

Pogromska Ya. A.

National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky», Kharkiv, Ukraine

**MATHEMATICAL OPTIMIZATION OF NITRATE NITROGEN
ACCUMULATION IN THE ORDINARY CHERNOZEM
ARABLE LAYER FOR DIFFERENT SOIL TILLAGE
AND METEOROLOGICAL CONDITIONS**

The purpose of the research is to establish meteorological conditions for the efficiency of plowing, non-yielding planar and zero working on the soil-climatic conditions of the Donetsk region.

The research was carried out within the field stationary experiment on the territory of the State Enterprise "Experimental Farm "Donetsk" of National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky», within the Donetsk hill of the northern steppe of Ukraine during 1997-2005 in grain-cutting crop rotation for plowing, subsurface cultivator tillage and no-till.

Mathematical dependences of the content of nitrates in the soil on the amount of precipitation in the period with air temperature above $+10^{\circ}\text{C}$ this year, the average air temperature and the total precipitation of October-November of the previous year were determined.

There was obtained mathematical dependences of the difference in the content of nitrates 0-30 cm in the soil between subsurface cultivator tillage and plowing, no-till and plowing, no-till and subsurface cultivator tillage from the amount of precipitation during the period of active temperatures more than $+10^{\circ}\text{C}$ of one year before last year.

The following conclusions are drawn.

1. Mathematical modeling of the dependence of nitrate content in the soil on the basis of meteorological factors allows determining the optimal conditions of humidification for accumulation of nitrates in the upper layer of soil.

2. In the ordinary chernozem used for grain-cutting crop rotation, the most probable is the reduction of the efficiency of the methods of cultivation in a row: plowing > subsurface cultivator tillage > no-till.

3. At an abnormally low or high rainfall the active temperatures season of the current year, and in conditions of lower average temperature below $+4.5^{\circ}\text{C}$ in October-November of the previous year, the efficiency of subsurface cultivator tillage may exceed the plowing.

4. The amount of precipitation during the period of active temperatures of one year before last year less than 150 mm makes favorable use of subsurface cultivator tillage, and approximation of rainfall to 385 mm is most favorable for no-till.

The scientific novelty of the research results is that mathematical modeling of the influence of meteorological factors on the level of nitrate

nitrogen content in the arable layer under vegetative crops in grain-cutting crop rotation depending on the basic tillage of soil for the first time was conducted. The limits of efficiency of minimization of soil cultivation in the soil-climatic conditions of the Donetsk region are determined.

The practical significance is that it is shown the possibility of forecasting the formation of the level of nitrate content in the arable layer of soil and the effectiveness of any other basic tillage on weather patterns of the past and the year before.

Keywords: nitrates, agroclimatic conditions, plowing, subsurface cultivator tillage, no-till, precipitation, air temperature.

УДК 631.153.3

Погромська Я. А.

*ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии им. А. Н. Соколовского»,
г. Харьков, Украина*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ НАКОПЛЕНИЕ НИТРАТНОГО АЗОТА В ПАХОТНОМ СЛОЕ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Получены математические зависимости содержания нитратов в почве от метеорологических факторов текущего и предыдущих лет для определения эффективности минимализации обработки почвы по формированию уровня нитратного питания культур в зерно-пропашные севообороте на черноземе обычном восточного Степи Украины. Определены границы эффективности вспашки, безотвальной плоскоризного и нулевого обработок в зерно-пропашные севообороте по формированию уровня нитратного питания с метеорологическими особенностями периода октябрь-ноябрь и периода активных температур выше 10°C.

Ключевые слова: нитраты, агроклиматические условия, вспашка, безотвальной обработку, нулевой обработку, осадки, температура воздуха.

УДК 631.153.3

Погромська Я. А.

*ННЦ «Институт ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»,
м. Харків, Україна*

МАТЕМАТИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ НАКОПИЧЕННЯ НІТРАТНОГО АЗОТУ В ОРНОМУ ШАРІ ЧОРНОЗЕМУ ЗВИЧАЙНОГО ЗА РІЗНИХ СПОСІБІВ ОБРОБІТКУ Й МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ

Отримано математичні залежності вмісту нітратів у ґрунті від метеорологічних чинників поточного і попередніх років для визначення

ефективності мінімалізації обробітку ґрунту щодо формування рівня нітратного живлення культур у зерно-просапній сівозміні на чорноземі звичайному східного Степу України. Визначено межі ефективності оранки, безвідвального плоскорізного та нульового обробітків у зерно-просапній сівозміні щодо формування рівня нітратного живлення за метеорологічними особливостями періоду жовтень-листопад та періоду активних температур вище $+10^{\circ}\text{C}$.

