



В. П. Шлапак, Н. В. Зворська

Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна

ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ В СИСТЕМІ ЛІСОВИХ СМУГ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

Досліджено вологозабезпеченість та вміст поживних речовин у ґрунті, а також визначено рівень кислотності ґрунтів в системі полезахисних смуг Правобережного Лісостепу України. Проведено ряд досліджень в межах дії екотону, значення якого має істотне значення в умовах глобальних змін клімату, та представлено дані, отриманні внаслідок проведених досліджень. З'ясовано позитивний вплив полезахисних лісових смуг висотою 20–23 м у зоні дії екотонних ландшафтів на фізико-хімічні властивості ґрунту, проте простежується зниження врожайності сільськогосподарських культур. Протирозійну ефективність насаджень визначали шляхом порівняння запасів вологи, рівнем кислотності, а також запасів гумусу, загального азоту, калію та фосфору в орному горизонті ґрунту, захищеному протирозійними лісовими смугами. Вологість ґрунту визначали за гравіметричним методом. Дослідженнями виявлено позитивний вплив лісосмуг на стан сільськогосподарських ґрунтів Правобережного Лісостепу України. Встановлено, що мікроклімат ґрунту на дослідних полях з посівами пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.), кукурудзи звичайної (*Zea mays* L.) та соняшнику однорічного (*Helianthus annuus* L.) можна визначити як вологий в межах екотонних ландшафтів та контролі. Охарактеризовано кліматичні та ґрунтові умови регіону за середньо багаторічними даними 1991–2020 рр. Розглянуто вміст поживних речовин, в тому числі, вміст рухомого азоту NO_3 , калію K_2O та фосфору P_2O_5 . Середній вміст гумусу являється низьким (2,3 %), що характерно для даного типу ґрунту. Простежується зменшення гумусу в верхньому 0–20 см шарі ґрунту порівняно з наявністю його у 0–40 см шарі ґрунту. Реакція ґрунтового розчину – нейтральна, тобто рівень кислотності в межах норми та в середньому становить 6,3 pH. Проаналізовано запаси загальної та доступної вологи ґрунтів, які відповідно становлять 67,9 і 41,2 мм у межах екотону та 67,2 і 40,6 мм у контролі. Спостерігаємо зменшення запасів вологи, хоч і частку різниці запасу вологи в контролі є досить незначним, відносно даних у межах екотону – 0,7 мм при запасах загальної вологи та 0,6 мм при запасах доступної вологи. Значення вологості ґрунтів у межах екотону на відстані від полезахисних лісових смуг (від 5 до 20 м) також мають досить не істотну різницю.

Ключові слова: кислотність; вологість; запаси поживних речовин; врожайність; екотонні ландшафти; дослідні поля.

Вступ / Introduction

Існує безліч форм деградації ґрунту, але для сільськогосподарської діяльності найбільш важливими з них є наступні: ерозія, засолення й окислення. За даними ФАО ООН "Стан ґрунтових ресурсів світу" (2017), внаслідок ерозійних процесів щороку на планеті втрачається від 25 до 40 млрд тонн верхнього шару ґрунту, що значно знижує врожайність агрокультур [1, 31]. Через швидку урбанізацію та надмірні методи ведення сільського господарства (оброблення полів, використання пестицидів і невідповідні методи зрошення) рівні засолення й кислотності ґрунту підвищуються до такої міри, що полям більше не властива родючість бажана для сільського господарства. Порушення технологій

при проведенні сільськогосподарських операцій, зокрема при обробці полів, розбиває поверхню на дрібні шматочки. Ця проблема посилюється використанням новітнього технологічного обладнання. Варто відзначити, що обробіток ґрунту впливає на вітрову ерозію, внаслідок зневоднення землі утворюються більш дрібні часточки, які легко підбираються вітром [9]. Вирубка лісів та полезахисних лісосмуг або ж недбале відношення до них є однією з причин, яка призводить до ерозії. Оскільки дерева допомагають утримувати ґрунт на місці, тому, коли вони вириваються з коренем, вітри й дощі виштовхують пухкий шар і каміння в струмки та ріки, внаслідок чого це призводить до небажаної седиментації. Створення полезахисних лісосмуг сьогодні є найбільш прогресивним методом боротьби із вказаними

Інформація про авторів:

Шлапак Володимир Петрович, д-р с.-г. наук, професор, кафедра лісового господарства. Email: shlapakwp@gmail.com;

<https://orcid.org/0000-0001-8710-5662>

Зворська Наталія Володимирівна, аспірант, кафедра лісового господарства. Email: shlapakwp@gmail.com;

<https://orcid.org/0000-0003-0727-5990>

Цитування за ДСТУ: Шлапак В. П., Зворська Н. В. Вологозабезпеченість і родючість ґрунту в системі лісових смуг Правобережного Лісостепу. Науковий вісник НЛТУ України. 2024, т. 34, № 1. С. 07–13.

Citation APA: Shlapak, V. P., & Zvorska, N. V. (2024). Moisture supply and soil fertility in the windbreak system of the Right-Bank Forest-Steppe. *Scientific Bulletin of UNFU*, 34(1), 07–13. <https://doi.org/10.36930/40340101>

негативними чинниками [21, 22, 30].

Об'єкт дослідження – стан, вологозабезпеченість та родючість ґрунтів в межах екотонних ландшафтів на території Правобережного Лісостепу України.

Предмет дослідження – методи і засоби аналізу вологості та запасів поживних речовин ґрунтів і їхній вплив на урожайність пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.), кукурудзи звичайної (*Zea mays* L.) та соняшнику однорічного (*Helianthus annuus* L.) в межах екотонних ландшафтів.

