

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

КРАВЧЕНКО ЮРІЙ СТАНІСЛАВОВИЧ

УДК 504.1:631.445.4(477):631.45(510)

**АГРОГЕНЕЗ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО УКРАЇНИ ТА
ІЗОГУМУСОЛЮ КИТАЮ**

06.01.03 «Агрогрунтознавство і агрофізика»

Реферат дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора сільськогосподарських наук

Київ – 2024

Дисертацією є кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

Роботу виконано в Національному Університеті біоресурсів і природокористування України

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук,
професор, член-кореспондент НААН
Ткаченко Микола Адамович,
Національний науковий центр «Інститут землеробства
НААН, директор

доктор сільськогосподарських наук, професор
Дегтярьов Василь Володимирович,
Державний біотехнологічний університет Міністерства
освіти і науки України,
завідувач кафедри ґрунтознавства

доктор сільськогосподарських наук, професор
Чорний Сергій Григорович,
Чорноморський національний університет імені Петра
Могили Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри управління земельними ресурсами

Захист відбудеться «18» квітня 2024 року об 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.04 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15, навчальний корпус № 3, кімната 301.

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41 а

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

Олександр ПАВЛОВ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Використання ґрунтових ресурсів в Україні і Китаю має багатовікову історію. В Україні чорноземи Правобережного Лісостепу України обробляються з часів епохи неоліту до сьогодення. У Північно-східному Китаї землеробські практики зародились біля одного тисячоліття до нашої ери. Перебуваючи тривалий час під сільськогосподарським використанням відбуваються зміни властивостей орних чорноземів на фоні змін природних факторів і процесів ґрунтоутворення. Дані процеси інтенсивно прискорюються у зв'язку із кліматичними змінами, що потребує їх детального вивчення для розробки і впровадження адаптованих до нових умов сільськогосподарських технологій. Традиційні та сучасні агротехнології у нових ґрунтово-кліматичних умовах стають малоефективними і втрачають свій ресурсний потенціал, щодо збереження родючості ґрунтів і виробництва сільськогосподарської продукції. Протягом останніх десятиліть в Україні збільшується тривалість температурного та водного стресу в рослинах, зменшується кількість атмосферних дощових опадів, посилюється ерозійні процеси і урагани, послаблюється ефективна дія хімічних меліорантів, добрив та засобів захисту рослин. З іншого боку, частіше випадають короткочасні інтенсивні зливові дощі. Наприклад, під час проведення наших досліджень спостерігались підвищенні показники ГТК для Фастівського району Київської області: 1,57; 1,79 і 1,83 у 2012, 2013 і 2014 роках відповідно. У той же час у районі Хайлунь провінції Хейлунцзян показники ГТК знизились із 1,72 і 1,73 у 2012 і 2014 роках до 1,0–1,11 у 2010 і 2013 роках. Одночасно із кліматичними змінами в ґрунтах відбуваються зміни процесів, що безпосередньо впливає на їх родючість та рівень врожаю сільськогосподарських культур. Вплив агротехнологій на властивості ґрунтів визначається також ґрунтово-кліматичною зоною їх впровадження. Пошарове вивчення по всьому профілю ґрунту сезонних та річних змін структурно-агрегатного, гранулометричного, мінералогічного складу та речовинних потоків розкриває фізичну суть фундаментальних змін властивостей ґрунтів за їх різного с.-г. використання, що є науковою основою управління їх родючістю. Таким чином виникає нагальна необхідність дослідження дії традиційних технологій вирощування сільськогосподарських культур на морфогенез та профільні зміни показників родючості чорноземів за різних кліматичних умов, а також – удосконалення існуючих і розробка нових інноваційних технологій для різних ґрунтово-кліматичних сценаріїв у адаптивному ґрунтозахисному землеробстві. Дана проблема є однією із найактуальніших у сучасному землеробстві, вирішення якої покладено в основу досліджень за темою дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась у рамках виконання наступних науково-дослідних робіт: – проекти МОН України: 0122U001641 «Азотно-вуглецевий баланс як основа секвестрації вуглецю у чорноземах Лісостепу України», 0120U102108 «Комплексна оцінка ґрунтових ресурсів Лісостепу України, прогноз їх розвитку та управління родючістю на основі неруйнівних та геофізичних методів», 0116U001598 «Трансформація ґрунтів Лісостепу України

та розробка новітньої концепції сталого землекористування», 0117U004399 «Лабільні органічні речовини як основа родючості чорноземів і продуктивності агроценозів», 0100U002905 «Обґрунтувати і розробити ресурсозберігаючі технології управління продуктивністю чорноземів Правобережного Лісостепу України, відтворення родючості та забезпечення в них позитивного балансу органічної речовини»; – проекти Китайської національної академії наук при Північно-східному інституті географії та агроекології (м. Харбін, Китай): «Договір про співробітництво та організацію взаємовідносин» між НУБіП України і ІГА (Китай); «The Development of Soil Erosion Prevention and Protection Technique Systems in the Black Farmlands of the Northeast of China», «Experimental Extension Project of the Protection of Water and Fertility in Eroded Black Farmland in Songnen Plain»; – грант Міжнародної наукової сільськогосподарської програми Воскобійників (WIRA) при Університеті штату Пенсильванія, США.

Мета та завдання дослідження. *Мета дисертаційного дослідження* – наукове обґрунтування та розроблення заходів щодо управління властивостями чорноземів України та ізогумусолів Китаю за різних кліматичних умов на основі застосування ґрунтозахисного обробітку ґрунту, удобрення, сидератів, соломи на фоні короткоротаційних сівозмін.

Основні завдання досліджень:

- дослідити трансформацію морфолого-генетичних ознак чорнозему типового та ізогумусолів за їх різного тривалого використання;
- встановити фаціальні ознаки гумусоутворення і структуроутворення чорноземів Євразії;
- визначити пошарово профільні сезонні зміни властивостей чорнозему типового і ізогумусолів за довготривалого застосування різних технологій вирощування сільськогосподарських культур;
- вивчити вплив агротехнічних заходів на: стабілізацію умісту і запасів гумусу, колообіг лабільних сполук вуглецю та азоту біомаси мікроорганізмів, флуктуаційні коливання $\text{CO}_2\text{-C}$ ґрунтів, стабільність агрегатного стану ґрунтів, протиерозійну стійкість досліджуваних ґрунтів;
- провести комплексне оцінювання кількісних і якісних змін фізичних властивостей чорноземів протягом календарного та вегетаційного року;
- розробити наукове обґрунтування заходів із управління родючістю чорнозему типового та ізогумусолу за різних способів обробітку ґрунту та удобрення.

Об'єкт дослідження – агрогенез чорнозему типового України та ізогумусолу Китаю.

Предмет дослідження – морфолого-генетичні ознаки, показники, властивості і продуктивність чорнозему типового малогумусного пилувато-легкосуглинкового на лесі та чорного удік гаплік ізогумусолу. У даній роботі при розгляді китайського ізогумусолу, слова: чорнозем і ізогумусоль використовуються як синоніми.

Методи дослідження. *Методологічною основою даного дослідження є:* емпіричні (польові і лабораторні експерименти та спостереження; вимірювання показників об'єкту дослідження; порівняння впливу агротехнологій та характеру

використання ґрунтів на їх властивості та режими), теоретичні (висунення гіпотези та формування висновків за результатами досліджень; вертикальне, горизонтальне і часове відображення властивостей, процесів і режимів ґрунтів), комплексні (структурно-генетичний аналіз і синтез при виділенні ієрархічних таксономічних одиниць та морфологічних ознак досліджуваних чорноземів; синергетичний підхід при дослідженні процесів відкритої неврівноваженої системи ґрунт-навколишнє середовище; статистичний; математичний; інформаційно-бібліографічний; інші) методи дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів. У дисертаційній роботі *вперше* в Україні та Китаї:

- розроблено наукове обґрунтування з управління властивостями чорноземів за різних сценаріїв їх господарського використання за помірного кліматичного поясу з урахуванням фаціальних ґрунтово-генетичних особливостей ґрунтів;

- показано фаціальні особливості морфолого-генетичних ознак, сезонних змін гумусових речовин, дисперсної органічної речовини, структурно-агрегатного складу ґрунтів, які мають різнонаправлену динаміку і стабілізуються за застосування ґрунтозахисного обробітку ґрунту, внесення соломи 1,2 т/га + сидерати + N_{12} + $N_{78}P_{68}K_{68}$, залуження перелогу багаторічними травами;

- встановлено стратиграфічний розподіл умісту біофільних макроелементів на рівні педону, гетерогенність органічної речовини ґрунту за показниками термогравіметрії і диференційної скануючої калориметрії, яка може бути оцінена індексом гуміфікації ($I_{гк_{AM}}$) на основі співвідношення падіння мас в температурних інтервалах екзотермічних ефектів: 200–310 °С (E_{x01}) і 310–396 °С (E_{x02}) до 396–451 °С (E_{x03}), 451–568 °С (E_{x04}) і 578–610 (E_{x05}) °С;

- виявлена просторова і часова неоднорідність профілів чорнозему типового та ізогумусолів за показниками вологи, щільності складення, водопроникності і температури.

Удосконалені:

- ґрунтозахисні технології вирощування культур у короткоротаційних сівозмінах Правобережного Лісостепу України і Північно-східного регіону Китаю;

- методичні підходи щодо визначення водостійких агрегатів ґрунту шляхом повільного замочування ґрунтової проби у дистильованій воді у вакуумі.

Набули подальшого розвитку:

- методологічні підходи щодо дослідження: водостійких агрегатів ґрунтів, гранулометричного складу ґрунтів, органічних сполук гумусових речовин, водопроникності, умісту ґрунтової вологи.

Наукові положення які виносяться на захист:

- локальні особливості клімату (атмосферні термодинамічні процеси) на фоні подібності факторів ґрунтоутворення формують у межах географічного поясу однотипні зональні ґрунти із фаціальними ознаками будови профілю і властивостей;

- уміст і динаміка сезонних змін гумусових речовин, дисперсної органічної речовини, азоту та вуглецю біомаси мікроорганізмів, структурно-агрегатного складу ґрунтів визначається їх стратиграфічним положенням у ґрунтовому профілі, природним та антропогенним впливом, характеризується різнонаправленістю і багаторівневістю;

- за застосування безполицевого обробітку ґрунту зростає частка 0–20 см запасів гумусу і біофільних елементів у метровому шарі ґрунту, збільшується уміст лабільних фракцій гумусових речовин, підвищується індекс гуміфікації, зростають флуктуаційні сезонні коливання $C_{орг}$, $N_{заг}$ і CO_2-C ґрунтів, зростає діаметр фракцій дисперсних і водотривких агрегатів ґрунту, збільшується кількість змішаношаруватих силікатів і кальцієвмісних мінералів, посилюється гідрослюди́зація, утворюються багаточисельні гетерогенні органічні речовини, що продукують більшу площу екзотермічних ефектів, збільшується частка дрібних гранулометричних фракцій, збільшується середній діаметр частинок мінеральних фракцій за довжиною і площею поверхні у складі дисперсних агрегатів;

- за застосування полицевого обробітку ґрунту зростає частка фізичного піску збагаченого на кварц, формуються глибокі $H + H_p$ гумусові горизонти, карбонати кальцію скипають у нижніх перехідних до породи горизонтах, які характеризуються меншою кількістю рефлексів за рентгеноструктурного аналізу, запаси гумусу мономодально розподіляються вниз по профілю за низпадаючою кривою, гумус характеризується невеликим умістом вільних і рухомих фракцій $C_{гк1} + C_{фк(1a+1)}$, високим співвідношенням $C_{гк} : C_{фк}$ і більшою часткою термодинамічно стійких компонентів, структурно-агрегатний склад набуває ознак пилюватості, утворюється більше $<1,0$ мм та $POM_{<53\mu m}$ водостійких і дисперсних агрегатів, профіль чорнозему характеризується найнижчими показниками щільності складення і об'ємного умісту вологи, температура орного шару ґрунту зазнає інтенсивних періодичних добових і річних коливань;

- відтворення умісту і запасів гумусу, стабілізація структурно-агрегатного складу чорнозему типового забезпечується застосуванням ґрунтозахисного обробітку ґрунту, а також внесенням соломи $1,2$ т/га + сидерати + $N_{12} + N_{78}P_{68}K_{68}$, що відповідно позначається на кращій продуктивності чорноземів.

Практичне значення одержаних результатів. Автором розроблені заходи щодо управління родючості чорнозему типового та ізогумусолів шляхом застосування ґрунтозахисного обробітку ґрунту, інтегрованої системи удобрення, сидератів і соломи на фоні короткоротаційних сівозмін, які рекомендовані до застосування в умовах помірного кліматичного поясу із спорадичною мусонністю, холодною сухою зимою і спекотним літом у Північно-східному регіоні Китаю та теплого літа і м'якої зими у Правобережному Лісостепу України. Під час діагностики властивостей ґрунтів можуть бути застосовані удосконалені автором методики із: визначення водостійких агрегатів ґрунту шляхом повільного замочування ґрунтової проби у дистильованій воді у вакуумі; визначення гетерогенності органічної речовини ґрунту за результатами термогравиметрії і диференційної скануючої калориметрії; розрахунку індексу

гуміфікації на основі екзотермічних ефектів; визначення умісту вуглецю та азоту у біомасі мікроорганізмів методом фумігації-екстракції.

Основні положення дисертаційної роботи використано у навчальних курсах: «Ґрунтознавство з основами геології», «Геологія з основами геоморфології», «Ґрунтознавство з основами агрохімії», «Охорона ґрунтів з основами ґрунтознавства», «Картографія ґрунтів», «ГІС в агрохімії і ґрунтознавстві».

Практичні результати досліджень узагальнені у: монографіях («Spatial Heterogeneity of Soil Parameters in Different Forest-Steppe Landscapes of Ukraine», «Атласне картографування вартості земель», «Ukrainian Chernozem»), підручниках («Soil Science with Elements of Geology», «Geology with the Principles of Geomorphology»), наукових методичних рекомендаціях для впровадження у виробництво («Модель системи екологічного землеробства в Лісостепу України»), інших науково методичних працях, поданих заявках на проекти Horizon-2020 та МОН.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є оригінальним науковим дослідженням, виконаним особисто здобувачем протягом 2000–2022 років. Автор безпосередню обґрунтував проблему, тему і наукові положення роботи, визначив мету, завдання і методологію проведення досліджень, проаналізував і систематизував літературні експериментальні дані інших дослідників, розробив і виконав програму польових і лабораторних досліджень, провів порівняльну кількісну і якісну оцінку чорнозему типового і ізогумусолу, виконав математичну обробку даних, всебічно проаналізував отримані багаточисельні дані, зробив науково-обґрунтовані висновки і рекомендації виробництву, організував впровадження результатів дослідження у виробництво. У наукових працях написаних за темою дисертаційного дослідження і опублікованих у співавторстві, використано власні ідеї, наукові положення та результати особистої праці здобувача. Права співавторів даних публікацій не порушено у дисертаційній роботі. Польові експериментальні дослідження на стаціонарних науково-дослідних полях кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. М. К. Шичули (НУБіП України) самостійно виконувались протягом 2000–2016 років, у відділі деградації та відновлення родючості чорноземів Північно-східного інституту географії та агроєкології Національної академії наук Китаю (IGA, Китай) – протягом 2010–2016 років із залученням технічного персоналу відділу. Наукові дослідження у лабораторіях України, Китаю та США виконувались самостійно.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертаційного дослідження було представлено, опубліковано і обговорено на: Міжнародному симпозиумі «International Symposium on Soil Quality and Management of World Mollisols» (м. Харбін, Китай, 2010); Міжнародному семінарі «Workshop on Regional Environmental Systems Interactions» (м. Чанчунь, Китай, 2010); Міжнародній конференції «Mollisols of Ukraine and China: Genesis, Properties and Fertility Management» (м. Київ, 2011); Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасне ґрунтознавство: наукові проблеми та методологія викладання» (м. Київ, 2012); Міжнародному семінарі «International

Workshop of Mollisols Conservation» (м. Харбін, Китай, 2012); Міжнародній конференції «Актуальні проблеми досліджень впливу ерозійних і руслових процесів на стан і функціонування басейнових систем» (м. Київ, 2012); Міжнародній науковій конференції «Actual Problems of Genetic, Geographical, Historical, Environmental Soil Science» (м. Львів, 2013); Міжнародній науковій конференції «Міждисциплінарні виміри дослідження ландшафтів» (м. Київ, 2013); ІХ з'їзді Українського товариства ґрунтознавців і агрохіміків «Охорона ґрунтів – запорука сталого розвитку України» (м. Миколаїв, 2014); Міжнародному симпозиумі «Symposium of Mollisols Utilization and Conservation» (м. Харбін, Китай, 2015); Міжнародному симпозиумі «Uluslararası Diyarbakir Sempozyumu' Bildiri Özet Kitapçığı Yayinlandi» (м. Діярбакир, 2016); Міжнародній конференції «The 2016 International Conference of the European Society for Soil Conservation (ESSC)» (м. Клуж-Напока, Румунія, 2016); Міжнародному семінарі «The International Training Workshop on Drip Irrigation and Fertigation» (м. Діярбакир, 2017); Міжнародному семінарі «Water Treatment's Activity in Huzhou» (м. Хучжоу, Китай, 2017); Міжнародній конференції «4th International Conference on Environmental Science and Technology» (м. Київ, 2018); Всеукраїнській конференції «Родючість ґрунтів як основа ефективного землекористування» (м. Київ, 2019); Міжнародному семінарі: «Відновлення техногенно-порушених і деградованих ґрунтів у сучасному землекористуванні» (м. Київ, 2019); Міжнародній конференції «Ґрунти України: трансформація і відновлення родючості» (м. Київ, 2021); Міжнародній конференції «Sustainable Development: Modern Theories and Best Practices» (м. Таллінн, Естонія, 2021); Міжнародному семінарі «Оцінка запасів вуглецю в чорноземних ґрунтах як похідної землекористування та зміни клімату» (м. Харків, 2021); Міжнародному семінарі «Carbon stocks of Ukrainian Chernozems as a function of Land Use and Climate change» (м. Харків, 2021); Міжнародному конгресі «International Congress and Workshop on Agricultural Structures and Irrigation» (м. Діярбакир, 2022); Міжнародному симпозиумі «IV International Symposium for Agriculture and Food» (м. Охрид, Північна Македонія, 2022); Міжнародному форумі «International Forum on Black Soil Conservation and Utilization» (м. Харбін, Китай, 2022).

Наукові розробки автора впроваджено у ТОВ «Лотівка Еліт» Шепетівського району Хмельницької області. Використання на основних типах ґрунтів господарства, адаптованих до місцевих умов ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур, суттєво зменшило енергетичне, фінансове і антропогенне навантаження на орні ґрунти, знизило витрати на моніторинг властивостей ґрунтів, покращило властивості і родючість ґрунтів.

Публікації. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 57 наукових праць, у тому числі: 5 монографій, 9 статей у періодичних виданнях, включених до категорії «А» Переліку наукових фахових видань України, та/або наукових періодичних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, 17 статей у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, 3 статті у наукових виданнях інших держав, 6 статей в інших наукових виданнях, 9 матеріалів конференцій і тез наукових доповідей, 8 підручників, посібників, методичних рекомендацій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотації, вступу, семи розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел (604 найменування, у тому числі 419 – латиницею), додатків (96 найменувань). Загальний обсяг дисертації складає 500 сторінок. Робота містить 25 таблиць, 81 рисунок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АНТРОПОГЕННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЧОРНОЗЕМІВ УКРАЇНИ І КИТАЮ ЗА ЇХ РІЗНОГО ВИКОРИСТАННЯ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

У розділі представлено наукову концепцію дослідження, описані особливості процесів ґрунтоутворення та морфолого-генетичних ознак чорноземів за різних ґрунтово-кліматичних фацій, досліджено трансформацію властивостей чорноземів за фаціального ґрунтоутворення. Встановлено шляхи формування оптимальних параметрів властивостей чорноземів України і ізогумусолей Китаю за застосування ґрунтозахисного обробітку ґрунту, інтегрованого живлення рослин, коротко-ротаційних сівозмін із висіванням проміжних, сумісних, післяжнивних та покривних культур, мульчування, смугових посівів і контурного землеробства. Показано, що чорноземи, будучи відкритою багатофазною частиною педосфери, чутливо реагують на зміни природного середовища, які інтенсивно прискорюються за антропогенного впливу. В результаті глобальних змін клімату, у чорноземах відбуваються стрімкі трансформаційні зміни властивостей, процесів і режимів, які безпосередньо впливають на їх родючість і врожаї сільськогосподарських культур. Традиційні землеробські підходи не забезпечують стабільні врожаї сільськогосподарських культур у нових кліматичних реаліях, незважаючи на застосування виробниками сучасної агротехніки. Таким чином виникає нагальна потреба у науковому дослідженні й обґрунтуванні впливу різних агротехнічних заходів на педогенез ґрунтів на фоні глобальних кліматичних змін, що дасть можливість значно підвищити ефективність виробництва продукції рослинництва та відновити родючість ґрунтів.

