davis Vantage Pro2 Plus використовується метод стрибкоподібної перебудови частоти (FHSS) для бездротової передачі, що дає можливість зберігати всі найвищі та найнижчі значення (і/або загальні чи середні значення) майже для всіх змінних погоди за останні дні, місяці та роки і свій власний прогноз погоди без використання ПК. Метеостанція оснащена вбудованим сенсорним блоком, який поєднує колектор опадів, датчики температури і вологості, а також вимірювач вітру в одному пристрої. Датчики температури Vantage мають точність $\pm 0,5^\circ\text{C}$, а точність датчиків зовнішньої вологості становить $\pm 3\%$. Активна вентиляція служить для більшої точності, особливо в теплі, сонячні дні з меншим вітром або без нього. Вентилятор всмоктує повітря через камеру датчика і знову видуває його на екран. Цей покращений потік повітря допомагає досягти більш точних вимірювань температури та вологості. Вплив теплового випромінювання



Рис. 2. Метеостанція DAVIS Instruments Vantage Pro2

Таблиця 2

Роздільна здатність вимірювань кількості опадів та температури повітря навколишнього середовища автономної онлайн-метеостанції DAVIS Instruments Vantage Pro2 6162EU

Функція	Роздільна здатність	Діапазон значень	Точність (±)
Кількість опадів			
За добу	0,2 мм	0 – 999,8 мм	4%
За місяць та за рік	0,2 – 2000 мм: 1 мм	0 – 6553 мм	4%
Інтенсивність	0,1 мм	0 – 2438 мм/год	5%
Температура			
Зовнішня	0,1°C	-40 – +65 ° C	0,3°C
Додатковий датчик	0,1°C	-40 – +65 ° C	0,5°C

та відбитого тепла зведено до мінімуму, а умови всередині укриття від негоди значною мірою відповідають навколишньому повітрю.

6470 Stainless Steel Temperature Probe (датчик температури з 64 мм сенсором із нержавіючої сталі) використовується для вимірювання температури повітря, ґрунту або води; приєднується до станції за допомогою 46 м кабелю; можливе підключення не більше чотирьох датчиків.

Результати та обговорення

Метеорологічні умови в роки проведення досліджень відрізнялися широкою різноманітністю як щодо температурних режимів, так і кількості та періодичності опадів. Спостерігалися деякі аномалії, що не мають характеру принципових факторів, які лімітують отримання біологічно можливого врожаю цукрових буряків.

За даними табл. 3, температурний режим упродовж років проведення досліджень був екстремальним. Відхилення від середніх значень за багаторічними даними не перевищувало 1,4 градуса з деяким розкидом за окремими місяцями.

За даними табл. 4, кількість опадів за середнього значення 549 мм у перший рік досліджень випало 417 мм, що характеризує вегетаційний період як гостро посушливий, а в сезоні 2020–2021 р. сума опадів становила 664 мм.

Ці обставини, які призвели, зрештою, до різного рівня врожайності цукрових буряків, відображають усе різноманіття природних кліматичних умов, що підвищує цінність і достовірність отриманих під час досліджень експериментальних даних.

Головним постачальником життєво необхідної як сільськогосподарським культурам,

Таблиця 3

Середньомісячна температура за період 2018–2021 рр., °C

Місяці	2018/19 рік		2019/20 рік		2020/21 рік		2021/22 рік		Середні багаторічні значення
	За місяць	Відр. від норми	За місяць	Відр. від норми	За місяць	Відр. від норми	За місяць	Відр. від норми	
08	+21,4	+3,5	+19,2	+1,3	+18,4	+0,5	+19,7	+1,8	+17,8
09	+13,8	+0,9	+14,7	+1,8	+13,2	+0,3	+14,4	+1,5	+12,8
10	+6,6	+0,4	+5,7	-0,3	+6,9	+0,7	+7,4	+1,2	+6,1
11	+1,9	+1,8	+1,6	+1,7	+1,3	+1,4	+0,3	+0,4	0
12	-9,3	-3,6	-11,2	-5,5	-2,3	+3,2	-2,7	+2,8	-5,6
01	-7,4	0	-6,4	+1,0	-3,8	+3,6	-1,5	+5,9	-7,5
02	+0,9	+8,5	-9,3	-1,9	-4,4	+2,8	-6,9	+0,3	-7,3
03	+4,3	+6,5	-1,6	+0,4	-1,7	+0,3	-2,5	-0,3	-2,1
04	+9,4	+2,6	+5,5	-1,1	+7,2	+0,4	+9,6	+2,8	+6,7
05	+14,9	+0,7	+17,8	+3,5	+12,5	-1,5	+16,8	+2,6	+4,2
06	+18,2	+0,3	+15,7	-2,0	+15,8	-1,9	+15,7	-1,0	+17,8
07	+23,4	+4,0	+20,3	+0,9	+18,8	-0,4	+19,7	+0,3	+19,3
Рік	+8,1	+2,1	+5,9	-0,1	+6,7	+0,7	+7,5	+1,5	+5,9