Мета роботи – оцінити вплив полезахисних лісосмуг на стан ґрунтів, вологозабезпеченість та врожайність сільськогосподарських культур в умовах екотонних ландшафтів Правобережного Лісостепу України.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі **основні завдання** дослідження: охарактеризувати ґрунти та запаси поживних речовин; встановити вплив полезахисних лісосмуг на вологість і кислотність ґрунтів та врожайність сільськогосподарських культур в умовах екотонних ландшафтів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Згідно з дослідженнями великої аудиторії науковців, можна виділити природну та пришвидшену або антропогенну ерозію ґрунтів [3, 20, 23, 33, 35]. Ці два типи значно відрізняються за швидкістю перебігу. Ерозія ґрунтів може розвиватись з різним темпом залежно від певних обставин [2, 3, 20]. Попри те, наскільки швидко вона розвивається, вона неминуче впливає на продуктивність земель, родючість, погіршує якість води та порушує водовідведення. Природна ерозія ґрунтів відзначається довгим протіканням та може тривати від двох до семи тисячоліть [23, 24, 25]. Через антропогенні чинники, зокрема нераціональну сільськогосподарську діяльність людини, пришвидшена ерозія ґрунтів може відбутися всього тільки за 10-30 років [8, 12, 13, 22]. Основними чинниками тут є надмірне удобрення, порушення технологій обробітку ґрунту, вирубування лісів та полезахисних лісосмуг [15, 24, 29, 35].

Створення захисних лісових деревно-чагарникових насаджень в аграрних ландшафтах істотно позначається на збільшенні снігового шлейфу в зоні їхньої дії. Сніговий шлейф розповсюджувався на відстань до 50 м від лісосмуги [18]. Вирощування та збереження біологічно стійких насаджень, які максимально забезпечують ґрунтозахисні функції лісів, попереджують вітрову та водну ерозію ґрунтів, є головним напрямком ґрунтозахисних лісів [12, 18, 33].

Одним із найважливіших чинників родючості ґрунтів фермери з усього світу вважають вологу [5, 17, 28]. Ерозія та виснаження ґрунту сприяють процесу забруднення ґрунтових вод, а затверділа структура перешкоджає протіканню води в глибші шари землі. Ефект поганого дренажу, водночас, підсилює ерозію через щільну засипку, тож продуктивність землі можна втратити через недостатній рівень вологості ґрунту [10, 16, 18]. Нині EOS Crop Monitoring вважається однією з надійних платформ для агробізнесу на основі супутникових даних, яка полегшує ведення сільськогосподарських робіт на всіх етапах вирощування культур [5, 9, 19]. Дані щодо зонування, стану посівів, продуктивності операцій, погодних умов й функціонування техніки дають можливість приймати виважені та успішні рішення. Дистанційне зондування є ефективним інструментом, який надає господарствам детальну інформацію за

всіма вказаними вище критеріями. Карти вологості ґрунту допомагають отримати всі необхідні дані всього за кілька кліків. Внаслідок ви будете мати карту з легендою, яка описує значення кожного пікселя і графік (криву вмісту вологи в ґрунті). Користувач може аналізувати цю криву на різних рівнях (шарах), визначати зони підтоплення та аналізувати історичні дані за п'ять років у різних регіонах. Отже, фермери можуть порівнювати результати.

У 2010 році Всесвітня метеорологічна організація внесла вологість ґрунту в перелік п'ятдесяти ключових кліматичних змінних, рекомендованих для систематичного вивчення та спостереження [17, 30, 34]. Значення вологості ґрунту розраховується співвідношенням кількості води до певної кількості ґрунту і виражається в процентному співвідношенні води до маси або об'єму сухого ґрунту або дюймах вологи на фут ґрунту в глибину. Доступна для рослин волога – це кількість води, яку рослина здатна поглинути за певний період часу. *Доступна волога* – це різниця між максимальною кількістю води, яка може утримуватися в землі і тією межею, коли рослина вже не може її отримувати. Вона виражається в дюймах доступної вологи на фут глибини ґрунту [11, 32]. Співвідношення наявної вологи до потенціалу не є універсальним і залежить від характеристик ґрунту певного регіону, наприклад, текстури і щільності. На підставі значення доступної рослинам вологи розробляють іригаційний план.

Наразі існує безліч способів запобігання ерозії. Вони ж підходять для боротьби з уже наявною деградацією ґрунтів. Ось деякі з них [9, 14]:

- використання технологій снігозатримання, таких як No-Till та Strip-Till;
- висадка дерев, трав і чагарників, що захищають територію від вітрів, змивів і запобігають окисленню;
- використання системи CTF (системи контрольованого руху техніки по полю);
- контроль за вирубкою лісів.

Зрозуміло, що більшість таких заходів приносять власникам угідь додаткові витрати. Однак, варто пам'ятати, що результати ерозії ґрунтів також негативно впливають на врожайність полів, а, отже, запобігання ерозії ґрунту означає збереження природної родючості ґрунту та мінімізацію внесення добрив і витрат на управління [4, 29].

Матеріали та методи дослідження. Основними із застосованих методів були такі, як аналіз, спостереження, вимірювання та порівняння [31]. Процес включав попередній відбір зразків і їх подальший аналіз безпосередньо в лабораторії. Відбір зразків проводився за допомогою буру для забору проб, на якому через кожні 10 см нанесені мітки. Також використовувалися алюмінієві термостійкі стаканчики (бюкси), які попередньо зважували пустими та контейнер, куди щільно виставлялися стаканчики для транспортування в поле, а надалі в лабораторію для подальшого зважування та сушіння. Дослідження проводилися з чітким дотриманням методичних вимог щодо планування та проведення дослідів, вибору умов і об'єктів досліджень [31]. Було закладено 45 пробних площ і взято 90 зразків ґрунту на території колективних господарств Уманського району Черкаської області у чотирьох варіантах (на 5, 10, 15, 20 м по відношенню від лісосмуги) у межах екотону та контрольні ділянки у трьох повторностях. Для оброблення

даних, отриманих під час досліджень, використовували математико-статистичні методи.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