ПРОГРАМА, ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослід № 1 проведено у період із 2000 по 2016 роки на полях стаціонарного наукового дослідження кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів у ВП НУБіП України «Великоснітинське навчально-дослідне господарство ім. О. Музиченка» (СНД Вел.), с. Велика Снітинка, Фастівського району Київської області (50°5'N, 30°2'E). Ґрунт Дослідної ділянки – чорнозем типовий глибокий малогумусний пилувато-легкосуглинковий на лесі. Польовий стаціонарний дослід було закладено у 1998 році за методом розщеплених ділянок із розміром елементарної ділянки 6 x 30 = 180 м², облікової ділянки – 100 м². Повторність дослідження триразова. Система основного обробітку ґрунту була представлена: мілким плоскорізним обробітком (RTu) (КШН-3,0) на глибину 10–12 см під усі

культури; полицевим різноглибинним обробітком ґрунту (СТu) (ПЛН-6-35) на глибину 25–27 см – під просапні і 20–22 см – під зернові культури; глибоким різноглибинним плоскорізним обробітком (DRTu) (КНК-4) на глибину 25–27 см – під просапні, 10–12 см – під зернові культури. Дослідження виконувались за двох сівозмін: сівозміна I (1999–2009 роки): багаторічні трави – пшениця озима – буряки цукрові – горох – озима пшениця – кукурудза на зерно – кукурудза на силос – озима пшениця – ячмінь + багаторічні трави; сівозміна II (2010–2016 роки): соя, озима пшениця, кукурудза на зерно, ячмінь, кукурудза на зерно, соя, ячмінь. Система удобрення для сівозмін складалась із п'яти варіантів. Середня кількість добрив на 1 га сівозмінної площі відповідала наступним нормам: контроль (без добрив); гній 12 т/га + $N_{55}P_{45}K_{45}$; гній 6 т/га + солома 1,2 т/га + $N_{55}P_{45}K_{45}$; солома 2,4 т/га + $N_{24} + N_{55}P_{45}K_{45}$; солома 1,2 т/га + сидерати + $N_{55}P_{45}K_{45}$ – для сівозмін 1 і контроль (без добрив); солома 1,2 т/га + $N_{12} + N_{55}P_{45}K_{45}$; солома 1,2 т/га + $N_{12} + N_{78}P_{68}K_{68}$; солома 1,2 т/га + N_{12} + сидерати + $N_{55}P_{45}K_{45}$; солома 1,2 т/га + N_{12} + сидерати + $N_{78}P_{68}K_{68}$ – для сівозмін 2.

Дослід № 2 виконано упродовж 2010–2015 років на полях «Національної наукової станції дослідження агроєкосистем Хайлунь» ($47^{\circ}126'N$, $126^{\circ}38'E$) відділу деградації та відновлення родючості чорноземів Північно-східного інституту географії та агроєкології Національної академії наук Китаю (IGA, Китай). Ґрунт дослідної ділянки – гаплі-удік ізогумісоль. Польовий стаціонарний однофакторний дослід було закладено у 2004 році за методом рендомізованих ділянок із розміром елементарної ділянки $8,4 \times 40 = 336 \text{ м}^2$, облікової ділянки – 100 м^2 . Повторність досліду триразова. Система основного обробітку ґрунту була представлена наступними варіантами: полицевий обробіток ґрунту на глибину 27–30 см (СТ) – контроль; безполицевий обробіток ґрунту (RT) на глибину 25 см під усі культури; no-till (NT); комбінований обробіток ґрунту (Comb) на глибину 30 см під усі культури; роторний обробіток ґрунту (Rot) на глибину 20 см під усі культури. Інші варіанти досліду № 2 які досліджувались: переліг (Ab) засіяний протягом 1987–1989 років багаторічними травами; беззмінний чорний пар (F) з 1989 року. Схема чергування культур у короткоротаційній сівозміні складалась із сої та кукурудзи на зерно. Норми мінеральних добрив у 2004–2009 роках становили: $N_{69,5}P_{51,75}K_{15} + N_{69,5}(CO(NH_2)_2)$ – під кукурудзу на зерно і $N_{20,25}P_{51,75}K_{15}$ – під сою та $N_{69,5}P_{51,75}K_{15} + N_{100}(CO(NH_2)_2)$ – під кукурудзу на зерно і $N_{20,25}P_{51,75}K_{15}$ – під сою протягом 2010–2016 років.

Дослід № 3 виконано упродовж 2010–2015 років на полях «Національної наукової станції з управління та охорони ґрунтів та вод» с. Гуангронг ($47^{\circ}36'N$, $126^{\circ}83'E$) Північно-східного інституту географії та агроєкології Національної академії наук Китаю (IGA, Китай). Ґрунт дослідної ділянки – гаплі-удік ізогумісоль. Польовий стаціонарний однофакторний дослід було закладено у 2004 році за методом розщеплених ділянок із розмірами елементарної ділянки $4,5 \times 20 = 90 \text{ м}^2$, облікової ділянки – 50 м^2 . Кожна ділянка була оконтурена керамічною плоскою черепицею зануреною у ґрунт на 20 см та виступом над поверхнею ґрунту у 25 см. Повторність досліду триразова. Система основного обробітку ґрунту була представлена наступними варіантами: полицевий

обробіток ґрунту на глибину 27–30 см (СТ) – контроль; безполицевий обробіток ґрунту (RT) на глибину 25 см під усі культури; no-till (NT); обробіток поперек схилу (CS) на глибину 25 см під усі культури. Інші варіанти досліду, які виконувались: переліг (Ab) із природною сукцесією різнотрав'я з 2006 року; беззмінний чорний пар (F) з 2006 року; лісовий масив (Fst) із тополі білої (*Populus alba*) із загальним віком деревостою – 15–18 років. Схема чергування культур у короткоротаційній сівозміні складалась із сої та кукурудзи на зерно. Норма удобрення у 2006–2009 роках становила: $N_{69,5}P_{51,75}K_{15} + N_{69,5}(CO(NH_2)_2)$ – під кукурудзу на зерно і $N_{20,25}P_{51,75}K_{15}$ – під сою та $N_{69,5}P_{51,75}K_{15} + N_{100}(CO(NH_2)_2)$ – під кукурудзу на зерно і $N_{20,25}P_{51,75}K_{15}$ – під сою протягом 2010–2016 років.

Основні кліматичні показники знімали із метеодатчиків метеостанції Фастів (№ 33339) Фастівського району Київської області, а також із метеорологічних станцій встановлених на відстані 5–100 м від досліджуваних ділянок у м. Хайлунь та с. Гуангронг. Польові і лабораторні методи досліджень виконували за наступними методиками: відбір ґрунтових проб – за ДСТУ ISO: 10381-1:2004, 10381-2:2004, 10381-3:2004, 10381-4:2005, 7030:2009; концентрація CO_2 на поверхні ґрунту – на газовому аналізаторі CI-301 CO_2 Gas Analyzer (CID, Inc); об'ємні запаси ґрунтової вологи – нейтронною пробкою на приладі «CNC503B» (Китай); уміст ґрунтової вологи у 0-150 см шарі – з використанням Campbell Scientific «CR23X Micrologger®» (США); уміст ґрунтової вологи у верхніх шарах ґрунтів – за ДСТУ ISO 11465:2001; щільність складення на суху речовину ґрунту – за ДСТУ ISO 11272:2001; щільність твердої фази – за ДСТУ 4745:2007; водопроникність – за ДСТУ 7456:2013; змив ґрунту у результаті дії водної ерозії – за ДСТУ 7403:2013; груповий та фракційний склад гумусу – за ДСТУ 7828:2015, pH_{KCl} – за ДСТУ ISO 10390:2007; гранулометричний склад ґрунту – за ДСТУ 4730:2007; уміст обмінних кальцію і магнію – за ДСТУ 7861:2015; уміст органічної речовини ґрунту – за ДСТУ 4289:2004 з використанням приладів Vario EL III analyzer, CE Instruments EA 1110 CHNS-O elemental Analyzer та Elementar Liqui TOC II; загальна біомаса мікроорганізмів – біоцидним методом фумігації-екстракції; вуглець дисперсних агрегатів органічної речовини ґрунту (ПОМ) – за методикою Cambardella and Elliott (1992); структурно-агрегатний склад – за ДСТУ 4744:2007; водостійкі агрегати ґрунту – за ДСТУ 4744:2007 з врахуванням чотирьох типів замочування; рухомі сполуки фосфору і калію – за ДСТУ 4114-2002; амонійний азот – за ДСТУ 4729:2007; легкогідролізний азот – за ДСТУ 7863:2015; уміст валового фосфору, амонійного та нітратного азоту у пробах китайського чорнозему визначали – на автоматичному проточному аналізаторі Skalar San Plus analyzer (Breda, Netherlands) з урахування підготовки проб ґрунту до аналізу за ДСТУ 4290:2004 та ДСТУ 4729:2007; розміри мінеральних частинок у агрегатах дисперсних фракцій – на аналізаторі EyeTech™ COMBI High-Tech (AmbiValue B.V., Нідерланди); мікробне дихання ґрунту без додавання живильних речовин – на інфрачервоному газовому аналізаторі LI – 7000 CO_2/H_2O Analyzer, Li-COR Biosciences (USA) з урахуванням ДСТУ ISO 16072:2005; термогравіметричний

аналіз (ТГА) та диференціальна скануюча калориметрія (ДСК) – на приладі SDTQ 600 (Mettler Co, Shanghai, China); мінералогічний склад ґрунту – на рентгеновському дифрактометрі PANalytical XPERT-PRO MPD (PANalytical, Нідерланды) з урахуванням методики за МВВ 31-497058-004-2001 та термінології за ДСТУ Б А.1.1-8-94.

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

ЧОРНОЗЕМОУТВОРЕННЯ В АГРОЦЕНОЗАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ І ПІВНІЧНО-СХІДНОГО РЕГІОНУ КИТАЮ

Річна сума опадів і середньомісячна температура атмосферного повітря територій проведення досліджень представлені на рис. 1. Дослід № 1 територіально відноситься до континентального помірного кліматичного поясу із середньодобовою багаторічною температурою повітря 8,7 °С (за роки проведення досліджень), яка досягає мінімальних показників у січні (мінус 4,1 °С) і максимальних – у липні (21,5 °С). Кількість безморозних днів з температурою повітря вище 0 та 5 °С складає 271 та 219 днів відповідно. За даними метеодатчиків метеостанції Фастів (№ 33339), з 2006 по 2016 роки, у середньому, сума активних температур ≥ 10 °С складала 3227 °С, сумарна сонячна радіація – 99 ккал/см²·рік, відносна вологість – 76 %, щорічна кількість опадів – 585,3 мм. Досліди № 2 і 3 територіально перебувають в області континентального типу клімату східної окраїни Євразії. У даному регіоні формується область мусонного клімату із значною амплітудою температур: мінус 14–18,5 °С – у зимовий і 21,8–23,7 °С – у літній період. За даними метеостанції м. Хайлунь, середньобагаторічна температура повітря за 2009–2016 роки склала 4,6 °С, сума активних температур ≥ 10 °С – 3234 °С, сумарна сонячна радіація – 108 ккал/см²·рік, відносна вологість – 69 %, щорічна кількість опадів – 552,6 мм.

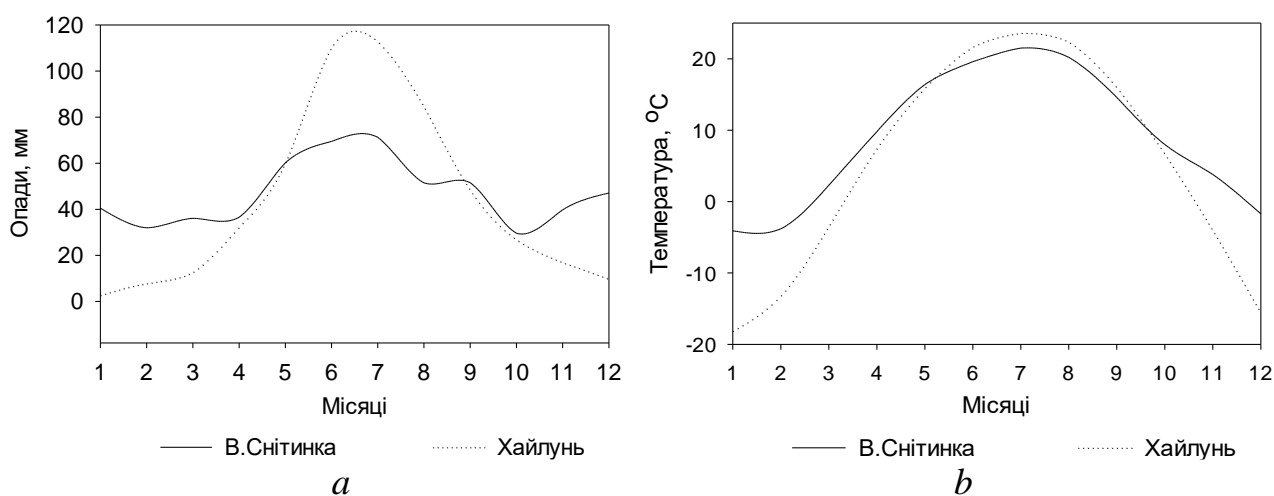


Рис. 1. Порівняльна характеристика кліматичних показників територій с. Велика Снітинка (Україна) та м. Хайлунь (Китай), в середньому за 2006–2016 рр. проведення наукових досліджень: а – середньомісячна кількість атмосферних опадів; б – середньомісячна температура атмосферного повітря

Чорнозем типовий сформувався на пластово-денудаційній слабохвилястій придолинній лесовій рівнині на висоті 207 м умовного рівня моря, на крайовій області північно-східної частини Придніпровської височини у межиріччі Унави, Снітинки і Стугни яке прорізає складчасті структури архейських і протерозойських порід у межах Українського кристалічного щита. Леси і лесовидні суглинки мають потужність 15–25 м, яка на схилах збільшується до 30–35 м. Досліджуваний ізогумусоль сформувався на північному сході Манчжурської рівнини (Сунляо), на відстані 30–50 км від передгір'я Малого Хінгану, на горизонтальній акумулятивній терасі річки Хайлунь, на абсолютній висоті 235 м умовного рівня моря, за впливу лісостепової рослинності, на пиловато-суглинковому лесі потужністю 7–10 м, за глибокого залягання ґрунтових вод (20–22 м).

Проведений детальний аналіз змін морфолого-генетичних властивостей чорнозему типового за 16 річного застосування різних систем обробітку ґрунту показав, що найглибший гумусовий горизонт Н сформувався за оранки – 54,3 см, найкоротший – за мілкого безполицевого обробітку – 48,2 см. За RTu «плужна підощва» знаходиться вище, але морфологічно виділяється не так чітко як за STu і DRTu. З глибиною, забарвлення залишається чорним за STu і світлішає за RTu і DRTu. Верхній перехідний горизонт є слабкоущільненим за STu і DRTu та середньоущільненим за RTu, що відзначається у наявності горіхуватих агрегатів з добре вираженими гранями, гострими кутами та акомодациєю їх поверхонь. Копрогенні і детритові прогумусові агрегати заповнюють переважно біогенні канали. Переважаючим типом пор у перехідних до породи горизонтів є пори пакетування агрегатів, внутрішньо-агрегатні пори та пори тріщин. Карбонати представлені трубочками та міцелярними вкрапленнями – за DRTu, прожилками та борошністими вкрапленнями за RTu, вицвітами та міцелієм – за STu. Пиловатість сферодних агрегатів найбільш виражена у варіантах із застосуванням STu та DRTu. За RTu – зернисто – грудкуваті агрегати сильніше зцементовані кальцієм та гумусовими речовинами. Порода являє собою пиловато-легкосуглинковий карбонатний світло-жовто/оливково-коричневий кротовиний лес.

Застосування різних способів обробітку ґрунту вплинуло на зміни морфолого-генетичних ознак ізогумусоля. Глибина верхнього гумусового горизонту змінювалась від 55 см – за оранки до 51 см – за no-till. Структурні агрегати представлені переважно зернисто – грубогрудкуватими і горіхуватими окремостями діаметром більше 5 мм, загальний уміст яких коливається від 70 до 82 %. Неагрегованого матеріалу у горизонті немає. Органічна речовина верхнього горизонту представлена тонкодисперсним гумусо-глинистим ізотропним матеріалом чорного кольору з буруватим відтінком. Під шаром органічних решток рослин, за no-till, поширені багаточисельні гіфи грибів. Верхній перехідний гумусовий горизонт починається із «плужної підощви», яка за no-till складається із грубогрудкуватих та горіхуватих агрегатів, а за ST і RT – із нерівномірних брилуватих окремостей та грубо-горіхуватих агрегатів. У період дощів, на ущільненій «плужній підощві» під оранкою, можна

спостерігати ознаки спорадичного оглеєння. Нр горизонт майже не має пилуватих і дрібногрудкуватих агрегатів ґрунту. У цьому горизонті більший, порівняно з верхнім горизонтом, уміст мулу і відповідно – тонкодисперсного глино-гумусового матеріалу, який візуально створює крапчастий накіп на поверхні ґрунтових пор. Це явище вказує на ознаки процесу лесиважу. Рн горизонт є більш ущільненим за попередній, має значно менший уміст органічного вуглецю і відповідно – концентрованих смектит-вермікулітових органо-мінеральних згустків з тенденцією до збільшення умісту мулистої фракції на 1–2 % порівняно з попереднім горизонтом. У $P_{(kgl)}$ горизонті забарвлення втрачає сірих відтінків, натомість суттєво зростає частка бурого кольору, зрідка трапляються мікроортштейни, ооїди із рухомого заліза та буруваті плівки на поверхні пор, а інколи і в структурних агрегатах, що свідчить про розвиток процесів вилуговування та ознаки спорадичного оглеєння. Уміст тонкодисперсних фракцій мінералів має тенденцію до нагромадження із збільшенням процентної частки ілліту і вермікуліту та зменшенням – смектитів.

Рентгеноструктурний аналіз ґрунтових проб показав, що мінеральна фаза чорнозему типового складається із: кварцу, польових шпатів, карбонатів кальцію і магнію, гідролюд, монтморилоніту, каолініту, хлориту і змішаношаруватих силікатів. Домінуючим мінералом досліджуваного чорнозему типового виявився кварц, дифрактограми якого мали найбільшу інтенсивність, ширину і профільну кількість дифракційних піків. За мінімального безполицевого обробітку ґрунту були виявлені кальцієвмісні мінерали: хлорокальцит – 34,33 (2,61 Å), 28,40 (3,14 Å), 42,82 (2,11 Å) і гідроксилапатит – 32,94 (2,72 Å), 31,81 (2,81 Å), 39,84 (2,26 Å). У профілі із застосуванням RТу, з глибини 20 см з'являються дифракційні ефекти змішаношаруватих 1:1 структур, таких як коренсит (залізо-магнієвий алюмосилікат), який складається із триоктаедричних хлоритових та/або вермікулітових і смектитових (монтморилоніт та нонтроніт) шарів – 6,31 (14,00 Å), 12,49 (7,08 Å), 25,21 (3,53 Å). Тобто за даного варіанту відбувається більш інтенсивна, ніж за інших варіантів, гідролюдизація (ілітизація) монтморилоніту та утворення змішаношаруватих мінералів (Гаєвська, 2009). У 0–5 см шарі варіанту з RТу виявились рефлекси баєриту: 40,57 (2,22 Å), 18,83 (4,71 Å), 20,40 (4,35 Å). Даний мінерал є поліморфною модифікацією гібситу і є, за даними J. Apps (1989) продуктом інтенсивного вивітрювання амфіболів і піроксенів за нонтронітової кори вивітрювання. За глибокого плоскорізного обробітку ґрунту відмічалась присутність фторапатиту кальцію – 33,25 (2,69 Å), 32,05 (2,79 Å), 40,23 (2,24 Å). Дифрактограми ґрунтових проб відібраних за оранки мають меншу кількість і інтенсивність піків порівняно з DRТу та RТу.

Визначено, що частка фракції крупного пилу (51,38–57,01 %) у чорноземі типовому значно перевищує уміст піску дрібного (14,48–17,94 %) і мулу (13,76–17,43 %). Натомість, у китайському ізогумусолі переважаючими фракціями є крупний пил (32,47–37,29 %) і мул (29,23–38,38 %). Уміст крупного пилу збільшувався на 5,52 % (RTu) та 3,98 % (CTu) у низ по профілю – у чорноземі типовому та зменшувався на 3,41; 4,49; 5,10; 3,54 і 3,15 % за NT, RT, CT, Ab і F відповідно – в ізогумусолі. Уміст фракцій фізичного піску і мулу в ізогумусолі інтенсивно нагромаджувався у 15–20 см шарі і поступово зменшувався з

глибиною. У чорноземі типовому, уміст фізичного піску поступово зменшувався, а мулу – збільшувався у низ по профілю.

