

МЕТА-АНАЛІЗ ВПЛИВУ БЕЗПОЛИЦЕВОГО ТА НУЛЬОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА ВМІСТ ГУМУСУ

ЛИХОВИД П.В. – доктор сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0002-0314-7644

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

ВОЖЕГОВА Р.А. – доктор сільськогосподарських наук,

професор, академік Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-3895-5633

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

РУДІК О.Л. – доктор сільськогосподарських наук, професор

orcid.org/0000-0003-1384-5523

Одеський державний аграрний університет

БІДНИНА І.О. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0001-8351-2519

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Збереження органічної речовини у ґрунті – запорука сталого виробництва якісної продукції рослинництва. Ґрунт є основним природним виробничим ресурсом, і саме його родючість багато в чому визначає кінцевий результат аграрного виробництва [1].

На жаль, екстенсивні системи землеробства, що набули широкого поширення та розвитку за радянських часів, завдали багато шкоди ґрунтовому покриву України. Надмірна розораність ґрунтів призвела до втрати їх цінних властивостей, розвитку ерозійних процесів, втрати доступних рослинам поживних речовин, корисної ґрунтової мікро біоти і як наслідок, зниження вмісту органічної речовини (гумусу), що поряд із погіршенням агрофізичних властивостей створило передумови до зниження загальної продуктивності сільськогосподарських земель. Таким чином, поступово було розроблено низку ґрунтозахисних (консерваційних) систем основного обробітку ґрунту, які або мінімізують залучення полицевої глибокої оранки, або зовсім нівелюють її використання, заміщуючи її більш еколого-безпечними варіантами безполицевої підготовки ґрунту (чизельний обробіток, дискування, культиватори-плоскорізи, комбіновані знаряддя). В останні роки широкого поширення набувають системи нульового обробітку ґрунту (no-till), які можуть бути перспективними з точки зору максимального захисту ґрунтів від деградації внаслідок розвитку процесів ерозії, порушення природної агрофізичної структури, а також секвестрації органічного карбону [2].

Однією з основних проблем на сьогоднішній день залишається недостатня вивченість і систематизованість наукових знань щодо впливу різних систем основного обробітку ґрунту на агрофізичні, агрохімічні, біологічні властивості ґрунтів України та їх родючість як інтегративний показник. Важливим засобом наукового узагальнення дослідних даних є виконання мета-аналізу – спеціального математичного аналізу даних, аку-

мульованих із різних досліджень спільної тематики та об'єднаних за рахунок відповідних математичних індикаторів, що дозволяє оцінити статистично достовірну вірогідність переваги того чи іншого досліджуваного способу обробітку ґрунту над іншими для розв'язання конкретних агрогосподарських задач [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогоднішній день виконання мета-аналізів для систематизації та узагальнення результатів агрономічних досліджень в Україні практично не використовується. У той самий час, іноземними науковцями вже було виконано ряд мета-аналізів впливу різних систем основного обробітку ґрунту на показники вмісту органічної речовини в орному шарі як локального, так і глобального характеру. Але варто відзначити, що результати є доволі різномірними та залежать, насамперед, від умов виконання досліджень, включених у мета-аналізи.

Так, наприклад, мета-аналіз, виконаний нещодавно для 11 країн, що представляють 5 континентів, засвідчив, що вплив основного обробітку ґрунту на його родючість і, відповідно, урожайність сільськогосподарських культур, не можна розглядати у відриві від контексту інших умов довкілля, а тому не існує універсальних практик обробітку ґрунту, які давали б однаково позитивний ефект, скажімо, у Північній Америці та Західній Європі, що пов'язано з низкою відмінностей у типах ґрунтів, кліматичних умовах, морфо-біологічних особливостях локальних сортів і гібридів, тощо [4]. Таким чином, неможливо автоматично транслювати результати закордонних досліджень на агросферу України.

В цілому, варто відмітити загальну переконливу тенденцію до того, що більшість виконаних на сьогодні мета-аналізів засвідчує про переваги безполицевого основного обробітку ґрунту в плані збереження його природної агрофізичної структури та забезпечення секвестрації вуглецю, що позитивно відбиватиметься не тільки на родючості ґрунтів, але й на зниженні емісії вуглекислоти в атмосферу і, як наслідок, зниження негатив-

ного кліматичного впливу від агропромислового виробництва. Варто наголосити, що значення, згідно результатів мета-аналізу, має не тільки спосіб, але й глибина основного обробітку ґрунту [5]. Секвестрація вуглецю в ґрунті є особливо актуальним питанням у контексті стрімких кліматичних трансформацій сьогодення, оскільки досягнення сталого виробництва продукції рослинництва та забезпечення продовольчої безпеки нерозривно пов'язано зі стабілізацією кліматичної ситуації, яка має чи не вирішальний вплив на формування сприятливих метеорологічних умов під час вегетації культурних рослин і забезпечення оптимального їх росту та розвитку [6].

Враховуючи неоднозначність і суперечливість результатів мета-аналізів і окремих наукових досліджень щодо ролі нульового обробітку ґрунту (no-till) у збереженні та акумуляції органічної речовини в ґрунті, необхідним є виконання національного мета-аналізу для встановлення можливих переваг максимальної мінімізації обробітку ґрунту перед звичайними системами безполицевого основного обробітку ґрунту [7].

Представлена робота є продовженням серії мета-аналізів, виконаних за результатами вітчизняних наукових робіт, щодо впливу різних систем основного обробітку ґрунту на його фізико-хімічні та агрономічні властивості. Попередньо було встановлено, що системи безполицевого плоскорізного обробітку ґрунту є одними з найкращих для забезпечення оптимальної біологічної активності ґрунтів України, і переважають у цьому плані системи нульового обробітку [8].

