



Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.43

© 2016

В.В. Медведєв,

*академік НААН,
доктор
біологічних наук*

*Національний
науковий центр
«Інститут ґрунтознавства
та агрохімії імені
О.Н. Соколовського»*

ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТОЗАХИСНОГО ОБРОБІТКУ В НІМЕЧЧИНІ

Мета. Висвітлити основні напрями науково-дослідних робіт із ґрунтозахисного обробітку в Німеччині. **Методи.** Використання результатів міжнародного проекту з вивчення і поширення ґрунтозахисного обробітку у світі. **Результати.** У Німеччині найбільшого поширення набуло вивчення консервативного, мінімального і нульового обробітків. Дослідження проводять у тривалих стаціонарних дослідках за широкою програмою супутніх спостережень за участі провідних фахівців країни. **Висновки.** Новітні способи обробітку мають очевидний ґрунтозахисний, економічний і соціальний ефект. Набутий досвід слід урахувати в аналогічних роботах в Україні.

Ключові слова: консервативний, мінімальний, нульовий способи обробітку, Німеччина.

Найбільшого поширення в Німеччині набули консервативний і мінімальний обробітки, менше розповсюджений нульовий обробіток. Фундаментальні і прикладні дослідження з ґрунтозахисного обробітку проводять в університетах Кіля, Геттінгена, Бонна, Гіссена, Касселя, Берліна, Оснабрюкка, Мюнхена, Хохенхайма, Фленсбурга та ін. [1, 2]. Фінансування наукових розробок здійснюється з державного бюджету через федеральні міністерства продовольства і сільського господарства, охорони довкілля, освіти і науки та за рахунок коштів федеральних земель. У фінансуванні наукових робіт беруть участь недержавні організації, приватні установи і, навіть окремі інвестори. Зведення результатів дослідів у Західній Німеччині здійснюють фахівці з університету Гіссена F. Tebrugge, R.-A. During і A. Michels, у східній Німеччині — фахівці з науково-дослідного інституту в Мюхенберзі M. Frielinghaus, L. Muller та ін.

У Німеччині дотримуються такого змісту новітніх технологій обробітку.

Консервативний обробіток (землеробство) — технології обробітку (землеробства), що спрямовані на максимально можливе збереження біорізноманіття, складу і властивостей ґрунту, захист від деградаційних процесів (ерозії, втрати гумусу, переущільнення тощо). Його основні елементи — мінімальний обробіток і використання мульчі. Консервативний обробіток використовують на фоні адаптованих до природно-господарських умов сівозмін, достатньої кількості добрив та в разі необхідності протиерозійних і меліоративних заходів. Консервативний обробіток є майже аналогом комбінованого обробітку, що набув найбільшого поширення в Україні.

Мінімальний обробіток — зменшений за кількістю операцій, глибиною або площею поля обробіток ґрунту. Мінімальним може бути основний, передпосівний і міжрядний

обробітку. Міжрядний обробіток, що виконується комбінованими ґрунтообробними і посівними машинами або замінюється хімічними обробками, так само вважається мінімальним. У Німеччині найчастіше використовують терміни *mini-bearbeitung* (*winterfurche, aussaat, streifenweise, zwischenreihen*). На першому етапі впровадження цього способу для обробітку ґрунту в Німеччині використовували звичайні знаряддя (на зразок культиваторних або дискових знарядь), але обов'язково відмовлялися від плуга, у подальшому застосовували спеціальні, переважно комбіновані знаряддя. Останніми роками популярності набув термін *strip-till* (або *row-till* у США) — смуговий обробіток ґрунту в ряду просапних культур, який іноді поєднується з поглибленим обробітком для поліпшення водного режиму і прискореного розвитку коренів углиб ґрунту.

Нульовий обробіток — висаджування насіння в необроблений ґрунт нарізанням борозни потрібної ширини і глибини, достатньої для заглиблення насінини. Інші види обробітку не застосовують. Допускається лише обробіток піднасінового шару в разі його переуцілювання, але такий обробіток проводять спеціальними знаряддями, тому надґрунтовий рослинний покрив не порушується. Обов'язковим елементом нульової технології обробітку є постійний рослинний покрив із живих або мертвих (стерня або мульча) рослин. У нульовій технології діє принцип: зерно (або інша продукція) — для людини, стерня — для ґрунту.

У ґрунтовому покриві країни домінують Cambisols (приблизний аналог за українською класифікацією — буроземно-підзолисті ґрунти). На лужних вулканічних породах — Eutric Cambisols (буроземи гірські

щебенюваті), на піщаних аренах — Dystric Cambisols (дерново-буроземні в комплексі зі слабооглеєними ґрунтами). На вологіших територіях поширені Stagnosols — оглеєні ґрунти. Найродючішими вважаються темнокольорові ґрунти, які в Німеччині називають Chernozems і Luvisols (приблизний аналог українських сірих опідзолених ґрунтів із неглибоким гумусованим профілем). Більшість орних ґрунтів деградовані, особливо розповсюджені процеси водної ерозії.

Мета роботи — висвітлити основні напрями науково-дослідних робіт, які проводять у Німеччині для обґрунтування новітніх ґрунто- і ресурсозбережувальних способів обробітку, і що можна використати для вдосконалення аналогічних робіт в Україні.

Методи досліджень. Стаття написана на основі матеріалів міжнародного проекту KASSA (Knowledge Assessment and Sharing on Sustainable Agriculture — Оцінка і розповсюдження знань про стале землеробство), в якому автор брав участь.

Результати досліджень. У кінці минулого століття в Німеччині було закладено в різних ґрунтово-кліматичних умовах 5 стаціонарних польових дослідів із вивчення ґрунтозахисного обробітку (табл. 1). Вирощували зернові, кукурудзу, рапс, буряки цукрові. Супутні дослідження містили спостереження за змінами ґрунту, рослин, економічними показниками та традиційні для подібних дослідів спостереження за бур'янами і хворобами. У дослідженнях брали участь провідні фахівці країни з різних установ.

Деякі агротехнічні особливості впливу вивчених технологій на енергетичні, економічні і соціальні показники показано на рисунку.

У перші роки впровадження нульового

1. Загальна характеристика стаціонарних дослідів з консервативного, мінімального і нульового обробітків у Німеччині

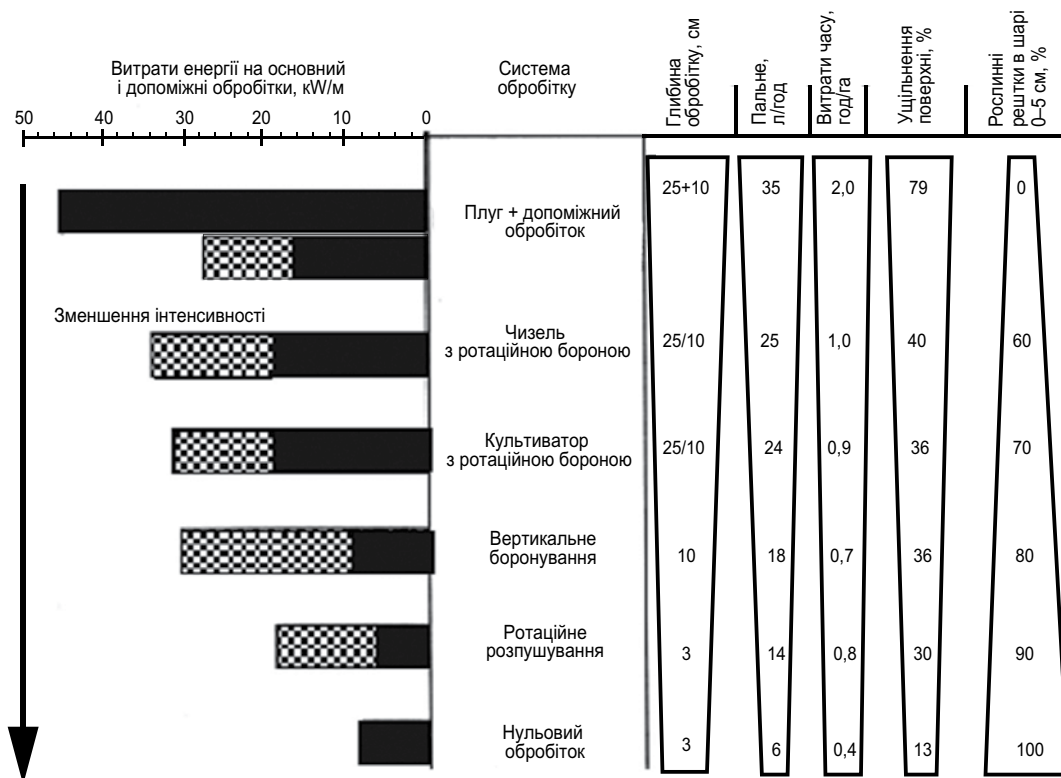
Місцевість	Гранулометричний склад, г/кг			Тип ґрунту	Опади, мм/рік	Середня температура, °C	Сівозміна
	Глина	Пил	Пісок				
Гіссен	310	530	160	Eutric-Fluvisol	600	8	Зернові (8 років), кукурудза на силос (3 роки)
Вернборн	265	559	176	Stagnic Luvisol	625	7,6	Зернові (14 р.), рапс (3 р.)
Оссенхайм	212	673	115	Luvic Phaeozem	575	9	Зернові (13 р.), буряки цукрові (4 р.)
Хассенхаузен	138	667	195	Luvisol	630	8	Зернові (7 р.), рапс (2 р.)
Брюхюбель	57	293	650	Eutric Cambisol	600	9	Зернові (8 р.), кукурудза солодка (4 р.), буряки цукрові (5 р.)