ТРАНСФОРМАЦІЯ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ТА ІЗОГУМУСОЛІВ ЗА ЇХ РІЗНОГО ВИКОРИСТАННЯ

Тривале застосування технологій обробітку ґрунту визначало стратиграфію розподілу $C_{\text{орг}}$ у профілях українського та китайського чорноземів (рис. 2). Уміст $C_{\text{орг}}$ був найвищим у верхніх 0–5 та 5–10 см шарах: 2,3–2,8 % – у чорноземі типовому і 2,4–3,7 % – у ізогумусолях і поступово зменшувався з глибиною. На глибині 80–100 см уміст $C_{\text{орг}}$ у чорноземі типовому (1,0–1,3 %) суттєво перевищував уміст $C_{\text{орг}}$ в ізогумусолях (0,8–0,9 %). Позитивний ефект щодо послаблення деструкції $C_{\text{орг}}$ за NT, RT, RTu, DRTu, Comb і CS виявляється за рахунок зменшення кількості доступного кисню у приповерхневому шарі, розподілу аеробних і анаеробних мікроорганізмів, напряду протікання мікробіологічних процесів (Doran, 1980), зменшення інтенсивності окиснення органічних решток рослин на фоні краще зволоженого і більш холодних температурних умов поверхневого шару (Franzluebbers et al., 1994), порівняно із оранкою. Відведення орного ізогумусолю під переліг найкраще вплинуло на збагачення профілю органічним вуглецем ґрунту. В ізогумусолі дослідного поля с. Гуангронг був сформований природний 8-річний переліг без штучного залуження дослідної ділянки багаторічними травами. Даний захід показав свою ефективність тільки у 0–10 см шарі ізогумусолю. У нижніх 15–100 см шарах ґрунту Ab поступався іншим технологіям за вмістом $C_{\text{орг}}$. Натомість, 25 річне застосування перелігу із штучним залуженням багаторічними травами ізогумусолю дослідної ділянки у м. Хайлунь, призвело до істотного нагромадження умісту $C_{\text{орг}}$ не тільки у верхній частині профілю, але й і в усьому профілі.

Уміст загального азоту у метровому шарі досліджуваних ґрунтів коливався від $(0,10 \pm 0,02)$ % до $(0,26 \pm 0,004)$ % – у чорноземі типовому та від $(0,05 \pm 0,001)$ % до $(0,26 \pm 0,01)$ % – в ізогумусолях. Проведені дослідження показали, що безполицеві технології (NT, Rtu, DRTu, RT, CS, Comb) та Ab мали перевагу у нагромадженні $N_{\text{заг}}$ у 0–15 см шарах чорнозему і ізогумусолях. У нижньому 30–100 см шарі найбільший уміст $N_{\text{заг}}$ був сформований за СТ у чорноземі типовому і СТ, RT і Comb – у ізогумусолях.

За співвідношенням C : N у гумусі, чорнозем типовий відповідає середньому (8–11), а ізогумусолі – низькому та дуже низькому рівням збагачення гумусу азотом (12,9–17,6). Найбільша збагаченість азотом гумусу по всьому профілю була за RTu: від $10,1 \pm 0,8$ у 0–5 см шарі до $9,7 \pm 0,3$ у 80–100 см шарі. Варіант з DRTu переважав усі інші варіанти за рівнем C : N ($10,4 \pm 0,8$) у шарі 60–100 см, СТu – у шарі 0–40 см. В ізогумусолях Хайлуня і Гуангронгу C : N значення зменшувалось до глибини 10–15 см, збільшувалось до 80 см глибини і неістотно зменшувалось на глибині 80–100 см.

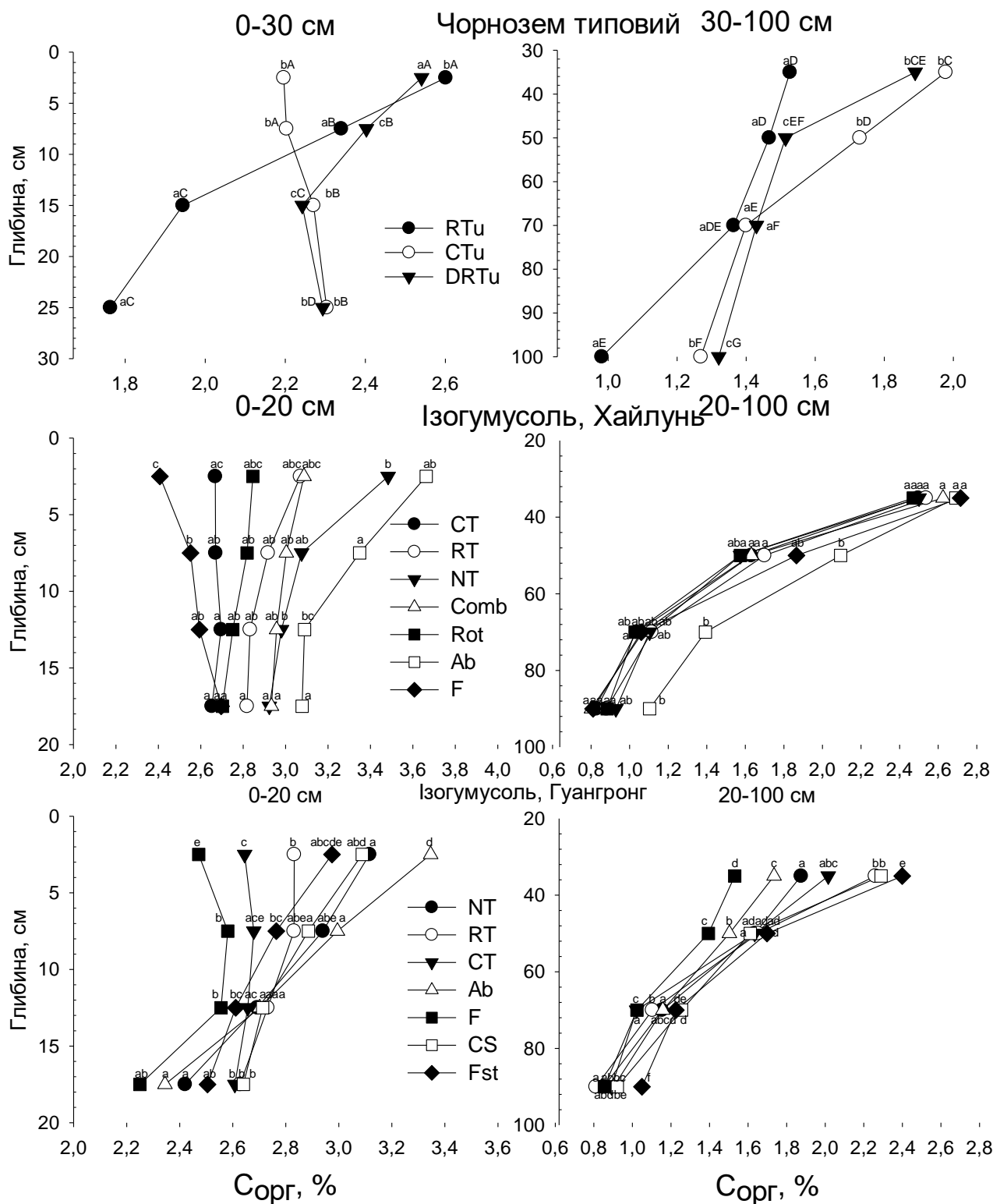


Рис. 2. Профільний розподіл S_{org} у чорноземі типовому (2010–2015 рр., удобрення – солома 1,2 т/га + сидерати + $N_{12} + N_{78}P_{68}K_{68}$) за RTu, CTu, DRTu і ізогумусолях Хайлуня і Гуангронгу (середні значення за 2010–2014 рр.) за CT, NT, Rot, RT, Comb, RT, CS, Fst, Ab, F. ^{ab} – різні літери вказують на істотну різницю між варіантами обробку ґрунту

Тренд профільного розподілу умісту органічної сірки (S_{org}) в чорноземі типовому нагадував криві S_{org} , $N_{заг}$ та $H_{заг}$. Найбільший уміст сірки у 0–5 та 5–10 см шарах відзначався за RTu ($0,05 \pm 0,001$) % і ($0,04 \pm 0,002$) %, та DRTu

($0,04 \pm 0,002$) % і ($0,04 \pm 0,003$) %, у 10–20 см шарі – за СТ_u ($0,04 \pm 0,002$) % і DR_{Tu} ($0,04 \pm 0,006$) %, у 40–100 см шарі – за DR_{Tu}. На глибині 20–40 см не спостерігалась істотна різниця за вмістом $S_{\text{орг}}$ між досліджуваними технологіями. Уміст загального водню ґрунту ($H_{\text{заг}}$) у 0–5 та 5–10 см шарах був найбільшим за RT_u: ($0,58 \pm 0,01$) % і ($0,52 \pm 0,02$) % та DR_{Tu} – ($0,54 \pm 0,02$) % і ($0,53 \pm 0,02$) % відповідно. У 10–20, 20–30, 30–40, 40–60 і 80–100 см шарах найбільший уміст водню був за DR_{Tu} та СТ_u. У шарі 60–80 см не спостерігалось суттєвої різниці за вмістом $H_{\text{заг}}$ між технологіями. Насиченість гумусу воднем (вужьке $C_{\text{орг}} : H_{\text{заг}}$ відношення) вказує на більшу кількість водневих атомів задіяних у будові органічної речовини ґрунту. Цікавим виявився факт середньої та високої кореляційної залежності між відношеннями: $C_{\text{орг}} : N_{\text{заг}}$ із $C_{\text{орг}} : H_{\text{заг}}$.

Досліджувані ґрунти характеризувались гумусово-акумулятивним розподілом умісту і запасів гумусу по профілю. У чорноземі типовому ґрунтозахисні технології обробітку ґрунту сформували найбільший уміст гумусу у верхньому 0–20 см шарі, який на фоні вищих параметрів щільності складення забезпечив більші запаси гумусу за даних технологій (рис. 3). У верхніх 0–5 і 5–10 см шарах чорнозему типового найбільші запаси гумусу були за RT_u: ($23,5 \pm 2,4$) і ($23,6 \pm 0,2$) т/га – за варіанту 1, ($25,7 \pm 1,2$) і ($24,8 \pm 0,2$) т/га – за варіанту 3, ($26,1 \pm 1,00$) і ($25,4 \pm 0,6$) т/га – за варіанту 5 відповідно. У шарі 10–20 см перевагу мав глибокий безполицевий обробіток ґрунту: ($48,3 \pm 0,1$), ($49,6 \pm 1,5$) і ($50,6 \pm 0,4$) т/га – у варіантах 1, 3 і 5 відповідно. За оранки, на фоні меншої ніж за RT_u і DR_{Tu} щільності складення, сформувалось більше запасів гумусу у 20–60 см шарі. У цілому, в 0–20 см шарі ґрунту за мілкого безполицевого обробітку ґрунту нагромаджувалось більше запасів гумусу на: 0,2–9,4 т/га порівняно із СТ_u і DR_{Tu} – у варіантах 1, 3 і 5 відповідно. Запаси гумусу за СТ_u у 0–100 см шарі були найвищими, але вони істотно не відрізнялись від інших технологій обробітку ґрунту.

Частка запасів гумусу 0–20 см шару у метровому шарі залежала від способу обробітку та використання ґрунтів і майже не залежала від удобрення. Найбільша частка 0–20 см запасів гумусу у метровому шарі була відмічена за: перелогу (30–35 %) та по-till (32–33 %) – в ізогумусолях та RT_u (34–35 %) – у чорноземі типовому. Найменші показники показала оранка: 26–27 % – в ізогумусолі, 27–28 % – у чорноземі типовому та чорний пар – 25–28 % – в ізогумусолях. За молодого лісу, обробітку ґрунту поперек схилу, безполицевого, комбінованого і ротаційного обробітку ґрунту, вищезгадана частка 0–20 см запасів гумусу була майже на однаковому рівні – 28–29 %.

Результати досліджень показують істотний вплив різних технологій обробітку ґрунту на профільний розподіл груп і фракцій гумусу у чорноземі типовому і ізогумусолі. Найбільший уміст ГК у 0–5 та 15–20 см шарах був за: NT і Ab – в ізогумусолях, RT_u і DR_{Tu} – у чорноземі типовому. На глибині 20–40 і 60–100 см найбільше ГК нагромаджувалось за RT, Ab і СТ_u – в ізогумусолі Гуангронгу, Хайлуня і чорноземі типовому відповідно. Найбільша частка у структурі ГК належала фракції 2, масова частка якої складала: 22,4–29,6 % – в

було найбільшим за чорного пару (1,87–2,21 та 1,91–2,28) – в ізогумусолях Гуангронгу та Хайлуня і за СТ_u (1,96–2,09) – у чорноземі типовому. Найвужче С_{ГК} : С_{Фк} відношення забезпечував NT (1,28–1,75 і 1,59–2,10) – в ізогумусолях Гуангронгу і Хайлуня та RT_u (1,89–2,09) – у чорноземі типовому (табл. 1).

Таблиця 1.

Профільний розподіл С_{ГК} : С_{Фк} у чорноземі типовому та ізогумусолях

Глибина, см	Гуангронг, 5 % схил					Хайлунь					Солома 1,2 т/га + сидерати + N ₁₂ + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈		
	NT	RT	СТ	Ab	F	NT	RT	СТ	Ab	F	RT _u	СТ _u	DRT _u
0–5	1,75	1,83	1,97	1,79	2,21	1,85	1,87	2,05	1,92	2,28	1,89	2,00	1,84
15–20	1,85	1,86	1,91	1,83	2,06	1,94	2,03	2,04	1,97	1,96	1,98	1,96	2,00
20–40	1,97	1,87	1,68	1,93	1,80	2,10	2,19	1,84	2,04	1,77	2,03	2,09	2,05
40–60	1,79	1,71	1,81	1,81	1,88	2,06	2,09	1,93	2,07	1,98	2,09	2,08	2,06
60–80	1,47	1,46	1,64	1,52	1,84	1,73	1,80	1,90	2,02	1,89	2,00	1,96	2,00
80–100	1,28	1,19	1,37	1,26	1,87	1,59	1,57	1,83	1,96	1,91	1,89	2,00	1,84

Відповідно до даних одержаних за термогравіметриєю органічна речовина чорнозему типового характеризується гетерогенністю, високою і низькою термостійкістю (рис. 4). Малочисельні екзотермічні ефекти за температур 129–131 °С – за усіх варіантів обробітку ґрунту і 120–123 °С – за DRT_u у шарі 5–10 см і СТ_u у шарі 10–20 см пов'язані із окисленням глюкози, мальтози. Максимальний за амплітудою екзогенний пік асоційований із: аліфатичною частиною гумусових речовин та слабогуміфікованими компонентами гумусу: целюлозою, карбоксильними, метиленовими, спиртовими, альдегідними, амідними, амінними та фенольними групами, поліцукрами з С–О зв'язками спостерігався в інтервалі 330–350 °С. Амплітуда зміни маси ґрунтової проби при екзотермічному ефекті у даному діапазоні поступово зменшувалась від 0–5 до 80–100 см шарів чорнозему типового за RT_u і DRT_u. За оранки, найбільший термoeфект спостерігався у пробі 10–20 см шару ґрунту. Максимальна швидкість згорання органічних компонентів ґрунтових проб відмічалась у 0–10 см шарі – за RT_u, 0–30 см шарі – за DRT_u і 0–40 см шарі – за СТ_u. Відповідно до одержаних даних, другий екзотермічний пік органічної речовини ґрунту знаходився у межах 413–417 °С, якому передувала зміна маси ґрунтових проб при температурі 400–409 °С (окислення найбільш термічно стійких решток рослин). Похідна зміни маси в інтервалі 413–417 °С поступово зменшувалась від ґрунтових проб верхнього 0–5 см (0,0019 %/°С) до 80–100 см (0,0011 %/°С) шарів чорнозему типового. Найбільша кількість термічних ефектів в області 400–500 °С спостерігалась за RT_u та DRT_u – у шарі 0–5 см, DRT_u – у шарі 60–80 см та RT_u, DRT_u і СТ_u – у шарі 80–100 см. Втрата маси ґрунтової проби за температур, які перевищують 400 °С пов'язана переважно із важкорозчинною та стабілізованою органічною речовиною ґрунту, в основі якої лежить sp² гібридизована карбонова основа, деструкцією поліциклічних і поліароматичних сполук, руйнуванням складних довголанцюгових вуглеводів (лігнін), мінералізацією нерозчинних і термостійких (507–570 °С) органо-мінеральних сполук з енергією ароматичних

зв'язків $\cong 520$ кДж/моль, окиснення «ядерної» частини гумусових речовин (470–580 °С). Повна деструкція органічної речовини ґрунту, за даними E. Lopez-Capel et al. (2005), відбувається за 650 °С, рекальцитрантного вуглецю – за 650–700 °С (Leinweber et al., 1992), гумінових і фульвокислот – за 500–600 і 600–700 °С відповідно (Shurygina et al., 1971). Найбільші фазові перетворення у даній температурній області спостерігались у ґрунтових пробах 0–5 см шару – за RTu і DRTu та 5–20 см шару – за STu. За температур 572–574 °С в усіх досліджуваних пробах спостерігався характерний для кварцу ендогенний ефект, після якого виникало два екзотермічних ефекти з характерним «плечем» за температур 591–592 °С, які пов'язують із руйнуванням та окисненням термостійких «ядерних» конденсованих орґано-мінеральних комплексів гумусових речовин ароматичної будови. Похідна зміни маси ґрунтових проб 20–100 см шару чорнозему типового інтенсивно наростала після 600 °С, що пов'язано передусім із більшим умістом кальциту та фазових переходах у кристалічних ґратках мінералів.

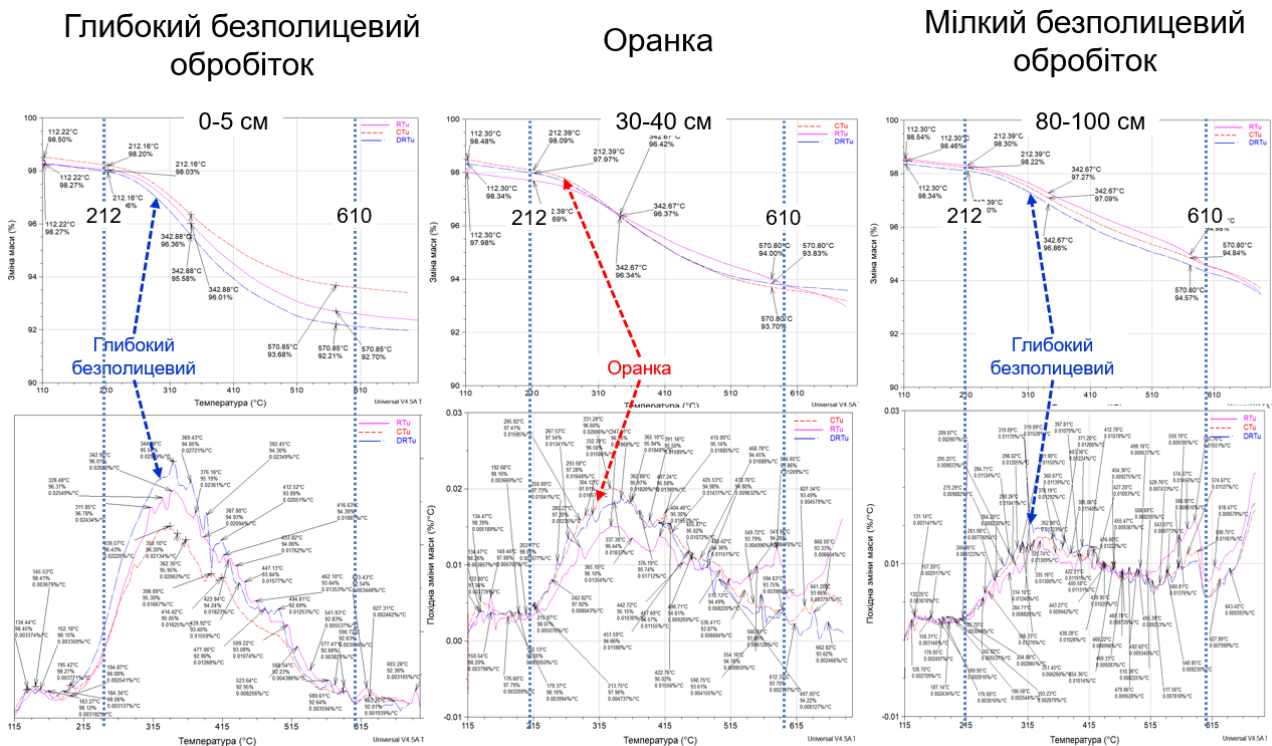


Рис. 4. Проста і диференційована криві втрати маси ґрунтової проби чорнозему типового за 16 річного використання мілкового безполицевого обробітку (RTu), оранки (STu) і глибокого безполицевого обробітку (DRTu)

Порівнюючи масову втрату ґрунтової проби у межах екзотермічних піків можна також розрахувати індекси термічної стабільності органічної речовини ґрунту і її фракцій. Наші дослідження вказують, що екзотермічні ефекти починаються із температур більше 200 °С. У зв'язку з цим, у даній роботі, індекс гуміфікації органічної речовини ґрунту ($I_{гк\Delta M}$) пропонується розрахувати: – за співвідношенням ΔM в інтервалі 200–396 °С ($\sum E_{x01-2}$) до ΔM в інтервалі 396–610 °С ($\sum E_{x03-5}$). $I_{гк\Delta M}$ у ґрунтових пробах за RTu – стрімко зменшується із глибиною, за STu – зростає до глибини 10–20 см і поступово зменшується до

100 см шару, за DRTu – має найбільші значення за усі досліджувані варіанти обробітку ґрунту в шарі 0–40 см. Найбільша площа питомої теплоємності лабільних фракцій органічної речовини ґрунту відмічалась за: STu – у 10–20 та 30–60 см шарах, RTu – у 5–10 та 60–80 см шарах і DRTu – у 0–5, 20–30 та 80–100 см шарах (рис. 5). Площі питомої теплоємності стабільних фракцій ОРГ (Ехo₃₋₅) були найбільшими за DRTu і RTu у шарах 0–5 та 10–100 см, і за STu – у шарі 5–10 см. Похідна теплового потоку у температурному інтервалі 578–610 °С, що відповідає екзотермічному ефекту – Ехo₅ – має «плече», яке зростає у ґрунтових пробах нижніх шарів ґрунту. Процентний уміст площ питомої теплоємності зменшувався униз по профілю за Ехo₁₋₂ та збільшувався за Ехo₃₋₅. Втрата мас ґрунтових проб за Ехo₁₋₂ зменшувалась з глибиною за RTu (3,2–2,3 %) і DRTu (3,5–2,8 %) та збільшувалась до середини профілю за STu (2,9–3,1 %). З глибиною, процентний уміст Ехo₄₋₅ термостійких фракцій гумусу за показниками ΔM та c_s – збільшувався в усіх ґрунтових пробах усіх варіантів.

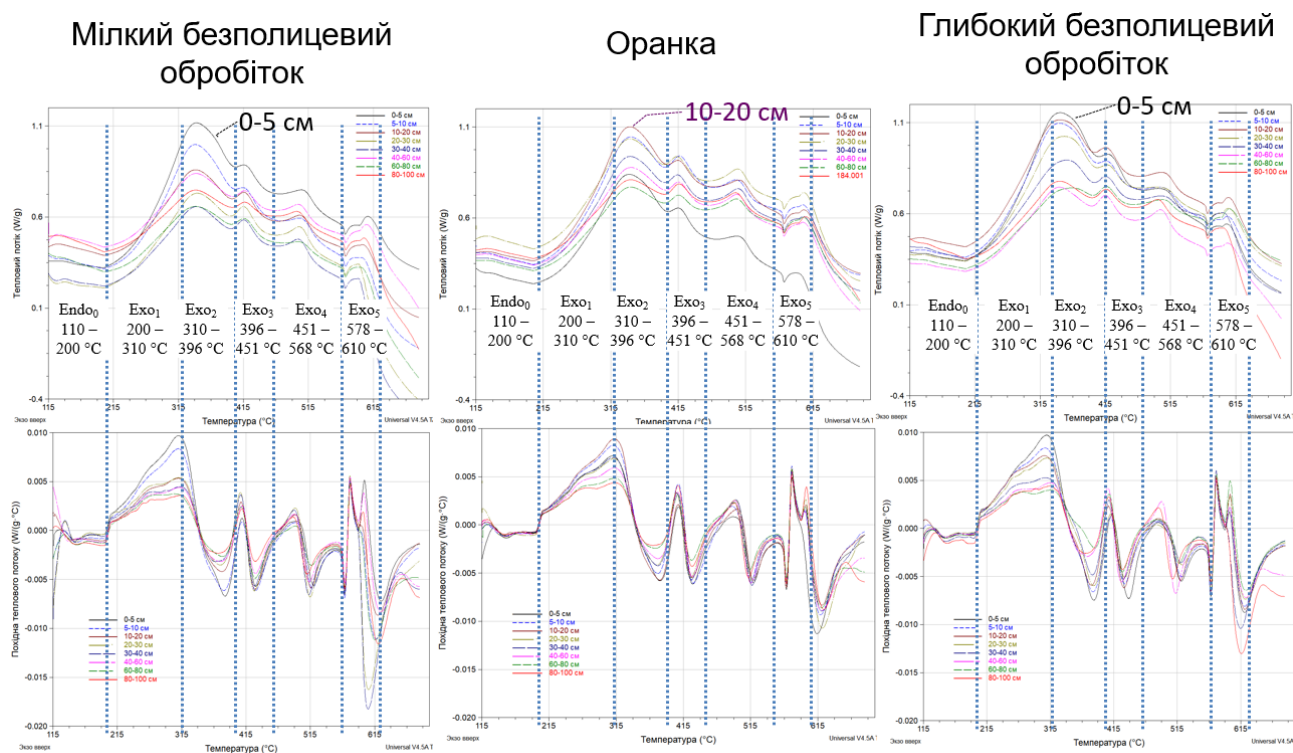


Рис. 5. Розподіл теплового потоку і похідної теплового потоку ґрунтових проб 0–100 см шару чорнозему типового за 16 річного використання глибокого безполицевого обробітку. Варіант-солома 1,2 т/га + сидерати + N₁₂+N₇₈P₆₈K₆₈

Строки та глибина відбору ґрунтових проб, технології обробітку і характер використання ґрунтів вплинули на динаміку змін органічного вуглецю та загального азоту в ґрунтах. За результатами спостережень (n = 36–54), положення медіани X_{n0,50} міжквартильного розмаху IQR₂₅₋₇₅ показників C_{орг} і N_{заг} за безполицевих технологій було вищим за оранку у верхньому 0–20 см шарі чорнозему типового як на удобрених, так і на неудобрених варіантах. У нижньому 20–80 см шарі чорнозему типового, медіана параметрів C_{орг} і N_{заг} була вищою у варіанті із оранкою. Одержані множинні дані (n = 12–48) у травні, липні,

серпні і жовтні по змінам умісту $C_{\text{орг}}$ і $N_{\text{заг}}$ у китайських ізогумусолях показали найбільш високе положення медіани, третього квартилю, максимальні параметри розмаху і найбільший діапазон викидів – у варіантах із Ab та NT у верхньому 0–20 см шарі. Варіант із CT характеризувався найвужчим IQR_{25-75} та найменшим діапазоном максимальних і мінімальних значень.

Встановлено, що найбільша амплітуда сезонних коливань органічних сполук вуглецю, загального азоту ґрунту і їх відношення відбувається за безполицевого обробітку ґрунту, no-till, перелогу та молодого лісу – у верхніх і нижніх шарах ґрунту та за оранки – у нижній частині орного і підорного шарів. В ізогумусолях та чорноземі типовому за безполицевих технологій обробітку ґрунту, перелогу, no-till та молодого лісу формується найвужче $C_{\text{орг}} : N_{\text{заг}}$ відношення, що свідчить про позитивний вплив цих технологій на збагаченість органічної речовини азотом. Протягом перших двох місяців після посівної спостерігалось зменшення умісту $C_{\text{орг}}$ і $N_{\text{заг}}$ у шарі 0–60 см порівняно із передпосівними значеннями. У літній період, у досліджуваних ґрунтах відбулось збільшення умісту $C_{\text{орг}}$ і відношення $C_{\text{орг}} : N_{\text{заг}}$ та зменшення умісту $N_{\text{заг}}$ в результаті каталізу, синтезу, поліконденсації, створенні макромолекулярних полімерів гумусових речовин і крупних фракцій дисперсної органічної речовини ґрунту (Piccolo, 2012; Piccolo et al., 2018; Nebbioso et al., 2011; Nuzzo et al., 2017). рН реакції середовища протягом літа підвищується і відновлюється у осінній період. Це явище супроводжується збільшенням умісту обмінного кальцію і загальних карбонатів, формуванням гуматів Ca і Mg, посиленням агрегованості. З кінця серпня по початок жовтня середньодобова температура повітря і середньомісячна кількість опадів – знижуються. У цей час спостерігалось незначне зменшення умісту $C_{\text{орг}}$ та $N_{\text{заг}}$ у верхніх шарах ґрунту з наступними процесами їх відновлення в осінній період за чорнозему типового. Після збирання врожаю, в осінньо-зимовий період, відбувається процес тривалої біологічної і абіотичної стабілізації і відновлення сполук органічного вуглецю та азоту.

Обробіток ґрунту мав суттєвий вплив на амплітуду і сезонну динаміку $C_{\text{мікро}}$, $N_{\text{мікро}}$, $C_{\text{мікро}} : N_{\text{мікро}}$ в ізогумусолях Хайлуня і Гуангронгу. Розмір амплітуди сезонної динаміки органічних вуглецю і азоту біомаси мікроорганізмів залежав від характеру використання ізогумусоля і глибини відбору ґрунтової проби. Найбільша амплітуда сезонних змін $C_{\text{мікро}}$ була відмічена у ґрунтових пробах верхнього 0–10 см шару ізогумусолю, найменша – у шарі 10–20 см. Найбільші значення третього квартилю $X_p(0,75)$ відмічались за Ab в усіх шарах ґрунту. Найменші значення першого квартилю $X_p(0,25)$ були за F у шарі 0–20 см і Rot – у шарі 20–40 см. Найбільший перепад квартильного розмаху ($IQR_{0,25-0,75}$) спостерігався за CT у шарі 0–20 см та RT – у шарі 20–40 см. Уміст органічних вуглецю та азоту мікроорганізмів змінювався протягом сезону: найбільший уміст $C_{\text{мікро}}$ та $N_{\text{мікро}}$ спостерігався у середині травня-липня, зменшувався до кінця серпня і відновлювався у жовтні. В середньому за сезон, найменша кількість вуглецю та азоту біомаси мікроорганізмів нагромаджувалась за оранки та чорного пару, найбільша – за перелогу, молодого лісу, no-till і ґрунтозахисного

обробітку поперек схилу. Дана закономірність була відмічена в ізогумусолях Північно-східного регіону Китаю у роботах Y. Sui et al. (2009) та Y. Lou et al. (2011). На думку Holmes et al. (1994), сезонні зміни біомаси мікроорганізмів залежать передусім від температури та водного потенціалу ґрунтів, ОВП режиму і фізико-хімічних властивостей ґрунтів. Крім абіотичних факторів, як вважає McGill et al. (1986), ґрунтозахисні технології краще забезпечують ґрунт легкодоступними гумусовими речовинами, детритами, продуктами десорбції колоїдів та трансформації рослинних решток, виділеннями кореневої системи рослин, продуктами гідролізу органічних полімерів, тощо.

Чутливим індикатором первинних змін якісного складу органічної речовини на фоні змін властивостей ґрунтів є мікробний індекс (МІ) ґрунтів який протягом вегетаційного періоду змінювався від $(0,72 \pm 0,17)$ до $(2,00 \pm 0,03)$ % – в ізогумусолі Хайлуня і від $(0,88 \pm 0,11)$ до $(1,68 \pm 0,08)$ % – в ізогумусолі Гуангронгу. Найбільші значення МІ у 0–20 см шарі спостерігались за: Ab, Fst та NT. У нижньому 20–40 см шарі МІ переважав за: Ab, F та ST. Під час інтенсивного росту і розвитку рослин найбільше лабільного вуглецю мікроорганізмів у складі гумусу утворювалось за Ab, Fst, NT та F (у шарі 20–40 см).

Інтенсивність мікробного дихання ґрунтів ($C-CO_2$) є найбільш динамічним показником, який описує зміни лабільного вуглецю ґрунтів і може слугувати важливим критерієм оцінки загальної біологічної активності мікробного компоненту ценозу (Заболотний і Заболотна, 2014; Кешелава, 2000). Швидкість виділення вуглекислого газу на початку вегетації характеризувалась найменшими значеннями за весь період досліджень. У середині липня був відмічений максимальний пік емісії CO_2-C ізогумусолями. Кількість емітованого CO_2-C за перелогу та лісу в середньому за сезон перевищувала орні ґрунти у 1,5–1,8 рази. У варіанті із чорним паром, емісія CO_2-C була у 2,6–3,5 рази нижча за природні ценози. Подібні результати одержали С. В. Сушко та ін. (2019) та С. Tate and R. Striegl (1993). Мікробне дихання ґрунту має дуже високий рівень (за шкалою Чедока) лінійного кореляційного відношення К. Пірсона із вмістом органічного вуглецю ґрунту, який у наших дослідженнях становив: 0,94 – за RTu, 0,95 – за STu та 0,98 – за DRTu. Прискорений катаболізм за глибокого безполицевого обробітку ґрунту був інтенсивнішим ніж за оранки, що свідчить про більший вміст лабільних гумусових речовини та мікроорганізмів за даної технології.

СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНИЙ СТАН ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ТА ІЗОГУМУСОЛІВ У АГРОЦЕНОЗАХ І ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ

Структурний стан досліджуваних ґрунтів за вмістом повітряно-сухих агрономічно цінних агрегатів за класифікацією С. І. Долгова та П. У. Бахтіна (1966) можна охарактеризувати як «добрий» $(61,1 \pm 1,3)$ % – $(79,7 \pm 1,3)$ % – для чорнозему типового та «задовільний» $(35,6 \pm 10,4)$ % – для ізогумусолів. На фоні більш вологої різкоконтинентальної кліматичної зони Північно-східного Китаю

сформувалось найбільше $\Sigma >10-5$ мм структурних агрегатів, що забезпечує оптимальні параметри водо- і повітряно-проникності ґрунтів та ефективно їх захищає від вітрової ерозії. В Україні навпаки, за чорноземогенезу сформувалось більше $\Sigma >5-0,25$ мм агрегатів, які у більш посушливих умовах сприяють кращому вологозбереженню. З іншого боку, істотно більший уміст, порівняно із ізогумусолем, $1-0,25$ та $<0,25$ мм фракцій погіршує їх протиерозійні властивості. Уміст агрономічно-цінних $10-0,25$ мм агрегатів зменшувався від верхніх до нижніх шарів і був найбільшим за: RTu ($63,6 \pm 0,8$) % – ($79,7 \pm 1,3$) % – у чорноземі типовому і NT ($46,3 \pm 2,3$) % – ($61,7 \pm 3,4$) % – в ізогумусолі. Внесення повного органо-мінерального добрива та повного органо-мінерального добрива із сидератами – збільшувало, порівняно із неудобренним варіантом, масову частку агрономічно – цінних агрегатів і зменшувало уміст пилюватих фракцій.

Проведені нами дослідження демонструють залежність розподілу фракцій водостійких агрегатів ґрунту (ВАГ) від способу їх замочування та умісту органічної речовини ґрунту. За застосування повільного замочування агрегатів у дистильованій воді у вакуумі (nHVSU) відмічається найбільший вихід $10-0,5$ мм фракції ВАГ незалежно від рівня гумусованості агрегатів. За no-till, порівняно із оранкою, формувалось більше $10-5$, $2-1$ і $1-0,5$ мм фракцій ВАГ, за оранки – $5-2$ та $0,5-0,25$ мм фракцій. За вмістом $10-0,25$ мм агрегатів, оранка суттєво поступалась no-till: $54,8-74,0$ % – за СТ проти $62,5-83,3$ % – за NT. Коефіцієнт водостійкості збільшувався від макроагрегатів оранки ($0,94-1,28$) до no-till ($1,14-1,52$). Причому протягом вегетаційного періоду збільшувався вихід $10-2$ мм і зменшувався – $2-0,25$ мм водостійких агрегатів ґрунту, збільшувався їх середньозважений і середньгеометричний діаметри, зменшувались фрактальні розміри, підвищувався уміст стабілізованого вуглецю ґрунту. Найбільша амплітуда змін умісту водостійких агрегатів ґрунту протягом вегетаційного періоду була за оранки – $7,34-8,93$ %, найменша – за no-till – $5,03-5,37$ %. В середньому за сезон, за ґрунтозахисних технологій та перелогу утворювалось більше крупних фракцій водостійких агрегатів і дисперсних фракцій POM ніж за оранки (рис. 6).

Відповідно до концепції, запропонованою J. Six et al. (2002), стабільність $C_{\text{орг}}$ набагато більша у $i\text{POM}_{<53 \text{ мкм}}$, ніж у $\text{POM}_{250-53 \text{ мкм}}$ і $\text{POM}_{>250 \text{ мкм}}$ агрегатах. Наші дослідження підтверджують дане ствердження. Уміст $C_{\text{орг}}$ протягом сезону змінювався до: $38,9$ % – у $\text{POM}_{>250 \text{ мкм}}$, $20,8$ % – у $\text{POM}_{250-53 \text{ мкм}}$ і $16,2$ % – у $i\text{POM}_{<53 \text{ мкм}}$ агрегатах (рис. 7). Амплітуда динаміки умісту $C_{\text{орг}}$ зменшувалась від $0-10$ до $10-20$ і $20-40$ см шарів ізогумусоллю. Найбільший уміст $C_{\text{орг}}\text{POM}_{2000-250 \text{ мкм}}$ і $C_{\text{орг}}\text{POM}_{250-53 \text{ мкм}}$ у $0-10$, $10-20$ і $20-40$ см шарах ізогумусоллю утворювався за: Ab і NT, Ab і RT, RT і СТ відповідно.

Розподіл мінеральних частинок за лазерною дифрактометриєю у $\text{POM}_{>250 \text{ мкм}}$, $\text{POM}_{250-53 \text{ мкм}}$ і $\text{POM}_{<53 \text{ мкм}}$ агрегатах $0-40$ см шару ізогумусолів суттєво не змінювався, що характерно для чорноземів зважаючи на їх гумусоаккумулятивний тип профілю, однорідність мінералогічного складу і відсутність диференційного перерозподілу гранулометричних фракцій в гумусовому горизонті. В той же час середні діаметри гранул за площею, об'ємом

і довжиною зменшувались з глибиною, а також від макро- до мікро- і тонкої фракцій POM. Найбільші середні діаметри гранул за площею поверхні були знайдені за перелогу та ґрунтозахисних технологій у 0–10 та 20–40 см шарах, та за оранки – у 10–20 см шарі.