Таблиця 4

Середньомісячне випадання опадів за період 2018–2022 рр., мм

Місяці	2018/19рік		2019/20рік		2020/21рік		2021/22		Середнє багатолітнє
	За місяць	% до середнього багатолітнього	За місяць	% до середнього багатолітнього	За місяць	% до середнього багатолітнього	За місяць	% до середнього багатолітнього	
08	12,2	21,9	27,4	48,9	57,6	102,9	28,9	55,2	48,7
09	29,1	57,9	113,7	223,9	21,9	43,6	52,6	104,4	50,3
10	26,5	60,9	41,0	93,5	66,9	152,5	20,9	47,7	43,8
11	39,3	95,9	33,4	80,9	34,6	95,7	27,8	77,0	36,1
12	31,5	76,9	10,1	23,9	52,9	122,9	39,5	96,5	40,9
01	9,0	23,1	41,1	108,9	50,0	132,1	41,0	108,3	37,8
02	28,7	84,9	19,0	55,8	44,1	129,9	19,3	56,9	33,9
03	23,5	72,9	25,6	79,5	55,6	172,3	28,0	86,9	32,2
04	26,3	53,9	3,1	6,5	32,7	67,5	16,0	33,1	48,4
05	62,1	124,9	31,7	64,0	115,2	232,3	53,9	108,7	49,5
06	60,5	95,9	39,4	62,6	24,9	45,1	108,6	196,4	55,2
07	67,5	98,9	122,6	179,5	106,9	156,5	92,5	135,4	68,2
рік	417,3	76,3	509,2	93,1	664,4	121,6	528,1	96,6	546,1

так і мікроорганізмам та іншим представникам живого світу вологи є ґрунт. Важко переоцінити роль води у житті всього живого на Землі. Її роль величезна та багатогранна. Насичені вологою ґрунти забезпечують рослинам безперешкодне надходження розчинених поживних речовин, за участю води відбуваються всі біохімічні процеси, здійснюється дихання рослин, розвиток мікроорганізмів, відбувається фотосинтез. Таким чином, для отримання високих урожаїв сільськогосподарських культур неодмінною умовою є оптимальне забезпечення ґрунту вологою, особливо в критичний період споживання поживних речовин. Цукрові буряки мають високі вимоги до наявності вологи в ґрунті, особливо в перші фази вегетації. Разом із тим за рахунок розвинутої кореневої системи, що глибоко проникає у ґрунт, ця культура відрізняється високим рівнем посухостійкості.

Відмінною особливістю цукрових буряків водночас є їхня здатність ефективно використовувати вологу у другій половині літа для формування маси коренеплоду.

Виходячи з вищесказаного, ми у своїх дослідженнях визначали запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту у два терміни протягом вегетації цукрових буряків: відразу після посіву і перед збиранням для ефективнішого аналізу впливу чинників, що вивчаються, на цей важливий агрофізичний показник.

Узагальнивши отриманий експериментальний матеріал, можемо констатувати, що запаси продуктивної вологи у ґрунті навесні знаходилися на рівні 134–147 мм у пробі без внесення добрив та від 144 до 169 мм – на удобрених пробах (табл. 5).

Між способами обробки ґрунту можемо констатувати відсутність відмінності за абсолютного контролю навіть у межах однієї сівозміни. Із внесенням добрив ситуація дещо змінюється. Під час внесення мінеральних добрив у дозі $N_{170} P_{170} K_{170}$ запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту значно підвищувалися – до 154–155 мм за оранки і 136–144 мм – за стратифікації. Ґрунт, удобрений з осені мінеральними добривами, затримував більше вологи порівняно з контролем, а глибока полицева обробка сприяла кращому проникненню вологи в нижні шари ґрунту, що враховується під час аналізу. Ця тенденція зберігається і під час уведення в агротехнологію вирощування цукрових буряків гною як окремо, так і за спільного застосування з мінеральними добривами. На цих ділянках початкова кількість вологи у ґрунті становила 159–169 мм, що, безумовно, створює передумови для повноцінного розвитку рослин цукрових буряків на ранніх етапах вегетації.

За видами сівозміни не виявлено істотної відмінності в початкових запасах вологи, найімовірніше, через однакового попере-

Таблиця 5

Запаси продуктивної вологи у ґрунті під посівами цукрових буряків залежно від елементів агротехнології (мм), середні дані за 2019–2021 рр.

Варіант	Плодозмінна сівозміна				Зернопропашна сівозміна			
	Оранка		Стратифікація		Оранка		Стратифікація	
	Посів	Прибирання	Посів	Прибирання	Посів	Прибирання	Посів	Прибирання
Без добрив	142	34	144	38	139	38	138	35
N ₁₇₀ P ₁₇₀ K ₁₇₀	155	42	144	48	154	39	138	47
70 т/га гною	169	48	155	55	165	41	159	50
70 т/га + N ₁₇₀ P ₁₇₀ K ₁₇₀	167	54	159	58	161	46	158	53
НСР ₀₅ (А)	5,1	4,8	4,5	4,5	–	–	–	–
НСР ₀₅ (Б)	9,8		8,6		–	–	–	–

дника для цукрових буряків в обох сівозмінах, яким була озима пшениця. Цей факт створив приблизно рівні умови вологонакопичення за видимої відсутності яскраво вираженої диференціації абсолютних значень за цим показником.

Показник вологозабезпеченості ґрунту на завершальному етапі онтогенезу служить чинником інтенсивності засвоєння води рослинами, а також ступенем утримання вологи в ґрунтовому шарі залежно від факторів, що вивчаються у досліді. Результати дослідження цього показника виявили характерні закономірності щодо запасів продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту перед збиранням залежно від рівня добрив й особливо від способу основного обробітку ґрунту.

Так, за відсутності фактору добрив запаси вологи в ґрунті восени становили приблизно рівну величину незалежно від факторів досліді – 34–38 мм.

Під час внесення мінеральних добрив виразно проявляється позитивна роль у вологоутриманні у процесі обробітку ґрунту стратифікатором проти орання. Відмінності за сівозмінами між стратифікацією ґрунту й оранням становили 5–7 мм, що перевищує найменшу суттєву різницю по фактору, а отже, достовірні.

За органо-мінеральної й особливо органічної системи живлення цукрових буряків дана тенденція зберігається за збільшення значень в абсолютному вираженні.

Дану обставину, на нашу думку, необхідно пояснити меншою пористістю ґрунту у верхніх горизонтах ґрунтового шару під час обробки стратифікатором та, відпо-

відно, обмеженою можливістю інтенсивного випаровування ґрунтової вологи в атмосфері. За глибокої оранки, навпаки, пухкий верхній шар слабо утримує вологу, краще прогривається на велику глибину і провокує непродуктивне витрачання ґрунтової вологи.

У табл. 6 представлено дані щодо впливу видів сівозмін, способів обробітку ґрунту та застосування гною і мінеральних добрив, сумарне водоспоживання за період вегетації на коефіцієнт водоспоживання цукрових буряків, що показує кількість витрат води на формування одиниці товарної продукції.

Загальні значення сумарного водоспоживання рослинами цукрових буряків показують, що ця величина знаходиться в межах 3900–4700 м³/га, це говорить про інтенсивний метаболізм цієї культури, що витрачає в процесі життєдіяльності значну кількість вологи на формування вегетативних та генеративних органів (табл. 6).

Даний показник, за даними наших досліджень, багато в чому залежить як від виду сівозміни, так і від способу обробітку ґрунту та рівня добрив.

Мінімальна кількість вологи витрачається на контролі без використання добрив та виражається величиною 3864–4057 м³/га, що пояснюється невисокими показниками врожайності коренеплодів у цих випадках. Великі значення водоспоживання на невдобрених ділянках відзначені під час оранки.

За умови внесення мінеральних добрив сумарне водоспоживання на одиницю площі значно зростає, сягаючи 4469 м³/га за глибокого відвального спо-

Таблиця 6

Водоспоживання цукрових буряків залежно від елементів агротехнології, середні дані за 2019–2021 рр.

Варіант	Сумарне водоспоживання, м ³ /га				Коефіцієнт водоспоживання, м ³ /т			
	Плодозмінна сівозміна		Зернопросапна сівозміна		Плодозмінна сівозміна		Зернопросапна сівозміна	
	Оранка	Стратифікація	Оранка	Стратифікація	Оранка	Стратифікація	Оранка	Стратифікація
Без добрив	3979	3864	4057	3895	156	194	182	219
N ₁₇₀ P ₁₇₀ K ₁₇₀	4291	3903	4469	4116	86	75	92	82
70 т/га гною	4511	4254	4721	4398	115	100	118	106
70 т/га + N ₁₇₀ P ₁₇₀ K ₁₇₀	4005	3810	4116	4044	74	66	78	75
НСР ₀₅ (А)	155	148	161	152	-	-	-	-
НСР ₀₅ (Б)	181		200		-		-	

собу обробітку ґрунту. Зменшення глибини впливу на ґрунт сприяло більш економному витрачання ґрунтової вологи.

Слід зазначити, що по всіх варіантах удобрення та способах обробітку ґрунту сумарне водоспоживання більше на 200–300 м³/га у зернопросапній сівозміні порівняно з плодозмінною.

Внесення гною сприяло додатковому витрачання вологи під час формування врожаю цукрових буряків до значних величин лише на рівні 4500–4700 м³/га за полицевої обробки.

Оптимальним варіантом із позиції вологозбереження є спільне внесення гною та мінеральних добрив. І тут навіть за значно збільшеної продуктивності цукрових буряків сумарне водоспоживання залишалося лише на рівні контрольного варіанта.

Висновки

Аналізуючи отримані дані щодо коефіцієнта водоспоживання, встановлено, що під час формування 1 т коренеплодів цукрових буряків витрачається різна кількість вологи. Так, найбільших значень цей індекс досягає у контрольних варіантах. За технологій обробітку цукрових буряків без застосування добрив коефіцієнт водоспоживання становить 156–182 м³/т за оранки та 194–219 м³/т – за обробітку ґрунту стратифікатором. Ці цифри свідчать про вкрай

нераціональне використання вологи за екстенсивного способу вирощування

Мінеральні добрива в дозі N₁₇₀ P₁₇₀ K₁₇₀ знизили коефіцієнт водоспоживання за оранкою у два рази, а за стратифікацією – більше ніж у 2,5 рази, досягнувши величин 75–92 м³/т.

Внесення 70 т/га гною вимагає додаткового забезпечення вологою ґрунту за коефіцієнта водоспоживання понад 100 м³/т зі збереженням вищеписаних тенденцій.

Органо-мінеральна система удобрення цукрових буряків показала найбільш раціональне використання вологи для формування врожаю, показавши величини коефіцієнта водоспоживання 66–78 м³/т. У цьому разі зафіксовані значення знаходяться на рівні мінеральної системи добрива зі зниженням аналізованого значення на 6–13 м³/т залежно від чинників, що вивчалися.

Отриманий експериментальний матеріал довів суттєву залежність раціонального водоспоживання у посівах цукрових буряків від таких елементів агротехнології, як внесення мінеральних добрив та гною у поєднанні з енергозберігаючим поверхневим способом обробітку ґрунту (стратифікацією).

Подяки. Висловлюємо подяку наставнику, доктору технічних наук, професору Володимиру Філімоновичу Пащенко за допомогу у проведенні досліджень.

Список використаної літератури

Buragienė S., Šarauskis E., Romanekas K., Adamavičienė A., Kriaučiūnienė Z., Avižienytė D., Marozas V., Naujokienė V. Relationship between CO₂ emissions and soil properties of differently tilled soils. *Science of the Total Environment* 662. 2019. P. 786–795.

Biswas B., Nirola R., Biswas J. K., Pereg L., Willett I. R., Naidu, R. Environmental microbial health under changing climates: state, implication and initiatives for high-performance soils. *Sustainable Agriculture Reviews 29: Sustainable Soil Management: Preventive and Ameliorative Strategies*, 2019. P. 1–32.

- Buber A. L., Bondarik I. G., Buber A. A. Development of approaches to water resources management in the lower kuban to ensure water user requirements in low-water years. *Irrigation and drainage*, 2020. 69(1), P. 3–10.
- Demydenko O., Bulygin S., Velychko V., Kaminsky V., Tkachenko M. Soil moisture potential of agrocenoses in the Forest-Steppe of Ukraine. *Agricultural Science and Practice*, 2021. 8(2), P. 49–61.
- Fomenko T. G., Popova V. P., Chernikov E. A., Makarova A. A., Yaroshenko O. V. Effect of Long-Term Drip Irrigation of Fruit Orchard on the Transformation of Properties of Chernozems. *Eurasian Soil Science*, 2022. 55(9), P. 1266–1277.
- Giannitsopoulos M. L., Burgess P. J., Rickson R. J. Effects of conservation tillage drills on soil quality indicators in a wheat–oilseed rape rotation: organic carbon, earthworms and water-stable aggregates. *Soil Use and Management*, 2020. 36(1), P. 139–152.
- Hanhur V. V., Len O. I., Hanhur N. V. Effect of minimizing soil tillage on moisture supply and spring barley productivity in the zone of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2021. 1, P. 128–134.
- Hanhur V. V., Kosminskyi O. O., Mishchenko O. V. Influence of mineral fertilizers on the content of nutrients in the soil and the yield of sunflower hybrids of different maturity groups. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2021. 1, P. 116–121.
- Hanhur V. V., Kotliar Y. O. (2021). Influence of predecessors on water consumption and productivity of winter wheat in the zone of the left-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1, P. 122–127.
- He Y., Manful D., Warren R., Forstehäusler N., Osborn T.J., Price J., Jenkins R., Wallace C., Yamazaki D. Quantification of impacts between 1.5 and 4 C of global warming on flooding risks in six countries. *Climatic Change*, 2022. 170(1–2), P. 15.
- Kuts O., Dukhin Y., Rudym Y., Yarokhno N., Shapko M., Korsun S., Bilivets I., Voloshchuk N. Effect of mycohelpbiofungicide on sowing qualities of vegetable plant seeds. *Vegetable and Melon Growing*, 2022. (71), P. 67–75.
- Kuts O., Yakovchenko A., Semenenko S., Semenenko I., Yakovchenko O., Kokoyko V., Hulyak N., Suchkova V. Investigation of allelopathic influence on sweet potato plants of main weeds and agricultural plants. *Vegetable and Melon Growing*, 2022. (71), P. 49–58.
- Kuts O., Kokoiko V., Paramonova T., Mykhailyn V., Syromiatnykov Y. Influence of the fertiliser system on the soil nutrient regime and onion productivity. *Plant & Soil Science*, 2022. 13(4), P. 16–26.
- Kong D., Liu N., Wang W., Akhtar K., Li N., Ren G., Feng Y., Yang G. Soil respiration from fields under three crop rotation treatments and three straw retention treatments. *PLoS One*, 2019. 14(9), P. 0219253.
- Li J., Wang Y.K., Guo Z., Li J.B., Tian C., Hua D.W., Shi C.D., Wang H.Y., Han J.C., Xu, Y. Effects of conservation tillage on soil physicochemical properties and crop yield in an arid Loess Plateau, China. *Scientific Reports*, 2020. 10(1), P. 4716.
- Luetzenburg G., Bittner M.J., Calsamiglia A., Renschler C.S., Estrany J., Poepl R. Climate and land use change effects on soil erosion in two small agricultural catchment systems Fugnitz–Austria, Can Revull–Spain. *Science of the Total Environment*, 2020. 704, P. 135389.
- Li H., Zhang Y., Sun Y., Liu P., Zhang Q., Wang X., Wang R., Li J. Long-term effects of optimized fertilization, tillage and crop rotation on soil fertility, crop yield and economic profit on the Loess Plateau. *European Journal of Agronomy*, 2023. 143, P. 126731.
- Mahalik M. K., Mallick H., Padhan H. Do educational levels influence the environmental quality? The role of renewable and non-renewable energy demand in selected BRICS countries with a new policy perspective. *Renewable Energy*, 2021. 164, P. 419–432.
- Martinez-Mena M., Carrillo-López E., Boix-Fayos C., Almagro M., Franco N.G., Díaz-Pereira E., Montoya I., De Vente J. Long-term effectiveness of sustainable land management practices to control runoff, soil erosion, and nutrient loss and the role of rainfall intensity in Mediterranean rainfed agroecosystems. *Catena*, 2020. 187, P. 104352.
- Mamatov F. M., Karimov A. A. Potato digger with latticed plowshares and oscillating rods. *E3S Web of Conferences*, 2023. 401, P. 04029.
- Oyetunji O., Bolan N., Hancock G. A comprehensive review on enhancing nutrient use efficiency and productivity of broadacre (arable) crops with the combined utilization of compost and fertilizers. *Journal of environmental management*, 2022. 317, P. 115395.
- Polyakov V. I., Karpuk L. M., Prymak I. D., Pavlichenko A. A., Karaulna, V. M., Yezerkovksa, L. V., Kulyk, R. M., Shokh, S. S. Influence of seeding density and fertilizing on water consumption, growth and development of maize hybrids. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2021. 11(1), P. 32–37.

- Pashchenko V. F., Syromyatnikov Y. N. The transporting ability of the rotor of the soil-cultivating loosening and separating vehicle. *Tractors And Agricultural Machinery*, 2019. 86(2), P. 67–74.
- Reicosky D. Conservation agriculture systems: Soil health and landscape management. *In Advances in Conservation Agriculture*, 2020. P. 87–154.
- Richard B., Qi A., Fitt B. D. Control of crop diseases through Integrated Crop Management to deliver climate-smart farming systems for low- and high-input crop production. *Plant Pathology*, 2022. 71(1), P. 187–206.
- Spinoni J., Barbosa P., Cherlet M., Forzieri G., McCormick N., Naumann G., Vogt J.V., Dosio A. How will the progressive global increase of arid areas affect population and land-use in the 21st century? *Global and Planetary Change*, 2021. 205, P. 103597.
- Smirnov M., Smirnov P., Alexeev E., Maksimov I., Kazakov Y., Prokopeva E. Influence of soil-protective technologies on the characteristics of the soils of hop plants. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019. 346 (1), P. 012018.
- Singh R. J., Deshwal J. S., Sharma N. K., Ghosh B. N., Bhattacharyya R. Effects of conservation tillage based agro-geo-textiles on resource conservation in sloping croplands of Indian Himalayan Region. *Soil and Tillage Research*, 2019. 191, P. 37–47.
- Syromyatnikov Y. N. Substantiation of the parameters of a soil tillage machine ripper. *Engineering Technologies and Systems*, 2021. 31(2), P. 257–273.
- Syromyatnikov Y. N., Khramov N. S. The process of trimming and raising the soil by the working bodies of the soil treatment and separation installation. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*, 2021. 1(33), P. 86–96.
- Syromyatnikov, Y. N. Ways to Reduce the Specific Pressure of Wheeled Thrusters on the Soil. *Agriculture*, 2017. (4), P. 95–103.
- Yu C., Moslehpour M., Tran T. K., Trung L. M., Ou J. P., Tien N. H. Impact of non-renewable energy and natural resources on economic recovery: Empirical evidence from selected developing economies. *Resources Policy*, 2023. 80, P. 103221.
- Zhou Z., Shi H., Fu Q., Li T., Gan T.Y., Liu S. Assessing spatiotemporal characteristics of drought and its effects on climate-induced yield of maize in Northeast China. *Journal of Hydrology*, 2020. 588, P. 125097.
- Zhang T., Xiong W., Sapkota T. B., Jat M. L., Montes C., Krupnik T. J., Jat R. K., Karki S., Nayak H., Faisal A. A., Jat H. S. The optimization of conservation agriculture practices requires attention to location-specific performance: evidence from large scale gridded simulations across South Asia. *Field Crops Research*, 2022. 282, P. 108508.

References (translated & transliterated)

- Buragienė, S., Šarauskis, E., Romaneckas, K., Adamavičienė, A., Kriaučiūnienė, Z., Avizienytė, D., Marozas, V., & Naujokienė, V. (2019). Relationship between CO₂ emissions and soil properties of differently tilled soils. *Science of the Total Environment*, 662, 786–795. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.236> [in English].
- Biswas, B., Nirola, R., Biswas, J. K., Pereg, L., Willett, I. R., & Naidu, R. (2019). Environmental microbial health under changing climates: state, implication and initiatives for high-performance soils. *Sustainable Agriculture Reviews 29: Sustainable Soil Management: Preventive and Ameliorative Strategies*, 1–32. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26265-5_1 [in English].
- Buber, A. L., Bondarik, I. G., & Buber, A. A. (2020). Development of approaches to water resources management in the lower kuban to ensure water user requirements in low-water years. *Irrigation and drainage*, 69(1), 3–10. <https://doi.org/10.1002/ird.2387> [in English].
- Demydenko, O., Bulygin, S., Velychko, V., Kaminsky, V., & Tkachenko, M. (2021). Soil moisture potential of agrocenoses in the Forest-Steppe of Ukraine. *Agricultural Science and Practice*, 8(2), 49–61. <https://doi.org/10.15407/agrisp8.02.049> [in English].
- Fomenko, T. G., Popova, V. P., Chernikov, E. A., Makarova, A. A., & Yaroshenko, O. V. (2022). Effect of Long-Term Drip Irrigation of Fruit Orchard on the Transformation of Properties of Chernozems. *Eurasian Soil Science*, 55(9), 1266–1277. <https://doi.org/10.1134/S1064229322090058> [in English].
- Giannitsopoulos, M. L., Burgess, P. J., & Rickson, R. J. (2020). Effects of conservation tillage drills on soil quality indicators in a wheat–oilseed rape rotation: organic carbon, earthworms and water-stable aggregates. *Soil Use and Management*, 36(1), 139–152. <https://doi.org/10.1111/sum.12536> [in English].

Hanhur, V. V., Len, O. I., & Hanhur, N. V. (2021). Effect of minimizing soil tillage on moisture supply and spring barley productivity in the zone of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 128–134. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.15> [in English].

Hanhur, V. V., Kosminskyi, O. O., & Mishchenko, O. V. (2021). Influence of mineral fertilizers on the content of nutrients in the soil and the yield of sunflower hybrids of different maturity groups. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 116–121. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.13> [in English].

Hanhur, V. V., & Kotliar, Y. O. (2021). Influence of predecessors on water consumption and productivity of winter wheat in the zone of the left-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1, 122–127. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.14> [in English].

He, Y., Manful, D., Warren, R., Forstehäusler, N., Osborn, T. J., Price, J., Jenkins, R., Wallace, C., & Yamazaki, D. (2022). Quantification of impacts between 1.5 and 4 C of global warming on flooding risks in six countries. *Climatic Change*, 170(1–2), 15. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03289-5> [in English].

Kuts, O., Dukhin, Y., Rudym, Y., Yarokhno, N., Shapko, M., Korsun, S., Bilivets, I., & Voloshchuk, N. (2022). Effect of mycohelpbiofungicide on sowing qualities of vegetable plant seeds. *Vegetable and Melon Growing*, (71), 67–75. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2022-71-67-75> [in English].

Kuts, O., Yakovchenko, A., Semenenko, S., Semenenko, I., Yakovchenko, O., Kokoyko, V., Hulyak, N., & Suchkova, V. (2022). Investigation of allelopathic influence on sweet potato plants of main weeds and agricultural plants. *Vegetable and Melon Growing*, (71), 49–58. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2022-71-49-58> [in English].

Kuts, O., Kokoiko, V., Paramonova, T., Mykhailyn, V., & Syromiatnykov, Y. (2022). Influence of the fertiliser system on the soil nutrient regime and onion productivity. *Plant & Soil Science*, 13(4), 16–26. [https://doi.org/10.31548/agr.13\(4\).2022.17-26](https://doi.org/10.31548/agr.13(4).2022.17-26) [in English].

Kong, D., Liu, N., Wang, W., Akhtar, K., Li, N., Ren, G., Feng, Y., & Yang, G. (2019). Soil respiration from fields under three crop rotation treatments and three straw retention treatments. *PLoS One*, 14(9), e0219253. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219253> [in English].

Li, J., Wang, Y. K., Guo, Z., Li, J. B., Tian, C., Hua, D. W., Shi, C. D., Wang, H. Y., Han, J. C., & Xu, Y. (2020). Effects of conservation tillage on soil physicochemical properties and crop yield in an arid Loess Plateau, China. *Scientific Reports*, 10(1), 4716. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61650-7> [in English].

Luetzenburg, G., Bittner, M. J., Calsamiglia, A., Renschler, C. S., Estrany, J., & Poepl, R. (2020). Climate and land use change effects on soil erosion in two small agricultural catchment systems Fugnitz–Austria, Can Revull–Spain. *Science of the Total Environment*, 704, 135389. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135389> [in English].

Li, H., Zhang, Y., Sun, Y., Liu, P., Zhang, Q., Wang, X., Wang, R., & Li, J. (2023). Long-term effects of optimized fertilization, tillage and crop rotation on soil fertility, crop yield and economic profit on the Loess Plateau. *European Journal of Agronomy*, 143, 126731. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126731> [in English].

Mahalik, M. K., Mallick, H., & Padhan, H. (2021). Do educational levels influence the environmental quality? The role of renewable and non-renewable energy demand in selected BRICS countries with a new policy perspective. *Renewable Energy*, 164, 419–432. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.09.090> [in English].

Martinez-Mena, M., Carrillo-López, E., Boix-Fayos, C., Almagro, M., Franco, N. G., Diaz-Pereira, E., Montoya, I., & De Vente, J. (2020). Long-term effectiveness of sustainable land management practices to control runoff, soil erosion, and nutrient loss and the role of rainfall intensity in Mediterranean rainfed agroecosystems. *Catena*, 187, 104352. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104352> [in English].

Mamatov, F.M., & Karimov, A.A. (2023). Potato digger with latticed plowshares and oscillating rods. *In E3S Web of Conferences*, 401, 04029. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340104029> [in English].

Oyetunji, O., Bolan, N., & Hancock, G. (2022). A comprehensive review on enhancing nutrient use efficiency and productivity of broadacre (arable) crops with the combined utilization of compost and fertilizers. *Journal of environmental management*, 317, 115395. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115395> [in English].

- Polyakov, V. I., Karpuk, L. M., Prymak, I. D., Pavlichenko, A. A., Karaulna, V. M., Yezerkovksa, L. V., Kulyk, R. M., & Shokh, S. S. (2021). Influence of seeding density and fertilizing on water consumption, growth and development of maize hybrids. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(1), 32–37. https://doi.org/10.15421/2020_305 [in English].
- Pashchenko, V. F., & Syromyatnikov, Y. N. (2019). The transporting ability of the rotor of the soil-cultivating loosening and separating vehicle. *Tractors And Agricultural Machinery*, 86(2), 67–74. <https://doi.org/10.31992/0321-4443-2019-2-67-74> [in English].
- Reicosky, D. (2020). Conservation agriculture systems: Soil health and landscape management. *In Advances in Conservation Agriculture*, 87–154 [in English].
- Richard, B., Qi, A., & Fitt, B. D. (2022). Control of crop diseases through Integrated Crop Management to deliver climate-smart farming systems for low- and high-input crop production. *Plant Pathology*, 71(1), 187–206. <https://doi.org/10.1111/ppa.13493> [in English].
- Spinoni, J., Barbosa, P., Cherlet, M., Forzieri, G., McCormick, N., Naumann, G., Vogt, J. V., & Dosio, A. (2021). How will the progressive global increase of arid areas affect population and land-use in the 21st century?. *Global and Planetary Change*, 205, 103597. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2021.103597> [in English].
- Smirnov, M., Smirnov, P., Alexeev, E., Maksimov, I., Kazakov, Y., & Prokopeva, E. (2019). Influence of soil-protective technologies on the characteristics of the soils of hop plants. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 346 (1), 012018. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/346/1/012018> [in English].
- Singh, R. J., Deshwal, J. S., Sharma, N. K., Ghosh, B. N., & Bhattacharyya, R. (2019). Effects of conservation tillage based agro-geo-textiles on resource conservation in sloping croplands of Indian Himalayan Region. *Soil and Tillage Research*, 191, 37–47. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.03.012> [in English].
- Syromyatnikov, Y. N. (2021). Substantiation of the parameters of a soil tillage machine ripper. *Engineering Technologies and Systems*, 31(2), 257–273. <https://doi.org/10.15507/2658-4123.031.202102.257-273> [in English].
- Syromyatnikov, Y. N., & Khramov, N. S. (2021). The process of trimming and raising the soil by the working bodies of the soil treatment and separation installation. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*, 1(33), 86–96. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2020-2-10> [in English].
- Syromyatnikov, Y. N. (2017). Ways to Reduce the Specific Pressure of Wheeled Thrusters on the Soil. *Agriculture*, (4), 95–103. <https://doi.org/10.7256/2453-8809.2017.4.26797> [in English].
- Yu, C., Moslehpour, M., Tran, T. K., Trung, L. M., Ou, J. P., & Tien, N. H. (2023). Impact of non-renewable energy and natural resources on economic recovery: Empirical evidence from selected developing economies. *Resources Policy*, 80, 103221. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103221> [in English].
- Zhou, Z., Shi, H., Fu, Q., Li, T., Gan, T. Y., & Liu, S. (2020). Assessing spatiotemporal characteristics of drought and its effects on climate-induced yield of maize in Northeast China. *Journal of Hydrology*, 588, 125097. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125097> [in English].
- Zhang, T., Xiong, W., Sapkota, T. B., Jat, M. L., Montes, C., Krupnik, T. J., Jat, R. K., Karki, S., Nayak, H., Faisal, A. A., & Jat, H. S. (2022). The optimization of conservation agriculture practices requires attention to location-specific performance: evidence from large scale gridded simulations across South Asia. *Field Crops Research*, 282, 108508. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108508> [in English].

Отримано: 29.05.2023
Прийнято: 12.06.2023