Ключові слова: нітрати, агрокліматичні умови, оранка, безвідвальний обробіток, нульовий обробіток, опади, температура повітря.

Вступ. Обробіток ґрунту має суттєвий вплив на азотний режим ґрунту (Піковська, 2013). Поряд з цим, результати досліджень свідчать про можливість різної направленості цього впливу. За даними дослідників, відмова від обороту пласта призводить до погіршення родючості чорнозему звичайного (Франко, 2000), інші відмічають позитивний ефект (Стрельчук, 1991), або його відсутність узагалі (Давиденко, 1999). Суттєві розбіжності серед учених пояснюються «в першу чергу відмінностями ґрунтово-кліматичних умов проведення спостережень і щільною метеорологічною залежністю ефекту від способу механічного впливу на ґрунт» (Цилюрик, 2017). В умовах довготривалої посухи нульовий обробіток має перевагу щодо накопичення мінерального азоту через збереження ґрунтової вологи (Bista, 2017). І навпаки, за надмірного зволоження на ґрунтах з добре розвинуеною вертикально орієнтованою макропористістю відзначено зменшення мінералізації азоту (Tebrügge, 2001), що в перспективі зменшує вилуговування нітратів (Hansen, 2010). Українськими дослідниками встановлено, що найвагомішими чинниками формування врожаю озимини є кількість опадів травня і червня (Довгаль, 2017) та мінеральний азот (Бордюжа, 2012). На основі цього розроблено відповідні математико-статистичні та прогнозні моделі (Зубов, 2012; Польовий, 2013), розробляються системи обробітку ґрунту (Леньшин, 2014) та заходи адаптації технології вирощування до змін клімату (Дмитренко, 2003). Однак, специфіка кліматичних умов у кожному регіоні має особливості, які потрібно враховувати під час впровадження цих розробок.

Метою наших досліджень є встановлення метеорологічних умов ефективності оранки, безвідвального плоскорізного та нульового обробітку за ґрунтово-кліматичних умов Донецького регіону.

Об'єкт і методи досліджень. Роботу проведено в межах польового стаціонарного дослідження на території ДП «ДГ «Донецьке» ННЦ «ІА імені О.Н. Соколовського», розташованого у межах Донецької височини південного Степу України. Географічні координати $48^{\circ}19'39.3''\text{N}$ $37^{\circ}46'12.9''\text{E}$. Висота над рівнем моря 190 м. Ґрунт – чорнозем звичайний важкосуглинковий слабоеродований на лесі. Дослідження проводили протягом 1997-2005 рр. у зерно-просапній сівозміні з таким чергуванням культур: кукурудза на силос, пшениця озима, кукурудза на зерно, ячмінь, соняшник, зерносуміш, озима

пшениця, кукурудза на зерно. Схема досліду передбачала різноглибинний відвальний обробіток (оранка), різноглибинний безвідвальний плоскорізний обробіток та нульовий (*no-till*) обробіток. Введення в ротацію одночасно трьома полями із 1-ю, 2-ю та 3-ю культурами сівозміни. Повторність для кожного з полів триразова. Загальна площа, зайнята під посівом – 8,1 га, під одним клином – 0,5 га. Розмір ділянки – 1600 м². Визначення вмісту NO₃ у 0-30 см шарі ґрунту проводили в середньому по всіх культурах трьох полів за період вегетації – за Грандваль-Ляжу (ДСТУ 4414-02). Метеорологічні спостереження за даними метеопосту сел. Суха-Балка Ясинуватського р-ну 48°19'37.4"N 37°45'53.1"E. Статистичну обробку даних проводили за допомогою Microsoft Excel та STATISTICA на вибірці, що нараховує 729 індивідуальних спостережень.

Результати досліджень. Період досліджень характеризується контрастністю погодних умов. Середня річна температура повітря коливається від +7,9 °С до +11,2 °С, кількість річних опадів – від 421,4 мм до 804,1 мм. Інтервал суми опадів періоду активних температур більше +10 °С 124–491 мм, а періоду жовтень-листопад 26,5–136,5 мм із коливанням середньої температури від + 4,1 °С до + 6,9 °С (табл. 1).

Кореляційним аналізом даних показано достатньо щільний зв'язок умісту NO₃ в шарі ґрунту 0–30 см з кількістю опадів періоду активних температур більше + 10 °С поточного року, що дозволяє визначити регресійну залежність для кожного типу обробітку (рівняння 1–3).

$$y_1 = -0,0004x^2 + 0,3191x - 17,575; \quad R^2 = 0,90, \quad (1)$$

$$y_2 = -0,0003x^2 + 0,275x - 13,433; \quad R^2 = 0,88, \quad (2)$$

$$y_3 = -0,0002x^2 + 0,165x - 2,836; \quad R^2 = 0,61, \quad (3)$$

де x – кількість опадів у період з температурою повітря вище + 10 °С, мм; y_1, y_2, y_3 – уміст нітратів у шарі ґрунту 0–30 см за відвального (1), безвідвального (2) і нульового обробітків (3) відповідно, мг/кг ґрунту.

Оскільки лінії тренду за рівняннями 1-3 мають параболічний вигляд (рис. 1), то можна встановити інтервал оптимальних умов зволоження для формування максимального вмісту NO₃ в ґрунті відповідно основного обробітку.

За диференціювання рівнянь 1-3, максимальна кількість нітратів у ґрунті відповідає кількості опадів періоду активних температур 400 мм для відвального обробітку, 460 мм для безвідвального та 410 мм для нульового обробітку. За цими розрахунками, максимальний уміст нітратів становить для оранки 46,0 мг/кг ґрунту, для плоскорізного обробітку – 49,6 мг/кг ґрунту та 31,2 мг/кг ґрунту для *no-till*. Тобто найбільша максимальна насиченість ґрунту нітратами потенційно можлива за безвідвального обробітку, найменша – за нульового.

1. Метеорологічні особливості періоду 1997-2005 рр.

| Рік | Погодні показники | | |
|---------------------|--|-------------------------------------|--|
| | сума опадів періоду активних температур >10 °С, мм | опадів періоду жовтень-листопад, мм | середня температура повітря періоду жовтень-листопад, °С |
| 1997 | 326 | 136,5 | 4,6 |
| 1998 | 124 | 76,5 | 4,1 |
| 1999 | 147 | 110,0 | 5,5 |
| 2000 | 313 | 26,5 | 5,7 |
| 2001 | 491 | 52,0 | 6,7 |
| 2002 | 307 | 100,5 | 6,0 |
| 2003 | 311 | 76,7 | 5,8 |
| 2004 | 229 | 99,0 | 6,0 |
| 2005 | 160 | 105,7 | 6,9 |
| Середні багаторічні | 238 | 69,4 | 5,4 |