Мета даної роботи – оцінити шляхом виконання мета-аналізу, базованого на результатах останніх вітчизняних наукових досліджень, ефективність нульового та безполицевого основного обробітку ґрунту щодо акумуляції гумусу в орному шарі ґрунтів України.

Матеріали та методика досліджень. Мета-аналіз впливу систем основного обробітку ґрунту на вміст гумусу (органічної речовини) в ґрунтах України виконано з використанням доступних наукових даних, опублікованих у вітчизняних наукових періодичних виданнях за період, індексованих наукометричною базою Google Scholar.

5 придатних для виконання мета-аналізу наукових досліджень було включено та опрацьовано за алгоритмом стандартизованих середніх відмінностей без підгруп із 95% довірчим інтервалом (SMD). Інші дослідження з зазначеної тематики були відхилені через невідповідність представлення наукових результатів. Відібрані дослідження було поділено на дві групи: Group 1 – no-till (нульовий обробіток ґрунту); Group 2 – системи безполицевого обробітку ґрунту [9, 10, 11, 12, 13].

Середній розмір ефекту оцінювали за величиною відстані Кохена (h), де $h=0,20$ означає малий розмір ефекту; 0,50 – помірний розмір ефекту; 0,80 і вище – великий розмір ефекту. Також було розраховано дольову участь кожного із досліджень у формуванні кінцевого результату мета-аналізу. Упередженість результатів наукових досліджень оцінювали за методологією Розенталя із розрахунковим fail-safe number, тобто мінімальної кількості додаткових досліджень, необхідної для спростування встановленої відмінності між групами [14, 15]. Рівень гетерогенності досліджень оцінювали за допомогою коефіцієнта Хіггінса [16]. Коефіцієнт Хіггінса можна інтерпретувати наступним чином: 0,25 – низька неоднорідність; 0,50 – помірна неоднорідність; $>0,75$ – висока неоднорідність [17].

Результати досліджень. За результатами мета-аналізу встановлено наявність переваги систем безполицевого основного обробітку ґрунту перед системами нульового обробітку ґрунту. Помітно, що одне із досліджень не виявило жодної переваги того чи іншого способу (A), а максимальну вагу у прийнятті остаточного рішення за результатами математичної обробки даних мало дослідження D (табл. 1).

Згідно узагальнених результатів мета-аналізу, як для фіксованих, так і для випадкових ефектів, зафіксовано перевагу систем безполицевого основного обробітку ґрунту перед системою no-till (табл. 2). Втім, враховуючи високі значення p-value для обох типів моделей, результати не можуть вважатися достатньо переконливими.

Гетерогенність наукових досліджень, включених у мета-аналіз, є помірно низькою (коефіцієнт Хіггінса

Таблиця 1

Первинні результати мета-аналізу відмінностей між системами безполицевого основного обробітку ґрунту та нульовим обробітком ґрунту

| Дослідження | SMD | Weight (%) fixed | Weight (%) random |
|-------------|---------------------------|------------------|-------------------|
| A | 0 [-1,6003; 1,6003] | 16,5 | 18,1 |
| B | -0,1762 [-1,7845; 1,4321] | 16,3 | 18,0 |
| C | 1,6243 [0,2484; 3,0002] | 22,3 | 21,8 |
| D | -0,5180 [-1,6767; 0,6408] | 31,4 | 26,2 |
| E | 0,8147 [-0,9483; 2,5777] | 13,6 | 15,9 |

Таблиця 2

Узагальнені результати мета-аналізу відмінностей між системами безполицевого основного обробітку ґрунту та нульовим обробітком ґрунту

| Тип моделі | SMD | z t value | p-value |
|------------------|--------------------------|-----------|---------|
| Фіксовані ефекти | 0,2809 [-0,3684; 0,9302] | 0,85 | 0,3965 |
| Випадкові ефекти | 0,3160 [-0,8091; 1,4411] | 0,78 | 0,4791 |

0,362), але всередині досліджень щодо безполицевого обробітку ґрунту вона є значною (0,761), що ускладнює прийняття остаточного рішення.

Крім того, встановлено нульовий рівень fail-safe number, що свідчить про те, що навіть одне додатково проведене дослідження може змінити результати мета-аналізу, а отже, отриманий нами поточний результат є скоріше попереднім, аніж кінцевим для формування обґрунтованих рекомендацій. Крім того, рівень значущості мета-аналізу склав 0,1705 (при цільовому рівні 0,05), що також є додатковим свідченням того, що хоча і зафіксовано помірну перевагу систем безполицевого обробітку ґрунту в плані консервації гумусу в орному шарі ґрунтів України, цей факт не можна вважати остаточно доведеним, а отже, потрібні подальші наукові дослідження в напрямку порівняльної ефективності систем нульового та традиційного обробітку ґрунту. Важливо, що польові дослідження мають бути виконані на високому методичному рівні, а також включати різні за своєю структурою сівозміни, виконуватися на різних типах ґрунтів, поширених в Україні, і охоплювати різні агрометеорологічні умови досліджень, оскільки це впливатиме на результати подальшої систематизації знань із цього питання та достовірність і переконливість результатів.

Висновки. Результати виконаного мета-аналізу засвідчили про перевагу систем безполицевого обробітку ґрунту перед нульовим обробітком у плані забезпечення збереження вмісту гумусу в орному шарі. Проте, невелика вибірка даних наукових досліджень, висока упередженість публікацій і внутрішньогрупова гетерогенність для систем безполицевого обробітку ґрунту не дозволяють зробити остаточні висновки з достатньою впевненістю. Для того, щоб зробити кінцеві науково обґрунтовані висновки потрібно виконати дві вимоги: розширити вхідний пул дослідних даних і знизити рівень упередженості досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Дмитрук Ю. М., Семенчук В. Г. