
SOIL PROTECTION



S. G. Chorny 
A. V. Volosheniuk

Dr. Sci. (Agri.), Professor
Cand. Sci. (Agri.)

UDK 631.31: 504.35

*Mykolayiv National Agrarian University,
G. Gongadze str., 9, Mykolayiv, Ukraine, 54020*

EVALUATION OF WIND EROSION PROTECTIVE EFFICIENCY NO-TILL TECHNOLOGY IN SOUTHERN UKRAINE STEPPE CONDITIONS


Abstract. The aim of the research was to the efficiency wind erosion control of farming system «no-till» (NT) for conditions of South Steppe of Ukraine. The research was conducted at heavy load southern chornozem in the crop rotation «pea – winter (spring) wheat – sorghum – mustard». In field experiment two options of processing of the soil (traditional and minimum) and NT were studied. Options aggregate of surface soil (0–5 cm), the weight of crop residues and projective covering the soil surface were determined. Research field was equipped by meteorological station and field's wind erosion dust-meter.

The efficiency wind erosion control by NT was evaluated in three directions: the presence of dangerous wind erosion period (February–April) a certain amount of plant residues, that protect of soil surface from extreme winds (1); presence during this period of high values of «random» surface roughness of the soil, which reduces the strength of the wind in ground layer of air (2) and values of soil wind erodibility index (3).

Evaluation promises more effective in terms of opening up the soil surface crop residues reveals that NT fully meets the criterion of preserving (erosion control) technology – projective cover ground in a dangerous deflationary period is an average of three years of research on the crops of spring wheat – 37.9 % for sorghum crops – 71.1 % and on crops of mustard – 60.2 %. An important indicator of the erosion control efficiency of soil tillage is percentage of vertically oriented surface plant residues. Unbroken soil surface tillage after harvesting will have the maximum amount of such residues. Analysis of these studies show that when used NT observed maximum value of this parameter – 35–55 %, more than that in other tillage. So the version with traditional soil tillage this parameter does not exceed 5 %, and versions with minimal system soil tillage – 30 %.

Estimation of effectiveness of soil protection NT via a «random» surface roughness also shows a high ability wind erosion control this technology. At the same time, it should be stated that the presence of high «random» roughness autumn plowing deep plowed fields, despite the fact that the surface of the soil in the case of poorly protected plant residues.

The main index of soil wind erodibility is the fraction greater than 1 mm, the so-called «lumpiness». It is known, lumpiness indicator correlate with various other soil wind erodibility indicators, in particular, the mechanical strength of soil aggregates, containing wind erosion fraction by (<0.25 mm) and wind erodibility indicators there were obtained in portable wind tunnel. Intensive plowing of the soil leads to formation of a surface of the soil with high resistance by the strong winds in the fall (lumpiness – 70–90 %). It is connected with specific mechanisms of formation of soil

 Tel.: + 38097-449-35-87, e-mail: chorny@rambler.ru

DOI: 10.15421/041613

structure. Plowing of solonchic chernozems, especially after dry summer and an early autumn, leads to formation of soil structure units of the larger sizes. But during the winter of lumpiness by all options of researches gradually decreases, what is explained, first of all, by action on soil units of the procedures «melting» – «freezing» that, in turn, is function from the number of transitions of temperature of the soil through 0 °C. There is a destruction of soil aggregates and dispersion of the soil, in the conditions of an unstable temperature schedule in the winter, that is a consequence of warming of climate when in the afternoon of air temperature and the soil positive, and at night the soil freezes. At the same time, when the surface of the soil during the winter and at the beginning of spring is unploughed the soil condition, as it is observed on options with NT, the number of procedures of transition through 0 °C soil temperatures sharply decreases, so a destruction of aggregates goes not so intensively on the soil surfaces. But, according to our research, in the spring, lumpiness in variants of the NT is not diminished, was 50–70 %, the lower limit soil wind erodibility for chernozem.

This phenomenon is bound to higher humidity of the soil which promotes coagulation of soil particles and existence of a large number of plant residues as source of the biological substances with capacity for bonding. These factors strengthen process of formation of aggregates, large by the size, what leads to increase soil lumpiness.

Direct observations of NT wind erosion control efficiency during dust storms on 26th and 27th of January, 2014 showed that soil loss in NT was 3.5 times less them on a variant of traditional tillage and 2.9 times less them on a variant of minimum tillage.

Key words: *wind erosion, no-till, chornozem, plant residues, random roughness, soil lumpiness.*

УДК 631.31: 504.35

С. Г. Черный

д-р с.-х. наук, проф.

А. В. Волошенко

канд. с.-х. наук

Николаевский национальный аграрный университет,

ул. Г. Гонгадзе, г. Николаев, Украина, 54020,

тел.: +38097-449-35-87, e-mail: chorny@rambler.ru

ОЦЕНКА ПРОТИВОДЕФЛЯЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ NO-TILL В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ

Аннотация. Целью исследований была оценка составляющих противодефляционной эффективности NT для условий Южной степи Украины и проведение прямых наблюдений за процессом ветровой эрозии на агрофонах, где внедрена технология NT. Исследования проводились на черноземах южных тяжелосуглинистых в короткороционном севообороте: «горох – озимая (яровая) пшеница – сорго – горчица», где изучались три системы обработки: традиционная (контроль), минимальная и NT. Определялся агрегатный состав поверхностного слоя почвы (0–5 см), вес пожнивных остатков и проективное покрытие поверхности почвы. Опытный участок оборудован метеорологической станцией и полевыми эрозиометрами-пылеуловителями. В результате исследований было выявлено, что технология NT полностью соответствует критерию консервирующей (противоэрозионной) технологии – проективное покрытие почвы растительными остатками в дефляционно-опасный период (январь–апрель), в зависимости от предшественников, колеблется в пределах 40–70 %. На вариантах с NT наблюдается максимальное значение доли вертикально ориентированных растительных остатков – 35–55 %, что намного больше, чем при вспашке и дисковании. Высокая почвозащитная эффективность подтверждается и при учете «случайной» шероховатости поверхности почвы, которая имеет определенный противодефляционный эффект, что проявляется в уменьшении приземной скорости ветра и способности поверхности почвы аккумулировать почвенные частицы в процессе сальтации и крипа. Обработка почвы на зябь осолонцованных южных черноземов приводит к выворачиванию на поверхность крупных глыб и росту показателя комковатости (содержание агрегатов больше 1 мм в диаметре) осенью (до 70–90 %). В течение зимы комковатость на этих вариантах снижается до 50–70 %, что связано с действием на агрегаты процедуры замерзания-таяния, которая, в свою очередь, зависит от количества переходов температуры почвы через 0 °C. В то же время на вариантах с NT, когда поверхность почвы находится в необработанном состоянии с большим количеством растительных остатков, количество процедур перехода через 0 °C существенно уменьшается.

А значит, в конце зимы и начале весны протидефляционная стойкость чернозема южного при применении NT практически одинакова с вариантами, где проводилась осенняя обработка почвы. Прямые наблюдения за протидефляционной эффективностью NT в течение пыльной бури 26 и 27 января 2014 г. показали, что потери почвы по NT были в 3,5 раза меньше по сравнению с традиционной обработкой почвы и в 2,9 раза меньше по сравнению с минимальной.

Ключевые слова: дефляция, no-till, чернозем, растительные остатки, «случайная» шероховатость, комковатость.

УДК 631.31: 504.35

С. Г. Чорний

д-р с.-г. наук, проф.

А. В. Волощенко

канд. с.-х. наук

*Миколаївський національний аграрний університет,
вул. Г. Гонгадзе, м. Миколаїв, Україна, 54020,
тел.: +38097-449-35-87, e-mail: chorny@rambler.ru*

ОЦІНКА ПРОТИДЕФЛЯЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ NO-TILL В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Анотація. Метою досліджень була оцінка складових протидефляційної ефективності технології no-till (NT) в умовах Південного степу України та проведення прямих спостережень за процесом вітрової ерозії на агрофонах, де впроваджено технологію NT. Дослідження проводилися на черноземах південних важкосуглинистих у короткоротаційній сівозміні: «горох – озима (ярова) пшениця – сорго – гірчиця», де вивчалися три системи обробки: традиційна (контроль), мінімальна і NT. У процесі досліджень визначався агрегатний склад поверхневого шару ґрунту (0–5 см), визначалася вага поживних залишків та проективне покриття поверхні ґрунту. Дослідна ділянка була обладнана метеорологічною станцією і польовими ерозіометрами-пилловловлювачами.

У результаті досліджень було виявлено, що технологія NT повністю відповідає критерію консервуючої (протиерозійної) технології – проектне покриття ґрунту рослинними залишками в дефляційно-небезпечний період (січень–квітень), у залежності від попередників, коливається в межах 40–70 %. На варіантах з NT спостерігається максимальне значення частки вертикально зорієнтованих рослинних залишків – 35–55 %, що набагато більше, ніж при оранці і дискуванні. Висока ґрунтозахисна ефективність підтверджується й при обліку «випадкової» шорсткості поверхні ґрунту, яка має певний протидефляційний ефект, що проявляється в зменшенні приземної швидкості вітру і здатності поверхні ґрунту акумулювати ґрунтові частинки в процесі сальтації і крипу. Обробка ґрунту на зяб осолонцьованих південних черноземів призводить до вивертання на поверхню великих брил і зростання показника грудкуватості (вміст агрегатів більше 1 мм у діаметрі) восени (до 70–90 %). Протягом зими грудкуватість на цих варіантах знижується до 50–70 %, що пов'язано з дією на агрегати процедури замерзання-танення, яка, у свою чергу, залежить від кількості переходів температури ґрунту через 0 °С. У той же час на варіантах з NT, коли поверхня ґрунту знаходиться в необробленому стані з великою кількістю рослинних залишків, кількість процедур переходу через 0 °С істотно зменшується. А значить, у кінці зими і на початку весни протидефляційна стійкість чернозему південного при застосуванні NT практично однакова з варіантами, де проводилася осіння обробка ґрунту. Прямі спостереження за протидефляційною ефективністю NT протягом пилової бури 26 і 27 січня 2014 р. показали, що втрати ґрунту по NT був у 3,5 разу меншими в порівнянні з традиційним обробітком ґрунту і 2,9 разу меншими в порівнянні з мінімальним.

Ключові слова: дефляция, no-till, чернозем, рослинні рештки, «випадкова» шорсткість, грудкуватість.

ВСТУП

Для Півдня України дефляція ґрунтів є важливим чинником деградації земель. Збитки, які заподіюються народному господарству вітровою ерозією ґрунтів, дуже різноманітні. У першу чергу зменшується родючість ґрунту, що пов'язано зі зменшенням потужності гумусового горизонту та втратою поживних речовин, а по-друге, гинуть у результаті видування і засипання ґрунтом посіви

сільськогосподарських культур. Навіть якщо інтенсивність вітрової ерозії ґрунтів невелика, спостерігається зменшення врожайності сільськогосподарських культур у результаті засікання посівів частинками ґрунту. При сильних пилових бурях ускладнюється робота промислових підприємств і транспорту, засипаються зрошувальні канали. Збільшення запиленості повітря негативно позначається і на здоров'ї людей.

Показовими в цьому плані є результати найбільш катастрофічної пилової бурі, що сталася за останні 30 років в Україні в 2007 році. За два дні, 23 та 24 березня, у центральній частині Херсонської та Запорізької областей втрати ґрунту становили 150–400 т/га. За нашими оцінками (Chornyy et al., 2008), з поверхні агроландшафтів була видута така кількість ґрунту, яка більша за швидкість ґрунтоутворення в 10–4000 разів. Загальна площа, яка постраждала від пилової бурі, становила близько 125 тис. км², що дорівнює приблизно 20 % площі України, або 50 % площі всієї степової зони (Chornyy et al., 2008). Наслідки цього явища були катастрофічними не тільки через тотальне зниження родючості ґрунтів. Екстраординарний пиловий слід спостерігався у Східній Європі в тропосфері. Максимальні концентрації твердих компонентів в атмосфері спостерігалися в Словаччині, Чеській Республіці, на півдні Польщі та у Східній Німеччині (Birmili et al., 2008).

Найбільш ефективними ґрунтозахисними заходами в регіоні є лісомеліоративні та агротехнічні. Зокрема, багато уваги приділяється так званім консервуючим технологіям обробітку ґрунту, які за рахунок рослинних залишків захищають поверхні ґрунту щонайменш на 30 % (Walters, Jasa, 2000), особливо в найбільш дефляційно-небезпечний період року – з початку січня до кінця квітня.

В останні роки в регіоні став поширюватися найбільш ґрунтозахисний вид консервуючої технологія – no-till (NT), яка передбачає сівбу в необроблений ґрунт, коли з поверхні ґрунту після жнив не прибирають стерню та поживні залишки, а боротьбу з бур'янами проводять шляхом правильного чергування сільськогосподарських культур у сівозмінах та кваліфікованим застосуванням хімічних засобів захисту рослин. Причин інтересу до NT декілька – зменшення капіталовкладень за рахунок скорочення кількості операцій обробітку ґрунту та економія витрат на запасні частини до сільськогосподарської техніки, паливно-мастильні матеріали, оплату праці, збереження ґрунтової вологи, що особливо актуально в посушливих районах Степу, зменшення непродуктивних витрат CO₂ з ґрунту тощо (Kosolap, Krotinov, 2011). Але дуже важливим для оцінки ефективності технології є ґрунтозахисний аспект NT, особливо в районах, де інтенсивно проявляються вітро-ерозійні процеси.

ґрунтозахисна спроможність в умовах постійного проявлення вітрової ерозії будь-якої технології обробітку ґрунту оцінюються, як правило, з трьох позицій. Це, по-перше, проявляється в кількості рослинних решток, які залишаються на поверхні ґрунту в дефляційно-небезпечний період, по-друге, у наявності так званої «випадкової» (National Agronomy..., 2002) шорсткості поверхні ґрунту в цей період, яка має певний ґрунтозахисний ефект, що проявляється в локальній спроможності поверхні ґрунту акумулювати наноси в процесі сальтації та повзання (крипу) ґрунтових часток упродовж пилової бурі. І, нарешті, третьою складовою оцінки ґрунтозахисної ефективності обробітку ґрунту є здатність власне ґрунту протистояти екстремальним вітрам, тобто вплив обробітку на параметри протидефляційної стійкості ґрунту.

Питання значного ґрунтозахисного ефекту NT, з точки зору наявності на поверхні ґрунту рослинних решток, добре висвітлено в чисельних вітчизняних та закордонних публікаціях (Kosolap, Krotinov, 2011; Dickey et al., 1986; Rhoton, 2000; Thorne et al., 2003; Chornyy et al., 2011 тощо). Проективне покриття поверхні ґрунту рослинними рештками, як надважливий кількісний показник ґрунтозахисного ефекту технології, згідно з цими публікаціями, у дефляційнонебезпечний період може досягати

майже стовідсоткового значення. Більш того, у багатьох публікаціях декларується притаманний лише системі NT особливий підхід щодо отримання рослинних решток, їх подрібнення, визначення потужності та умов розташування на поверхні ґрунту (вертикально або горизонтально, зорієнтовано відносно панівних вітрів або цілком випадково) тощо. Такий підхід має назву управління рослинними рештками (в англійській літературі – crop residue management) (Kosolap, Krotinov, 2011).

Вплив «випадкової» шорсткості поверхні, яка створюється при застосуванні обробітку ґрунту та NT, на процес вітрової ерозії був досконально вивчений американськими вченими і узагальнений у процедурах верифікації математичної моделі вітрової ерозії WEQ (RWEQ) (National Agronomy..., 2002). К-фактор цієї моделі враховує орієнтовану та «випадкову» шорсткість поверхні та її вплив на величину вітрової ерозії.

У той же час у літературних джерелах дуже мало визначень впливу NT на такий важливий фактор дефляційного процесу, як стійкість ґрунту до вітрової ерозії. Деякі спеціальні ґрунтові дослідження та узагальнення щодо впливу NT на ґрунтові властивості були проведені лише в США, Австралії та Південній Америці, які показали на суттєві зміни у властивостях ґрунтів, особливо за багаторічної практики NT. Констатується, наприклад, для ґрунтів штату Міссісіпі часткове збільшення вмісту стабільних повітряно-сухих агрегатів, які, на думку автора, визначають протидефляційну стійкість при застосуванні NT на протязі чотирьох років, особливо під зерновими культурами (Rhoton, 2000). Вплив NT та інших ґрунтозахисних технологій обробітку ґрунту на протидефляційні властивості ґрунтів було вивчено в Аргентині (Nevia et al., 2007) і констатовано про суттєву зміну вітростійкості ґрунту в результаті багаторічного впливу цієї технології.

Слід зауважити, що окрім часткових критеріїв ґрунтозахисної ефективності, викладених вище, найбільш точною оцінкою є прямі спостереження за процесом вітрової ерозії впродовж конкретної пилової бурі. Але таких даних опубліковано ще не було.

Отже, метою наших досліджень є визначення як окремих складових протидефляційної ефективності NT для умов Південного степу України, так і проведення прямих спостережень за процесом вітрової ерозії на агрофонах, де впроваджено технологію NT.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження щодо оцінки протидефляційних властивостей системи землеробства NT проводилися на чорноземах південних залишково слабкосолонцюватих слабкодефльованих важкосуглинкових Асканійської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту зрошуваного землеробства НААН України (с. Тавричанка Каховського району Херсонської області) у рамках стаціонарного польового дослідження.

За ґрунтово-природним районуванням України район досліджень відноситься до Південного степу України і є, з одного боку, одним з найбільш посушливих районів держави – річна кількість опадів по метеостанції Асканія-Нова сягає лише 380 мм, а з іншого, найбільш теплозабезпеченим – середньорічна температура повітря дорівнює +9,2 °С, а сума температур повітря вище +10 °С становить 3380 °С. У середньому за рік спостерігається понад 12 днів з пиловими бурями. Річна тривалість середніх і сильних пилових бур становить 3–5 годин і понад 20 годин відповідно. Максимальна швидкість вітру під час пилових бур один раз за п'ять років досягає 19–24 м/с при критичних значеннях у 10–12 м/с.

Дослідження проводилися в короткоротаційній сівозміні: горох – озима (ярова) пшениця – сорго – гірчиця і вивчалися три системи обробітку: традиційний (контроль), мінімальний та NT.

При застосуванні технології NT не передбачалося механічного порушення структури ґрунту, крім сівби, котра проводилася сівалкою Great Plains СРН

2000+ХТЗ-17021, з міжряддями 19 см на посівах озимої пшениці та гороху, 38 см – при вирощуванні сорго. Гірчиця висівалася сівалкою прямої сівби з «Клен 6»+МТЗ-82 з міжряддям 12,5 см. У варіанті з мінімальною обробкою ґрунту на дослідних ділянках проводилося лущення стерні попередника дисковою бороною БДТ-7+ХТЗ-17021 на глибину 6–8 см. У день посіву проводили передпосівну культивування культиватором ХТЗ-17021+КПС-4 на глибину обробітку ґрунту (6–8 см). Після посіву ґрунт прикочували кільчасто-шпоровими котками. МТЗ 82+К-6 у варіанті з сорго у фазі 6–8 справжніх листків проводили міжрядну культивування.

Як контроль застосовувався традиційний для даних культур основний обробіток ґрунту. У варіанті з гірчицею використовували безвідвальний обробіток на глибину 20–22 см (ХТЗ-17021+Смарагд 2,6). На посівах гороху проводили оранку з оборотом пласта на глибину 20–22 см (ХТЗ-17021+ПЛН-5-35), сорго – 28–30 см (ХТЗ-17021+ПЛН-5-35). При обробітку озимої і ярої пшениці – дискування в два сліди на глибину 12–14 см (ХТЗ-17021+БДВП-4,2). Як і при мінімальній технології обробітку, тут використовувалася передпосівна культивування, коткування, а у варіантах із сорго – один міжрядний обробіток.

З вітро-ерозійних досліджень визначався агрегатний склад поверхневого шару ґрунту (0–5 см) методом сухого просівання за Савіновим (у 4-кратній повторності), вага поживних залишків та проективне покриття поверхні ґрунту рослинними рештками. Останнє визначалося через фотографування поверхні ґрунту та розбивкою фото на квадрати рівної площі з подальшим поквдратним кількісним аналізом проективного покриття (у 3-кратній повторності). Частка вертикально орієнтованих рослинних решток визначалася окомірно.

Вимірювання покриття поверхні ґрунту рослинними рештками проводилося двічі – восени (остання декада листопада) після обробки ґрунту на зяб та в останній декаді березня перед культивуваннями і посівом ярих культур.

Окрім того, дослідна ділянка були обладнана польовою автоматичною метеорологічною станцією iMetios, за допомогою якої фіксувалася, зокрема, швидкість вітру впродовж пилових бур. Кількісні втрати ґрунту в результаті проявів вітрової ерозії фіксувалися за допомогою польових ерозіометрів-пиловловлювачів конструкції ННЦ «ІГА ім. О. Н. Соколовського».

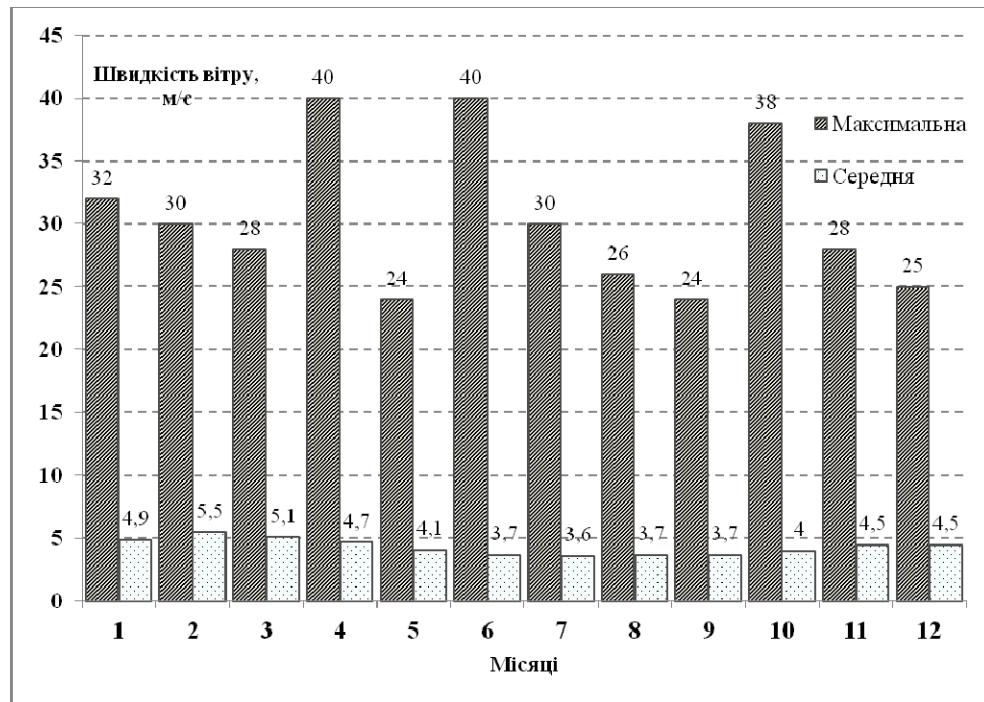
РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Оцінка ґрунтозахисної ефективності рослинних решток та «випадкової» шорсткості. Аналіз структури посівних площ регіону показує, що озимі культури та багаторічні трави займають не більше 35–40 % від усієї посівної площі, а їх стан у дефляційно-небезпечний період не завжди може захищати ґрунт від вітрової ерозії. Ярі культури в сівоzmіах регіону сіються досить пізно, а тому більш-менш стійкий рослинний покрив утворюється лише в травні. У той же час аналіз внутрішньорічного розподілу середніх та екстремальних значень швидкостей вітрів показує (рисунки), що перші зимові та весняні місяці (особливо небезпечний період січень – квітень) є найбільш дефляційно небезпечними в регіоні. А отже, тільки рослинні рештки здатні захистити поверхню ґрунту від сильних вітрів у цей період.

З точки зору визначення протидефляційної ефективності рослинних решток, які знаходяться на поверхні ґрунту, як правило, використовують кілька показників – проективне покриття, масу рослинних решток відносно одиниці площі і, інколи, частку вертикально зорієнтованих рослинних решток від їх загальної кількості. Останнє є важливою характеристикою протидефляційної ефективності рослинних решток – чим більше рослинних решток у результаті обробітку ґрунту залишилося у вертикальному стані, тим краще ці рослинні рештки захищають ґрунт від вітрової ерозії.

Результати досліджень із цього приводу наведено в табл. 1. Аналіз цих даних показує на те, що маса рослинних решток по кожній культурі і по кожному варіанті досліджень навесні кожного року коливається в досить широких межах і залежить у

першу чергу від виду і урожайності попередника та термінів його збирання. Іншим важливим фактором, що впливає на ступінь захищеності поверхні ґрунту від дефляції, є метеорологічні чинники, зокрема осінні та весняні температури повітря і ґрунту та опади, які можуть вплинути на процес розкладання рослинних решток, а також наявність вітрів, які перерозподіляють, а то й повністю видувають залишки рослинності з поверхні ґрунту.



