e-ISSN 2708-9754; ISSN 2307-1699
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ, 2026, Вип. 52
AGRICULTURAL MACHINES, 2026, Vol. 52

COMPARATIVE STUDY OF SOIL TILLAGE STRATEGIES IN THE SUMY AND MYKOLAIV REGIONS

M. Shelest *

Mykolaiv National Agrarian University, Mykolaiv, Ukraine

AGRICULTURAL MACHINES
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

Key words:
mechanical soil tillage,
zonal farming,
soil degradation,
Dry Steppe,
Forest-Steppe,
draft resistance,
moisture availability.

Article history:
Received 14.09.2026
Reviewed 30.09.2026
Approved 30.10.2026

****Corresponding author:***
koladj1992@gmail.com

ABSTRACT

The article presents the results of a comprehensive comparative study of mechanical soil tillage strategies under the contrasting soil and climatic conditions of the Forest-Steppe and Polissya (Sumy region) and the Dry Steppe (Mykolaiv region). The necessity of strict adherence to the zonal principle of farming is substantiated against the background of global climate change, the intensification of extreme weather events, and the progressive degradation of agricultural land. Based on a systemic analysis of geoinformation data (interactive soil maps) and professional literature, the impact of conventional moldboard plowing, deep moldboardless chiseling, and advanced resource-saving systems (Mini-Till, No-Till, Strip-Till) on key agroecological soil parameters is investigated in detail. Particular attention is paid to the biophysical processes of moisture transfer and changes in the structural-aggregate state of the arable layer. It is proven that for the conditions of the Sumy region (where sod-podzolic and gray forest soils prevail), the priority is differentiated tillage with periodic deep loosening (up to 35–40 cm) to destroy the plow pan, prevent overcompaction, improve gas aeration, and prevent water erosion on slopes. In contrast, for the Mykolaiv region, where southern chernozems dominate and a severe deficit of precipitation is observed, a critical requirement is the uncontested application of moisture-saving direct seeding technologies (No-Till) or strip tillage (Strip-Till). It is proven that the mandatory retention of crop residues as a protective mulch radically reduces physical evaporation and prevents destructive wind erosion (dust storms). A technical and economic comparison of the energy intensity of core operations is carried out based on mathematical models of draft resistance. It has been established that the transition to minimal interventions allows reducing fuel consumption from 18–25 L/ha to 3–6 L/ha, which confirms the absolute economic and environmental inefficiency of conventional plowing in arid regions. Based on the research results, an extended practical matrix for adapting tillage systems to the specifics of the studied zones has been developed, which will serve as an effective tool for making efficient managerial decisions in agribusiness.

DOI: 10.36910/acm.vi52.2333

To cite this article:
Shelest, M. (2026). Comparative study of soil tillage strategies in the sumy and mykolaiv regions. *Agricultural Machines*, *52*, 95-105. https://doi.org/10.36910/acm.vi52.2333

e-ISSN 2708-9754; ISSN 2307-1699
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ, 2026, Вип. 52
AGRICULTURAL MACHINES, 2026, Vol. 52

УДК 631.51:631.31:631.95

ПОРІВНЯЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРАТЕГІЙ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В СУМСЬКІЙ ТА МИКОЛАЇВСЬКІЙ ОБЛАСТЯХ

М.С. Шелест *

Миколаївський національний аграрний університет, Миколаїв, Україна

AGRICULTURAL MACHINES
АСМ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

Ключові слова:
механічний обробіток ґрунту,
зональне землеробство,
деградація ґрунтів,
Сухий Степ,
Лісостеп,
тяговий опір,
вологозабезпеченість

Історія публікації:
Отримано 14.09.2026
Прорецензовано 30.09.2026
Затверджено до друку 30.10.2026

****Автор для листування:***
koladj1992@gmail.com

АНОТАЦІЯ

У статті представлено результати комплексного порівняльного дослідження стратегій механічного обробітку ґрунту в контрастних ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу і Полісся (Сумська область) та Сухого Степу (Миколаївська область). Обґрунтовано необхідність суворого дотримання зонального принципу землеробства на тлі глобальних кліматичних змін, посилення екстремальних погодних явищ та прогресуючої деградації сільськогосподарських угідь. На основі системного аналізу геоінформаційних даних (інтерактивних карт ґрунтів) та фахової літератури детально досліджено вплив класичної лемішно-полицевої оранки, глибокого безполицевого чизелювання та новітніх ресурсозберігаючих систем (Mini-Till, No-Till, Strip-Till) на ключові агроекологічні показники ґрунту. Особливу увагу приділено біофізичним процесам вологоперенесення та змінам структурно-агрегатного стану орного шару. Доведено, що для умов Сумщини (де переважають дерново-підзолисті та сірі лісові ґрунти) пріоритетним є диференційований обробіток із періодичним глибоким розпушуванням (до 35–40 см) для руйнування плужної підошви, запобігання переущільненню, покращення газової аерації та попередження водної ерозії на схилах. Натомість для Миколаївщини, де домінують південні чорноземи і спостерігається жорсткий дефіцит опадів, критичною вимогою є безальтернативне застосування вологозберігаючих технологій прямого висіву (No-Till) або смугового обробітку (Strip-Till). Доведено, що обов'язкове збереження пожнивних решток як захисної мульчі радикально знижує фізичне випаровування та запобігає руйнівній вітровій ерозії (пиловим бурям). Здійснено техніко-економічне порівняння енергоємності основних операцій на базі математичних моделей тягового опору. Встановлено, що перехід до мінімальних втручань дозволяє скоротити витрати пального з 18–25 л/га до 3–6 л/га, що підтверджує абсолютну економічну та екологічну недоцільність традиційної оранки у посушливих регіонах. За результатами дослідження сформовано розширену практичну матрицю адаптації ґрунтообробних систем до специфіки досліджуваних зон, що слугуватиме дієвим інструментом для прийняття ефективних управлінських рішень в агробізнесі.

DOI: 10.36910/acm.vi52.2333

Цитувати цю статтю:
Шелест, М. С. (2026). Порівняльне дослідження стратегій обробітку ґрунту в сумській та миколаївській областях . *Сільськогосподарські машини*, *52*, 95-105. https://doi.org/10.36910/acm.vi52.2333

СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Механічний обробіток ґрунту історично залишається ключовим важелем регулювання його родючості, формування оптимальної архітектоніки орного шару та створення найкращих термодинамічних умов для росту й розвитку культурних рослин. Цей складний, багатогранний процес охоплює низку базових технологічних операцій, серед яких: перевертання скиби, розпушування, крошіння, ущільнення, вирівнювання поверхні та закриття вологи. Кожна з цих механічних дій має своє чітке агротехнічне та біофізичне призначення.

Зокрема, перевертання скиби забезпечує вертикальний перерозподіл ґрунтових шарів, що дозволяє не лише ефективно заробляти пожнивні рештки, мінеральні та органічні добрива, але й переміщувати насіння бур'янів і збудників хвороб у нижню, біологічно менш активну частину орного горизонту. Своєю чергою, своєчасне розпушування та крошіння змінюють структурно-агрегатний стан ґрунту, оптимізуючи співвідношення між капілярною і некапілярною пористістю. Це суттєво покращує аерацію та водопроникність у кореневмісному шарі, запобігаючи розвитку анаеробних процесів деградації органічної речовини. Не менш важливою фізичною операцією є ущільнення ґрунту шляхом прикочування, яке є необхідним для відновлення капілярного підтягування вологи з глибших горизонтів безпосередньо до посівного ложа, що гарантує рівномірний, щільний контакт насіння з ґрунтовими частинками і прискорює проростання.

Попри загальновизнану фундаментальну важливість цих операцій, актуальність дослідження зумовлена тим, що сучасний етап розвитку агрономічної науки та практики вимагає суворого, науково обґрунтованого дотримання зонального принципу землеробства. Застосування універсальних чи традиційних підходів без урахування місцевих мікрокліматичних, фізико-хімічних умов часто призводить до стрімкої деградації ґрунтів, втрати гумусу та порушення мікробіому. Залежно від клімату, пріоритетні завдання механічного обробітку кардинально відрізняються. У посушливих регіонах головним завданням стає максимальне накопичення і збереження дефіцитної вологи, а також створення захисного екрана для запобігання руйнівній вітровій ерозії. Натомість у зонах із достатнім рівнем зволоження на перший план виходять зовсім інші технологічні вимоги,а саме забезпечення належної аерації, розущільнення перезволоженого ґрунту та запобігання водній ерозії на схилових землях шляхом безпечного відведення надлишку опадів у нижчі горизонти.

Враховуючи зазначені агроекологічні виклики та тенденції до посилення екстремальних погодних явищ, виникає нагальна потреба в науково обґрунтованому виборі ґрунтообробних систем для конкретних територій. З огляду на це, метою даного дослідження є проведення комплексного порівняльного аналізу стратегій обробітку ґрунту на прикладі двох контрастних ґрунтово-кліматичних регіонів України: зони Лісостепу та Полісся (Сумська область) і зони Сухого Степу (Миколаївська область).

Сучасний рівень розвитку сільськогосподарського машинобудування, зокрема технологій і конструкцій ґрунтообробної техніки, є результатом тривалого, багатоетапного еволюційного шляху людства. Як свідчать історичні та наукові джерела, цей шлях був започаткований виникненням першого праобразу плуга та створенням стародавніми шумерами «Календаря землероба» ще наприкінці IV тисячоліття до н.е. *(Войтюк та ін., 2006)*. Протягом тривалого донаукового періоду основним знаряддям для обробітку слугували примітивні дерев'яні розпушувачі, дія яких зводилася до простого дряпання верхнього шару.

Вирішальним технологічним проривом в агрономічній практиці стало застосування заліза для виготовлення робочих органів, що відбулося у VIII–IX століттях. Відтоді історичний розвиток полицевого плуга здійснювався виключно в напрямку забезпечення прийому обертання скиби на певний кут. Цей кінематичний процес передбачає складний просторовий і вертикальний перерозподіл частинок ґрунту з переміщенням верхнього задернілого шару вниз, а нижнього – вгору, за умови його одночасного та якісного розкришування на структурні агрегати заданого розміру. *(Войтюк та ін., 2006)*.

Наукове обґрунтування просторової геометрії та форми полиці розпочалося у XVIII–XIX століттях, задовго до масової появи та впровадження суцільнометалевих агрегатів. Перші інженерні кроки у цьому напрямку зробив у 1765 році німецький механік Отто Мюнхаузен, який запропонував раціональну форму полиці, а в 1774 році дослідник Арбутрон здійснив перші математичні пошуки її

оптимальної геометрії, намагаючись описати поверхню кривими другого порядку. Визначний внесок у теоретичні розрахунки зробив англійський землероб Д. Бейлі у 1795 році. Спостерігаючи за скрученим пластом ґрунту, він побудував полицю і вивів класичне співвідношення між шириною і глибиною скиби. Подальша еволюція супроводжувалася отриманням у 1797 році Чезом Ньюболдом привілею на перший суцільночавунний плуг. Паралельно, в Італії у 1830 році Лямбручині та Рідольфі теоретично обґрунтували гелікоїдальну (гвинтову) поверхню полиці, що значно знижувало залипання на вологих ґрунтах. Знаковим етапом для світового землеробства стало створення у 1827 році чеськими винахідниками братами Францом і Венцелем Веверками плуга-рухадла з циліндричною полицею, що був спеціально пристосований для інтенсивного кришіння важкого ґрунту. Масове індустріальне виробництво сталевих плугів розпочав John Deere в Америці (1837–1847 рр.), а в Європі Р. Сакк у 1863–1870 роках розробив та впровадив у серійний випуск так званий «культурний» плуг, обладнаний передплужником та дернознімачем для повного обороту пласта.