На території України утворились різні типи ґрунтів. Їх розподіл на рівнинах підпорядковується закону широтної зональності (змінюються з півночі на південь). У Правобережному Лісостепу України розповсюджені підзолисті та типові чорноземи, а також сірі лісові ґрунти. Типові чорноземи займають, в основному, використовувані в сільському господарстві площі, а на території держлісфонду мають досить обмежене поширення. Клімат загалом помірно-континентальний з відносно легкою зимою і теплим, сонячним літом. Вегетаційний період триває 107-210 діб, температура повітря за середньо багаторічними даними (1991-2020 рр.) становить 7,4 °С, відносна вологість – 76 % та сума опадів 633 мм. Варто признати, що кліматичні та ґрунтові умови регіону є досить сприятливими для росту, як цілого ряду дерев і кущових порід, так і сільськогосподарських культур. Однак, варто враховувати деякі негативні чинники, такі як пізні весняні заморозки, нерівномірний розподіл снігового покриву, дощі у вигляді злив тощо.

Табл. 1. Запаси поживних речовин (NPK, pH, гумус) соняшнику однорічного / Nutrient reserves (NPK, pH, humus) of annual sunflower

Вариант	Горизонт	Гумус, %	pH	NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
I	0-20	2,2	6,15	127,8	117,0	183,4
	20-40	2,4	6,20	114,8	118,0	169,6
	середнє	2,3	6,17	121,3	117,5	176,5
	HIP _{0,5}	1,01	1,23	1,89	1,65	2,03
II	0-20	2,4	6,2	135,1	102,1	162,5
	20-40	2,3	6,28	124,6	100,2	169,2
	середнє	2,35	6,24	129,8	101,1	165,8
	HIP _{0,5}	1,33	1,01	2,62	1,93	1,59
III	0-20	2,4	6,22	149,1	112,0	250,6
	20-40	2,6	6,26	142,8	114,0	273,4
	середнє	2,5	6,24	145,9	113	262
	HIP _{0,5}	1,27	1,03	1,47	1,83	2,59
IV	0-20	2,7	6,3	216,3	102,0	219,0
	20-40	2,7	6,32	155,4	96,1	242,8
	середнє	2,7	6,3	185,8	99,05	230,9
	HIP _{0,5}	0,99	0,87	2,58	2,91	2,57
K	0-20	2,2	6,15	133,0	73,1	94,1
	20-40	2,3	6,08	112,0	70,1	73,8
	середнє	2,2	6,11	122,5	71,5	83,9
	HIP _{0,5}	1,05	1,04	1,15	1,19	2,62

Гумус є одним із найістотнішим показником родючості ґрунту. Його вміст впливає як на біологічні, так і хімічні та фізико-хімічні властивості ґрунту. Чим вищий вміст гумусу в ґрунті, тим кращі він має властивості. Темно-сірі та чорноземи опідзолені характеризуються низьким вмістом гумусу та азоту, підвищенням калію та високим фосфором. Водночас є ґрунти з відносно низьким вмістом і фосфору і калію. Нами проведено аналіз ґрунту на дослідних ділянках на території господарств Уманського району Черкаської області. Досліджувалися запаси загальної та доступної вологи в ґрунті перед сівбою та під час весняної вегетації, кислотність та запаси поживних речовин в посівах таких сільськогосподарських культур, як пшениці озимої, кукурудзи звичайної та соняшнику однорічного. Середній вміст гумусу, рухомого азоту, фосфору та калію, а та-

кож рівень кислотності в ґрунтах ріллі, захищених протиерозійними лісовими смугами, отримані внаслідок наших досліджень показані в табл. 1, 2, 3.

Як видно з табл. 1, найбільший вміст NO₃ в ґрунтах посівів соняшнику однорічного спостерігався у варіанті IV (20 м від полезахисної смуги). Також у цьому варіанті було виявлено високий вміст P₂O₅ та K₂O. Хоча найбільша кількість K₂O в ґрунті спостерігалась у варіанті III (15 м від полезахисної смуги) – 273,4 мг/кг, P₂O₅ у варіанті I (5 м від полезахисної смуги) – 118,0 мг/кг.

Табл. 2. Запаси поживних речовин (NPK, pH, гумус) пшениці озимої / Nutrient reserves (NPK, pH, humus) of winter wheat

Вариант	Горизонт	Гумус, %	pH	NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
I	0-20	2,3	6,57	116,2	161,0	127,5
	20-40	2,4	6,62	112,7	144,0	77,3
	середнє	2,3	6,59	114,45	152,5	102,4
	HIP _{0,5}	1,04	1,92	1,56	1,83	2,22
II	0-20	2,7	6,60	119,0	137,0	118,7
	20-40	2,7	6,55	105,7	113,0	75,6
	середнє	2,7	6,57	112,3	125	97,15
	HIP _{0,5}	0,91	1,34	2,07	1,04	2,97
III	0-20	2,8	6,94	126,7	91,1	168,0
	20-40	2,3	6,83	107,1	86,1	82,0
	середнє	2,55	6,88	116,9	88,6	125,0
	HIP _{0,5}	1,45	1,56	2,45	1,03	1,98
IV	0-20	2,2	6,92	137,9	110,0	168,4
	20-40	2,5	6,83	94,5	96,1	68,4
	середнє	2,3	6,87	116,2	103,05	118,4
	HIP _{0,5}	1,45	1,04	2,45	2,95	2,88
K	0-20	2,3	5,81	112,7	83,1	105,3
	20-40	1,95	5,60	116,9	91,1	57,7
	середнє	2,12	5,7	114,8	87,1	81,5
	HIP _{0,5}	1,45	1,05	1,04	2,01	2,33

Табл. 3. Запаси поживних речовин (NPK, pH, гумус) кукурудзи звичайної / Nutrient reserves (NPK, pH, humus) of maize