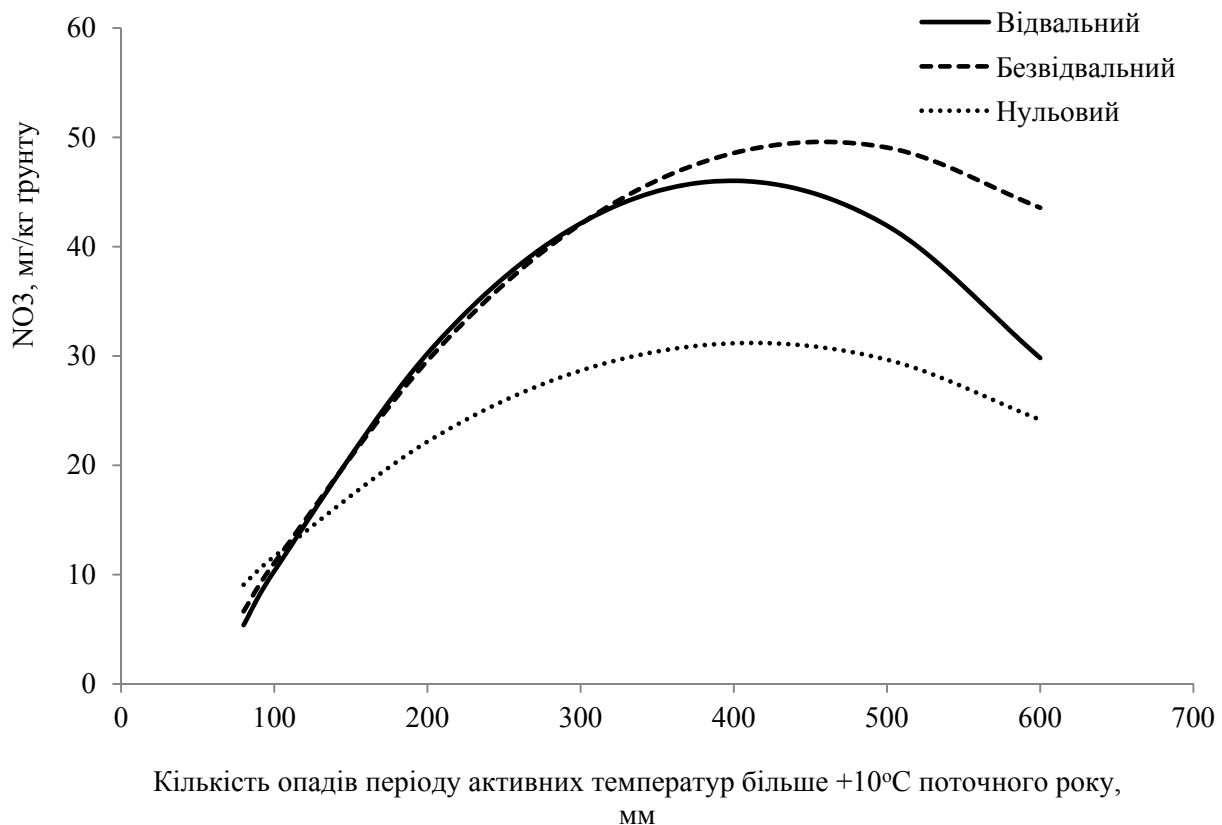


Рис. 1. Уміст нітратів у шарі ґрунту 0–30 см залежно від опадів періоду активних температур поточного року (лінії тренду)

Вирішення системи рівнянь 2 і 3 засвідчує, що нульовий обробіток переважає за вмістом нітратів над безвідвальним обробітком в інтервалі значень кількості опадів у період активних температур менше за 107 мм та більше за 943 мм. Таких умов за період проведення досліджень не спостерігалось. Вирішення системи рівнянь 1 і 3 свідчить, що нульовий

обробіток перевищує оранку за кількості опадів менше 112 мм та більше 608 мм, що також є малоімовірним для Донецького регіону. І, нарешті, з системи рівнянь 1 і 2 випливає, що безвідвальний обробіток може превалювати над оранкою за кількості опадів менше 136 мм та більше 304 мм, що спостерігається у шести випадках із дев'яти за період наших досліджень (табл. 1). Оранка характеризується найбільшою кількістю нітратів у орному шарі ґрунту в інтервалі кількості опадів від 136 мм до 304 мм.

Установлено залежність умісту нітратів 0–30 см шару ґрунту від погодних умов періоду жовтень-листопад попереднього року, що описуються регресійними рівняннями 4–6:

$$y_1 = 13,113x - 37,015; r = 0,77, \quad (4)$$

$$y_2 = 11,401x - 29,391; r = 0,71, \quad (5)$$

$$y_3 = 10,384x - 31,205; r = 0,82, \quad (6)$$

де x – середня температура повітря періоду жовтень-листопад попереднього року, °С; y_1, y_2, y_3 – середній уміст нітратів 0–30 см шару ґрунту за відвального (4), безвідвального (5) та нульового (6) обробітків відповідно, мг/кг ґрунту.

Рівняння залежності середнього вмісту нітратів в орному шарі від опадів періоду жовтень-листопад попереднього року мають вигляд 7–9:

$$y_1 = -0,235x + 55,689; r = -0,58, \quad (7)$$

$$y_2 = -0,223x + 52,749; r = -0,58, \quad (8)$$

$$y_3 = -0,239x + 46,644; r = -0,79, \quad (9)$$

де x – сумарні опади жовтня-листопаду попереднього року, мм; y_1, y_2, y_3 – середній уміст нітратів 0–30 см шару ґрунту за оранку (7), безвідвального (8) та нульового (9) обробітків відповідно, мг/кг ґрунту.