Внутрішньорічний розподіл максимальних та середніх швидкостей вітру по метеостанції Асканія-Нова

Незважаючи на певну строкатість результатів, очевидно, що різні технології обробітку ґрунту суттєво впливають на ґрунтозахисну ефективність рослинних решток у дефляційно-небезпечний період. Якщо спиратися на думку американських авторів (Walters, Jasa, 2003) про те, що критерієм консервуючої (протиерозійної) технології є наявність у дефляційно-небезпечний період проективного покриття рослинними рештками в 30 і більше відсотків поверхні ґрунту, то можна констатувати, що лише технологія NT є реально ґрунтозахисною. Середнє значення проективного покриття при застосуванні цієї технології – більш ніж 30 % і становить в середньому за три роки досліджень по посівах ярої пшениці (попередник – горох) – 37,9 %, по посівах сорго (попередник – яра пшениця) – 71,1 % та по посівах гірчиці (попередник – сорго) – 60,2 %. Якщо проаналізувати величину цього показника за роками досліджень, то лише один раз на варіанті з NT по посівах ярої пшениці у 2013 році спостерігались низькі показники ґрунтозахисної ефективності рослинних решток, коли проективне покриття становило лише 6,6 % і це було пов'язано з дуже низькою врожайністю попередника – гороху (близько 1 т/га).

Як сказано вище, важливим показником ґрунтозахисної ефективності обробітку ґрунту є не лише відсоток проективного покриття поверхні ґрунту, а й частка вертикально зорієнтованих рослинних решток. Очевидно, що не зруйнована ґрунтообробними агрегатами поверхня після збирання попередника буде мати

Таблиця 1
Вага рослинних решток (М), проєктивне покриття поверхні ґрунту (S) та частка вертикально орієнтованих решток (Н) навесні 2012–2014 рр.

| Сільськогосподарські культури, що будуть посіяні | Система обробітку ґрунту | Роки | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|-----------------------------------|------|------|-----------------------------------|------|------|-----------------------------------|------|------|-----------------------------------|------|------|-----------------------------------|------|------|-----------------------------------|
| | | 2012 | | | | 2013 | | | | 2014 | | | | Середнє за три роки (2012–2014) | | | |
| | | M ₁ , г/м ² | S, % | H, % | M ₂ , г/м ² | S, % | H, % | M ₁ , г/м ² | S, % | H, % | M ₂ , г/м ² | S, % | H, % | M ₁ , г/м ² | S, % | H, % | M ₂ , г/м ² |
| Яра пшениця (попередник – горох) | Традиційна | 47,2 | 1,8 | 1,0 | 8,2 | 1,3 | 3,2 | 13,3 | 0,2 | 1,5 | 22,9 | 1,1 | 1,9 | | | | |
| | Мінімальна | 85,5 | 3,3 | 3,5 | 23,9 | 2,7 | 5,0 | 85,7 | 1,7 | 4,3 | 65,0 | 2,6 | 4,3 | | | | |
| | No-till | 206,7 | 43,6 | 35,0 | 49,1 | 6,6 | 38 | 598,8 | 63,5 | 45,8 | 284,9 | 37,9 | 39,6 | | | | |
| Сорго (попередник – яра пшениця) | Традиційна | 0,8 | 0,1 | 4,5 | 7,8 | 0,5 | 3 | 24,3 | 0,8 | 5,9 | 11,0 | 0,5 | 4,5 | | | | |
| | Мінімальна | 12,5 | 1,8 | 12,5 | 35,4 | 2,2 | 15,1 | 48,3 | 1,2 | 39,2 | 32,1 | 1,7 | 22,3 | | | | |
| | No-till | 463,2 | 66,8 | 55,0 | 366,3 | 78,5 | 45,6 | 499,7 | 68 | 52,5 | 443,1 | 71,1 | 51,0 | | | | |
| Гірчиця (попередник – сорго) | Традиційна | 55 | 2,7 | 1,0 | 36,8 | 2,4 | 1,0 | 425,5 | 5,1 | 1,3 | 172,4 | 3,4 | 1,1 | | | | |
| | Мінімальна | 162,4 | 12,8 | 25,0 | 242,7 | 10,2 | 20,5 | 264,8 | 3,2 | 25,5 | 223,3 | 8,7 | 23,7 | | | | |
| | No-till | 325,8 | 43,0 | 45,0 | 762 | 85,9 | 48,7 | 775,2 | 51,6 | 49,1 | 621,0 | 60,2 | 47,6 | | | | |

максимальну кількість таких решток. А тому технологія NT має певні переваги перед іншими технологіями з цих позицій. Дійсно, аналіз даних табл. 1 показує, що на варіантах з NT спостерігається максимальне значення цього показника – 35–55 %, що більше, ніж по інших варіантах обробітку ґрунту. Так, на варіанті з традиційним обробітком цей показник не перевищує 5 %, а на варіантах з мінімальною системою – 30 %. Окрім простого збільшення частки вертикально зорієнтованих рослинних решток важливе значення має їх розташування. Очевидно, що при застосуванні NT в умовах високої вірогідності реалізації дефляційної небезпеки процес управління рослинними рештками повинен включати процедуру правильного розташування «вертикальної» складової. А саме – уперек головного напрямку вітроерозійних вітрів у небезпечний з точки зору реалізації дефляції період року. В умовах Південного степу – це східні та північно-східні напрямки в зимово-весняний період (лютий – квітень).

Універсальним критерієм ґрунтозахисної ефективності обробітку ґрунту, який ураховує не тільки протидефляційну ефективність рослинних решток у критичний період, а й так звану «випадкову» шорсткість поверхні, є рівняння, яке наводиться в роботі Хорнінга із співавторами (Horning et al., 1998). Утворення «випадкової» шорсткості поверхні не є спеціальним завданням обробітку ґрунту, а є лише непрямим його результатом, що має певний протидефляційний ефект. «Випадкова» шорсткість є антонімом шорсткості, яка спеціально створюється ґрунтообробними знаряддями для зменшення сили вітру в приземному шарі атмосфери, наприклад борозен, що розташовані вперек головного напрямку дефляційно-небезпечних вітрів. «Випадкова» шорсткість в американській літературі вимірюється або в дюймах, або в сантиметрах і показує на діапазон між мінімальними і максимальними висотами мікрорельєфу поверхні ґрунту в дефляційно-небезпечний період.

Фізичне моделювання за допомогою аеродинамічного пристрою різних комбінацій величин «випадкової» шорсткості та проективного покриття поверхні ґрунту рослинністю дозволило американським авторам отримати таку залежність (Horning et al., 1998):

$$W = e^{-0.05 \cdot PC} \times e^{-0.52 \cdot RR}$$

де W – відносні потенційні втрати ґрунту від дефляції (змінюється від 0 до 1); PC – проективне покриття поверхні ґрунту, %; RR – параметр «випадкової» шорсткості поверхні, см.