обробітку врожайність майже всіх культур дещо знижувалася порівняно з урожайністю за традиційної (плужної) технології або залишалася на тому самому рівні. Однак економічний зиск від нової технології, що утворювався за рахунок економії часу, пального і меншої потреби в знаряддях, не викликав ніяких сумнівів, особливо, коли цю технологію застосовували впродовж тривалого часу. Порівняно зі звичайним обробітком економія витрат за нульової технології становила близько 150 євро/га. Якщо ж урахувати 20-річний період, то економія може досягти 23%.

У перші роки застосування нульової технології сприяло спалаху бур'янів, що спричинювало додаткові витрати на придбання гербіцидів. Однак у подальшому вони значно скорочуються. У середньому за 20-річний період витрати на засоби захисту за новою технологією перевищували витрати за звичайною технологією лише на 20–30 євро/га в рік. Більше того, забур'яненість і наявність хвороб можна зменшити раціоналізацією сівозміни.

Технічні аспекти успішного впровадження консервативної технології обробітку залежали від ефективного подрібнення і рівномірного розкидання рослинних решток на полі, нульової — від високоякісного проведення сівби за умов накопичення рослинного покриву на поверхні ґрунту. Було помічено, що насіння укладається в ґрунт за нульової технології, точніше за умов розрізання рослинного покриву і поверхні ґрунту дисковим робочим органом. Нині в країні активно проводять наукові пошуки знарядь для оптимізації процесу сівби і внесення агрохімікатів за вирощування різних культур і наявності на поверхні ґрунту мульчі або постійного рослинного покриву.

У Німеччині досить інтенсивно вивчають питання довгострокового впливу нульової технології на біологічні показники — кількість та активність мезо- і мікрофлори, біорізноманіття, емісію газів. Особливу увагу приділено динаміці гумусу, бо характерною рисою нульової технології є накопичення на поверхні і у верхньому шарі ґрунту органічних речовин, що значно



Енергетична, економічна і соціальна характеристики різних технологій обробітку ґрунту: — основний обробіток; — допоміжні обробітки

впливає на біологічну активність і трансформацію сполук ґрунту. Підраховано, що за нульового обробітку у верхньому шарі щороку на кожному гектарі додатково акумулюється 5 мг органічного вуглецю і 1 мг загального азоту. Накопичення органічних речовин у верхньому шарі сприяє поліпшенню структури ґрунту, його захисту від ерозії і деактивації гербіцидів. Звичайний плужний обробіток катастрофічно впливав на активність фауни і мікрофлори. Ці компоненти біологічної активності виявлялися лише в глибших шарах. Нульовий обробіток різко знижував кількість патогенних і непатогенних нематодів усіх видів.

Так само позитивно змінювалися під його впливом умови для розвитку дощових черв'яків. Цьому сприяли не лише достатня кількість і навіть надлишок органічної речовини у верхньому шарі, а й постійна мережа каналів-шпар, використовуваних для накопичення вологи. Простежувалася загальна закономірність: якщо інтенсивність механічного обробітку зменшувалася, відразу зростало біорізноманіття. Стосовно емісії газів, що містять різні форми азоту, слід зазначити, що втрати залежали від співвідношення процесів нітрифікації і денітрифікації, які переважно регулювалися водно-повітряним режимом і характером використання ґрунту. За нульової технології збільшувалася емісія N_2O , але зменшувалися втрати N_2 і загального N. Щодо емісії CH_4 , то мінімальні його втрати відзначено на непорушених ґрунтах або постійних агрофонах з плужним обробітком. Нині в Гіссені проводять натурні і модельні дослідження з цього напрямку.

Нульовий обробіток, звичайно, дещо ущільнює ґрунт у верхній частині кореневмісного шару, за винятком денного (0–3 см) шару. Але щільність будови в підорному шарі ґрунту, який постійно обробляється плугом, істотно вища, ніж на тій самій глибині за нульового обробітку — відповідно 1,51 і 1,41 т/м³. Остання різниця була особливо помітною під час спостережень за твердістю ґрунту.

Загальний об'єм і розмір шпар ґрунту виявляє тенденцію до зменшення разом з усуненням розпушувань. Нульовий обробіток утворює штучну шаруватість у кореневмісному шарі, яка на 50% складається з крупних шпар понад 120 мк. Проте ці шпари нестійкі і розпадаються впродовж зимового періоду. Водночас об'єм малих шпар — <10 мк, відносно стабільний і не змінюється протягом зимового періоду. Відповідно до цього ґрунт,

що не обробляється, має вищу водоутримну здатність (через підвищену кількість малих шпар), хоча загальний об'єм рухомої вологи за нульової технології дещо зменшується. Саме тому ґрунти, що не обробляються, гірше прогріваються навесні і гальмують процеси мінералізації органічних речовин та накопичення азоту. Через це тут можливе азотне голодування рослин.

У варіантах із нульовим обробітком були кращими умови для роботи колісної техніки навіть за перезволоження. Зі зменшенням кількості проходів техніки по полю збільшувалася агрегованість ґрунту, майже не утворювалася кірка, не було стоку. Це підтверджено в натурних і численних модельних експериментах. За звичайного обробітку твердого стоку було 6400 кг/га, за нульового — лише 900 кг/га за рік. Останній ефект вважався дуже важливим для пилуватих ґрунтів, схильних до ерозії.

Вивчення впливу різних технологій обробітку на хімічні властивості ґрунту пов'язують з умовами мінералізації рослинних решток і забрудненням ґрунтів органічними і неорганічними речовинами. Вважається, що оранка збільшує інтенсивність мінералізації через вищу доступність O_2 , а нульовий обробіток здатний її збалансувати. Втрати фосфатів і нітратів за нульових технологій можуть зростати за рахунок преференційних потоків вологи (під час злив) за відносно великими постійними каналами-шпарами. Недавніми дослідженнями доведено, що за нульової технології політанти, які є складовими мінеральних добрив і не взаємодіють з твердою фазою ґрунту, можуть за дуже короткий час виявитися в підорному шарі ґрунту. Більше того, забрудненими можуть бути і верхні шари через підвищену сорбційну здатність шару, збагаченого рослинними рештками і гумусом. Експериментально встановлено підвищену забрудненість верхнього шару ґрунту за нульової технології.

Дані про вплив нульової технології на зміну ґрунтових та екологічно важливих показників, отримані F. Tebrugge та ін. [3–7] на підставі результатів 5-ти дослідів за 20 років досліджень у Німеччині, наведено в табл. 2.

Не менш цікавим є узагальнення ефективності нульової технології в Німеччині, здійснене тими самими дослідниками щодо економічних і соціальних показників на основі результатів 20-річних дослідів (табл. 3).

На основі тривалих експериментів

2. Ґрунтово-екологічні показники за нульового обробітку порівняно з показниками за традиційної відвальної оранки

Ґрунтово-екологічні показники	Нижче	Вище
	за звичайний обробіток, %	
Загальна площа колій (%/га)	54,5	
Навантаження на ділянку (т-км/га)	69,2	
Навантаження на ґрунт (за умови триаксiального тесту)		200
Глибина колії (см, з урахуванням транспортних засобів, 34,3 кН)	87	
Щільність будови ґрунту (мг/м³) у шарі, см:		
0–25		20
25–35	7	
Кількість земельних хробаків (шт./м²)		700
Кількість проходів хробаків (на 1 м²) на глибині 25 і 45 см		570
Активність мікроорганізмів на глибині 0–25 см		34,2
Міцність агрегатів (за дії дощового імітатора)		Дуже очевидна різниця
Проникнення води (см/день) у період вегетації		Так само
Просідання ґрунту (т/га)	90	
Стік води (мм)	69	
Горизонтальне переміщення (кг/га):		
гербіцидів	70	
нітратів	85	
водорозчинних фосфатів	65	
вилуговання нітратів (NO ₃ –N мг)	Очевидна різниця	
Емісія CO ₂ за використання палива (кг/га)	84,9	
Емісія CO ₂ за окислення вуглецю ґрунту (гCO ₂ /м²)	Дуже очевидна різниця	
Уміст органічних речовин у шарі ґрунту 0–30 см:		
т/га		8,4
г/100 г ґрунту		22
Популяції змій і мишей		Очевидна різниця