Вирішення систем рівнянь 4–6 свідчать, що перевищення над оранкою ймовірним щодо вмісту нітратів у ґрунті можливим є тільки за безвідвального обробітку і лише за умов зниження середньої температури повітря жовтня-листопада попереднього року нижче +4,5 °С. Такі температурні умови за період дослідження спостерігаються з частотою 13,6 % (див. табл. 1), тобто у більшості випадків осінні температури не сприяють відмові від обороту пласта.

Формалізовані зв'язки між умістом NO_3 в орному шарі ґрунту за різних способів обробітку й метеорологічними показниками попередніх років можна використовувати для прогнозування рівня азотного живлення основних сільськогосподарських культур у регіоні і ефективності того чи іншого обробітку ґрунту наступного року за погодними особливостями минулого. Різниця вмісту NO_3 у шарі 0–30 см між нульовим обробітком і оранкою та між нульовим і безвідвальним обробітком достатньо тісно пов'язана з кількістю опадів періоду активних температур (рівняння 10–11) і є дуже слабкою між відвальним і безвідвальним обробітком (рівняння 12).

$$y_2 = -3E-04x^2 + 0,2311x - 45,614; R^2 = 0,77, \quad (10)$$

$$y_3 = -3E-04x^2 + 0,2355x - 45,284; R^2 = 0,79, \quad (11)$$

$$y_1 = -2E-06x^2 - 0,0044x - 0,3294; R^2 = 0,14, \quad (12)$$

де x – кількість опадів періоду активних температур ($> + 10^{\circ}\text{C}$) поза минулого року, мм; y_1, y_2, y_3 – різниця вмісту нітратів 0–30 см шару ґрунту між нульовим обробітком і оранкою (10), безвідвальним обробітком і оранкою (11), оранкою і безвідвальним обробітком (12) відповідно, мг/кг ґрунту.

Згідно з отриманими залежностями, превалювання оранки щодо накопичення нітратів в орному шарі чорноземів Донецького регіону є найбільш вірогідним (рис. 2).

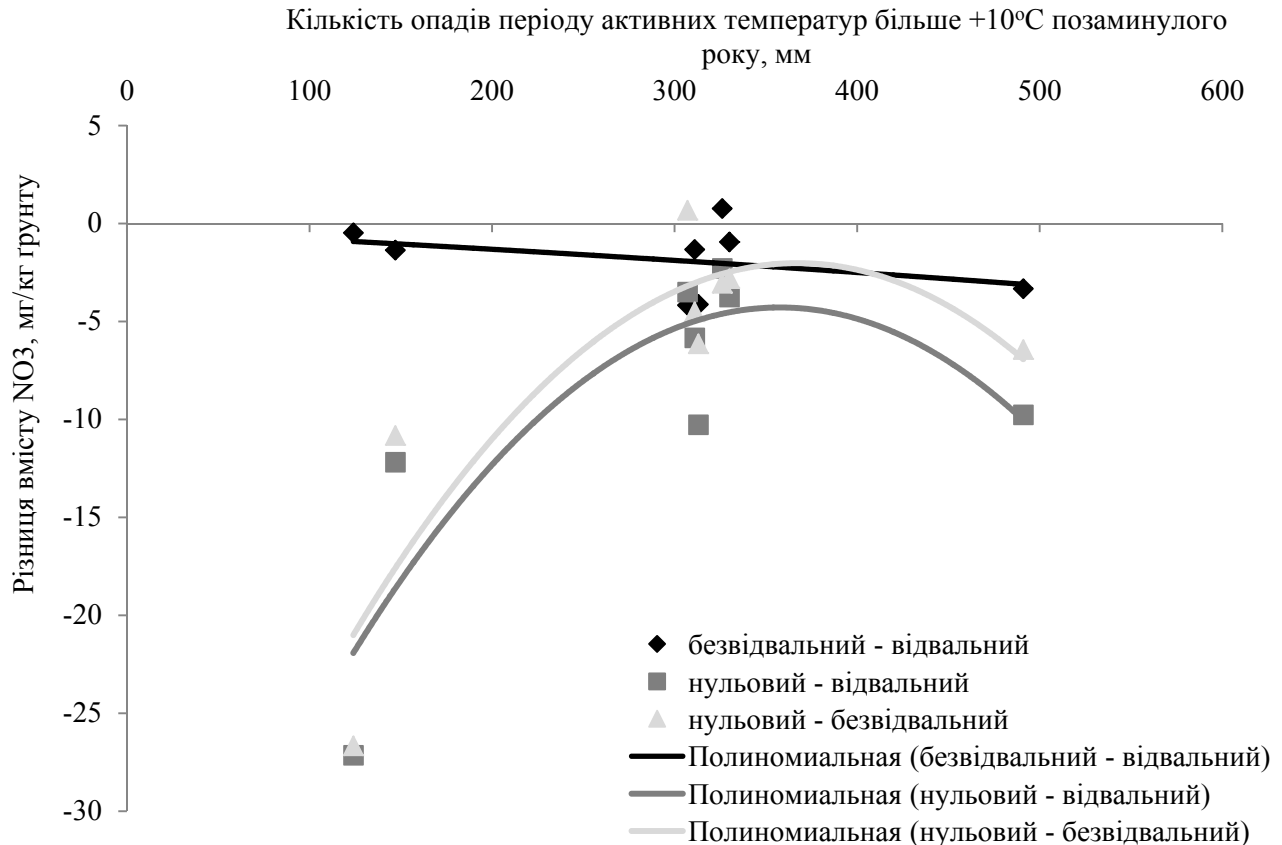


Рис. 2. Вплив обробітку на вміст нітратів у орному шарі ґрунту

Водночас зменшення кількості опадів періоду активних температур поза минулого (за рік до минулого) року зменшує переваги оранки над безвідвальним обробітком поточного року, а за кількості менше 150 мм більш сприятливим є застосування безвідвального обробітку (див. рис. 2). Мінімальним переважання відвального обробітку над нульовим є за кількості опадів близько 385 мм із вірогідністю 5 %, а переважання нульового обробітку відносно безвідвального спостерігається за кількості опадів 332-456 мм з імовірністю менше 10 %. За кількості опадів у період активних температур понад 456 мм (імовірність 5 % для регіону) настають умови для переваги оранки над безвідвальним обробітком.

Висновки. 1. Математичне моделювання залежності вмісту нітратів у ґрунті від метеорологічних чинників дозволяє визначити оптимальні умови зволоження для накопичення нітратів у верхньому шарі ґрунту.

2. На чорноземі звичайному за зерно-просапної сівозміни найбільш

вірогідним є таке зниження ефективності способів обробітку в ряді: відвальний > безвідвальний > нульовий обробіток.

3. За аномально низької або високої кількості опадів періоду активних температур поточного року та за умов зниження середньої температури повітря жовтня-листопада попереднього року нижче +4,5 °С ефективність безвідвального обробітку може перевищувати оранку.

4. Кількість опадів періоду активних температур позаминулого року менше 150 мм робить сприятливим застосування безвідвального плоскорізного обробітку, а наближення показника зволоження до 385 мм є найбільш сприятливим для нульового обробітку ґрунту.

Подяки. Автор висловлює свою вдячність співробітникам лабораторії родючості ґрунтів та ґрунтозахисних технологій ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського» за допомогу в одержанні експериментального матеріалу, а д-р біол. наук М.М. Мірошніченку – за консультації та поради щодо узагальнення даних.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Піковська О. В. Особливості азотного режиму чорнозему звичайного за різних систем обробітку ґрунту. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Сер.: Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство.* 2013. № 1. С. 65-67.

Франко О. В., Тонха О. Л. Зміна елементів родючості чорнозему звичайного під впливом мінімалізації обробітку ґрунту при вирощуванні ярого ячменю. *Агрохімія і ґрунтознавство: Ґрунтознавство та агрохімія на шляху до сталого розвитку України.* Харків, 2000. Кн. 3. С. 170-172.

Стрельчук А. Я. Эффективность минимализации обработки чернозема выщелоченного под озимую пшеницу после кукурузы на силос в условиях юго-западной Лесостепи УССР: автореф. дис. на здобуття наук ступеня канд. с.-х. наук: 06.01.01. КаменецПодольский, 1991. 17 с.