Особливе і вагоме місце в огляді літератури та історії світової аграрної науки відводиться Україні, де формувалися потужні інженерні фундаменти сільськогосподарської механіки. Видатну роль у цьому процесі відіграв професор Київського політехнічного інституту Камілл Гаврилович Шиндлер (1869–1940). Він став першим дослідником, який концептуально поєднав агрономічний та інженерний напрями досліджень. Крім того, він заснував першу випробувальну станцію сільськогосподарських машин у 1900 році та розробив фундаментальні класичні праці з теорії й конструкції орних знарядь.

Його колега і видатний сучасник, академік В. П. Горячкін, розробив кінематичну й динамічну теорію полиці та вивів фундаментальну формулу тягового опору плуга. Ця математична модель дозволила розкласти загальний опір агрегату на три складові: опір перекочуванню, опір деформації пласта та кінетичну енергію відкидання ґрунту:

$$P = f \cdot G + k \cdot a \cdot b + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot v^2 \quad (1)$$

Де: P – повний тяговий опір плуга;
f – коефіцієнт тертя кочення;
G – вага агрегату;
k – питомий опір ґрунту деформації;
a та b – відповідно глибина і ширина захвату;
ε – коефіцієнт, що залежить від форми робочої поверхні;
v – швидкість руху агрегату.

Ця формула дотепер залишається базовою у наукових дослідженнях (зокрема, при моделюванні новітніх енергоощадних робочих органів та оцінці витрат палива) (Мелентьєв та ін., 2024). Практичний інженерний внесок у розвиток вітчизняного плугобудування зробили також талановиті винахідники й підприємці: А. А. Бобринський (автор ґрунтопоглиблювача), В. І. Васильчиков (конструктор суцільнометалевого безпередкового плуга), Р. Циховський (розробник двоярусного плуга) та І. Ген, зусиллями якого в Одесі було засновано один із перших великих заводів із виготовлення плугів.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Для проведення комплексного порівняльного аналізу стратегій механічного обробітку ґрунту в різних ґрунтово-кліматичних зонах України було використано інтегрований підхід, що поєднує методи наукового узагальнення, системного аналізу та просторового картографічного моделювання. Основною інформаційною базою для визначення актуальних агроекологічних умов та деталізованої структури ґрунтового покриву досліджуваних регіонів стали сучасні геоінформаційні дані. Зокрема, точна ідентифікація типів ґрунтів та їх поширення в зоні Лісостепу і Полісся (Сумська область), а також у зоні ризикованого землеробства Сухого Степу (Миколаївська область) здійснювалася на основі використання офіційних картографічних джерел – інтерактивних карт ґрунтів областей, розроблених ДНВП «Картографія» (ДНВП «Картографія», б. р.). Застосування ГІС-технологій дозволило врахувати просторову гетерогенність полів, рельєф та гранулометричний склад, що є першочерговим етапом при проектуванні технологічних карт.

Оцінка ефективності застосування різноманітних ґрунтообробних технологій – від класичного полицевого обробітку до новітніх ресурсозберігаючих систем (Mini-Till, No-Till, Strip-Till) – здійснювалася за допомогою багатофакторного порівняльного аналізу їхнього впливу на критичні

агроекологічні показники. Під час дослідження детально аналізувалися такі параметри, як здатність ґрунту зберігати вологу, ризик виникнення вітрової та водної ерозії, а також процеси переущільнення й порушення аерації орного шару. Для формування комплексного об'єктивного уявлення про вплив різних агрегатів на фізико-механічні властивості ґрунту було проаналізовано спеціалізовану літературу з сільськогосподарського машинобудування та механіки ґрунтів.

Особлива увага в методології приділялася біофізичним процесам вологоперенесення. Динаміка випаровування вологи з відкритої поверхні ґрунту після його інтенсивного механічного розпушування описувалася на основі модифікованого рівняння дифузії та капілярного руху Дарсі:

$$E = -D_w(\theta)\frac{\partial \theta}{\partial z} - K(\theta) \quad (2)$$

де E – інтенсивність випаровування (потік вологи до поверхні);

$D_w(\theta)$ – коефіцієнт дифузії ґрунтової вологи, що є функцією об'ємної вологості θ;

$\frac{\partial \theta}{\partial z}$ – градієнт вологості за глибиною z;

$K(\theta)$ – гідравлічна провідність ґрунту.

Виходячи з цієї математичної моделі, відмова від механічного перевертання пласта і залишення на поверхні мульчі з пожнивних решток (за технологій No-Till або Strip-Till) створює потужний дифузійний і термічний бар'єр. Це експоненціально знижує значення градієнта та коефіцієнта $D_w(\theta)$, що дозволяє максимально зберегти дефіцитну вологу в умовах посушливого клімату. Важливим, а часто й вирішальним, критерієм в оцінці технологічних систем став техніко-економічний аналіз, зокрема порівняння питомих витрат пального під час виконання основних ґрунтообробних операцій. Аналіз енергоємності процесів засвідчив колосальний розрив від мінімальних 3–6 л/га при системі No-Till до максимальних 18–25 л/га при традиційній оранці плугом (Система No-till, 2022; Заєць та Невмержицький, б. р.). Ці показники проводилися на основі результатів досліджень ефективності роботи сучасних ґрунтообробних машин в реальних польових умовах.

Теоретичний розрахунок питомої витрати пального Q_{ha} (л/га) для агрегатів різного типу здійснювався з урахуванням тягового опору, кінематики руху та теплотехнічної ефективності двигуна трактора:

$$Q_{ha} = \frac{P \cdot v \cdot g_e}{3.6 \cdot \eta_t \cdot \eta_m \cdot B_r \cdot \rho_f \cdot 10^4} \quad (3)$$

де P – загальний тяговий опір ґрунтообробного знаряддя (кН);

v – робоча швидкість руху машинно-тракторного агрегату (км/год);

g_e – питома ефективна витрата палива двигуном (г/кВт·год);

η_t та η_m – відповідно тяговий і механічний коефіцієнти корисної дії трактора;

B_r – фактична робоча ширина захвату агрегату (м);

ρ_f – густина дизельного пального (кг/л).

Ця математична залежність доводить, що збільшення об'єму деформованого ґрунту (глибини обробітку) при оранці призводить до прямо пропорційного і не завжди виправданого зростання економічних витрат. Узагальнення цих геоінформаційних, фізичних та термодинамічних даних дозволило сформувати розширену порівняльну матрицю адаптації ґрунтообробних систем до специфіки Сумської та Миколаївської областей (Обробіток ґрунту за зонами, 2024). Такий системний підхід забезпечив комплексну оцінку не лише механічної роботи машин, але й їхнього довгострокового впливу на екосистему поля.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Ґрунтово-кліматичні та просторово-екологічні особливості досліджуваних зон

Детальний системний аналіз картографічних джерел та поточних агроекологічних умов виявив кардинальні, подекуди антагоністичні відмінності між досліджуваними регіонами, що з інженерної та агрономічної точок зору абсолютно виключає застосування єдиних систем землеробства.

Сумська область, що географічно охоплює ґрунтово-кліматичні зони Полісся та Лісостепу, вирізняється надзвичайно високим різноманіттям і просторовою строкатістю ґрунтового покриву (Інтерактивна карта ґрунтів Сумської області, б. р.). За даними інтерактивних карт, на північному заході та півночі регіону переважають дерново-підзолисті ґрунти, серед яких виділяють піщані, глинисто-піщані та супіщані відміни. Ці ґрунти характеризуються низькою буферністю, слабкою

структурною стійкістю агрегатів та низьким вмістом гумусу. У центральній та південній частинах області домінують більш родючі масиви: сірі лісові ґрунти, а також чорноземи опідзолені, типові малогумусні та середньогумусні, що сформувалися на лесових материнських породах. Специфікою рельєфу цього регіону є наявність розгалуженої мережі заплав річок та знижень, де поширені гідроморфні ґрунти: лучні, лучно-чорноземні солонцюваті ґрунти, болотні ґрунти й низинні торфовища.

Клімат Сумського регіону характеризується помірним, а на крайній півночі – достатнім або навіть надлишковим рівнем зволоження. Інтенсивне сільськогосподарське використання цих земель та регулярні проходи важкої колісної і гусеничної техніки (особливо за умов високої вологості ґрунту) спричиняють специфічні біофізичні проблеми. Насамперед це переущільнення орного та підорного шарів із формуванням щільної, водонепроникної плужної підошви. Це явище викликає тимчасове перезволоження верхніх горизонтів (розвиток анаеробних процесів) та перешкоджає нормальному весняному прогріву ґрунту. Крім того, складний рельєф зумовлює високий ризик розвитку водної ерозії (площинного змиву та лінійного розмиву) на схилових землях під час інтенсивного весняного сніготанення та зливових дощів.

Своєю чергою, Миколаївська область розташована на півдні України в зоні вкрай ризикованого землеробства Сухого Степу (Інтерактивна карта ґрунтів Миколаївської області, б. р.). Ґрунтовий покрив тут є візуально менш строкатим, але має надзвичайно складні фізико-хімічні властивості: домінують чорноземи південні малогумусні на лесових породах та темно-каштанові залишково-солонцюваті ґрунти. У південних та прилиманних районах зустрічаються солончаки з високим вмістом легкорозчинних солей, а в подівських безстічних зниженнях формуються специфічні лучно-чорноземні оглеєні солонцювато-осолоділі ґрунти.

Цей південний регіон перебуває під постійним впливом суворого посушливого клімату, для якого характерні екстремально високі температурні режими, критичний дефіцит атмосферних опадів та часті суховії, що викликають атмосферну посуху. Основними агроекологічними загрозами для Миколаївщини визначено: критичний дефіцит ґрунтової вологи в усі фази вегетації рослин, надмірну випаровуваність із відкритої, незахищеної поверхні (фізичне випаровування часто перевищує обсяг опадів), високу вразливість оголених (особливо розпорошених механічним обробітком) ґрунтів до вітрової ерозії – дефляції та пилових бур. Додатковим фактором ризику є швидка термічна та механічна деструкція ґрунтової структури за умови перевертання пласта на поверхню під час високих температур інсоляції.

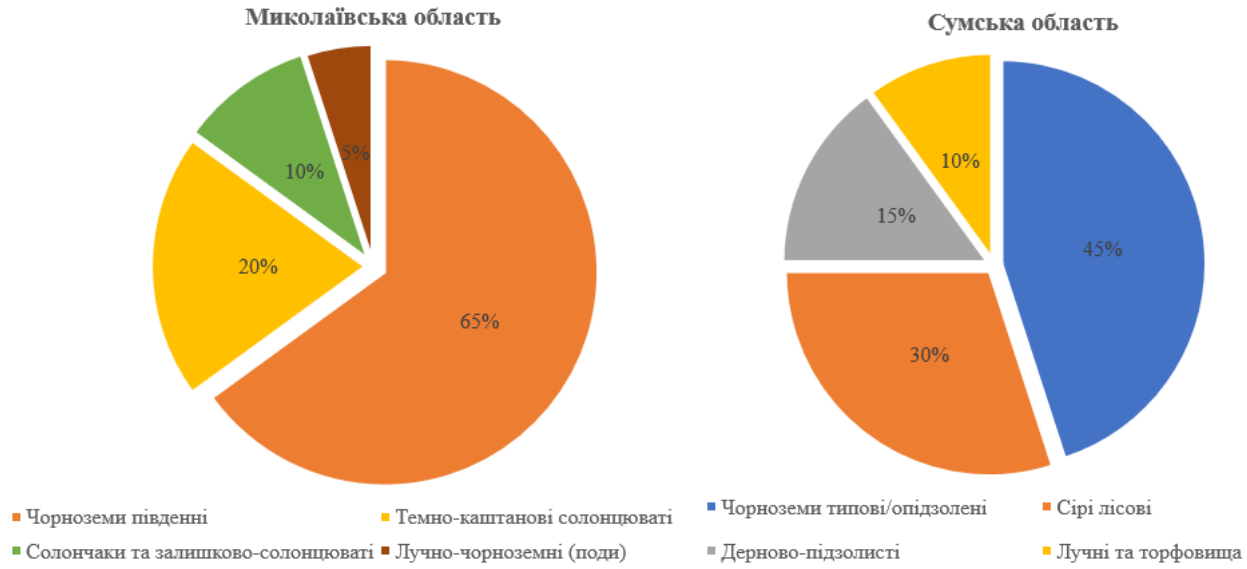


Рис. 1 – Структура ґрунтового покриву досліджуваних регіонів.

Порівняльний інженерно-агрономічний аналіз технологічних систем обробітку ґрунту

Залежно від виявлених ґрунтово-кліматичних умов та фізичних характеристик поля, різні технологічні системи механічного обробітку демонструють кардинально різну агрономічну, екологічну та економічну ефективність.

Класичний полицевий обробіток (оранка) виконується лемішно-полицевими плугами на глибину 20–30 см і є найбільш радикальним втручанням у ґрунтове середовище. Технологічний процес передбачає послідовне підрізання, підняття, крошіння та повний оборот скиби ґрунту. Залежно від фізико-механічних властивостей застосовують культурні, напівгвинтові, гвинтові та циліндричні робочі поверхні полиць. Технологічний процес включає роботу передплужника, який зрізує верхній задернілий шар (8–12 см) і скидає його на дно борозни, а також кутознімача, лемеха та ґрунтопоглиблювача, завданням якого є розпушення підорного горизонту до глибини 35–40 см без винесення мертвого шару на поверхню. Головною агротехнічною перевагою оранки є повне загортання пожнивних решток, органічних добрив, насіння бур'янів та ізоляція осередків зимуючих шкідників і патогенів (*NFM AGRO, 2026*).

Проте регулярне, багаторічне застосування лемішно-полицевого плуга викликає серйозні деградаційні процеси: опорна площина лемеша в комплексі з пробуксовкою рушіїв трактора формує ущільнену плужну підошву (гідроізолюючий шар). Оборот пласта руйнує природну капілярну сітку, стрімко збільшує площу випаровування вологи і супроводжується найвищими енерговитратами – витрати пального становлять 18–25 л/га. На ґрунтах, схильних до вітрової та водної ерозії, застосування класичної оранки визнано науково та практично недоцільним.

Глибоке безполицеве розпушування (чизелювання) здійснюється масивними глибокорозпушувачами на глибину 35–50 см без обороту пласта. Долотоподібні наконечники агрегатів, працюючи за принципом крихкого руйнування середовища, створюють густу сітку вертикальних та похилих макротріщин, ефективно руйнуючи ущільнені горизонти (плужну підошву) без порушення природного стратиграфічного розташування ґрунтових шарів. При цьому пожнивні рештки залишаються переважно на поверхні, виконуючи роль захисної мульчі. Ця технологія кардинально відновлює водопроникність, забезпечує швидкий та безперешкодний відвід надлишку опадів у глибокі шари та гарантує підтягування капілярної вологи в періоди посухи (*NFM AGRO, 2026*). Витрата палива при чизелюванні становить 10–16 л/га, що на 5–10 л/га менше, ніж за традиційної оранки, що робить операцію високорентабельною.

Ресурсозберігаючі технології забезпечують максимальний ґрунтозахисний ефект шляхом мінімізації механічного стресу екосистеми. Мінімальний обробіток (Mini-Till) зменшує глибину втручання до 12–20 см, сприяє накопиченню органічної речовини (гумусу) у верхніх шарах та суттєво знижує енерговитрати. Нульовий обробіток (No-Till) являє собою радикальну зміну парадигми: він передбачає повну відмову від механічного втручання і прямий висів насіння важкими стерньовими сівалками анкерного або дискового типу безпосередньо у необроблений ґрунт. За цієї системи поле постійно покрите мульчею з рослинних решток, що виконує роль термоізолятора: запобігає перегріву ґрунту влітку, блокує фізичне випаровування вологи та надійно захищає поверхню від дефляції і площинного змиву.

Водночас, система No-Till має жорсткі обмеження: товстий шар мульчі спричиняє повільний прогрів ґрунту навесні (що критично для теплолюбних культур у північних регіонах), сприяє накопиченню зимуючих стадій шкідників у поверхневому шарі та формує гостру потребу у високому рівні хімічного захисту посівів (зокрема, застосуванні гліфосатів) (*Система No-till, 2022*). Компромісним високотехнологічним рішенням є смуговий обробіток (Strip-Till), який розпушує лише вузьку смугу ґрунту (15–25 см) безпосередньо під майбутній рядок. Це сприяє швидшому локальному прогріву насіннєвого ложа, зберігає вологу в необроблених міжряддях та дозволяє одночасно ярусне вносити мінеральні добрива в зону максимального розвитку кореневої системи (Заєць та Невмержицький, б. р.).