Результати розрахунків наведено в табл. 2. Необхідно підкреслити, що велика кількість рослинних залишків не завжди має вирішальне значення в оцінках ґрунтозахисної ефективності обробітку ґрунту. Слід звернути увагу, що, наприклад, осіння глибока оранка на зяб на глибину 28–30 см (при вирощуванні сорго) сильно збільшує «випадкову» шорсткість поверхні в дефляційно-небезпечний період і, незважаючи те що поверхня ґрунту погано захищена рослинними рештками, комплексна оцінка показує на високу ґрунтозахисну ефективність цієї технології.

Таблиця 2

Розрахунок індексу відносної потенційної втрати ґрунту від вітрової ерозії

| Сільськогосподарські культури, що будуть посіяні | Система обробітку ґрунту | Показники дефляційно-небезпечного періоду | | | Відносні втрати ґрунту (змінюється від 0 до 1) |
|--|--------------------------|--|----------------------------|------------------------|--|
| | | «Випадкова» шорсткість, дюйми (National Agronomy Manual, 2002) | «Випадкова» шорсткість, см | Проективне покриття, % | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Яра пшениця | Традиційна | 0,8 | 2,0 | 0,8 | 0,334 |
| (попередник – горох) | Мінімальна | 0,8 | 2,0 | 2,2 | 0,311 |
| | No-till | 0,4 | 1,0 | 35,1 | 0,102 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------------------------------|------------|-----|-----|------|-------|
| Гірчиця (попередник – яра пшениця) | Традиційна | 0,7 | 1,8 | 3,4 | 0,335 |
| | Мінімальна | 0,8 | 2,0 | 8,7 | 0,225 |
| | no-till | 0,4 | 1,0 | 60,2 | 0,029 |
| Сорго (попередник – гірчиця) | Традиційна | 1,9 | 4,8 | 18,2 | 0,033 |
| | Мінімальна | 0,8 | 2,0 | 24,7 | 0,101 |
| | No-till | 0,4 | 1,0 | 82,2 | 0,010 |

Глибока оранка, вивертаючи брила ґрунту, створює певну шорсткість поверхні, яка посилює спроможність до акумуляції часточок ґрунту, що рухаються в процесі дефляції, зменшення швидкості вітру в приземних шарах тощо. У всіх інших випадках на оцінку ґрунтозахисної ефективності обробітку ґрунту найбільш сильно впливає саме кількість рослинних залишків, які залишаються на поверхні ґрунту в дефляційно-небезпечний період, а отже, NT є найбільш ефективною, з точки зору захисту ґрунту від дефляції, технологією (табл. 2).

Грудкуватість ґрунту. Головним показником протидефляційної стійкості ґрунту є вміст фракції більше 1 мм, так звана «грудкуватість». Наші дослідження показали, що показники грудкуватості корелюють з різними іншими показниками протидефляційної стійкості, зокрема з механічною міцністю агрегатів, вмістом дефляційно-небезпечної фракції (<0,25 мм) та значеннями протидефляційної стійкості, визначеною прямим вимірюванням у портативній аеродинамічній трубі (Chornuu, Pysmennuj, 2011, 2014).

Осіньно-весняна динаміка грудкуватості поверхневого шару представлена в табл. 3. Більш-менш інтенсивний обробіток ґрунту з осені формує ґрунт, який, за нашою класифікацією (Chornuu, Pysmennuj, 2014), є дуже вітростійким (грудкуватість – 70–90 %). На варіантах з NT грудкуватість восени менша на 20–30 %, що пов'язано зі специфічними механізмами утворення структурних елементів. Обробіток ґрунту на зяб осолонцьованих південних чорноземів, особливо в умовах посушливих літа та осені, призводить до вивертання на поверхню великих брил та збільшення грудкуватості.

Але впродовж зими грудкуватість у цілому на варіантах з обробітками ґрунту поступово знижується, що пов'язано в першу чергу з дією на грудки процедур замерзання-танення, що, в свою чергу, є функцією від кількості переходів температури ґрунту через 0 °С (Chornuu, Notynenko, 2007). В умовах нестійких зим, що є наслідком потепління клімату, коли вдень температури повітря і ґрунту додатні, а вночі ґрунт промерзає, відбувається руйнація великих ґрунтових агрегатів та розпилення ґрунту. У той же час, коли поверхня ґрунту впродовж зими та на початку весни знаходиться в необробленому стані із значною кількістю рослинних решток на поверхні, як це спостерігається на варіантах з NT, кількість таких процедур переходу через 0 °С температури ґрунту різко зменшується, а значить і руйнація грудок на поверхні ґрунту йде не так інтенсивно.

Але на весну вміст агрегатів більше 1 мм на необроблених варіантах досліду не тільки не зменшився, а навіть у деяких випадках і зростає (табл. 3). На наш погляд, таке зростання грудкуватості весною пов'язане з більш високою вологістю ґрунту, яка сприяє коагуляції часточок ґрунту та наявністю великої кількості рослинних решток як джерела біологічних речовин, які мають здатність до склеювання (Medvedev, 2008). Ці фактори посилюють процес утворення великих за розміром агрегатів, що призводить до зростання грудкуватості.

А отже, на весну протидефляційна стійкість ґрунту по всіх варіантах досліджень вирівнюється, грудкуватість становить 50–70 %, що є нижньою межею вітростійкості ґрунту (Chornuu, Pysmennuj, 2011).

Таблиця 3

Динаміка грудкуватості чорнозему південного

| Сільсько-господарські культури, що будуть посіяні навесні | Система обробітку ґрунту | 2011 р. | | | 2012 р. | | | 2013 р. | | | 2014 р. | |
|---|--------------------------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|--|
| | | Осінь | Весна | Δ | Осінь | Весна | Δ | Осінь | Весна | Δ | Δср | |
| Яра пшениця (попередник – горох) | Традиційна | – | – | – | 82,4 | 71,0 | -11,4 | 67,0 | 78,1 | 11,1 | -0,2 | |
| | Мінімальна | – | – | – | 80,7 | 74,6 | -6,1 | 76,0 | 61,4 | -14,6 | -10,4 | |
| | No-till | – | – | – | 40,8 | 65,4 | 24,6 | 69,5 | 73,6 | 4,1 | 14,4 | |
| Гірчиця (попередник – яра пшениця) | Традиційна | 85,3 | 51,2 | -34,1 | 93,3 | 68,9 | -24,4 | 84,5 | 84,4 | -0,1 | -19,5 | |
| | Мінімальна | 76,4 | 45,5 | -30,9 | 73,5 | 72,9 | -0,6 | 43,9 | 69,6 | 25,6 | -10,7 | |
| | No-till | 57,6 | 55,1 | -2,5 | 58,5 | 62,5 | 4,0 | 73,8 | 79,4 | 5,6 | 2,4 | |
| Сорго (попередник – гірчиця) | Традиційна | 64,6 | 51,9 | -12,7 | 93,2 | 74,6 | -18,7 | 70,8 | 70,3 | -0,5 | -10,7 | |
| | Мінімальна | 63,9 | 54,3 | -9,6 | 77,7 | 74,9 | -2,9 | 73,6 | 53,6 | -20,0 | -10,8 | |
| | No-till | 54,5 | 79,3 | 24,9 | 59,0 | 55,7 | -3,3 | 59,4 | 72,6 | 13,2 | 11,6 | |

Пряма оцінка ґрунтозахисної ефективності no-till під час пилової бурі.