Давиденко В. В. Агрофізичні властивості, поживний режим ґрунту і урожай кукурудзи залежно від попередників, обробітку ґрунту і добрив. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН.* 1999. № 10. С. 8-10.

Цилюрник А. И. Влияние мульчирующей обработки на питательный режим почвы в посевах подсолнечника. *Дальневосточный аграрный вестник.* 2017. №2(42). С. 53-62.

Bista P., Norton U., Ghimire R, Norton J. B. Effects of tillage system on greenhouse gas fluxes and soil mineral nitrogen in wheat (*Triticum aestivum*, L.) – fallow during drought. *Journal of Arid Environments.* 2017. Vol. 147. pp. 103-113.

Tebrügge F. No-tillage visions – protection of soil, water and climate and influence on management and farm income. In: Garcia-Torres, L., Benites, J., Martínez-Vilela, A. (Eds.). *Conservation Agriculture – A Worldwide Challenge. World Congress on Conservation Agriculture.* 2001. Vol 1. pp. 303-316.

Hansen E., Munkholm L. J., Melander B., Olesen J. E. Can non-inversion tillage and straw retention reduce N leaching in cereal-based crop rotations? *Soil Tillage Res.* 2010. Vol. 109. pp. 1-8.

Довгаль Г. П. Оцінка залежності урожайності озимої пшениці від впливу метеорологічних факторів в умовах зони Лісостепу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2017. № 1-2. С. 157-160.

Зубов О. Р., Зубова Л. Г., Славгородська Ю. В. Оцінка впливу метеорологічних факторів на врожайність озимих культур в умовах північної частини Луганської області. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2012. № 2. С. 14-20.

Леньшин О., Грицевич Ю. Погодні умови та основний обробіток ґрунту під пшеницю озиму. *Матеріали конференції*. (16-17 жовтня 2014 р.). Тернопіль, 2014. URL: http://econf.at.ua/publ/konferencija_2014_10_16_17/sekcija_1_silskogospodarski_nauki/pogodni_umo_vi_ta_osnovnij_obrobitok_gruntu_pid_pshenicju_ozimu/4-1-0-12.

Бордюжа Н. П. Динаміка мінерального азоту в лучно-чорноземному карбонатному ґрунті залежно від удобрення пшениці озимої. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони*. 2012. № 3. С. 51-54.

Польовий А. М., Божко Л. Ю. Довгострокові агрометеорологічні прогнози. Одеса: ТЭС, 2013. 293 с.

Дмитренко В. П. Адаптації меліоративного землеробства до погоди і клімату. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 2. С. 52-56.

REFERENCES

Pikovskaya, O. V. (2013). Osoblyvosti azotnoho rezhymu chornozemu zvychaynoho za riznykh system obrobitku ґрунту [Features of the nitrogen regime of chernozems common in different soil cultivation systems]. *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Ser.: Gruntoznavstvo, ahrokhimiya, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo – Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Ser.: soil science, agrochemistry, agriculture, forestry*, 1, 65-67. (in Ukrainian).

Franco, O. V., Tonkha, O. L. (2000). Zmina elementiv rodyuchosti chornozemu zvychaynoho pid vplyvom minimalizatsiyi obrobitku ґрунту pry vyroshchuvanni yaroho yachmenyu [Change of the elements of fertility of chernozem common under the influence of minimization of soil cultivation when growing spring barley]. *Ahrokhimiya i gruntoznavstvo: Gruntoznavstvo ta ahrokhimiya na shlyakhu do staloho rozvytku Ukrayiny – Agrochemistry and Soil Science: Soil Science and Agrochemistry on the Way to Sustainable Development of Ukraine*. Kharkiv, 3, 170-172. (in Ukrainian).

Strelchuk, A. Ya. (1991). *Effektivnost' minimalizatsii obrabotki chernozema vyshchelochennogo pod ozimuyu pshenitsu posle kukuruzy na silos v usloviyakh yugo-zapadnoy Lesostepi USSR [Efficiency of minimizing the processing of leached chernozem for winter wheat after maize for silage in the conditions of the south-western Forest-Steppe of the Ukrainian SSR]*. Author. dis. on zdobuttya sciences step cand. agric. sciences: 06.01.01. Kamenetz Podolsky. (in Russian).

Davydenko, V. V. (1999). Ahrofizychni vlastyivosti, pozhyvnyy rezhym ґрунту i urozhay kukurudzy zalezhno vid poperednykiv, obrobitku ґрунту i dobryv [Agrophysical properties, nutrient regime of the soil and corn yield depending on precursors, soil cultivation and fertilizers]. *Byuleten' Instytutu zernovoho hospodarstva UAAN – Bulletin of the Institute of Grain Farming of the UAAS*, 10, 8-10. (in Ukrainian).

Tsilyurik, A. I. (2017). Vliyaniye mul'chiruyushchey obrabotki na pitatel'nyy rezhim pochvy v posevakh podsolnechnika [Effect of mulching treatment on the nutritional regime of the soil in sunflower crops]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2(42), 53-62. (in Russian).

Bista, P., Norton, U., Ghimire, R., Norton, J. B. (2017). [Effects of tillage system on greenhouse gas fluxes and soil mineral nitrogen in wheat (*Triticum aestivum*, L.) – fallow during drought]. *Journal of Arid Environments*, 147, 103-113.

Tebrügge, F. (2001). [No-tillage visions – protection of soil, water and climate and influence on management and farm income]. In: Garcia-Torres, L., Benites, J., Martínez-Vilela, A. (Eds.). *Conservation Agriculture – A Worldwide Challenge. World Congress on Conservation Agriculture*, 1, 303-316.

Hansen, E., Munkholm, L. J., Melander, B., Olesen, J. E. (2010). [Can non-inversion tillage and straw retainment reduce N leaching in cereal-based crop rotations?]. *Soil Tillage Res*, 109, 1-8.

Dovgal, G. P. (2017). Otsinka zalezhnosti urozhaynosti ozymoyi pshenytsi vid vplyvu meteorolohichnykh faktoriv v umovakh zony Lisostepu [Estimation of dependence of winter wheat crop productivity on the influence of meteorological factors in the conditions of the forest-steppe zone]. *Visnyk Poltavskoyi derzhavnoyi ahrarnoyi akademiyi – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1-2, 157-160. (in Ukrainian).

Zubov, O. R., Zubova, L. G., Slavgorodskaya, Yu. V. (2012). Otsinka vplyvu meteorolohichnykh faktoriv na vrozhaynist' ozymykh kul'tur v umovakh pivnichnoyi chastyny Luhans'koyi oblasti [Estimation of influence of meteorological factors on yield of winter crops in conditions of northern part of Luhansk region]. *Visnyk Poltavskoyi derzhavnoyi ahrarnoyi akademiyi – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 2, 14-20. (in Ukrainian).

Lenshin, O., Gritsevich, Yu. [Weather conditions and basic tillage of soil under winter wheat]. *Materials of the conference*. (October 16-17, 2014). Ternopil, 2014. URL: http://econf.at.ua/publ/konferencija_2014_10_16_17/sekcija_1_silskogospodarski_nauki/pogodni_umovi_ta_osnovnij_obrobitok_gruntu_pid_pshenicju_ozimu/4-1-0-12. (in Ukrainian).

Bordyuzha, N. P. (2012). Dynamika mineral'noho azotu v luchno-chornozemnomu karbonatnomu grunti zalezno vid udobrennya pshenytsi ozymoyi [Dynamics of mineral nitrogen in the meadow-chernozem carbonate soil depending on the fertilization of winter wheat]. *Byuleten' Instytutu sil's'koho hospodarstva stepovoyi zony – Bulletin of the Institute of Agriculture of the steppe zone*, 3, 51-54. (in Ukrainian).

Field, A. V., Bozhko, L. Yu. (2013). *Dovhostrokovy ahrmeteorolohichni prohnozy [Long-term agrometeorological forecasts]*. Odessa: TPP. (in Ukrainian).

Dmitrenko, V. P. (2003). Adaptatsiyi melioratyvnoho zemlerobstva do pohody i klimatu [Adaptation of ameliorative agriculture to weather and climate]. *Visnyk ahrarnoyi nauky – Bulletin of Agrarian Science*, 2, 52-56. (in Ukrainian).