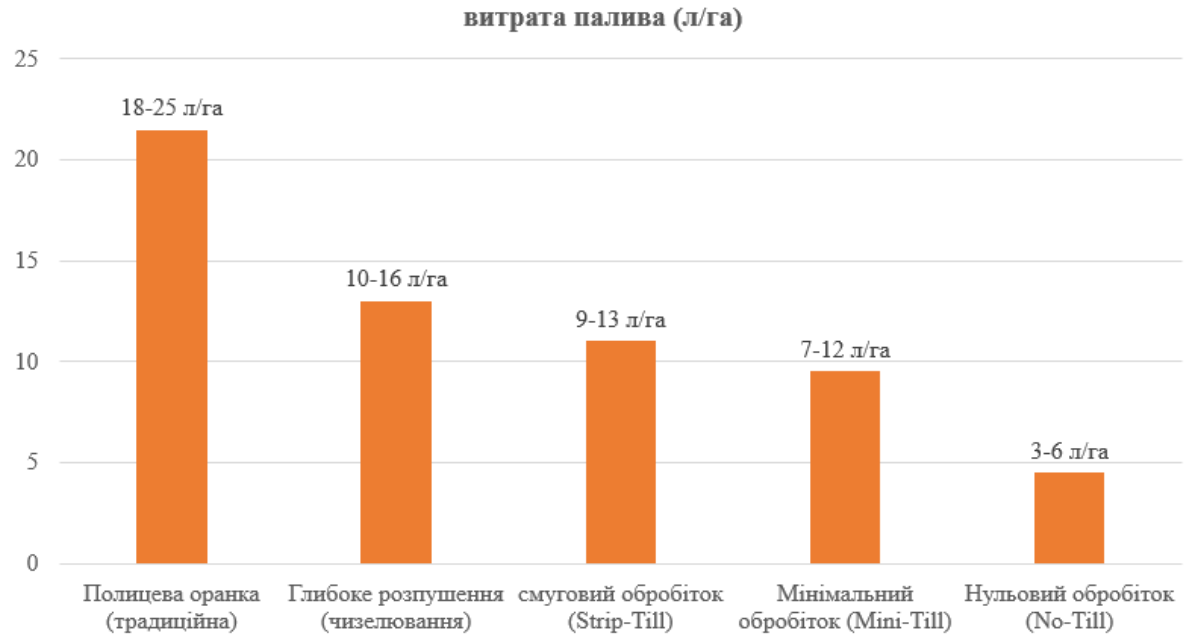


Рис. 2 – Порівняння витрат палива за різними технологіями обробітку ґрунту

Технічне забезпечення поверхневого, передпосівного та міжрядного обробітку ґрунту

Якісне, геометрично точне виконання передпосівного обробітку є вирішальним етапом створення ідеального посівного ложа, ефективного знищення сходів бур'янів та збереження продуктивної вологи.

Для операцій ранньовесняного закриття вологи, руйнування ґрунтової кірки та зарівнювання гребенів осінньої оранки традиційно застосовують зубові борони різного конструктивного виконання та навантаження на один зуб: важкі (БЗТС-1.0), середні (БЗСС-1.0) та легкі/посівні (ЗБП-0.6). Лущення стерні, подрібнення грубостеблових пожнивних решток та інтенсивне розпушування верхнього шару на глибину 2–15 см здійснюють сучасними дисковими боронами та високошвидкісними дискаторами (наприклад, агрегатами Kverneland Qualidisc), робочі органи яких встановлені під певними кутами атаки і нахилу до вертикалі. Передпосівні культиватори, оснащені стрілчастими лапами (КПС-4, КГ-8, Horsch Focus TD, Lemken Karat, Kuhn Prolander), забезпечують суцільне, рівномірне розпушування та стовідсоткове підрізання кореневої системи бур'янів на глибину 4–12 см. Оптимізацію робочих процесів та зменшення кількості проходів техніки по полю забезпечують багатоопераційні високоточні компактори (Lemken System-Kompaktor K) та комбіновані агрегати (Gaspardo Dracula 6000, РВК-3.6), які здатні виконувати до 6 послідовних технологічних операцій (розпушування, вирівнювання, крошіння, ущільнення тощо) лише за один прохід трактора.

Вимогливий догляд за просапними культурами (зокрема кукурудзою, соняшником, цукровими буряками) передбачає регулярне розпушування міжрядь на глибину 6–16 см спеціалізованими культиваторами-рослинопідживлювачами (КРН-5.6Б, УСМК-5.4В, агрегатами серії Agrocub). Робочі органи цих машин виконують акуратне підрізання бур'янів у захисних зонах, підгортання рослин пухким ґрунтом та стрічкове внесення стартових або підживлювальних мінеральних добрив. Доведено, що якісне механічне доглядання підвищує загальну врожайність до 20% і, що вкрай важливо з економічної та екологічної точок зору, дозволяє підприємству зекономити понад 27% фінансових ресурсів на господарство за рахунок суттєвого зменшення обсягів використання дорогих та токсичних хімічних гербіцидів (DrogMedia, 2026).

Завершальною, але критично важливою технологічною операцією є обов'язкове прикочування ґрунту. Цей процес здійснюється спеціальними кільчасто-шпоровими (ЗККШ-6), кільчасто-зубчастими, гладкими водоналивними (ЗКВГ-1.4) котками, а також інтегрованими касетними коткуючими системами (наприклад, Lemken VarioPack). Операція прикочування виконує комплексну функцію: ефективно подрібнює великі грудки на поверхні, ідеально вирівнює рельєф поля, ущільнює надмірно розпушений ґрунт і, як наслідок, відновлює втрачений капілярний зв'язок із нижніми

вологонасиченими шарами, потужно підтягуючи вологу безпосередньо до висіяного насіння (*АгроЕліта, 2025*).

Трансформація даних розширеної порівняльної матриці стратегій обробітку ґрунту у площину ґрунтового наукового обговорення дозволяє глибше осягнути критичні, подекуди антагоністичні розбіжності між екосистемами досліджуваних регіонів. Детальний аналіз адаптації ґрунтообробних технологій чітко демонструє, що сукупні агроекологічні чинники диктують абсолютно діаметральні стратегічні пріоритети для Сумської та Миколаївської областей. Успіх сільськогосподарського виробництва тут залежить не від інтенсивності механічного впливу, а від точності прогнозування його біофізичних наслідків.