Вариант	Горизонт	Гумус, %	pH	NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
I	0-20	2,2	6,92	122,5	151,0	167,6
	20-40	2,5	6,83	113,4	131,0	137,0
	середнє	2,3	6,87	117,9	141,0	152,3
	HIP _{0,5}	1,56	1,67	1,25	1,58	2,46
II	0-20	2,5	6,55	128,8	239,0	191,0
	20-40	2,2	6,58	115,5	140,0	107,0
	середнє	2,3	6,56	122,15	189,5	149,0
	HIP _{0,5}	1,45	1,78	2,44	2,87	1,78
III	0-20	2,2	6,53	127,4	135,0	184,0
	20-40	2,7	6,27	103,6	113,0	131,9
	середнє	2,4	6,40	115,5	124,0	157,9
	HIP _{0,5}	1,56	2,31	1,12	2,56	2,76
IV	0-20	2,8	6,55	144,9	128,0	201,3
	20-40	1,95	6,22	105,0	85,3	94,1
	середнє	2,37	6,38	124,9	106,6	147,7
	HIP _{0,5}	2,65	1,56	2,67	2,45	2,14
K	0-20	2,4	6,14	128,2	112,0	136,8
	20-40	2,5	6,43	112,0	79,1	80,3
	середнє	2,4	6,28	120,1	95,5	108,5
	HIP _{0,5}	1,67	1,16	2,15	2,44	2,56

З табл. 2 можемо бачити, що найбільший вміст NO₃ в ґрунтах посівів пшениці озимої спостерігався у варіанті IV (20 м від полезахисної смуги). Також у цьому варіанті було виявлено високий вміст K₂O, хоча найбільша кількість K₂O в ґрунті спостерігалась у варіанті III (15 м від полезахисної смуги) – 168,4 мг/кг у

верхньому шарі ґрунту та 82,0 мг/кг у орному. Найвищий рівень P₂O₅ виявлено у варіанті І (5 м від поляхисної смуги) – 161,0 та 144,0 мг/кг.

Як видно з табл. 3, найбільший вміст NO₃ та K₂O в ґрунтах посівів кукурудзи звичайної також спостерігалася у варіанті IV (20 м від поляхисної смуги). Найбільша ж кількість P₂O₅ в ґрунті спостерігалася у варіанті II (10 м від поляхисної смуги) – 239,0 мг/кг.

У табл. 1,2,3 простежується закономірність наявності вмісту гумусу у шарі ґрунту 0-40 см більше, ніж у шарі ґрунту 0-20 см. Це можна пояснити виносом гумусу під час інтенсивного сільськогосподарського користування.

Середні дані вмісту гумусу та реакцію ґрунтового розчину відображено на рис. 1. Згідно з даними діаграми, бачимо, вміст гумусу у межах екотону в середньому становить 2,4-2,5 %, у контролі – 2,2-2,3 %. Рівень кислотності становить відповідно 6,5 рН та 6,0 рН (рис. 1).

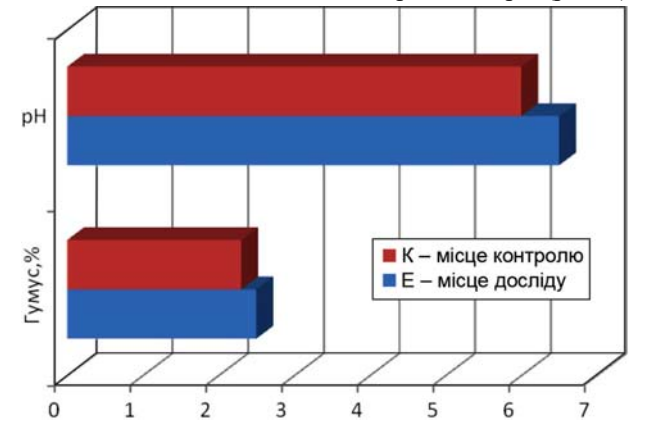


Рис. 1. Лінійна діаграма запасу гумусу та кислотності ґрунтів / Line diagram of humus stock and soil acidity

Табл. 4. Аналіз вологості ґрунтів пробних площ з посівами пшениці озимої / Soil moisture analysis of test plots with winter wheat crops

Варіант	Вологість, %	Щільність ґрунту	Запаси загальної вологи		Запаси не-доступної вологості, мм	Запаси доступної вологи	
			мм	середнє значення		мм	середнє значення
1 ВП							
0-20	27,67	1,24	68,61	68,5	26,30	42,32	41,85
20-40	26,89	1,27	68,30		26,92	41,38	
HIP _{0,5}	—	—	—	2,34	—	—	2,16
2 ВП							
0-20	27,97	1,24	69,38	69,01	26,29	43,09	42,48
20-40	27,08	1,27	68,78		26,92	41,86	
HIP _{0,5}	—	—	—	2,13	—	—	2,67
3 ВП							
0-20	31,25	1,24	77,49	72,92	26,29	51,20	46,31
20-40	26,91	1,27	68,34		26,92	41,42	
HIP _{0,5}	—	—	—	2,15	—	—	2,13
4 ВП							
0-20	28,79	1,24	71,37	69,86	26,29	45,08	43,25
20-40	26,91	1,27	68,34		26,92	41,42	
HIP _{0,5}	—	—	—	2,44	—	—	2,51
КП							
0-20	25,59	1,24	63,46	66,48	26,288	37,17	39,87
20-40	27,36	1,27	69,49		26,924	42,57	
HIP _{0,5}	—	—	—	2,67	—	—	2,88

Тобто, розглянувши представлену вище лінійну діаграму (рис. 1), можемо визначити, що вміст гумусу є низьким, що характерно для типів ґрунту даного регі-

ону та становить в середньому 2,3 %. Реакція ґрунтового розчину нейтральна, тобто рівень кислотності в межах норми та в середньому становить 6,3 рН.