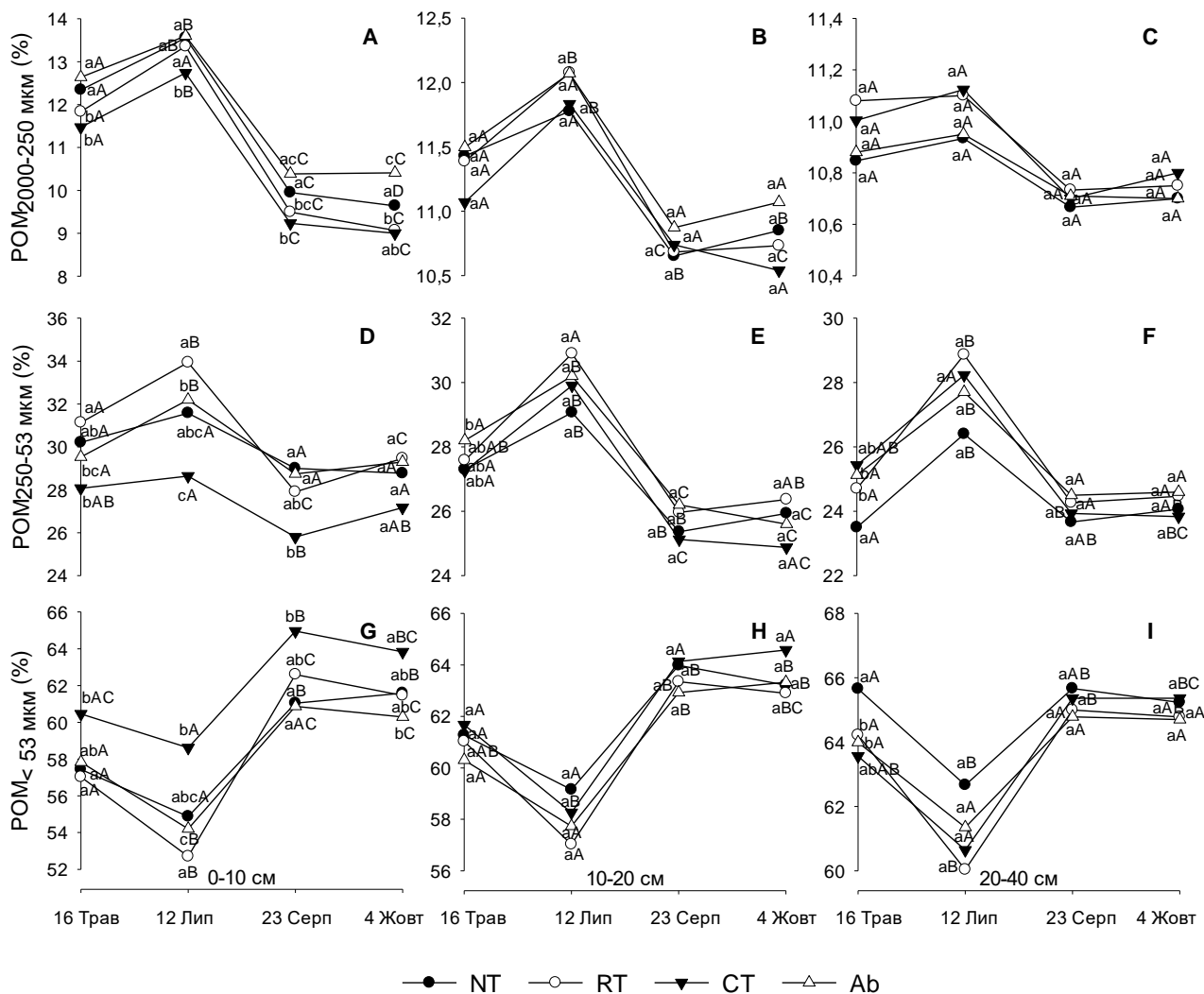


Рис. 6. Сезонна динаміка вмісту дисперсної органічної речовини (POM) ізогумусолу Гуангронгу за: оранки (CT), по-тіль (NT), безпліцевого обробітку (RT) та перелогу (Ab). (2010-2014 рр.). Середні значення із різними літерами вказують на істотну різницю між варіантами (НІР, $\alpha = 0,05$)

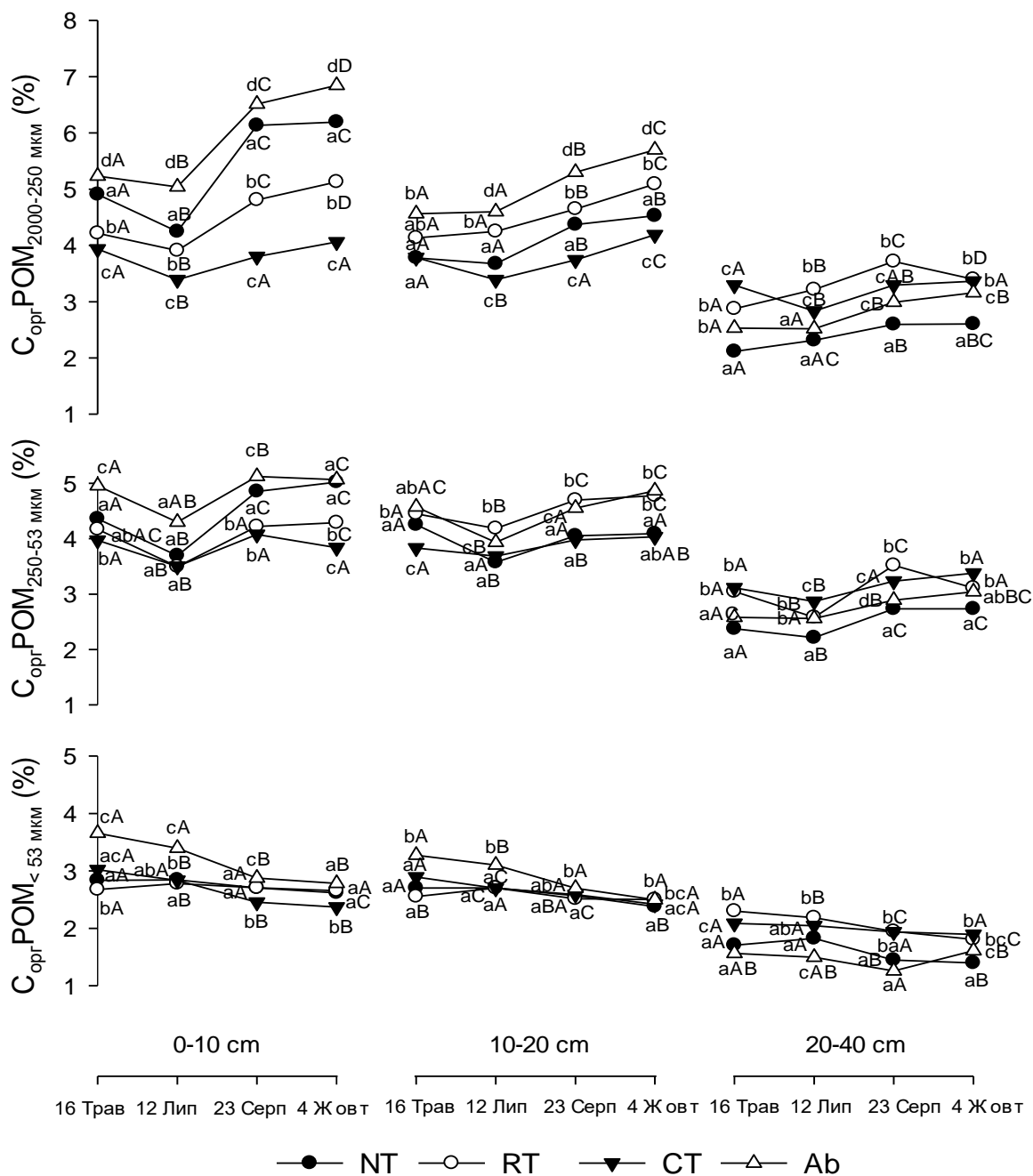


Рис. 7. Сезонна динаміка умісту $C_{\text{орг}}$ у різних фракціях дисперсних агрегатів органічної речовини ґрунту (POM) ізогумусоліу Гуангронгу за: оранки (CT), по-*till* (NT), безполицевого обробітку (RT) та перелогу (Ab) (2010–2014 рр., дослід № 3). ^{aB}–різні літери вказують на істотну різницю між обробітком ґрунту та строками відбору ґрунтових проб

ВПЛИВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ, УДОБРЕННЯ ТА УТРИМАННЯ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ТА ІЗОГУМУСОЛІВ НА ЇХ ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

Встановлена залежність динаміки щільності складення від технологій обробітку ґрунту і глибини оброблювального шару ґрунтів. Найменші зміни щільності складення протягом вегетації відбулись у перелогах, у яких коефіцієнти варіації склали: 2,35–0,74 % – в ізогумусолі Гуангронгу та 2,75–1,57 % – в ізогумусолі Хайлуня. За no-till сформувався найбільш ущільнений серед ґрунтооброблювальних технологій орний 0–20 см шар: 1,24–1,25 г/см³ – в рядку і 1,25–1,27 г/см³ – у міжрядді. За оранки відмічалась найменша ущільненість 0–5 см шару ізогумусолів в рядку і найбільша – у 0–20 см міжрядді. Найбільш пухкими в рядку у 0–20 см шарі ізогумусолів виявились варіанти із RT (1,17–1,22 г/см³) та СТ (1,16–1,24 г/см³). У 0–40 см шарі чорнозему типового, варіант з оранкою мав найменше значення щільності складення (1,26 г/см³) порівняно з мілким (1,29 г/см³) та глибоким (1,28 г/см³) безполицевими обробітками ґрунту. Щільність складення мала мінімальні значення після проведення весняних польових робіт і максимальний у кінці літнього періоду.

За сільськогосподарського використання ґрунтів велика увага приділяється вологоперенесенню у зоні аерації. Водопроникність досліджуваних ґрунтів оцінювалась як «надлишково-висока» (581–735 мм/год) – у варіантах із різними технологіями обробітку ґрунту, чорним паром і перелогом та «найкраща» (416–504 мм/год) – у варіанті із молодим лісом і за чорнозему типового (309–566 мм). Найбільші значення водопроникності відмічались на початку вегетації, у першу годину спостережень яких вона складала за: RT (720,3±8,6) мм/год та СТ (697,3±19,9) мм – в ізогумусолі Гуангронгу, СТ (741,7±10,9) мм/год, Rot (737,8±4,9) мм/год – в ізогумусолі Хайлуня, СТu (566,1±49,9) мм/год – у чорноземі типовому.

Технології обробітку ґрунту мають прямий і непрямий вплив на динаміку і запаси вологи в ґрунтах. Одержані нами дані вказують на істотно менший об'ємний уміст вологи з червня по серпень за оранки у 0–10 см шарі ізогумусоля Гуангронгу (0,17–0,25 г/см³) порівняно із NT (0,22–0,30 г/см³) та RT (0,21–0,29 г/см³) – за вирощування сої та 0,25–0,34 г/см³ – за СТ проти 0,24–1,00 г/см³ – за NT і 0,26–0,41 г/см³ – за RT – за вирощування кукурудзи на зерно. У нижніх шарах ізогумусолів об'ємний уміст вологи суттєво не відрізнявся між технологіями. Уміст вологи, який визначався методом комплексної електропровідності в ізогумусолі Хайлуня, збільшувався із початку листопаду до середини травня у 0–20 см шарі, зменшувався із початку листопаду до кінця квітня на глибині 60–150 см і достовірно не змінювався на глибині 270 см. У середньому, протягом осінньо-весняного періоду найбільший уміст вологи нагромаджувався за: RT – у шарі 0–20 см і NT – у шарі 20–270 см. Варіант із оранкою мав найменший уміст вологи у шарі 0–10 см.

Температурний режим чорнозему типового відноситься до сезонно-промерзлого, ізогумусолу – тривалого сезонно-промерзлого типів. Поширення коливань температури у глиб ґрунту описується законом Фур'є з врахуванням рівнянь потоків вологи, солей та тепла. Протягом 2010–2014 років нами визначалась температура ізогумусолу і ґрунтотворної породи з поверхні до глибини 300 см 144 рази протягом доби і відповідно 52 560 разів за рік. Одержані дані вказують на вплив різних технологій обробітку ґрунту щодо змін температури ізогумусолу у часі та профілі в цілому. Відсутність рослинного покриву, менший уміст вологи ґрунту, більша кількість пилюватих агрегатів, щільніший контакт із атмосферним повітрям за оранки спричинюють інтенсивну трансформацію сонячної радіації у теплову, що призводить до швидких температурних змін верхнього шару. За використання по-till верхній шар ґрунту повільніше прогрівається весною, має найнижчі показники температури протягом вегетаційного періоду і найвищі – на глибині 110–300 см впродовж року.

УПРАВЛІННЯ РОДЮЧІСТЮ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО УКРАЇНИ І ІЗОГУМУСОЛЮ КИТАЮ

Урожайність сільськогосподарських культур визначається дією обробітку ґрунту, добрив, соломи і сидератів, водно-ерозійними втратами ґрунту. В умовах помірно-континентального типу клімату оранка та глибокий безполицевий обробіток ґрунту є ефективними при вирощуванні кукурудзи на зерно, мілкий безполицевий обробіток – при вирощуванні озимої пшениці і ячменю, по-till – при вирощуванні сої. Краща волого- і тепло- забезпеченість чорнозему типового у роки проведення досліджень, порівняно із середньо-багаторічними показниками, вплинули на одержання більших врожаїв сої та кукурудзи на зерно порівняно із ізогумусолем. В цілому за роки проведення досліджень найбільша продуктивність сільськогосподарських культур була одержана за застосування різноглибинного безполицевого обробітку в Україні і безполицевого обробітку у Китаї. Найвищі показники врожайності відзначено за застосування соломи 1,2 т/га + N₁₂ + N₇₈P₆₈K₆₈ і соломи 1,2 т/га + сидерати + N₁₂ + N₇₈P₆₈K₆₈. Врожайність зернових культур на ізогумусолі із 5° схилом, на фоні більшого умісту вологи та вужчого C_{тк} : C_{фк} відношення, за застосування NT, RT і CT була вищою порівняно із модальним ґрунтом в: 0,2; 0,1 і 0,2 рази – для сої і 2,1; 1,8 і 1,7 рази – для кукурудзи на зерно. Середня продуктивність короткоротаційної сівозміни на ізогумусолях складала 3,7–5,1 т/га зернових і 5,0–6,8 т/га кормових одиниць. Найменша продуктивність зернових культур у дослідях 2 і 3 відмічалась за по-till, найбільша – за оранки та безполицевого обробітку ґрунту, що визначалось передусім урожайністю кукурудзи на зерно, яка була найвищою у варіантах із глибоким розпушенням ґрунту.

Середня продуктивність зернових культур на чорноземі типовому залежала від способу обробітку ґрунту й удобрення. Найбільш ефективними виявились варіанти із внесенням соломи 1,2 т/га + N₁₂ + сидерати + N₇₈P₆₈K₆₈ (2010–2016 роки, солома 1,2 т/га + сидерати + N₅₅P₄₅K₄₅ – 1999–2009 роки) та

соломи 1,2 т/га + N₁₂ + N₇₈P₆₈K₆₈ (2010–2016 роки, гній 6 т/га + солома 1,2 т/га + N₅₅P₄₅K₄₅ – 1999–2009 роки) за усіх способів обробітку ґрунту. Прирости продуктивності зернових і кормових одиниць від застосування добрив склали: 2,5 і 2,7 т/га – за оранки, 2,7 і 2,9 т/га – за різноглибинного безполицевого обробітку ґрунту, 2,4 і 2,7 т/га – за мілкового безполицевого обробітку ґрунту порівняно із контролем. Найбільша продуктивність сівозмін 1 і 2 була отримана за застосування соломи 1,2 т/га + сидератів + N₁₂ + N₇₈P₆₈K₆₈ (варіант 5) за оранки та різноглибинного безполицевого обробітку.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розроблено наукове обґрунтування з управління властивостями чорноземів та вирішується проблема відновлення їх родючості за різних сценаріїв їх господарського використання з урахуванням фаціальних ґрунтово-генетичних особливостей ґрунтів, шляхом застосування: ґрунтозахисного обробітку ґрунту, короткоротаційних сівозмін, соломи, сидератів, інтегрованої системи удобрення і залуженого перелогу. Результати багаторічних досліджень надають підстави для формування наступних висновків:

1. Встановлено, що чорноземи типові та ізогумусолі мають фаціальні особливості морфолого-генетичних ознак гумусо-акумулятивного типу профілю. За умов східно-євразійської кліматичної фації мусонного типу із ГТК 1,7–1,8, профіль ізогумусолу набув ознак спорадичного оглеєння, буруватого відтінку, грубогрудкуватості, глибокого скипання від карбонатів, наявності зон виснаження і акумуляції. За помірно-теплого клімату України із ГТК 1,3–1,5 сформувався чорнозем типовий із глибоким гумусовим профілем, дрібногрудкуватими агрономічно цінними агрегатами, видимими формами карбонатних новоутворень, кротовиним натічним прогумушеним лесом.

2. Визначено пошарово профільні зміни властивостей чорнозему типового і ізогумусолів за їх тривалого використання. За оранки утворюється глибокий гумусовий горизонт, який набуває ознак: пілуватості, гомогенного розподілу органічної речовини ґрунту і елементів живлення в орному шарі, підвищеної концентрації обмінного водню у ґрунтово-вбирному комплексі. За застосування безполицевого обробітку ґрунту і no-till збільшується концентрація гумусу, елементів живлення, обмінних кальцію і магнію у приповерхневому шарі чорноземів. Тверда фаза і органічна речовина чорнозему типового за безполицевого обробітку ґрунту характеризується розвиненою полімінеральністю, в той же час як дифрактограми ґрунтових проб варіанту з оранки мають найменшу кількість і інтенсивність піків. Застосування оранки та чорного пару прискорює нагромадження піщаної фракції у профілях чорнозему типового та ізогумусолів. Переважаючими гранулометричними фракціями в ізогумусолі є крупний пил і мул, у чорноземі типовому – пісок дрібний, крупний пил та мул.

3. Показано стратиграфічний розподіл умісту біофільних макроелементів у профілях чорнозему типового та ізогумусолу: уміст загального вуглецю,

загального водню, органічних сполук вуглецю, азоту та сірки поступово зменшується з глибиною, в той же час як уміст вуглецю неорганічних сполук збільшується: від 40,8 % – за оранки до 42,8 % – за глибокого і 54,5 % – за мілкого безполицевого обробітку ґрунту. Мольна частка водню у чорноземі типовому переважає концентрацію вуглецю, азоту і сірки у 11,9, 13,9 та 31,7 разів.

4. Встановлено, що стабілізація умісту і запасів гумусу забезпечується застосуванням ґрунтозахисного обробітку ґрунту, внесенням соломи 1,2 т/га + сидерати + $N_{12} + N_{78}P_{68}K_{68}$, залуженням перелогу багаторічними травами. Досліджено, що система основного обробітку ґрунту визначає стратиграфію розподілу органічної речовини в профілі ґрунтів. Найбільшу масову частку умісту і запасів гумусу у 0–20 см шарі ґрунтів забезпечують: переліг, по-till, безполицевий обробіток ґрунту, найменшу – оранка і чорний пар.

5. Відмічені фаціальні ознаки гумусоутворення досліджуваних ґрунтів. В ізогумусолях, порівняно із чорноземами типовими, система гумусових речовин сформувалась за підвищеного сезонного гідроморфізму, криогенних умов, сприятливого водно-повітряного і теплового режимів у літній період. У складі органічної речовини ізогумусолів більше: лабільних гумусових речовин, високомолекулярних азотовмісних компонентів із розвиненими функціональними групами, фракцій GK_1 і FK_{1a+1} , що свідчить про активну стадію еволюції даних ґрунтів. В ізогумусолях, з глибиною збільшується частка FK_{1a} , GK_2 , FK_{2-3} та зменшується – FK_1 і $GK_{1,3}$ фракцій. Натомість, у чорноземі типовому масова частка GK_1 і FK_{1a+1} фракцій зменшується, GK_2 та FK_2 – збільшується, а GK_3 та FK_3 фракцій – достовірно не змінюється з глибиною. Найбільший уміст лабільних фракцій гумусових речовин утворюється за перелогу та ґрунтозахисного обробітку ґрунту у шарі 0–20 см, оранки, глибокого безполицевого обробітку ґрунту та перелогу у шарі 20–100 см. За ґрунтозахисних технологій значно зростає інтенсивність утворення першої та другої стадій гуміфікації, процеси полімеризації і акумуляції гумусових речовин гуматного типу. Технології обробітку ґрунту змінюють тип гумусу у чорноземі типовому та ізогумусолях із гуматного – за оранки і чорного пару на фульватно-гуматний – за ґрунтозахисного обробітку і перелогу у шарі 0–5 см. В цілому по профілю, найбільша частка карбону фульвокислот спостерігалась за ґрунтозахисного обробітку.

6. За результатами термогравіметрії встановлено, що найбільш гетерогенна система органічних сполук чорнозему типового сформувалась за глибокого безполицевого обробітку ґрунту, яка характеризувалась багаточисельними піками падіння маси ґрунтової проби та найбільшою амплітудою площинних екзотермічних ефектів.

7. Уперше визначено індекс гуміфікації ($I_{гк\Delta M}$), на основі екзотермічних ефектів (E_{x0}), за співвідношенням зміни маси ґрунтової проби (ΔM) в інтервалі 200–396 °C ($\sum E_{x0_{1-2}}$) до ΔM в інтервалі 396–610 °C ($\sum E_{x0_{3-5}}$). Більші значення індексу гуміфікації свідчать про більшу частку лабільних фракцій у складі гумусу. Індекс гуміфікації у ґрунтових пробах за ґрунтозахисного обробітку ґрунту зменшується із глибиною, за оранки – зростає до глибини 10–20 см і

поступово зменшується до 100 см шару. У ґрунтових пробах нижніх шарів ґрунту зростає площа екзотермічного «плеча» ароматичної поліконденсованої частини органічної речовини ґрунту (E_{x05}), що свідчить про збільшення частки орґано-мінеральних гумусових речовин із глибиною.