Для умов Сумщини (зона Полісся та Лісостепу), де ґрунтовий покрив представлений генетично різноманітними дерново-підзолистими, сірими лісовими, лучними ґрунтами, торфовищами та чорноземами (типовими й опідзоленими), головною та безальтернативною агровимогою є запобігання ущільненню, забезпечення належної газової аерації та своєчасне розпушення плужної підошви. Оскільки цей регіон регулярно стикається з такими потужними кліматичними ризиками, як надмірне зволоження навесні та перманентна загроза водної ерозії на схилах, перезволожений ґрунт стає надзвичайно пластичним і вразливим до зовнішнього механічного тиску від ходових систем тракторів та робочих органів. В умовах перезволоження механічний тиск різко зменшує об'єм макропор, що блокує надходження кисню і провокує токсичні анаеробні процеси.

Саме тому пріоритетною системою тут виступає диференційований обробіток, який гармонійно та науково обґрунтовано поєднує періодичне глибоке чизелювання, класичну оранку під просапні культури та енергоощадну технологію Mini-Till. Глибина обробітку в цій перехідній зоні є дуже змінною і диктується поточним станом поля: від глибокого розпушування на 35–40 см для механічного руйнування гідроізолюючих ущільнень до поверхневого передпосівного мілкого обробітку на 4–12 см. Робота з пожнивними рештками також має свою строгу біохімічну специфіку: в умовах Лісостепу вони підлягають частковому загортанню у ґрунт, що стимулює процеси їхньої мікробіологічної мінералізації та додатково покращує архітектоніку і аерацію орного горизонту. Відповідно, ключовою технікою для регіону є потужні глибокорозпушувачі, лемішні плуги та складні передпосівні комплекси. Недотримання цих технологічних вимог несе серйозний ризик незворотної помилки: швидке утворення монолітної плужної підошви, запливання поверхні поля під дією опадів та гострий брак аерації, що тотально пригнічує розвиток кореневої системи рослин.

Натомість детальне обговорення пріоритетів для Миколаївської області (зона Сухого Степу) виявляє кардинально іншу, набагато більш екстремальну картину. У регіоні, де домінують чорноземи південні, темно-каштанові солонцюваті ґрунти, солончаки та специфічні ґрунти подів, абсолютною і безальтернативною головною вимогою є максимальне збереження кожної краплі продуктивної вологи та жорстка мінімізація її фізичного випаровування. Суворі кліматичні ризики, представлені жорсткими тривалими посухами, стабільно високими температурами інсоляції та руйнівними пиловими бурями (вітрова ерозія), повністю унеможливлюють застосування традиційних інтенсивних втручань. Механічне порушення цілісності ґрунтового покриву в таких термодинамічних умовах експоненціально збільшує площу активного випаровування.

З огляду на це, пріоритетними для півдня є виключно вологозберігаючі системи екологічного спрямування: No-Till, Strip-Till та, як вимушений тимчасовий компроміс, Mini-Till. У цих жорстких посушливих умовах робота з рослинними рештками зводиться до єдиного суворого правила – обов'язкове їх залишення на поверхні поля у вигляді суцільної нерозривної захисної мульчі. Цей шар виконує роль потужного ізолятора: він відбиває сонячну радіацію, гасить кінетичну енергію вітру та крапель дощу, а також перериває капілярний тік вологи до відкритої поверхні. Глибина обробітку при цьому безпрецедентно мінімізується до поверхневої (0–10 см), або ж здійснюється прямий висів насіння стерньовими агрегатами безпосередньо у необроблений ґрунт. Це вимагає використання специфічного, вузькоспеціалізованого парку техніки: важких стерньових сівалок No-Till та високоточних агрегатів для смугового обробітку Strip-Till. Ціна ризику помилки агронома в умовах Сухого Степу є екологічно і фінансово катастрофічною: будь-яке інтенсивне перевертання пласта плугом призводить до миттєвої, безповоротної втрати залишкової вологи, стрімкої деградації ґрунтової структури та видування найродючішого шару вітром.

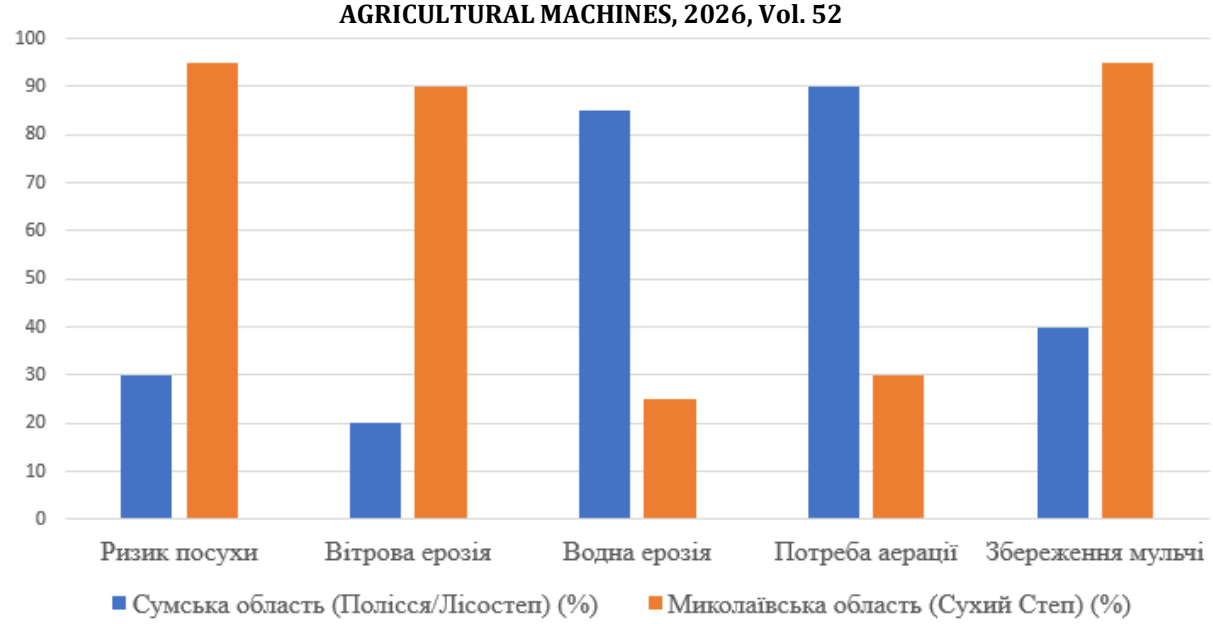


Рис. 3 – Порівняльна оцінка агроекологічних чинників та пріоритетів обробітку

Підсумовуючи порівняльну оцінку агроекологічних чинників, варто зазначити фундаментальну тезу сучасної агроекології: ефективність будь-якої технології обробітку залежить не від самої машини, тягового класу трактора чи конкретного агрегату, а виключно від того, наскільки гармонійно та науково обґрунтовано ця технологія інтегрована в локальну екосистему та чи здатна вона превентивно нівелювати домінуючі зональні ризики.

ВИСНОВКИ

1. На основі проведеного комплексного порівняльного аналізу просторово-екологічних умов, біофізичних процесів та ефективності технологічних систем у контрастних зонах Сумської та Миколаївської областей, сформовано наступні фундаментальні науково обґрунтовані висновки для ведення сталого сільськогосподарського виробництва:

2. Відсутність універсальної агроекологічної парадигми. Доведено, що універсальної системи обробітку ґрунту не існує. У сучасній агрономічній науці та інженерній практиці принципово неможливо визначити єдино правильну чи ідеальну технологію (традиційну оранку, глибоке чизелювання чи ресурсозберігаючий No-Till), яка б гарантувала стабільно високу біологічну та економічну ефективність у діаметрально різних ґрунтово-кліматичних зонах. Кожна технологія є лише інструментом, що має жорсткі межі екологічної доцільності.

3. Екстремальна специфіка Сухого Степу (Миколаївська область). Спроба сліпого, шаблонного копіювання технології інтенсивної глибокої полицевої оранки в екстремальних посушливих умовах півдня України є фундаментально хибною та екологічно небезпечною стратегією. Таке глибоке механічне втручання та перевертання пласта на поверхню неминуче призводить до розриву природної капілярної сітки, катастрофічного висушування орного шару, провокування масштабної вітрової ерозії (пилових бур) та, як прямий наслідок, – до значних економічних збитків через неминучу втрату врожаю внаслідок ґрунтової посухи. Єдиним виправданим шляхом для цього регіону є вологозберігаючі системи нульового (No-Till) та смугового (Strip-Till) обробітку зі збереженням мульчі.

4. Обмеження ресурсозберігаючих систем у Лісостепу та Поліссі (Сумська область). З іншого боку, дослідження підтверджує, що бездумний та безальтернативний перехід на систему нульового обробітку (No-Till) на важких, схильних до перезволоження та ущільнення ґрунтах Сумщини також несе надзвичайно високі агрономічні ризики. Постійна наявність щільного шару рослинної мульчі в умовах помірного або надлишкового зволоження діє як термічний ізолятор, що критично спричиняє сповільнення прогріву ґрунту навесні, різке погіршення природної газової аерації (розвиток гіпоксії кореневої системи) та створює максимально сприятливе, вологе середовище для масштабного спалаху

небезпечних грибкових захворювань. Тут пріоритетом залишається диференційований підхід із застосуванням глибокорозпушувачів.

5. Ефективне, рентабельне та екологічно стале ведення сучасного агробізнесу в умовах глобальних кліматичних змін категорично вимагає гнучкого диференційованого підходу. Вибір парку ґрунтообробної техніки, визначення оптимальної глибини, геометрії робочих органів та інтенсивності механічного втручання мають базуватися виключно на ретельному та безперервному моніторингу зонального клімату, поточних фізико-механічних властивостей конкретного поля та специфічних біологічних потреб вирощуваної сільськогосподарської культури.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

Войтюк Д.Г., Вергунов В.А., Мудрук О.С., Шквира З.А. Історія розвитку теорії і конструкції плуга (XIX – початок XX ст.): Навчальний посібник / За ред. Д.Г. Войтюка. К.: НАУ, 2006. 143 с.

Глибокорозпушувач чи плуг: порівняння впливу на структуру ґрунту та витрати палива. NFM AGRO, 2026. URL: https://nfm.com.ua/all-news/

Ефективні рішення для обробки ґрунту: використання міжрядних культиваторів для трактора. DrogMedia, 2026. URL: https://drogmedia.net.ua/

Заєць М.Л., Невмержицький Т.В. Сучасні технології та способи поверхневого обробітку ґрунту. Поліський національний університет, Житомир. С. 156–161.

Інтерактивна карта ґрунтів Миколаївської області. ДНВП «Картографія». URL: https://geomap.land.kiev.ua/obl-14.php

Інтерактивна карта ґрунтів Сумської області. ДНВП «Картографія». URL: https://geomap.land.kiev.ua/obl-18.php

Мелентьєв О. Б., Пушка О. С., Головатюк А. А., Войтюк А. В. Визначення тягового опору вдосконаленого плоскорізного плуга засобами цифрового приладу АЦП.ТЕНЗО–002.000.00 на ґрунтовому каналі. Збірник наукових праць Уманського НУС, 2024. Вип. 104 (1). С. 50–60.

Обробіток ґрунту за зонами: Сумська та Миколаївська області (аналітичні матеріали). 2024. 5 с.

Практичні переваги точного обробітку ґрунту. Агробізнес сьогодні, 2026. URL: https://agro-business.com.ua/

Система No-till: основні принципи і підходи. Агрономія сьогодні, 2022. URL: https://agronomy.com.ua/statti/

Сільгосптехніка для передпосівного обробітку ґрунту: ефективність і вибір агрегатів. Всеукраїнський аграрний журнал «АгроЕліта», 2025. URL: https://agroelita.info/

Сільськогосподарські і меліоративні машини: Навчальний посібник. К.: НАПН України, 2015. 280 с.