Вологість ґрунту визначали гравіметричним методом за допомогою такої формули

$$W = \frac{m_{(вог)} - m_{(сух)}}{m_{(сух)}} \cdot 100,$$

де: $m_{(вог)}$ – маса вологого ґрунту, г; $m_{(сух)}$ – маса висушеного ґрунту, г; W – вміст вологи в ґрунті за волюметричним методом, %. Нагадаємо, гравіметричний аналіз, гравіметрія (англ. *Gravimetric Analysis*) – група методів кількісного визначення складу речовин, що засновані на вимірюванні їхньої маси або маси їхніх складових. Методи гравіметрії поділяються такі групи: методи осаджування; методи виділення; методи відгонки.

Дані аналізу проведених досліджень вологості ґрунтів наведено в табл. 4, 5, 6. Аналізуючи дані табл. 4, видно, що найвищу частку вологості ґрунту посівів пшениці озимої у варіанті III (15 м від лісової смуги) – 31,2. Запаси загальної вологи становлять 72,9, доступної вологи – 46,3. Найнижчий показник у контролі – 25,6, запаси загальної вологи становлять 66,5, доступної вологи – 39,9.

Табл. 5. Аналіз вологості ґрунтів пробних площ з посівами кукурудзи звичайної / Soil moisture analysis of test plots with maize crops

Варіант	Вологість, %	Щільність ґрунту	Запаси загальної вологи		Запаси не-доступної вологи, мм	Запаси доступної вологи	
			мм	середнє значення		мм	середнє значення
Горизонт							
1 ВК							
0-20	26,51	1,24	65,74	64,20	26,29	39,45	37,60
20-40	24,67	1,27	62,66		26,92	35,74	
HIP _{0,5}	—	—	—	2,31	—	—	2,22
2 ВК							
0-20	26,55	1,24	65,84	66,11	26,29	39,56	39,51
20-40	26,13	1,27	66,38		26,92	39,45	
HIP _{0,5}	—	—	—	2,67	—	—	2,54
3 ВК							
0-20	26,06	1,24	64,63	66,85	26,29	38,35	40,25
20-40	27,19	1,27	69,06		26,92	42,14	
HIP _{0,5}	—	—	—	2,25	—	—	2,41
4 ВК							
0-20	26,64	1,24	66,08	69,91	26,29	39,79	43,31
20-40	29,03	1,27	73,74		26,92	46,82	
HIP _{0,5}	—	—	—	2,17	—	—	2,10
КК							
0-20	31,40	1,24	77,87	72,64	26,29	51,58	46,04
20-40	26,54	1,27	67,41		26,92	40,49	
HIP _{0,5}	—	—	—	2,34	—	—	2,78

Як видно з табл. 5, найбільшу частку вологості в ґрунтах посівів кукурудзи звичайної спостерігався у контролі – 31,4 %. Запаси загальної вологи становлять 72,6 %, доступної вологи – 46,0 %.

Найбільшу частку вологості в ґрунтах посівів соняшнику однорічного, як видно з табл. 6, спостерігався у III варіанті – 28,6 %. Запаси загальної вологи становлять 71,6 мм, доступної вологи – 45,0 мм. У I варіанті та контролі вологість ґрунту практично відповідна.

Згідно зі схемою типізації за А. М. Шульгіним (табл. 7), клімат ґрунту на дослідних полях Правобережного Лісостепу України можна визначити як вологий (35-45 мм), як у межах екотону так і у контролі.

Табл. 6. Аналіз вологості ґрунтів пробних площ з посівами соняшнику однорічного / Soil moisture analysis of test plots with annual sunflower crops

Варіант Горизонт	Воло- гість, %	Щіль- ність грунту	Запаси загаль- ної вологи		Запаси не- доступної вологи, мм	Запаси доступ- ної вологи	
			мм	середнє значення		мм	середнє значення
1 BC							
0-20	25,82	1,24	64,04	62,62	26,29	37,75	36,02
20-40	24,10	1,27	61,20		26,92	34,28	
HIP _{0,5}	—	—	—	2,19	—	—	2,67
2 BC							
0-20	23,81	1,24	59,06	64,80	26,29	32,77	37,92
20-40	27,55	1,27	69,99		26,92	43,06	
HIP _{0,5}	—	—	—	2,16	—	—	2,18
3 BC							
0-20	28,38	1,24	70,39	71,60	26,29	44,10	44,99
20-40	28,66	1,27	72,80		26,92	45,88	
HIP _{0,5}	—	—	—	2,19	—	—	2,44
4 BC							
0-20	26,39	1,24	65,46	68,54	26,29	39,17	41,93
20-40	28,20	1,27	71,62		26,92	44,69	
HIP _{0,5}	—	—	—	2,65	—	—	2,68
KC							
0-20	24,17	1,24	59,94	62,52	26,29	33,65	35,91
20-40	25,62	1,27	65,09		26,92	38,16	
HIP _{0,5}	—	—	—	2,49	—	—	2,47

Табл. 7. Схема типізації клімату ґрунту (за А. М. Шульгінін) / Scheme of soil climate typification (by A. M. Shulgin)

Запас продуктивної вологи, мм		Клімат ґрунту
в орному шарі	в метровому шарі	
>50	>200	Надлишково-вологий
30-50	150-200	Вологий
20-30	100-150	Помірно вологий
10-20	50-100	Недостатньо вологий
<10	<50	Сухий

Коефіцієнт детермінації (R^2) при запасі загальної вологи дорівнює 0,999, доступної вологи 0,997, що свідчить про високу варіабельність отриманих даних (рис. 2). Про високий ступінь ймовірності зазначеного середнього значення свідчить також коротка планка похибки, відображена на рис. 2, яка вказує на те, що значення є локалізованими.