8. Встановлено відновлення природного процесу гумусоутворення за сезонними коливаннями вуглецю органічних сполук та загального азоту у профілях чорноземів, з найбільшою амплітудою змін у верхніх і нижніх шарах ґрунту – за безполицевого обробітку ґрунту, no-till, перелогу та молодого лісу, у нижній частині орного шару і верхнього перехідного гумусового горизонту – за оранки. Напрям сезонних змін $C_{орг} : N_{заг}$ відношення відрізнявся від тренду загального азоту ґрунту і відповідав тренду кривої органічного вуглецю ґрунту. Уміст вуглецю органічних сполук зменшувався на початку вегетації, збільшувався у літній період, зменшувався наприкінці літа і відновлювався протягом холодного осінньо-зимово-весняного періоду.

9. Доведено, що застосування ґрунтозахисного обробітку ґрунту сприяє: оптимізації мікробних процесів у чорноземах, нагромадженню вуглецю та азоту біомаси мікроорґанізмів, мінімальному квартильному розмаху в інтервалі $IQR_{0,25-0,75}$ протягом сезону. Відновлення органічної речовини чорноземів за ґрунтозахисного обробітку ґрунту виявляється у більших значеннях мікробного індексу ґрунтів, який відображає активну конверсію органічної речовини ґрунту ґрунтовими мікроорґанізмами.

10. Досліджено, що флуктаційні сезонні коливання CO_2-C ґрунтів в ізогумусолях набували максимальні значення у середині липня і мінімальні – на початку та кінці вегетаційного періоду. За природних ценозів і no-till емісія вуглецевого газу набуває максимальної інтенсивності з мінімальною амплітудою. За чорного пару продукується найменша кількість CO_2 ґрунту, що засвідчує про поступову деградацію мікробіологічних властивостей чорноземів за даного заходу. Встановлений дуже високий рівень щільності лінійного кореляційного відношення K . Пірсона між кількістю емітованого мікроорґанізмами CO_2 ґрунтової проби і умістом органічного вуглецю ґрунту.

11. Встановлені фаціальні ознаки структуроутворення чорноземів. В результаті педогенезу в умовах тривалого сезоннопромерзлого теплового режиму різко-континентального клімату Північно-східного регіону Китаю сформувались крупні за розміром, тверді водостійкі агрегати округло-кубовидної форми, які за спорадичної мусонності сприяють кращій повітро- і водо- проникності ґрунтів, захисту ґрунтів від повітряної і водної ерозії, акумуляції гумусових речовин і поживних елементів навколо дрібних гранулометричних фракцій агрегатів. В умовах сезоннопромерзлого теплового режиму помірно-континентального клімату Правобережного Лісостепу України утворились дрібніші за розміром грудкувато-зернисті агрегати, частина з яких за довготривалого використання чорноземів перетворилась у пилюваті окремоті, які погіршують протиерозійні властивості ґрунтів. Структурний стан досліджуваних ґрунтів характеризувався як «добрий» – для чорнозему типового та «задовільний» – для ізогумусолів та найкраще підтримується ґрунтозахисними технологіями і відведенням орних земель під переліг.

Ізогумусоль характеризується більшим умістом $\Sigma >10-7$ мм і меншим – $<0,25$ мм структурних окремоостей, ніж чорнозем типовий. За ґрунтозахисного обробітку утворюється більша кількість 10–0,5 мм, за оранки – $<0,5$ мм фракцій водостійких агрегатів чорноземів.

12. Удосконалені методичні підходи щодо визначення водостійких агрегатів ґрунту шляхом повільного замочування ґрунтової проби у дистильованій воді у вакуумі. За даної методики був одержаний найбільший вихід фракцій водостійких агрегатів ґрунту та найменший коефіцієнт варіабельності даних. Частка виходу крупних фракцій водостійких агрегатів зростає із збільшенням умісту гумусу в ґрунтах.

13. Виявлені різні напрями сезонних змін умісту водостійких агрегатів залежно від їх розміру та стратиграфічного місцерозташування у профілі. Масова частка 10–5 мм агрегатів збільшувалась з середини травня до кінця серпня і зменшувалась на початку жовтня, 5–2 мм агрегатів – зменшувалась з травня по липень, збільшувалась у кінці серпня і зменшувалась на початку жовтня, 2–0,5 мм агрегатів – зменшувалась з травня по серпень і збільшувалась у жовтні, $<0,5$ мм агрегатів – збільшувалась з травня по липень, зменшувалась у серпні і збільшувалась у жовтні. Уміст 10–5 і 1–0,5 мм водостійких агрегатів на глибині 20–40 см протягом сезону змінювався відмінно від подібних агрегатів верхніх 0–10 і 10–20 см шарів. Обробіток ґрунту не змінював напрям тренду динаміки водостійких агрегатів протягом вегетаційного періоду. В той же час за застосування оранки була виявлена найбільша амплітуда змін умісту водостійких агрегатів ґрунту протягом сезону і найменша – за no-till.

14. Проведено комплексне оцінювання стабільності водостійких агрегатів ґрунту. За ґрунтозахисного обробітку ґрунту, порівняно з оранкою та чорним паром, утворюється більша кількість водостійких агрегатів з більшим середньозваженим і середньгеометричним діаметрами, меншим фрактальним розміром, вищим умістом органічного вуглецю ґрунту. Найбільший уміст $C_{\text{орг}}$ концентрується у 0,5–0,25 мм, найменший – у $<0,25$ мм водостійких фракціях. З травня по жовтень уміст $C_{\text{орг}}$ збільшується у 0–20 см шарі і суттєво не змінюється у 20–40 см шарі ізогумусоля. Коефіцієнт водостійкості структурних агрегатів підвищується за мінімалізації обробітку ґрунту і має найбільші значення за no-till.

15. Встановлений багаторівневий характер дії органічної речовини ґрунту на утворення агрегатів дисперсної органічної речовини чорноземів протягом вегетаційного сезону. На початку вегетаційного періоду збільшується уміст макро- і мікро- фракцій дисперсної органічної речовини з одночасним зменшенням частки органічного вуглецю в даних агрегатах. У кінці літнього періоду збільшується уміст тонкої органо-мінеральної фракції агрегатів, частка вуглецю у складі макро- і мікро- фракцій дисперсної органічної речовини. З глибиною збільшується частка тонких, зменшується кількість макро- і мікро- фракцій дисперсної органічної речовини. В середньому за сезон, за ґрунтозахисного обробітку ґрунту і перелогу утворювалось більше крупних фракцій дисперсної органічної речовини і найбільша кількість органічного

вуглецю в них. В цілому, співвідношення між умістом $POM_{>250 \text{ мкм}}$, $POM_{250-53 \text{ мкм}}$ і $iPOM_{<53 \text{ мкм}}$ дисперсних фракцій у 0–40 см шарі ізогумосоля складало – 0,18 : 0,43 : 1.

16. Визначений розподіл мінеральних частинок у фракціях дисперсної органічної речовини за технологією лазерної дифрактометрії. Середній розмір фракцій за довжиною та об'ємним середнім діаметром зменшуються з глибиною, а також від макро- до мікро- і тонкої фракцій POM . Найбільший вихід найкрупніших D_{90} гранул за об'ємом відбувся за оранки – у $POM_{>250 \text{ мкм}}$ та $POM_{250-53 \text{ мкм}}$ фракціях і перелогу – у $POM_{<53 \text{ мкм}}$ агрегатах. Середні діаметри за площею поверхні були найбільшими у складі дисперсної органічної речовини за перелогу та ґрунтозахисних технологій.

17. Проведено оцінювання кількісних і якісних змін фізичних властивостей чорноземів протягом календарного та вегетаційного року. Ізогумусоль, порівняно із чорноземом типовим, має меншу щільність складення, надлишково-високу водопроникність, більший уміст вологи, що забезпечується наявністю крупних фракцій повітряно-сухих, водостійких і дисперсних агрегатів, більшою кількістю атмосферних опадів. Найменша амплітуда динаміки водопроникності і щільності складення відбувається за *no-till* та природних ценозів. Найбільший сумарний уміст вологи спостерігався за *no-till*, глибокого безполицевого обробітку ґрунту і перелогу.

18. Встановлена просторова і часова неоднорідність ізогумусолів за показниками температури, яка описується законом Фур'є з врахуванням рівнянь потоків вологи, солей та тепла та залежить від радіаційного балансу. Під час вегетаційного сезону потоки тепла переміщуються від верхніх шарів ґрунту до нижніх, у зимовий період – навпаки. Середньодобова температура ізогумусолу з травня по жовтень у 0–20 см шарі зменшувалась від оранки (18,1 °C) до безполицевого обробітку ґрунту (17,3 °C) і *no-till* (17,0 °C). Найвищі показники температури на глибині 110–300 см протягом року були за *no-till*, найнижчі – за оранки. Температура ізогумусолу протягом року не опускалась нижче 0 °C на глибині 200–300 см.

19. Урожайність сільськогосподарських культур визначалась властивостями ґрунтів, погодними умовами, агротехнічними заходами і водно-ерозійними втратами ґрунту. В умовах Північно-східного регіону Китаю, ярі культури мають достатній рівень забезпеченості вологою та ФАР для формування своєї біомаси і врожаю. Мезоклімат лісостепової зони Київської області, під впливом семіаридного клімату помірних широт протягом останніх десятиліть, характеризується жарким літом та нестійким типом зволоження, що створює короткотерміновий температурний та водний стрес у сільськогосподарських культур протягом вегетаційного сезону. В цілому за роки проведення досліджень, застосування різноглибинного безполицевого обробітку ґрунту виявилось найбільш ефективним щодо одержання найбільшої урожайності сільськогосподарських культур в Україні і Китаї. Оранка виявляла свою ефективність при вирощуванні просапних культур, мілкий безполицевий обробіток – озимої пшениці і ячменю, *no-till* – сої. Найбільші врожаї

сільськогосподарських культур забезпечувало внесення соломи 1,2 т/га + N_{12} + $N_{78}P_{68}K_{68}$ та соломи 1,2 т/га + сидерати + N_{12} + $N_{78}P_{68}K_{68}$. Урожайність сільськогосподарських культур на еродованому ізогумусолі була вищою порівняно із модальним ґрунтом, у зв'язку із менш тривалим антропогенним впливом на даний ґрунт, більшою кількістю лабільних гумусових речовин, кращою вологозабезпеченістю.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

За результатами дисертаційного дослідження в галузі ґрунтозахисного землеробства з метою управління родючістю орних шарів чорноземів типових та ізогумусолів, стабілізації їх структурно-агрегатного стану, збільшення частки лабільних компонентів гумусу і дисперсної органічної речовини ґрунту, формування протягом вегетаційного періоду оптимальних агрофізичних, агрохімічних і біологічних властивостей ґрунтів, одержання на фоні континентального східно-євразійського мусонного та помірно-теплого континентального типу клімату стабільно високих врожаїв сільськогосподарських культур, рекомендовано:

1. Проводити різноглибинний безполицевий обробіток ґрунту на чорноземах типових з внесенням соломи 1,2 т/га + N_{12} + сидерати + $N_{78}P_{68}K_{68}$ на 1 га сівозмінної площі у короткоротаційних сівозмінах Правобережного Лісостепу України;

2. Застосовувати чизелювання ізогумусолів для формування гребнів у поєднанні з періодичним щілюванням на глибину 40–50 см і мульчуванням на 40–60 % поверхні поля рослинними рештками від попередньої культури із додаванням компенсаційної дози азоту (10 кг/га азоту або 6 тгною на 1 т рослинних решток). Змінити традиційну для Північно-Східного регіону Китаю норму удобрення із $N_{95}P_{52}K_{15}$ на $N_{95}P_{52}K_{52}$ на 1 га сівозмінної площі у зв'язку із недостатньою компенсацією обмінного калію який надходить із мінеральними добривами. Ввести у систему удобрення: гній (6–8 т/га), солону (2–4 т/га) та зелене добриво (сидеральні культури);

3. Для збереження родючості ґрунтів, доцільно використовувати під основний обробіток ґрунту: мілкий безполицевий обробіток ґрунту – під зернові культури, глибокий безполицевий обробіток ґрунту – під просапні культури – на чорноземах типових Правобережного Лісостепу України; по-till – під сою, глибокий безполицевий обробіток ґрунту – під кукурудзу на зерно, чизелювання міжрядь посівів сільськогосподарських культур – на ізогумусолях Північно-східного регіону Китаю; ґрунтозахисний обробіток ґрунту поперек схилу та залуження перелогу багаторічними травами – на еродованих чорноземах.

4. Науковим установам НААН України, обласним відділенням ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», вищим навчальним закладам аграрного, екологічного і географічного спрямування, з метою діагностики властивостей ґрунтів під час проведення науково-дослідних робіт рекомендовано:

а) при оцінюванні якісного складу органічної речовини ґрунту застосовувати індекс гуміфікації ($I_{гк_s}$), який розраховується за співвідношенням

сумарних втрат маси ґрунтової проби за температурного інтервалу 200–396 °С (окиснення лабільних фракцій гумусових речовин) до сумарних втрат маси ґрунтової проби за температурного інтервалу 396–610 °С (окиснення стабільних фракцій гумусових речовин) одержаних методами термогравіметрії та диференційної скануючої калориметрії;

б) при визначенні умісту водостійких агрегатів ґрунту за ситовим методом Н. І. Саввінова (ДСТУ 4744:2007), при замочуванні середнього зразка № 2 у воді, з метою одержання більшого виходу водостійких агрегатів ґрунту з найменшою варіабельністю даних, доцільно проводити повільне насичення агрегатів ґрунту дистильованою водою на предметному склі із кутом нахилу 0,5°, у вакуумі, під тиском 1–2 см ртутного стовпчика.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії:

1. **Kravchenko Y.** Ukrainian Chernozem: monograph. Kyiv : NUBiP of Ukraine Press, 2017. 182 p.

2. Ковальчук І., Ковальчук А., Тихенко Р., Шевченко О., Опенько І., Андрейчук Ю., **Кравченко Ю.**, Палеха Ю., Патиченко О., Тихенко О. Атласне картографування вартості земель : монографія. Частина 3. Том 3, Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2019. 620 с. (*Здобувачем висвітлено картографічні основи тематичних карт і картограм для створення картографічних моделей грошової оцінки земель*).

3. Ковальчук І., Ковальчук А., Тихенко Р., Шевченко О., Опенько І., Андрейчук Ю., **Кравченко Ю.**, Палеха Ю., Патиченко О., Тихенко О. Атласне картографування вартості земель : монографія. Частина 3. Том 2, Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2019. 556 с. (*Здобувачем вивчено методологію проведення великомасштабного картографування ґрунтового покриву*).

4. Ковальчук І., Ковальчук А., Тихенко Р., Шевченко О., Опенько І., Андрейчук Ю., **Кравченко Ю.**, Палеха Ю., Патиченко О., Тихенко О. Атласне картографування вартості земель : монографія. Частина 3. Том 1, Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2019. 614 с. (*Здобувачем встановлено основні засади створення картографічної основи для проведення грошової оцінки земель*).

5. Tonkha O., Nurek T., **Kravchenko Y.**, Sychevs'kyu S., Bykova O., Menshov O., Kruglov O., Kovalenko V., Sonko R., Hutsol T., Glowacki S. Spatial Heterogeneity of Soil Parameters in Different Forest-Steppe Landscapes of Ukraine: monograph. Warszawa: Warsaw University of Life Sciences Press, 2021. 118 p. (*Здобувачем проведено аналіз просторового поширення чорноземів в Лісостепу України, описана роль силіцію у родючості ґрунтів, досліджені фізичні та хімічні властивості ґрунтів Хмельницької області*).

Статті у наукових виданнях, включених до категорії «А» Переліку наукових фахових видань України, та/або наукових періодичних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus:

6. **Kravchenko Y.**, Zhang X., Liu X., Song C., Cruse R. Mollisols properties and changes in Ukraine and China. *Chinese Geographical Science*. 2011. Vol. 21. № 3. P. 257–266 (Здобувачем вивчено генезис і проаналізовано властивості чорноземів України і Китаю).

7. Liu X., Lee Burras C., **Kravchenko Y.**, Duran A., Huffman T., Morrass H., Studdert G., Zhang X., Cruse R., Yuan X. Overview of Mollisols in the World: Distribution, Land Use and Management *Canadian Journal of Soil Science*. 2011. Vol. 92, № 3. P. 383–402 (Здобувачем вивчено і проаналізовано фаціальні особливості чорноземів України, Росії і Китаю).

8. Sun T., Chen Q., Chen Y., Cruse R., Li X., Song C., **Kravchenko Y.**, Zhang X. A novel soil wetting technique for measuring wet stable aggregates. *Soil & Tillage Research*. 2014. № 141. P. 19–24 (Здобувачем запропоновано і впроваджено нові методологічні підходи щодо визначення водостійких агрегатів ґрунту за їх повільного замочування у дистильованій воді у вакуумі).

9. Liu S., Zhang X., **Kravchenko Y.**, Iqbal A. Maize (*Zea mays* L.) yield and soil properties as affected by no tillage in the black soils of China *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2015. Vol. 65. № 6. P. 554–565 (Здобувачем вивчено вплив властивостей Ізогумусолію та обробітку ґрунту на урожай кукурудзи на зерно).

10. Chen Q., **Kravchenko Y.**, Li H., Chen S., Zhang X. Seasonal Variation of Physical and Chemical Properties in a Black Soil under No-Till and Conventional Tillage in Northeast China. *The Philippine Agricultural Scientist*. 2016. Vol. 99, № 3. P. 277–282 (Здобувачем вивчено сезонну динаміку змін фізичних і фізико-хімічних властивостей Ізогумусолію за різного обробітку ґрунту та утримання).

11. **Kravchenko Y.**, Chen Q., Liu X., Herbert S., Zhang X. Conservation Practices and Management in Ukrainian Mollisols. *Journal of Agricultural Science and Technology (JAST)*. 2016. Vol. 18. P. 845–854 (Здобувачем висвітлено проблему застосування ґрунтозахисних технологій в Україні та їх вплив на родючість чорноземів).

12. Tonkha O., Butenko A., Bykova O., **Kravchenko Y.**, Pikovska O., Kovalenko V., Evpak I., Masyk I., Zakharchenko E. Spatial Heterogeneity of Soil Silicon in Ukrainian Phaeozems and Chernozems. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 22. № 2. P. 111–119 (Здобувачем встановлено просторову неоднорідність умісту силіцію і властивостей чорноземів Лісостепу України залежно від природних і антропогенних факторів).

13. **Kravchenko Y.**, Zhang X., Song C., Hu W., Yarosh A., Voitsekhivska O. Seasonal Dynamics of Organic Carbon and Nitrogen in Biomasses of Microorganisms in Arable Mollisols Affected by Different Tillage Systems. *Land*. 2022. Vol. 11. № 4. 486 (Здобувачем вивчено сезонну динаміку змін умісту вуглецю та азоту біомаси мікроорганізмів за різного довготривалого обробітку Ізогумусолію).

14. **Kravchenko Y.**, Yarosh A., Chen Y. Profile Soil Carbon and Nitrogen Dynamics in Typical Chernozem under Long-Term Tillage Use. *Land*. 2022. № 11. 1165 (Здобувачем вивчено сезонну динаміку змін умісту органічного вуглецю та азоту у метровому шарі чорнозему типового за різного обробітку ґрунту).

Статті у наукових фахових виданнях України:

15. **Kravchenko Y.**, Petrenko L., Pikovska O., Kozak V., Siyu G. Soil organic matter properties and management on Typical Ukrainian Chernozems. *Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове ґрунтознавство, екологія ґрунтів»*. Харків, 2011. № 1. С. 122–127 (Здобувачем вивчено ґрунтозахисні підходи щодо відновлення родючості і умісту органічної речовини чорнозему типового).

16. Лі Х., **Кравченко Ю. С.**, Джан С. Оцінка водно-ерозійних процесів і втрат чорноземних ґрунтів Північно-східного Китаю. *Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове ґрунтознавство, екологія ґрунтів»*. Харків, 2011. № 1. С. 56–60 (Здобувачем досліджено водно-ерозійні процеси і втрати ґрунту у межах великого і малого вододілів селища Гуангронг – місця проведення дисертаційного дослідження).

17. **Кравченко Ю. С.** Зміни агрофізичних властивостей китайського чорнозему в залежності від технологій обробітку ґрунту. *Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове ґрунтознавство, екологія ґрунтів»*. Харків, 2013. № 1. С. 35–38.

18. **Kravchenko Y.**, Matviiv G. Soil Aggregates Distribution in Typical chernozem Effected by Different Tillage Systems. *Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове ґрунтознавство, екологія ґрунтів»*. Харків, 2014. № 1. С. 36–42 (Здобувачем досліджено фракційний розподіл водостійких агрегатів в орному і підорному шарах чорнозему типового за різного обробітку ґрунту).

19. **Кравченко Ю. С.**, Матвіїв А. М. Сезонна динаміка запасів вологи чорнозему типового за різних систем обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи на зерно. *Наукові доповіді НУБіП України : електрон. наук. фахове вид.* 2015. № 52. URL: http://nd.nubip.edu.ua/2015_3/10.pdf (дата звернення: 14.09.2022) (Здобувачем проаналізовано сезонну динаміку умісту і запасів вологи верхніх шарів чорнозему типового за різного обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи на зерно).

20. **Кравченко Ю.**, Бережняк Є., Матвіїв Г., Джан С., Чен Ю., Сунь Т. Агрофізичні властивості чорнозему типового та ізогумусолу за різних технологій їх обробітку *Вісник аграрної науки*. 2015. № 9 (751). С. 17–23 (Здобувачем вивчено вплив різного обробітку ґрунту на агрофізичні властивості чорнозему типового та ізогумусолу).

21. **Кравченко Ю. С.** Сучасний стан родючості китайських чорноземів. *Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове ґрунтознавство, екологія ґрунтів»*. Харків, 2019. № 2. С. 14–27.

22. **Кравченко Ю. С.** Відтворення родючості чорноземів України за ґрунтозахисного землеробства. *Агробіологія*. 2020. № 1. С. 67–79.

23. **Кравченко Ю. С.** Впровадження наукових основ ґрунтозахисного землеробства та аграрної політики у відтворенні родючості чорноземів Північно-східного Китаю. 2020. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. № 1. С. 58–70.

Статті у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних:

24. Лью Шуа, Джан С., **Кравченко Ю. С.** Динаміка та запаси вологи чорнозему Північно-східного Китаю та урожайність кукурудзи на зерно при використанні різних технологій обробітку ґрунту. *Науковий вісник НУБіП України. Серія «Агрономія»*. 2011. Вип 162 (2). С. 126–131 (Здобувачем досліджено динаміку сезонних змін умісту вологи та її профільні запаси в Ізогумусолі залежно від технології обробітку ґрунту та кліматичних умов).

25. Лі Х., Джан С., **Кравченко Ю. С.** Водно-ерозійні процеси на лесовидних вододілах Північно-східного Китаю. *Науковий вісник НУБіП України. Серія «Агрономія»*. 2011. Вип 162 (2). С. 131–137 (Здобувачем розраховано середньорічні втрати ізогумусолу залежно від кліматичних і ландшафтних умов та характеру використання ґрунтів у межах лесових вододілів).

26. **Кравченко Ю. С.** Вміст водостійких агрегатів у Моллісолі Північно-Східного Китаю в залежності від обробітку ґрунту та типу сільськогосподарських угідь. *Науковий вісник НУБіП України. Серія «Агрономія»*. 2012. Вип. 176. С. 173–177.

27. **Kravchenko Y., Zhang X., Li X., Li H., Chen Q.** Ukrainian and Chinese Mollisols: Distribution, Formation and Properties. *Науковий вісник НУБіП України. Серія «Агрономія»*. 2013. Вип. 183 (2). С. 216–222 (Здобувачем вивчено географічні аспекти утворення чорноземів України та Китаю та просторову неоднорідність їх властивостей).

28. **Kravchenko Y.** Aggregate Stability and Size Distribution in Ukrainian and Chinese Mollisols under Different Tillage. *Науковий вісник НУБіП України. Серія «Агрономія»*. 2018. № 294. С. 136–144.

29. **Кравченко Ю. С.** Сучасний стан родючості українських чорноземів. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2019. Том 10. № 4. С. 16–28 (Здобувачем проаналізовано зміни родючості чорноземів і шляхи її відтворення за довготривалого сільськогосподарського використання).

30. **Кравченко Ю. С., Тонха О. Л.** Морфогенез чорнозему типового та ізогумусолу за довготривалого використання різних систем обробітку ґрунту. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. Том 11. № 2. С. 39–49 (Здобувачем вивчено морфолого-генетичні зміни чорнозему типового та ізогумусолу за різного їх використання).

31. **Kravchenko Yu., Vukova O.** Physico-chemical and agrochemical indicators of typical chernozem and isohumisol under various tillage and fertiliser systems. *Plant and Soil Science*. 2023. Vol. 14 (1). P. 22–38 (Здобувачем досліджено профільну динаміку фізико-хімічних і агрохімічних властивостей чорнозему типового та ізогумусолу за різного обробітку ґрунту і удобрення).

Статті у наукових виданнях інших держав:

32. Li H., Zhang X., Liu S., **Kravchenko Y., Ivanova K., Li X., Chen Q.** Evolvement of gully erosion in village scale in the typical black soil area. *Science of*

Soil and Water Conservation. 2012. Vol. 10 (2). P. 21–28 (Здобувачем досліджено процес розвитку яроутворення у межах водно-ерозійного ландшафту Гуангронгу).

33. Chen Q., **Kravchenko Y.**, Yuan C., Hao Li. Seasonal Variations of Soil Structures under Different Tillage Systems. *Chinese Journal of Soil Science*. 2014. Vol. 46, № 1. P. 184–191 (Здобувачем вивчено сезонну динаміку різних фракцій водостійких агрегатів ізогумусолю Хайлуня та їх фрактальну розмірність за різного обробітку ґрунту).

34. Chen Q., **Kravchenko Y.**, Yuan C., Li X., Li H., Song C., Zhang X. Seasonal variations of soil structures and hydraulic conductivities and their effects on soil and water conservation under no-tillage and reduced tillage *Acta Pedologica Sinica*. 2014. Vol. 51 (1). P. 11–21 (Здобувачем визначено вплив обробітку ґрунту на щільність складення, водонепроникність, втрати ізогумусолю Гуангронгу від поверхневого стоку та атмосферних опадів).

Матеріали та тези наукових доповідей:

35. **Kravchenko Y.** Russian Chernozems: Distribution and Management. *New Advances in Research and Management of World Mollisols: Proceedings of International Symposium on Soil Quality and Management of World Mollisols, Harbin, July 13–16, 2010*. Harbin: Northeast Forestry University Press, 2010. P. 51–59 (Здобувачем вивчено генезис утворення чорноземів Росії та шляхи відновлення їх родючості).

36. **Kravchenko Y.**, Petrenko L., Zhang Xingyi. Ukrainian Chernozems: genesis, properties and amendment. *New Advances in Research and Management of World Mollisols: Proceedings of International Symposium on Soil Quality and Management of World Mollisols, Harbin, July 13–16, 2010*. Harbin: Northeast Forestry University Press, 2010. P. 3–24 (Здобувачем вивчено генезис утворення чорноземів України та шляхи відновлення їх родючості).

37. **Kravchenko Y.** Structural changes of soil organic matter in typical Chernozem under different soil tillage systems. *New Advances in Research and Management of World Mollisols: Proceedings of International Symposium on Soil Quality and Management of World Mollisols, Harbin, July 13–16, 2010*. Harbin: Northeast Forestry University Press, 2010. P. 106–108.

38. **Liu S., Zhang X., Kravchenko Y.** Effects of soil tillage systems on soil dynamics, water use efficiency and corn yield in arable black soil in northeast China. *Соціально-економічна політика держави в умовах трансформаційних змін: макро- та мікроекономічні аспекти* : матеріали міжнар. науково практичної конф., Полтава, 12 квітня 2011 р. Полтава: РВВ ПДВА, 2011. 250 с. (Здобувачем вивчено зміни водних властивостей ізогумусолю за вирощування кукурудзи на зерно при застосуванні різних технологій обробітку ґрунту).

39. **Кравченко Ю.**, Джан С., Лі Х., Лі Ш., Чжен Д. Динаміка водно – ерозійних процесів на чорноземах Північно-східного Китаю при застосуванні різних технологій обробітку ґрунту. *Генеза, географія та екологія ґрунтів*: збірник наукових праць міжнародної наукової конференції, Львів, 19–21 вересня

2013 р. Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2013. Вип.4. С. 77–84 (*Здобувачем досліджено водно-ерозійні процеси на чорноземах Північно-східного Китаю при застосуванні різних технологій обробітку ґрунту*).

40. **Кравченко Ю.** Геолого-географічні та кліматичні особливості формування чорноземів Північно-східного Китаю. *Охорона ґрунтів – основа сталого розвитку*: спеціальний випуск до IX з'їзду Українського товариства ґрунтознавців та агрохіміків, Миколаїв, 30 червня – 4 липня 2014 року. Харків: ННЦ ІГА ім. О. Н. Соколовського, 2014. С. 46–47.

41. **Кравченко Ю. С.,** Бережняк Є. М., Матвіїв Г. М. Агрофізичні показники чорноземів України і Китаю за різних технологій їх обробітку. *Сучасні проблеми збалансованого природокористування*: збірник наукових праць ПДАТУ, спеціальний випуск до IX науково-практичної конференції, Кам'янець-Подільський, листопад 2014. Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2014. С. 201–203 (*Здобувачем висвітлено зміни агрофізичних властивостей чорнозему типового та ізогумусолю за різних технологій обробітку ґрунту*).

42. **Кравченко Ю. С.** Картування ґрунтового покриву України. *Ґрунти України: трансформація і відновлення родючості*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої всесвітньому дню ґрунту, Київ, 7 грудня 2021. Київ: НУБіП України, 2021. С. 25–28.

43. **Kravchenko Y.** World Mollisols Diversity and their Conservation Use: Global and Local Aspects. *Modern Theories and Best Practices: Materials of the Monthly International Scientific and Practical Conference Sustainable Development*, Tallinn, February 24-26, 2021. Tallinn: Teadmus OÜ, 2021. P. 38–41.

Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації

44. Petrenko L. R., **Kravchenko Y. S.,** Starodubtsev V. M. Elements of Geology : instruction book. К.: НУБіП України, 2005. 96 с. (*Здобувачем вивчено ендегенні і екзогенні геологічні процеси та властивості мінералів*).

45. Gnatenko O. F., Petrenko L. R., **Kravchenko Yu. S.,** Baydyuk M. I. Soil Genesis, Classification, Nomenclature and Diagnostics: instruction book. К.: НУБіП України, 2006. 50 с. (*Здобувачем досліджено генезис і таксономію ґрунтів*).

46. Манько Ю. П., Цюк О. А., Кротінов О. П., Вдовиченко В. К., Тарасенко О. О., Барановський В. Д., **Кравченко Ю. С.,** Рожко В. М., Карпенко О. Ю., Шерстобаєва О. В., Коваленко Т. М. Модель системи екологічного землеробства в Лісостепу України: *методичні рекомендації для впровадження у виробництво*. Київ: Аграрна освіта, 2008. 36 с. (*Здобувачем вивчено складові системи екологічного землеробства в Україні*).

47. **Kravchenko Y.** Geology with the Principles of Geomorfology: textbook. *Part 1. Dynamic Geology*. Kyiv: IT Centre, 2009. 142 p.

48. **Кравченко Ю. С.** Оцінка ерозійних процесів на чорноземних ґрунтах лесових водозборів Північно-східного Китаю. *Фізична географія та геоморфологія*. Міжвідомчий науковий збірник. Київ. ВГЛ «Обрії», 2012. Вип. 2, № 66. С. 182–187.

49. **Кравченко Ю. С.** Ландшафтно-географічні та геологічні умови утворення чорноземів Північно-східного Китаю. *Фізична географія та*

геоморфологія. Міжвідомчий науковий збірник. Київ. ВГЛ «Обрії», 2013. Вип. 3, № 71. С. 204–210.

50. Petrenko L., Berezhnyak V., **Kravchenko Y.**, Tonkha O., Berezhnyak Ye., Bykova O. *Soil Science : practical methods manual*. К.: Publishing ООО “NPP Interservice”, 2014. 428 p. (Здобувачем представлено лабораторні методи досліджень ґрунтів).

51. **Kravchenko Y.**, Lopatko K., Aftodiliants Y., Trach V. The effect of colloidal nanoparticles on Plant Grows, Phytotoxicity and Crop Yields: monograph. *Fertiliser Technology I: Syntesis*. NY: Studium Press LLC., 2015. P. 408–443 (Здобувачем здійснено аналіз впливу наночастинок на наростання біомаси та врожай сільськогосподарських рослин).

52. Bilyera N., Loginova I., **Kravchenko Y.** Micro-nutrients Efficiency on Crop Growing and Soil Quality: monograph. *Fertiliser Technology II: Biofertilizers*. NY: Studium Press LLC., 2015. Vol. 2. P. 519–543 (Здобувачем проаналізовано ефект мікроелементів на родючість ґрунтів).

53. Матвіїв А. М., **Кравченко Ю. С.** Сезонна динаміка запасів вологи чорнозему опідзоленого західного лісостепу України за різного використання в агроценозах. *Науковий вісник НУБіП України. Серія «Агрономія»*. 2016. Вип. 235. С. 189–196 (Здобувачем проаналізовано водні властивості чорнозему опідзоленого за його різного використання).

54. Матвіїв Г. М., **Кравченко Ю. С.**, Матвіїв В. М. Сезонна динаміка щільності складення чорнозему опідзоленого Західного лісостепу України за різного використання в агроценозах. *Наукові доповіді НУБіП України. Серія «Агрономія»*. 2016. Вип. № 7 (64). URL : <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/download/dopovidi2016.07.010/7421> (дата звернення: 16.09.2022) (Здобувачем проведено дослідження фізичних властивостей чорнозему опідзоленого за його різного використання).

55. Petrenko L., Berezhniak M., **Kravchenko Yu.**, Kozak V., Berezhniak E. *Soil Science with Elements of Geology: textbook* К.: ЦП “Komprint”, 2020. 702 p. (Здобувачем досліджено і описано мінералогічний і гранулометричний склад ґрунтів).

56. Тонха О. Л., **Кравченко Ю. С.**, Меньшов О. І. Комплексна оцінка ґрунтових ресурсів, прогноз їх розвитку та управління родючістю на основі неруйнівних та геофізичних методів. К.: НУБіП України, 2022. 58 с. (Здобувачем описано різні види дистанційних зйомок та польові знімання ґрунтового покриву проксимальною апаратурою).

57. Тонха О., **Кравченко Ю.**, Меньшов О., Круглов О., Вижва С. Алгоритм обстеження сільськогосподарських полів за технологій точного землеробства. К.: НУБіП України, 2022. 55 с. (Здобувачем описано алгоритм впровадження технологій точного землеробства для різномасштабних досліджень з технологією складання карт і картограм).

АНОТАЦІЯ

Кравченко Ю. С. Агрогенез чорнозему типового України та ізогумусолю Китаю. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.03 «Агрогрунтознавство і агрофізика». – Національний університет біоресурсів і природокористування України Міністерства освіти і науки України, Київ, 2023.

Дисертаційна робота представляє наукове обґрунтування управління властивостями і режимами чорнозему типового України та ізогумусолу Китаю на основі багаторічних експериментальних досліджень проведених у Правобережному Лісостепу України і Північно-східному регіоні Китаю. У роботі пропонуються науково-обґрунтовані заходи щодо вирішення проблеми відновлення родючості чорноземів за умов застосування: ґрунтозахисного обробітку ґрунту, короткоротаційних сівозмін, соломи, сидератів і інтегрованої системи удобрення в умовах континентального типу клімату західної теплої (Україна) і східної холодної (Китай) окраїн Євразії.

Представлена робота є закінченим науковим дослідженням із встановлення трансформаційних змін чорноземів за різного їх використання в умовах помірного кліматичного поясу із: спорадичною мусонністю, холодною сухою зимою і спекотним літом Північно-східного регіону Китаю та теплого літа і м'якої зими Правобережного Лісостепу України. Актуальність роботи виникла у зв'язку із необхідністю вивчення властивостей, процесів і режимів генетично споріднених ґрунтів з метою координації ґрунтозахисних заходів за різних кліматичних сценаріїв.

Досліджувані ґрунти мають типодіагностичні морфологічні ознаки, які характерні для генетичного типу чорноземів. Однак в результаті фаціальних особливостей педогенезу китайський ізогумусоль одержав високий уміст водотривких макроагрегатів, вилугованість, глибоке скипання від карбонатів, оглеєність ґрунотворної породи. Ущільнений шар в ізогумусолі розташовується глибше порівняно із чорноземом типовим. Український чорнозем характеризується добре вираженою мікроагрегованістю, високим умістом агрономічно цінних зернистих агрегатів, пухкістю, карбонатними новоутвореннями у перехідних горизонтах, кротовинним лесом. Гумусовий шар чорнозему типового глибше на 27,3–53,1 см порівняно з ізогумусолем за рахунок наявного додаткового 38,4–42,3 см кротовинового нерівномірно прогумушеного леса. З глибиною, у чорноземі типовому поступово зменшується уміст фракцій піску та збільшується – крупного пілу та мулу, у китайському ізогумусолі – зменшується уміст піску і крупного пілу та збільшується – фізичної глини та мулу. За класифікацією гранулометричного складу М. М. Годліна, досліджувані ґрунти відповідають групі – пилувато-суглинковий, підгрупі – пилувато-важкосуглинковий (ізогумусоль) і пилувато-легкосуглинковий (чорнозем типовий).

Тривале застосування різних технологій обробітку ґрунту вплинуло на зміни морфолого-генетичних ознак досліджуваних ґрунтів. За оранки збільшується глибина гумусового горизонту та уміст пилуватих структурних агрегатів, зменшується уміст новоутворених прогумусових сполук (детриту), підвищується процентний вміст дрібних внутрішньо-агрегатних пор,

зменшується кількість біологічних новоутворень. За впровадження ґрунтозахисних технологій формується гумусовий горизонт із найбільшою концентрацією поживних елементів у верхній частині профілю, зменшується пилюватість, підвищується вміст водостійких структурних агрегатів із зернистою морфологією, утворюються вертикально орієнтовані крупні і середні міжагрегатні пори. У чорноземі типовому, скипання від карбонатів спостерігається у верхньому перехідному гумусовому горизонті. У нижньому перехідному горизонті карбонати мають вигляд прожилок та трубочек – за глибокого безполицевого обробітку ґрунту, прожилок та борошнистих вкраплень – за мілкового безполицевого обробітку ґрунту, вицвітів та міцелію – за оранки. В ізогумусолі, карбонати скипають у нижньому перехідному до породи горизонті, і зустрічаються у вигляді хімічних новоутворень тільки у породі. Біологічні новоутворення виявляються у вигляді органо-мінеральних (глино-гумусових) кутан та стріан, черворийн, а також детритових прикореневих речовин. За no-till у верхньому 0–3 см шарі ізогумусоля під шаром рослинних решток наявні багаточисельні грибні гіфи та відмерлі продукти мікоризної діяльності.

Досліджено і описано пошарово параметри змін мінералогічного складу, гранулометричних фракцій, pH_{H_2O} , pH_{KCl} , N, P_2O_5 , K_2O , Ca^{2+} і Mg^{2+} по профілю залежно від технології обробітку, с.-г. культур і удобрення.

Досліджено стратиграфічний розподіл та педогенез трансформаційних змін біофільних елементів чорноземів та їх співвідношень: $C_{неорг} : C_{заг}$, $C_{орг} : C_{заг}$, $C_{орг} : N_{заг}$, $C_{орг} : S_{орг}$, $C_{орг} : N_{заг}$. Визначено параметри трансформації масової і мольної часток органогенних (C, H, O) і макроелементів (N, S) по профілям ґрунтів залежно від способів обробітку ґрунту та удобрення. Встановлено, що вміст досліджуваних елементів, виражений в масових частках знижується за напрямом: $C_{заг} > C_{орг} > C_{неорг} > N_{заг} > N_{заг} > S_{орг}$. З глибиною зменшується уміст атомів загального вуглецю ґрунту, загального водню, вуглецю органічних сполук, азоту та сірки, збільшується – уміст атомів вуглецю у складі мінералів. Показано, що мольна частка атомів водню значно переважає концентрацію вуглецю, азоту і сірки. За безполицевих технологій, порівняно з оранкою та роторним обробітком ґрунту, нагромаджується більше органічних сполук вуглецю, азоту та сірки в орному шарі чорнозему типового і ізогумусолів. У перехідних горизонтах найбільший уміст біофільних макроелементів нагромаджується за оранки, глибокого безполицевого і комбінованого обробітках ґрунту.