у Німеччині підтвердилися такі прямі та не-прямі економічні й організаційні переваги застосування новітніх способів обробітку порівняно з традиційною оранкою (8–10):

- зниження енергозатрат (енергоємність і витрата палива);
- зменшення часу сівби й зниження інвестиційних витрат;
- зменшення відстані, яку проїжджає сільськогосподарська техніка на 1 га, зі зменшенням кількості колій і зниженням показника завантаження на ґрунт;
- поліпшення прохідності з поліпшенням стійкості ґрунтів до навантаження.

Оцінювання енергетичної та економічної ефективності лише за результатами порівняння традиційних і нульових способів обробітку не показує повної ефективності no-till. Ефективність новітніх агротехнологій є набагато вищою, бо призупиняє активні руйнівні процеси, коригує сутність ґрунтоутворення і благотворно впливає на довкілля. Сучасний землекористувач припускає можливість використання плужного обробітку, аргументуючи цю стратегію деяким зростанням урожайності. Проте, навіть за умови, що деяке зростання врожайності дійсно спостерігається, вважати цю стратегію

3. Економічні і соціальні показники за нульового обробітку порівняно з традиційною відвальною оранкою

Економічні і соціальні показники	Нижче	Вище
	за звичайний обробіток, %	
Витрати на обладнання (євро)	38,7	
Витрати на трактор (євро/га)	85,8	
Потрібна потужність (kW/м)	75	
Час роботи (год/га)	79,7	
Витрати на пально-мастильні матеріали (л/га)	85	
Заробітна плата (євро/га)	79,4	
Затрати на ремонт	65	
Затрати на гербіциди (євро/га) у сівозміні з 75% озимих зернових		15
Суцільна культивация	100	
Оранка і сівба	27,3	
Продуктивність праці (га/год)		390
Загальний пробіг МТА (км/га)	67,2	
Середня врожайність:		
пшениці озимої	0	0
жита озимого		4
ячменю озимого	0	0
вівса	8	
рапсу озимого		9
буряків цукрових		2
силосної і солодкої кукурудзи	9	
Економічна вигідність (євро/га) на 5-ти земельних ділянках із різними сівозмінами в середньому за 17 років		7–20

виправданою буде очевидною помилкою. Якщо ми обрали екологічний імператив за постулат, який не підлягає дискусії, то маємо послідовно його дотримуватися. Адже головним у цьому разі є не врожайність, а захист ґрунту, тим більше, що й приріст урожаю від оранки, як правило, не такий вже й значний.

Проте екологічні аспекти, що впливають на стан навколишнього середовища, на жаль, дотепер не є достатніми для фермера, щоб ухвалити рішення щодо впровадження нульової технології обробітку. Для фермера, як і раніше, важливішим є

врожайність. Саме тому нульова технологія обробітку поширюється в Німеччині дуже повільно.

Наведемо тематику науково-дослідних робіт з консервативного, мінімального і нульового обробітків у провідних установах Німеччини. Так, в університеті м. Гіссен досліджують динаміку мікроорганізмів у ґрунтах із різним обробітком, вплив різних систем обробітку на трансформацію органічного вуглецю муніципальних відходів, технічні і ґрунтоохоронні аспекти сівби рапсу до збирання кукурудзи, вплив обробітку на окиснення метану і його міграцію в профілі ґрунту та на акумуляцію поліхлор-біфенілів у штучно обробленому ґрунті.

В університеті м. Падерборн, технічному університеті в Мюнхені та Інституті рослинництва і ґрунтознавства у Мекленбурзі вивчають оцінку нових систем обробітку ґрунту в сівозмінах із рапсом і бобовими.

У технічному університеті м. Брауншвейг вивчають хвороби в мульчованих ґрунтах у посівах квасолі і люпину. В університеті м. Трієр досліджують вплив обробітку на угруповання черв'яків.