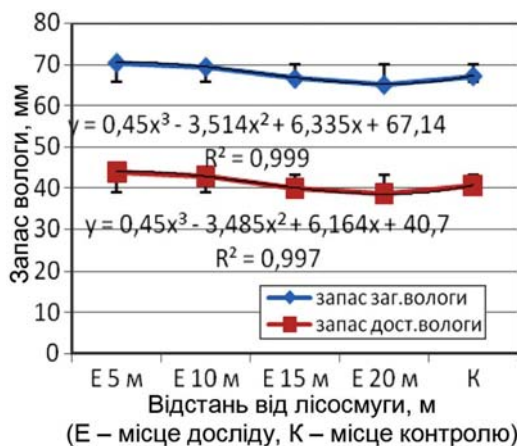


Рис. 2. Динаміка вологості ґрунтів, мм / Dynamics of soil moisture, mm

Так, згідно з даними графіка (рис. 3), можемо побачити, що значення вологості ґрунтів у межах екотону на відстані від позахисних лісових смуг (від 5 до 20 м) мають досить не істотну різницю. Планку похибки ві-

дображено для даного графіку з використанням стандартного відхилення величини похибки.

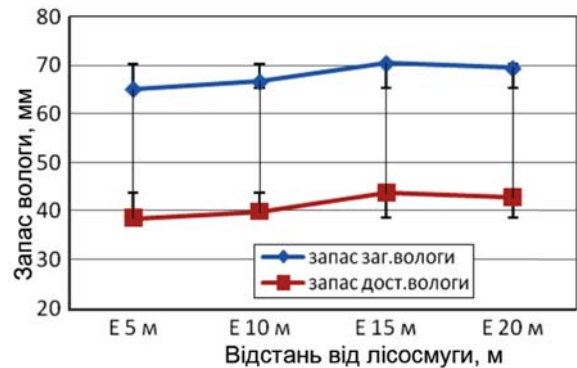


Рис. 3. Коридор коливання запасів вологи в межах екотону, мм / Corridor of moisture reserves fluctuation within the ecotone, mm

Аналізуючи дані вологості ґрунтів дослідних ділянок (рис. 4), спостерігаємо зменшення запасів вологи: загальної 67,9 мм і доступної 41,2 мм у межах екотону та відповідно 67,2 мм і 40,6 мм у контролі. Хоч і частка різниці запасу вологи в контролі є досить незначною, відносно даних у межах екотону – 0,7 мм при запасах загальної вологи та 0,6 мм при запасах доступної вологи.

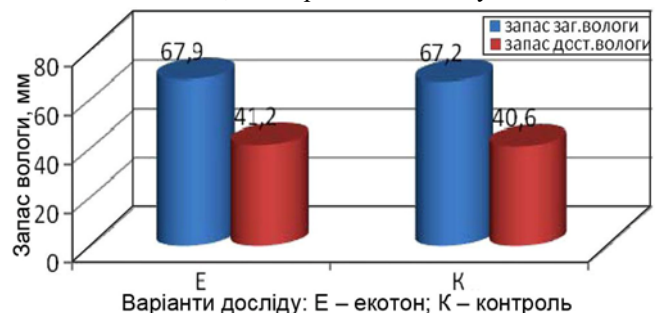


Рис. 4. Динаміка запасів вологи, мм / Dynamics of moisture reserves, mm

Обговорення результатів дослідження. Основним елементом лісоагравних ландшафтів як зазначає О. П. Ткачук [26] є лісомеліоративні насадження, в т. ч. позахисні лісові смуги, яких в Україні 440 тис. га, тоді як оптимальна їх величина повинна бути збільшена за дослідженнями О. П. Ткачука, С. О. Панкова [27] в 2-3 рази. Досліджуючи екологічні проблеми функціонування позахисних лісових смуг в умовах Правобережного Лісостепу України М. О. Клименко, О. П. Ткачук, С. О. Панков [15] вбачають позитивний вплив на польові угіддя лісових смуг, які захищають 20-30 га оброблюваної землі та підвищують врожайність сільськогосподарських культур приблизно на 15 %.

За останні десятиліття ґрунти України систематично деградують в наслідок надмірної розораності ґрунтів, інтенсивного механічного обробітку і зниження вмісту в ґрунтах органічної речовини, яка проявляється у деструктивних процесах верхнього шару, брилистості після оранки, наявності плужної підшви, переувільненні підорного і глибших шарів. Формуючи передумови переходу землеробства в Україні на екологічно збалансовані принципи О. П. Ткачук [26] зазначає, що фізично деградовані ґрунти зазнають ерозії, гірше вбирають й утримують атмосферну вологу, впливають на родючість ґрунту чим обмежують розвиток кореневих систем рослин.

Дослідження екотонів в ландшафтній організації сучасного надрапляємо в роботах Г. І. Денисика та ін. [7],

О. В. Чиркова [6], В. П. Коломійчук [16], та ін. У своїх дослідженнях Н. В. Зворська, В. П. Шлапак [36] акцентують увагу на тому, що лісові смуги формують екотони, ширина яких залежить від висоти лісосмуги. Тому метою цього дослідження було обґрунтування впливу екотону, створеного лісосмугою, на стан ґрунтів та врожайність сільськогосподарських культур.

Отже, за результатами виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – вперше для регіону дослідження встановлений вплив полезахисних лісосмуг на вологість і кислотність ґрунтів та врожайність сільськогосподарських культур в умовах екотонних ландшафтів.

Практична значущість результатів дослідження – результати дослідження зміни урожайності сільськогосподарських культур у межах екотону (до 20 м від лісосмуги) порівняно з урожайністю на відкритій ділянці поля можна використати при підборі асортименту рослин.

Висновки / Conclusions

Для вирішення поставленої проблеми було проведено комплексні дослідження полезахисної ролі лісових смуг, а саме: вплив їх на вологість, запаси поживних речовин у ґрунті та на урожайність пшениці озимої, кукурудзи звичайної та соняшнику однорічного в межах екотонних ландшафтів. За результатами виконаної роботи можна зробити такі висновки:

1. З'ясовано, що полезахисні лісові смуги висотою 20-23 м у зоні дії екотонних ландшафтів позитивно впливають на фізико-хімічні властивості ґрунту.
2. Простежено зменшення гумусу в верхньому 0-20 см шарі ґрунту порівняно з наявністю його у 0-40 см шарі ґрунту. Це пояснюється надмірною експлуатацією сільськогосподарських угідь.
3. Клімат ґрунту можна визначити як вологий, запаси доступної вологи становлять в середньому 41,2 мм у межах екотону та 40,6 мм у контролі.
4. Згідно з отриманими даними можемо відзначити, що рівень кислотності ґрунту в межах норми – 6-7 рН. Вміст гумусу є низьким – в середньому 2,3 %, що є характерним для даного типу ґрунтів.