Пилова буря почалася в районі Асканії-Нової о 18-й годині 26 січня 2014 року і тривала 26 годин – до 20-ї години 27 січня. Показники швидкості вітрового потоку, виміряні автоматичною метеостанцією, дозволили детально досліджувати вітровий режим пилової бурі. Інтенсивна фаза бурі із середньою швидкістю вітру понад 12 м/с північного і північно-східного напрямку почалася о 22-й годині 26 січня (табл. 4).

Таблиця 4

Швидкість вітру в період пилової бурі

| Час | 26 січня 2014 р. | | 27 січня 2014 р. | |
|-------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| | Середня швидкість вітру, м/с | Максимальна швидкість вітру, м/с | Середня швидкість вітру, м/с | Максимальна швидкість вітру, м/с |
| | | | 7:00 | 11,7 |
| 18:00 | 8,8 | 10,0 | 8:00 | 12,3 |
| 19:00 | 9,4 | 11,0 | 9:00 | 12,9 |
| 20:00 | 11,5 | 12,6 | 10:00 | 12,8 |
| 21:00 | 11,5 | 12,5 | 11:00 | 12,6 |
| 22:00 | 12,1 | 13,1 | 12:00 | 12,1 |
| 23:00 | 12,5 | 13,3 | 13:00 | 12,2 |
| | | | 14:00 | 12,4 |
| 0:00 | 12,4 | 13,7 | 15:00 | 11,4 |
| 1:00 | 12,9 | 14,2 | 16:00 | 11,5 |
| 2:00 | 12,5 | 13,3 | 17:00 | 10,4 |
| 3:00 | 11,9 | 12,6 | 18:00 | 10,2 |
| 4:00 | 12,0 | 12,8 | 19:00 | 10,4 |
| 5:00 | 12,9 | 13,9 | 20:00 | 8,8 |
| 6:00 | 12,5 | 13,4 | | |

Уночі 26–27 січня, а також уранці і вдень 27 січня спостерігалися максимальні середні швидкості вітру (до 12,9 м/с) з поривами до 14,2 м/с. Із 15-ї години 27 січня швидкість вітру почала поступово зменшуватися. У цілому пилова буря характеризувалася відносно рівномірною швидкістю повітряного потоку. Слід відмітити також, що, як зазначено вище, важливою особливістю подій 26–27 січня 2014 року в районі Асканії-Нової була наявність у приземному потоці повітря крижаної крупки значного розміру, діаметром 0,5–2,5 мм, яка виступала в умовах сильного вітру додатковим абразивним матеріалом, котрий інтенсивно руйнував верхній шар ґрунту.

Визначення величин дефляційних втрат ґрунту проводилося в найбільш інтенсивну частину пилової бурі – з 9-ї години до 14.38 27 січня. Ураховуючи, що до кожного пиловловлювача примикає смуга з різними варіантами обробки ґрунтів і з технологією NT довжиною в 30 м, то, очевидно, що весь ґрунт в пиловловлювачі відповідає видутому ґрунту з площі 15 м² (30 м × 0,5 м). Відповідно дефляція по кожному варіанту в перерахунку на 1 га дорівнює величині ґрунту в пиловловлювачі, помноженій на 666,7. Для порівняння варіантів втрат ґрунту на різних агрофонах був зроблений перерахунок на проміжок часу з 10.00 до 14.00. Для цього середня інтенсивність вітрової ерозії по всіх варіантах (у грамах видутого ґрунту за хвилину спостережень) множилася на 240 хвилин. Результати аналізу польових досліджень пилової бурі подано в табл. 5. Згідно з польовими дослідженнями та розрахунками втрати ґрунту за чотири години пилової бурі становили на варіанті з оранкою – 656,0 кг/га, з поверхневою обробкою – 525,0 кг/га, за технологією NT – 182,7 кг/га.

Таблиця 5

Результати вимірювань втрат ґрунту в найбільш інтенсивний період пилової бурі

| Номер відбору | Обробіток ґрунту | Період відбору зразків 27 січня 2014 р. | Час експозиції, хв | Маса ґрунту, г | Середня інтенсивність, г/хв. | У середньому за 4 години (10.00–14.00), кг | Втрати ґрунту за 4 години (10.00–14.00), кг/га |
|---------------|------------------|---|--------------------|----------------|------------------------------|--|--|
| 1 | Традиційний | 9:00–10:40 | 100 | 892,97 | | | |
| | Мінімальний | 9:15–10:55 | 100 | 791,88 | | | |
| | No-till | 9:30–11:10 | 100 | 201,12 | | | |
| 2 | Традиційний | 10:40–12:14 | 94 | 209,87 | | | |
| | Мінімальний | 10:55–12:27 | 92 | 168,73 | | | |
| | No-till | 11:10–12:41 | 91 | 96,17 | | | |
| 3 | Традиційний | 12:14–14:20 | 126 | 77,02 | | | |
| | Мінімальний | 12:27–14:28 | 121 | 70,72 | | | |
| | No-till | 12:41–14:38 | 117 | 52,58 | | | |
| Усього | Традиційний | 9:00–14:20 | 320 | 1312,71 | 4,10 | 0,984 | 656,03 |
| | Мінімальний | 9:15–14:28 | 313 | 1031,33 | 3,29 | 0,790 | 526,69 |
| | No-till | 9:30–14:38 | 308 | 349,87 | 1,14 | 0,274 | 182,68 |

Значний ґрунтозахисний ефект технології NT пов'язаний, як зазначено вище, з наявністю на поверхні ґрунту великої кількості рослинних залишків, які залишилися на поверхні ґрунту з осені 2013 р., а також з тим, що ці рослинні рештки перебували у своїй більшості у вертикальному положенні, що створювало надлишкову шорсткість поверхні, яка дозволяла зменшити швидкість вітру в приземному шарі повітря, що, в свою чергу, тільки підсилювало протидефляційний ефект NT.