В університеті м. Кіль вивчають вплив різних обробітків на фізико-механічні і реологічні властивості ненасиченого пилуватого ґрунту Luvisol; механічні властивості переущільнених оглеєних ґрунтів, розпушених за допомогою різних знарядь; нульовий обробіток і відновлення структури ґрунтів. В Інституті цукрових буряків і в університеті м. Геттінген (Нижня Саксонія) досліджують вплив плужного і консервативного обробітків після 20-річного застосування. В університеті м. Хохенхайм вивчають екологічні аспекти диференційованого обробітку ґрунту, оптимізацію нульового обробітку за вирощування кукурудзи, унесення добрив за нульового обробітку, техніку сівби овочів у мульчований ґрунт. У Лейбніц-центрі і науково-дослідному інституті сільськогосподарських ландшафтів і землекористування досліджують вплив довготривалого консервативного обробітку на мікроорганізми в ризосфері; можливості проведення консервативного обробітку на піщаних ґрунтах.

У центрі охорони довкілля і здоров'я разом зі швейцарським центром агроєкології та сільського господарства і технічним університетом у Мюнхені вивчають якість органічної речовини ґрунту за різного обробітку.

Приватні інвестори фінансують вивчення впливу технології сівби в мульчованих соломю ґрунтах за нульової технології обробітку.

Висновки

У Німеччині проводять стаціонарні тривалі польові дослідження з консервативного, мінімального і нульового способів обробітку. Дослідження, що супроводжуються різноманітними спостереженнями за економічними, екологічними і соціальними аспектами, довели переваги новітніх

технологій, що дають підстави для поширення їх у виробництві. В Україні слід активізувати аналогічні дослідження з урахуванням досвіду Німеччини, особливо щодо асортименту супутніх спостережень, які значно підвищують інформативність робіт.

Бібліографія

1. *During R.-A.* Conservation Agriculture, Organic Farming and GM crops in Germany/R.-A. During, A. Michels// Main focus: Western Germany. Report D 1.1. A 5. KASSA Project. CIRAD. France. — 2006. — P. 1–45.
2. *Conservation Agriculture, Organic Farming and GM crops in Germany/* M. Frielinghaus, L. Muller, M. Willms, U. Andreas//Main focus: Eastern Germany. Report D 1.1. A 6. KASSA Project. CIRAD. France. — 2006. — P. 1–16.
3. *Тебрюгге Ф.* Сравнение интенсивной машинной обработки и беспашотной обработки почвы/Ф. Тебрюгге, А. Вагнер//Межд. конф. по самовосстанавливающемуся земледелию на основе системного подхода no-till. — Днепропетровск, 2004. — С. 97–104.
4. *Tebrügge F.* Crop yields and economic aspects of no-tillage compared to plough tillage: Results of long-term field experiments in Germany/F. Tebrügge, A. Böhrnsen//Proceedings of the 2nd workshop 15–17 May, Silsoe, UK: Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. Wissenschaftl. Fachverlag Gießen. — 1997. — P. 25–44.
5. *Tebrügge F.* Results and conclusions of the surveys on No-Tillage/Tebrügge F. & A. Böhrnsen (eds.) Proceedings of the 4th Workshop 12–14 May, Boigneville, France: Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. Wissenschaftl. Fachverlag Gießen. — 1997. — S. 54–153.
6. *Tebrügge F.* Reducing tillage intensity- a review of results from long-term study in Germany/F. Tebrügge, R.-A. Düring// Soil & Tillage Research. — 1999. — 53. — S. 15–28.
7. *Tebrügge F.* Comparison of soil machine interactions by intensiv tillage and notillage 22 pp./F. Tebrügge// Poceedings 4th Inten. Conf. on Soil Dynamics, CD-ROM. — 2000. Adelaide, Australia.
8. *Geophysical Methods for Imaging Soil Compaction and Variability of Soil Texture on Farm Land/H.* Petersen, H. Fleige, W. Rabbel, R. Horn//Advances in Geoecology 38 «Soil Managing for Sustainability», Catena Verlag GMBH, 35447, Reiskirchen, Germany, 2006. — P. 261–272.
9. *Neubauer W.* Research Report: Acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen zum Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern und Möglichkeiten zu ihrer praktischen Umsetzung/W. Neubauer. — 2003, (Fe 22/03).
10. *Düring R.-A.* Depth distribution and accumulation behavior of pollutants in long-term differently tilled soils/R.-A. Düring, T. Hoß, S. Gäth//Soil Till. Res. — 2002. — 66. — P. 183–195.

Надійшла 11.06.2015.