References

1. AgroProfi is a Ukrainian weekly business information magazine. URL: <https://www.agroprofi.com.ua/>. [In Ukrainian].
2. Al-Kaisi, Mahdi, Hanna, Mark, Miller, Gerald, & Tidman, Michael. (2002, August). Soil erosion: effect on soil productivity. Iowa State University Extension and Outreach. IC-488(20) 19, 163. URL: <https://crops.extension.iastate.edu/encyclopedia/soil-erosion-effect-soil-productivity>
3. Balkovskiy, V. (2009). Erosion of soils on postmelioration agricultural landscapes of Western Polissya. *Scientific Bulletin Uzhgorod University. Series: Biology*, 2009, Vol. 26, 165–171. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/epozia/10.31073/agrovisnyk201906-02>. [In Ukrainian].
4. Bulygin, S. Yu., Vitvitsky, S. V., & Antonyuk, D. O. (2019). Direct sowing – no-till: agrophysical examination of the transition stage. *Bulletin of Agricultural Science*, 6(795), 13–20. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201906-02>
5. Cherlinka, V. (2023). Soil moisture and its significance for the development of agricultural crops. Web resource. URL: <https://eos.com/uk/blog/volohist-gruntu/>. [In Ukrainian].
6. Chirkova, O. V. (2010). The structure of forest strips as a constituent element of the ecological network. *Problems of ecology and nature protection of the man-made region*, 1(10), 97–104. [In Ukrainian].
7. Denysyk, G. I., Kiselyov, Y. O., Sonko, S. P., Shlapak, V. P., & Maksimeno, N. V. (2023). Ecotones in the landscape organization of the land. *Landscape science*, 2(2), 102–111. <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2022-2-102-111>
8. Dobrovolsky, V. V. (2001). Geography of soils with basics of soil science. Textbook for university students. Moscow: Publishing house "Vlados", 384 p. [In Russian].
9. EOS Data Analytics. (2024). Problems on Earth – solutions in space. URL: <https://eos.com/uk/>. [In Ukrainian].
10. Furdychko, O. I., & Stadnyk, A. P. (2008). Forest reclamation as the main factor in the stabilization of forest ecosystems. *Ecology and noospherology*, Vol. 19, Issue 3(4), 13–24. [In Ukrainian].
11. Gamayunova, V. V., Kachanova, T. V., & Isakova, O. Sh. (2014). Agriculture: methodical recommendations for performing laboratory work by full-time students of the field of study 6.090101 – "Agronomy". Mykolaiv: MNAU Publishing House, 37 p. [In Ukrainian].
12. Gensyruk, S. A., Nyzhnyk, M. S., & Wozniak, R. R. (1987). Recreational use of forests. Kyiv: Urozhai Publishing House, 245 p. [In Russian].
13. Hnatenko, O. F., Kapshtyk, M. V., Petrenko, L. R., & Vitvytskyi, S. V. (2005). Soil science with the basics of geology. Tutorial. Kyiv, 648 p. [In Ukrainian].
14. Ivanov, E. A., & Kovalchuk, I. P. (2012). Anthropogenization of landscapes: approaches, diagnostics, modeling. *Scientific Bulletin of Chernivtsi University*, Vol. 612-613, 54–59. URL: https://dnbuv.gov.ua/UJRN/Nvchnu_2012_612-613_15. [In Ukrainian].
15. Klymenko, M. O., Tkachuk, O. P., & Pankova, S. O. (2021). Ecological problems of the functioning of field protection forest strips in the conditions of the Pravoberezhny Forest Steppe. *Agriculture and forestry*, 1(20), 179–194. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-14>
16. Kolomyichuk, V. P. (2010). Protective forest strips as an element of the ecosystem of the steppe zone of Ukraine. *Environmental Herald*, Vol. 6, 11–12. [In Ukrainian].
17. Kozishkurt, S. M., & Tokar, I. V. (2021). Conservation of soil moisture is an important condition for effective agricultural production. *Sustainable development of the country within the framework of European integration*. Theses of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Higher Education Graduates and Young Scientists, November 11, 2021, pp. 102–104. Zhytomyr: "Zhytomyr Polytechnic" Publishing House. [In Ukrainian].
18. Kutsenko, M. V. (2006). Scientific and methodological principles of formation of soil protection and water protection agrolandscapes. *Scientific and methodological manual*. Kharkiv: "13 Typography" Publishing House, 90 p. [In Ukrainian].
19. Mudrak, O. V., & Mudrak, G. V. (2019). Ecological monitoring of agricultural landscapes of Ukraine as a basis for their optimization and effective use. *Collection of Scientific Works of VNAU. Agriculture and forestry*, Issue 14, 231–244. [In Ukrainian].
20. Nosko, B. N. (Ed.), Medvedeva, V. V., Truskavetskogo, R. S., & Chesnyaka, G. Ya. (1988). Soils of Ukraine and increasing their fertility. *Soil productivity, ways to increase it, land reclamation, protection of soils from erosion and fertility management*, Vol. 2. Kyiv: Urozhai Publishing House, 176 p. [In Russian].
21. Prykhodko, S. A., & Chirkova, O. V. (2009). Effectiveness of functioning of forest strips as ecological corridors of the eco-network. *Industrial Botany*, Vol. 9, 25–31. URL: <https://ddspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/9197>. [In Ukrainian].
22. Strelchuk, L. M. (2018). Forest protection strips as one of the means of combating agro-ecological risks in the territory of the Northern Black Sea region. *Taurian Scientific Bulletin*, Issue 118, 312–319. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.39>
23. Svitlichnyi, O. O., & Pyatkova, A. V. (2022). Water erosion of soils in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Bulletin of Odessa National University. Series: Geographical and geological sciences*, Vol. 26, Issue 2(39), 51–63. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2021.2\(39\).246191](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2021.2(39).246191)