ВИСНОВКИ

1. Ґрунтозахисна спроможність будь-якої технології обробки ґрунту, NT зокрема, повинна оцінюватися з трьох позицій, а саме: кількістю рослинних решток, які залишаються на поверхні ґрунту у дефляційно-небезпечний період, наявністю

певної «випадкової» шорсткості поверхні ґрунту та за здатністю власності ґрунту протистояти екстремальним вітрам.

2. З точки зору захищеності поверхні ґрунту рослинними рештками NT повністю відповідає критерію консервуючої (протиерозійної) технології – проективне покриття ґрунту в дефляційно-небезпечний період становить у середньому за три роки досліджень по посівах ярої пшениці – 37,9 %, по посівах сорго – 71,1 % та по посівах гірчиці – 60,2 %.

3. Комплексна оцінка ґрунтозахисної ефективності NT з урахуванням «випадкової» шорсткості поверхні також показує на високу протидефляційну спроможність цієї технології. У той же час слід констатувати, що наявність високої «випадкової» шорсткості після осінньої глибокої оранки на зяб, незважаючи те що поверхня ґрунту в даному випадку погано захищена рослинними рештками, може мати досить високу ґрунтозахисну ефективність.

4. Обробіток ґрунту на зяб осолонцьованих південних чорноземів, особливо в умовах посушливого теплого періоду року, приводить до вивертання на поверхню великих брил та зростання показника грудкуватості осінню до 70–90 %. Але впродовж зими грудкуватість на цих варіантах знижується до 50–70 %, що пов'язано з дією на грудки процедур замерзання-танення, які є функцією від кількості переходів температури ґрунту через 0 °С. У той же час на варіантах з NT, коли поверхня ґрунту знаходиться в необробленому стані зі значною кількістю рослинних решток, кількість таких процедур переходу через 0 °С різко зменшується. А отже, у дефляційно-небезпечний період протидефляційна стійкість чорнозему південного при застосуванні NT практично однакова з варіантами, де проводився осінній обробіток ґрунту.

5. Прямі спостереження за протидефляційною ефективністю NT упродовж пилової бурі 26–27 січня 2014 року показали, що втрати ґрунту за чотири години пилової бурі на варіанті з NT були в 3,5 разу меншими в порівнянні з традиційним обробітком ґрунту та в 2,9 разу меншими в порівнянні з мінімальним.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Birmili, W., Schepanski, K., Ansmann, A., Spindler, G., Tegen, I., Wehner, B., Nowak, A., Reimer, E., Mattis, I., Muller, K., Bruggemann, E., Gnauk, T., Herrmann, H., Wiedensohler, A., Althausen, D., Schladitz, A., Tuch, T., Loschau, G., 2008. A case of extreme particulate matter concentrations over Central Europe caused by dust emitted over the southern Ukraine. *Atmos. Chem. Phys.* 8, 997–1016.
- Chorny, S. G., Pysmennyj, O. V., 2011. Pro vzayemozvyazok mizh riznymy parametramy protydeflyacijnoyi stijkosti gruntiv Ukrainy [About correlation between different parameters of soil wind erodibility of steppe Ukraine]. *Ecology and Noospherology* 22(3–4), 43–46 (in Ukrainian).
- Chorny, S. G., Hotinenko, O. M., Pismennyj, O. V., Chorna, T. M., 2008. Pylovi buri na pivdni Ukrainy [Dust storms on Southern Ukraine]. *Visnyk agrarnoy nauky* 9, 46–51 (in Ukrainian).
- Chorny, S. G., Hotynenko, O. M., 2007. Izmenenie klimata i problema deflyacyy v Yuzhnoj i Sukhoj stepi Ukrainy [Climate change and wind erosion problem in the South and Dry Steppe of Ukraine]. *Innovation, land management and resource-saving technologies. Coll. the All-Russian scientific-practical conference, Kursk.* 124–129 (in Russian).
- Chorny, S. G., Pismennyj, O. V., 2014. Wind erosion resistance of steppe soils of Ukraine. *Agricultural Science and Practice* 3, 43–49.
- Chorny, S. G., Vidimivska, O. V., Voloshenyuk, A. V., 2011. Kolichestvennaya otsenka protivodeflyatsionnoy effektivnosti No-Till tehnologii v usloviyah Yuga Ukrainy [The quantitative evaluation of the wind erosion preventive effectiveness of no-till technology by southern Ukraine conditions]. *Gruntoznavstvo* 13(1–2), 38–47 (in Russian).
- Dickey, E. C., Shelton, D. P., Jasa, P. J., 1986. Residue management for soil erosion control. *Neb Guide G81-544-A. Inst. Agric. and Nat. Res., Univ. of Nebraska, Lincoln.* Lincoln, NE.
- Hevia, G. G., Mendez, M., Buschiazzo, D. E., 2007. Tillage affects soil aggregation

- parameters linked with wind erosion. *Geoderma* 140(1–2), 90–96.
- Horning, L. B., Stetler, L. D., Saxton, K. E., 1998. Surface residue and soil roughness for wind erosion protection. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 41, 1061–1065.
- Kosolap, M. P., Krotinov, O. P., 2011. Systema zemlerobstva No-till [Farming system No-till]. Logos, Kyiv (in Ukrainian).
- Medvedev, V. V., 2008. *Struktura pochvy (metody, genezy, klasyfikacyya, evolyucyya, geografyya, monytoryngh, okhrana)* [Soil structure (methods, genesis, classification, evolution, geography, monitoring, protection)]. 13 Publishing house, Kharkiv (in Russian).
- National Agronomy Manual. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. 2002. Available: http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1043208.pdf [Accessed 29 May 2016].
- Rhoton, F. E., 2000. Influence of Time on Soil Response to No-Till Practices. *Soil Sci. Soc. Am. Journal* 64, 700–709.
- Thome, M. E., Young, F. L., Pan, W. L., Bafus, R., Alldredge, J. R., 2003. No-till spring cereal cropping system reduce wind erosion susceptibility in wheat/fallow region of the Pacific Northwest. *Journal Soil and Water Conservation Society* 58(5), 250–257.
- Walters, D., Jasa, P. J., 2000. Conservation tillage in the United States: an overview. International symposium on conservation tillage. Available: <http://agecon.okstate.edu/isct/> [Accessed 29 May 2016].

Стаття надійшла в редакцію: 28.10.2016