Встановлено, що в результаті різного технологічного використання чорноземів змінюється профільний розподіл кількісного і якісного складу гумусу. Визначено, що стабілізація умісту і запасів гумусу забезпечується застосуванням ґрунтозахисного обробітку ґрунту, внесенням соломи 1,2 т/га + сидерати + N_{12} + $N_{78}P_{68}K_{68}$, залуженням перелогу багаторічними травами. Винайдені фаціальні ознаки гумусоутворення чорноземів. Уміст органічної речовини у профілі чорнозему типового перевищує відповідний показник в ізогумусолі, що пояснюється особливостями протікання гумусово-аккумулятивного процесу в Україні: помірно-теплий тип клімату із м'якою

зимою, жарким літом та нестійким типом зволоження (ГТК – 1,41; $\sum t > 10^\circ\text{C}$ – 3227 $^\circ\text{C}$), глибоке промивання ґрунтової товщі у осінньо-зимовий період, триваліший вегетаційний період, значне щорічне надходження поверхневих і кореневих рослинних решток, закріплення гумусових речовин карбонатним лесом і легший гранулометричний склад чорнозему типового. Ізогумусоль сформувався на важкосуглинкових лесах на фоні помірно-мусонного клімату (ГТК – 1,72; $\sum t > 10^\circ\text{C}$ – 3234 $^\circ\text{C}$), за більш короткого періоду активних температур (157–175 днів), з меншою середньобагаторічною температурою повітря (4,6 $^\circ\text{C}$), за достатнього теплозабезпечення і зволоженням. Біля 90–95 % усіх опадів у регіоні випадає протягом вегетації. Різкоконтинентальні умови утворення китайського ізогумусоля сприяють закріпленню $C_{\text{орг}}$ у верхній частині профілю та стрімкому зменшенню його вмісту з глибиною. Органічна речовина ізогумусолів збагачена на лабільні гумусові речовини, високомолекулярні азотовмісні компоненти із розвиненими функціональними групами. Чорнозем типовий, порівняно із ізогумусолем, має більшу частку фракцій ГК₂₋₃ і ФК₂₋₃, меншу – фракцій ГК₁, ФК_{1a+1} та гумінів. За ґрунтозахисних технологій, перелогу і молодого лісу збільшується частка гумусових речовин з розвинутою аліфатичною системою збагаченою на біофільні елементи та функціональні групи, відбувається інтенсивне утворення найбільш рухомих фракцій гумусових речовин ($C_{\text{ГК1}} + C_{\text{ФК(1a+1)}} / C_{(\text{ГК}+\text{ФК})2+3}$), посилюється інтенсивність першої ($C_{\text{ГК1}} / C_{\text{ФК1}}$) та другої ($C_{\text{ГК2}} / C_{\text{ФК2}}$) стадій гуміфікації. У верхньому у 0–20 см шарі чорноземів найбільший уміст лабільних фракцій гумусових речовин утворюється за ґрунтозахисного обробітку та природних ценозів ґрунту, у нижньому 20–100 см шарі – за оранки, глибокого безполицевого обробітку ґрунту та перелогу. Частка ароматичних полімеризованих і поліконденсованих речовин гуматного типу ($C_{\text{ГК2}} + C_{\text{ГК3}} + C_{\text{НЗ}}$; $C_{\text{ГК}} : C_{\text{орг}}$) найбільше зосереджується у шарі 10–100 см.

Методами дериватної термографії і диференційно скануючої калориметрії досліджено і визначено динаміку змін фракційного складу мінералів і вуглецю органічних сполук чорнозему типового за енто- і екзо- термічних ефектів у області температур 110–710 $^\circ\text{C}$. Уперше був визначений індекс гуміфікації за співвідношенням зміни маси ґрунтової проби (ΔM) в інтервалі 200–396 $^\circ\text{C}$ до ΔM в інтервалі 396–610 $^\circ\text{C}$. Більші значення індексу гуміфікації у ґрунтових пробах за ґрунтозахисного обробітку і природних ценозів вказують на більшу частку лабільних компонентів у складі гумусу за даного використання ґрунтів.

Встановлені сезонні ознаки відтворення вмісту органічного вуглецю і загального азоту ґрунту, вмісту вуглецю та азоту біомаси мікроорганізмів, вмісту органічного вуглецю і загального азоту у складі водотривких агрегатів ґрунту, дисперсних >250 , 250–53 і <53 мкм фракцій органічної речовини ґрунту. Кількісно описані: сезонна динаміка щільності складення, інфільтраційна здатність ґрунтів, уміст вологи, емісія $\text{CO}_2\text{-C}$ ґрунтів. Сезонні коливання властивостей чорнозему типового та ізогумусолу обумовлюються абіотичними властивостями ґрунту, кліматичними особливостями атмосфери, сільськогосподарською культурою, способом обробітку ґрунту та удобренням. Напрям сезонних змін органічного вуглецю ґрунту і $C_{\text{орг}} : N_{\text{заг}}$ відношення

відрізняється від тренду загального азоту ґрунту. За результатами наших спостережень, доведено, що положення медіани $X_{n_{0,50}}$ міжквартильного розмаху IQR_{25-75} показників $C_{орг}$ і $N_{заг}$ за безполицевих технологій є вищим за оранку і поступово знижується від верхніх шарів до нижніх. Показано, що крива сезонних змін умісту $C_{орг}$ у складі дисперсних агрегатів органічної речовини ґрунту відрізняється від трендів змін мас відповідних фракцій. Уміст органічного вуглецю у складі >250 і $250-53$ мкм фракцій знижується з травня по липень і підвищується у серпні-жовтні, у складі <53 мкм фракції – поступово зменшується або істотно не змінюється протягом досліджуваного сезону. Встановлено, що найбільший уміст органічного вуглецю у структурі дисперсних фракцій органічної речовини ґрунту мають крупні агрегати: 6,85–2,12 %, найменший – тонкі глино-гумусові агрегати – 3,66–1,32 %. Уміст мінеральних частинок у фракціях дисперсних агрегатів за довжиною та об'ємним середнім діаметром зменшується з глибиною, а також від макро- до мікро- і тонкої фракції.

Доведено, що збільшення умісту лабільних сполук вуглецю та азоту біомаси мікроорганізмів за ґрунтозахисного обробітку ґрунту сприяє нагромадженню вуглецю органічних сполук ґрунту у складі дисперсних фракцій органічної речовини ґрунту. Більші значення мікробного індексу ґрунтів за ґрунтозахисного обробітку ґрунту вказують на активну конверсію органічної речовини ґрунту ґрунтовими мікроорганізмами. Сезонні флуктуаційні коливання CO_2-C ґрунтів визначаються екологічною стійкістю органічної речовини ґрунтів до природного впливу і антропогенного навантаження.

Встановлений вплив тривалого сезонно-промерзлого теплового режиму різко-континентального клімату Північно-східного регіону Китаю та сезонно-промерзлого теплового режиму помірно-континентального клімату Правобережного Лісостепу України на структуроутворення досліджуваних ґрунтів. Показано, що в ізогумусолях утворюються крупні, тверді водостійкі агрегати, які за спорадичної мусонності формують оптимальний водно-повітряний режим ґрунтів, перешкоджають втратам верхнього шару ґрунту від пилових бурь та поверхневого ерозійного стоку. Чорноземи типові характеризуються «хорошим» структурним станом із більшою ніж в ізогумусолях часткою пиловатих окремоостей, які погіршують протиерозійні властивості ґрунтів і збільшують втрати ґрунтової вологи від випаровування. Встановлено, що за ґрунтозахисного обробітку утворюється більша кількість крупних $10-0,5$ мм, за оранки – дрібних $<0,5$ мм фракцій водостійких агрегатів. Виявлені різні напрями сезонних змін умісту $10-5$, $5-2$, $2-0,5$ і $<0,5$ мм водостійких агрегатів виділених шляхом повільного замочування ґрунтової проби у дистильованій воді у вакуумі. За застосування оранки була виявлена найбільша амплітуда змін умісту водостійких агрегатів ґрунту протягом сезону, за no-till – найменша.

Визначено, що просторові і часові коливання температур у $0-300$ см шарі ізогумусолів описуються законом Фур'є з врахуванням рівнянь потоків вологи, солей, тепла та радіаційного балансу. У теплий період року потоки тепла переміщуються від верхніх шарів ґрунту до нижніх, у зимовий період – у

зворотному напрямі. Показано, що орний шар чорноземів сформований за оранки прогрівається і охолоджується істотно швидше порівняно із безполицевим обробітком ґрунту та no-till. Найнижча температура у літній період і найвища – у холодний період року відмічаються за no-till в усіх шарах ізогумусолу. Цілорічні позитивні температури спостерігаються на глибині 200–300 см.

Досліджено і встановлено, що тренд динаміки умісту вологи в ґрунтах протягом вегетаційного періоду більше залежав від надходження атмосферних опадів, втрат від випаровування та водоспоживання рослиною і менше – від способів обробітку ґрунту та удобрення. Показано, що за ґрунтозахисних технологій обробітку ґрунту формується більший уміст вологи у кінці червня у 0–20 і 30–60 см шарах, за оранки – у 20–30 і 60–100 см шарах. Динаміка змін умісту вологи у 60–100 см шарі має меншу амплітуду порівняно із 0–60 см шаром. Найбільший об'ємний уміст вологи у 0–150 см шарі ізогумусолу встановлюється у грудні і квітні, найменший – у серпні. Краща водопроникність чорноземів за безполицевого розпушення сприяє більш інтенсивному нагромадженню умісту вологи в осінньо-зимовий період.

Викладені в дисертації результати досліджень є науково обґрунтованою основою для розроблення емпірико-статистичних моделей та системи прийняття рішення з управління родючістю чорноземів типових та ізогумусолів.

Ключові слова: педогенез, антропогенез, ізогумусоль, чорнозем типовий, обробіток ґрунту, сівозміна, гумус, вуглець, азот, дисперсна органічна речовина ґрунту, гранулометричний і мінералогічний склад ґрунту, фізичні властивості ґрунтів.

SUMMARY

Kravchenko Y. S. Agrogenesis of Typical chernozem of Ukraine and Izohumusol of China. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation thesis submitted for a Doctor of Agricultural Sciences degree in specialty 06.01.03 «Agricultural Soil Science and Agrophysics». – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2023.

The dissertation presents a scientific approach to the fertility management of a Typical chernozem (Ukraine) and an Izohumusol (China) on the basis of long-term experimental researches performed in the Right-Bank Forest-Steppe region of Ukraine and the North-East province of China. The work offers a solution of the chernozems fertility recovering by applying: soil conservation tillage, short-term crop rotations, straw, green manure and integrated fertilization system under temperate climatic conditions in the West warm (Ukraine) and East cold (China) Eurasian margins.

The presented work is a completed scientific study on establishing the features of the chernozems pedogenesis at their different use in a temperate climate zone with sporadic monsoon, cold dry winter and hot summer – in the Northeast region of China and warm summer, mild winter in the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine. The

relevance of the given work was arisen because of the necessity in studying of the properties, processes and regimes of genetically close soils to coordinate soil conservation measures under different climate scenarios.

The studied soils are characterized with typical diagnostic morphological features common to the genetic type of chernozems. However, the facies pedogenesis of the Chinese isohumusol triggered a high content of water-stable macroaggregates, leaching, deep effervesces from carbonates and formation of gley parent material. “Plow pan” in a Isohumusol was located deeper compared to the Typical chernozem. Ukrainian chernozem possesses with higher amount of micro- and agronomically valuable aggregates, friability, calcareous new formations in transitional horizons, mole loess. Humus solum in the Typical chernozem extends 27.3–53.1 cm deeper compared to the Isogumusol due to the presence of additional leached mole loess with a thickness of 38.4–42.3 cm. In the Typical chernozem, with a depth, the content of sand and physical sand was decreased, while coarse silt and clay increased. Based on classification approaches after M. Godlyn, a textural group for both studied soils was designated as silty-loamy, while a subgroup was silty heavy loamy in the Isohumusol and silty light loam in the Typical chernozem.

The ploughing application increased a depth of humus horizon and amount of silt aggregates, decreased a content of new formed pro-humus substances (detritus), increased a part of small sized pores and biological new formations. Soil conservation technologies upraised the humus horizon enriched with high concentration of nutrients, decreased the dustiness, increased the amount of water stable grainy aggregates, up and down oriented coarse and medium interaggregate pores were formed. In the upper transitional humus horizon of the Typical chernozem was observed effervescence from carbonates. In the lower transitional humus horizon, carbonates had the appearance of streaks and tubules – under deep minimum tillage, streaks and mealy inclusions – under shallow minimum tillage, fades and mycelium – under plowing. In the Isohumusol, carbonates boiled in the lower transitional horizon and appeared in the visible new formations only in the parent material. Biological neoplasms were appeared in forms of organo-mineral (clay-humus) cutans and strians, wormholes, as well as detrital root substances. In the upper 0–3 cm layer, under no-till, under the layer of plant residues, there were numerous fungal hyphae and dead products of mycorrhizal activity.

The changes of the mineralogical composition, textured fractions, $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCl} , N, P_2O_5 , K_2O , Ca i Mg through the profile depending on tillage, crops and fertilizers were investigated and analyzed.

There was considered the pedogenesis of the elemental composition in chernozems according to the ratio: $C_{\text{inorg}} : C_{\text{total}}$, $C_{\text{org}} : C_{\text{total}}$, $C_{\text{org}} : N_{\text{total}}$, $C_{\text{org}} : S_{\text{org}}$, $C_{\text{org}} : H_{\text{total}}$. The transformation parameters of the mass and mole fractions of organic and macroelements in soil profiles were determined, depending on tillage and fertilization. The content of the mass fractions of the studied elements decreased in the direction – $C_{\text{total}} > C_{\text{org}} > C_{\text{inorg}} > H_{\text{total}} > N_{\text{total}} > S_{\text{org}}$. Downward the soil profile was decreased the content of organic nitrogen, sulfur and total hydrogen but increased a content of mineral carbon. The mole fraction of hydrogen significantly exceeded the concentration of carbon, nitrogen, and sulfur. Minimum tillage had an advantage over plowing and rotary tillage in the accumulation of organic carbon, nitrogen and sulfur

in the arable layers of Typical chernozem and Isohumusols. The highest content of biophilic macroelements was formed during plowing, minimum and combined tillage in the transitional horizons. It was established that profile distribution humus quantitative and qualitative composition changes due to technological use of chernozems. It was determined that the stabilization of humus content and stocks is ensured by the use of soil conservation tillage, applying of 1.2 t/ha straw + green manure + $N_{12} + N_{78}P_{68}K_{68}$, seedling of abandoned land with perennial grasses. Facial signs of humus formation of chernozems were discovered. Soil organic matter content in a profile of Typical chernozem is significantly higher compared to the Isohumusol, because of the peculiarities of the sod process in Ukraine: a moderately warm type of climate with mild winter, hot summer and an unstable type of humidification (HTK – 1.41; $\sum t > 10^\circ\text{C} - 3226.83^\circ\text{C}$), deep leaching of the soil profile in the autumn-winter period, an extended growing season, a significant annual influx of above- and below-ground plant biomass, fixation of humic substances by a carbonate loess and a light texture of Typical chernozem. The Isohumusol was formed on heavy loamy loess, on the background of a moderate monsoon climate (HTK – 1.72; $\sum t > 10^\circ\text{C} - 3234^\circ\text{C}$), with a shorter period of active temperatures (157–175 days), under a lower average long-term air temperature (4.6 $^\circ\text{C}$), with sufficient heat and moisture supply. In this region about 90–95 % of all precipitation falls during the growing season. The extremely continental conditions of the Isohumusol formation provokes the C_{org} accumulation in the upper horizon followed by its rapid decreasing downward the soil profile. The organic matter of Isohumusol is enriched in labile humic substances, high-molecular nitrogen-containing components with developed functional groups. The typical chernozem, compared to Isohumusol, contains a higher amount of HA_{2-3} and FA_{2-3} , lower HA_1 , FA_{1a+1} fractions and humins.

Under soil conservation technologies, abandoned land and forest is increased the portion of humic fractions having developed aliphatic system, enriched on biophilic elements and functional groups, is going on the formation of labile humus fractions ($C_{HA1} + C_{FA(1a+1)} / C_{(HA+FA)2+3}$), the intensity of the first (C_{HA1} / C_{FA1}) and the second (C_{HA2} / C_{FA2}) stages of humification. In the upper 0–20 cm layer of chernozems, the highest content of labile fractions of humic substances is formed under minimum tillage and natural coenoses, in the lower 20–100 cm layer – under ploughing, deep minimum tillage and fallow. Aromatic polymerized and polycondensed substances of humate-type ($C_{HA2} + C_{HA3} + C_{\text{humins}}$; C_{HA} / C_{org}) are intensively formed in the 10–100 cm layer.

There were investigated and determined the dynamics of changes in the fractional composition of minerals and organic carbon compounds of typical chernozem under endo- and exothermic effects in the temperature range of 110 $^\circ\text{C}$ by using the methods of derivative thermography and differential scanning calorimetry. For the first time, was determined the humification index on the basis of the ratio between the changes in mass of the soil sample (ΔM) in the interval 200–396 $^\circ\text{C}$ to ΔM in the interval 396–610 $^\circ\text{C}$. The higher values of the humification index in soil samples under soil conservation tillage and natural coenoses indicate a greater part of labile components in humus under this soil use. There was found the seasonal recovering features of: soil organic carbon, total nitrogen, carbon and nitrogen in biomasses of

microorganisms, organic carbon and total nitrogen in the water stable aggregates, particle organic matter, bulk density, infiltration rates, soil moisture and CO₂-C emissions from soils. Quantitatively described: seasonal dynamics of bulk density, infiltration capacity of soils, moisture content, CO₂-C emission of soils. The trend of seasonal changes of C_{org} and C_{org} : N_{total} ratio differed from N_{total} trend. Our studies demonstrate a higher position of the X_{n0.50} median of the interquartile range IQR₂₅₋₇₅ for C_{org} and N_{total} under minimum tillage, comparatively to plowing, which was gradually descended from upper to lower layers.

The curve of C_{org} seasonal changes in disperse fractions differed from POM_{>250}, POM₂₅₀₋₅₃ and POM_{<53 mm} trends. The C_{org} content in >250, 250–53 μm fractions decreased from May to July and increased in August-October, while the content of <53 μm fraction gradually decreased or didn't change significantly during the studied season. The highest content of C_{org} (6.85–2.12 %) was defined in large dispersed aggregates, while the smallest one – in the fine clay-humus aggregates (3.66–1.32 %). The content of mineral particles, determined by laser diffractometry, in the fractions of dispersed aggregates in terms of average length and volume diameter decreased with depth, as well as from macro- to micro- and fine fractions.

It has been proven that increasing of labile carbon and nitrogen content in the biomasses of microorganisms under soil conservation tillage contributes to the accumulation of carbon in particle organic matter. Higher values of soil microbial index under soil conservation tillage appoint into active conversion of soil organic matter by soil microorganisms. Seasonal fluctuations of CO₂-C of soils are determined by the ecological resistance of soil organic matter to natural and anthropogenic influence. It has been established the influence of the long-frozen seasonal thermal regime of the extremely continental climate in the North-East China and the seasonal frozen thermal regime of the moderately continental climate in the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine on the structure formation of the studied soils. In Isohumusols are formed large and hard water-stable aggregates, which during sporadic monsoons create the optimal water-air regime, prevent the losses of the upper soil layer from dust storms and runoff.

Typical chernozems are characterized by a “good” structural state with a greater amount of silty particles than in Isohumusols, which worsen the anti-erosion properties of soils and increase the losses of soil moisture from evaporation. Soil conservation tillage effect the formation of the large 10–0.5 mm fractions, while plowing – small <0.5 mm fractions of water-stable aggregates. The changes in the content of 10–5, 5–2, 2–0.5 and <0.5 mm water-stable aggregates, isolated by slowly soaking the soil sample in distilled water in a vacuum, had different trends during season. The largest amplitude of those changes was found under plowing, the smallest – under no-till.

Spatial and temporal fluctuations of temperatures in the 0–300 cm layer of Isohumusols are described by the Fourier law, taking into account the equations of moisture, salt, heat and radiation balance flows. In the warm period of the year, heat flows move from the upper layers of the soil to the lower ones, in the winter period – in the opposite direction. The arable layer of chernozems formed under plowing warms up and cools down significantly faster compared to tillage and no-till. The lowest temperature in the summer and the highest temperature in the cold period of the year

were under no-till in all layers of Isohumusol. Positive temperatures were observed at a depth of 200–300 cm during a whole year.

There was investigated that a trend of the moisture content dynamics in soils, during the growing season, depended more on atmospheric precipitation, losses from evaporation and plants water consumption, and much less – on soil tillage. At the end of June, a soil moisture content was higher under soil conservation technologies in 0–20 and 30–60 cm layers, while under plowing – in 20–30 and 60–100 cm layers. A soil moisture content changes in the 60–100 cm layer had a smaller amplitude compared to the 0–60 cm layer. The highest volumetric soil moisture content in the 0–150 cm layer of Isohumusol was found under no-till in December and April, while the lowest – in August. The better infiltration rates of Chernozems under minimum till triggered an intensive soil moisture accumulation in the autumn-winter period.

The research outcomes presented in the dissertation form the basis for the development of empirical-statistical models as well as a decision-making system for chernozems and isohumusols productive management.

Key words: pedogenesis, anthropogenesis, Izohumusol, Typical chernozem, tillage, crop rotation, humus, carbon, nitrogen, particle organic matter, soil texture and mineralogy, soil physics.