24. Tikhonenko, D. G. (2010). Agrogenic soil formation and soil classification. *KHNAU Bulletin. Series: Soil science, agrochemistry, agriculture, forestry*, Vol. 5, 5–10. [In Ukrainian].
25. Tikhonenko, D. G., Horin, M. O., Laktionov, M. I. and others. (2005). *Pedology*. Textbook. Kyiv: Higher Education, 703 p. [In Ukrainian].
26. Tkachuk, O. P. (2022). Prerequisites for the transition of agriculture in Ukraine to ecologically balanced principles. *Environmental sciences*, 5(44), 144–149. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.21>
27. Tkachuk, O. P., & Pankova, S. O. (2023). Agricultural factors of influence on the ecological condition of the field protection forest strips of the Pravoberezhny Forest Steppe. *Agriculture and forestry*, 1(28), 183–194. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2023-1-13>
28. Usenko, L. (2020). Forest strips save the soil. Who will save them and when? Magazine "Offer", Issue 7-8. Web resource. URL: <https://propozitsiya.com.ua/lisosmugy-ryatuyut-grunty-hto-i-koly-vryatuye-yih>. [In Ukrainian].
29. Vlasenko, I. S., & Starodubtsev, V. M. (2018). Seasonal regularities of the influence of microrelief elements on the condition of winter wheat. *Scientific reports of the National University of Biosciences and Natural Resources of Ukraine*, 1(71). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2018.01.009>
30. Vysotska, N., Tamopilskiy, P., Pyvovar, T., Pasternak, V., & Boryse, O. (2024). Recommendations on the creation, restoration, reconstruction and maintenance of field protection forest strips in the steppe and forest-steppe zones of Ukraine. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Web resource. URL: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca7033uk>. [In Ukrainian].
31. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. G., Kostogryz, P. V., & Opryshko, V. P. (2014). *Basics of scientific research in agronomy*. Textbook. Vinnytsia: "Edelweiss and K" Publishing House, 332 p. URL: <https://z-lib.io/book/16420705>. [In Ukrainian].
32. Yukhnovsky, V. Yu. (2005). *Forest-agrarian landscapes of lowland Ukraine: optimization, regulations, ecological aspects*. Tutorial. Kyiv: Institute of Agrarian Economics, 273 p. [In Ukrainian].
33. Zapolsky, A. K., & Salyuk, A. I. (2004). *Principles of Ecology*. Textbook. Kyiv: Higher School, 382 p. [In Ukrainian].
34. Zaryshnyak, A. C., Balyuk, S. A., & Lisovyi, M. V. (2012). The balance of humus and nutrients in the soils of Ukraine. *Bulletin of Agricultural Science*, Issue 7, 28–32. URL: https://dnbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2012_1_5. [In Ukrainian].
35. Zuza, V. O., Pogromska, Ya. A., & Zuza, S. G. (2011). *Anti-erosion regulated agrolandscape as a protective measure for ecosystem restoration*, Vol. 11, 65–69. Donetsk: "Lebid" Publishing House. [In Ukrainian].
36. Zvorska, N. V., & Shlapak, V. P. (2022). Influence of field windbreaks within ekoton effect on sunflower yield on the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 32(2), 13–18. <https://doi.org/10.36930/40320202>

V. P. Shlapak, N. V. Zvorska

Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

MOISTURE SUPPLY AND SOIL FERTILITY IN THE WINDBREAK SYSTEM OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE

The moisture availability and nutrient content in the soil were studied, and the level of soil acidity in the system of field protection strips of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine was determined. A number of studies have been carried out within the framework of the ecotone, the role of which is essential in the context of global climate change, and the data obtained as a result of the research is presented. The positive impact of shelterbelts of 20-23 m in height in the zone of ecotone landscapes on the physical and chemical properties of the soil was found, although a decrease in crop yields was observed. The anti-erosion efficiency of the plantations was determined by comparing moisture reserves, acidity levels, as well as humus, total nitrogen, potassium, and phosphorus reserves in the arable soil horizon protected by anti-erosion forest strips. Soil moisture was determined by the gravimetric method. The study revealed a positive impact of forest belts on the condition of agricultural soils in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. It was found that the soil microclimate in the experimental fields with winter wheat (*Triticum aestivum* L.), maize (*Zea mays* L.) and annual sunflower (*Helianthus annuus* L.) can be defined as humid within ecotone landscapes and controls. The climatic and soil conditions of the region were characterized based on the average long-term data of 1991-2020. The nutrient content was analyzed, including the content of mobile nitrogen NO₃, potassium K₂O and phosphorus P₂O₅. The average humus content is low (2.3 %), which is typical for this soil type. There is a decrease in humus in the upper 0-20 cm soil layer compared to its presence in the 0-40 cm soil layer. The reaction of the soil solution is neutral, i.e. the acidity level is within the normal range and averages 6.3 pH. We analyzed the reserves of total and available soil moisture, which are 67.9 and 41.2 mm respectively within the ecotone and 67.2 and 40.6 mm in the control. We can observe a decrease in moisture reserves, although the percentage difference in moisture reserves in the control is quite insignificant relative to the data within the ecotone – 0.7 mm in total moisture reserves and 0.6 mm in available moisture reserves. The values of soil moisture within the ecotone at a distance from the field protection forest strips (from 5 to 20 m) also have a rather insignificant difference.

Keywords: acidity; humidity; nutrient reserves; yield; ecotone landscapes; experimental fields.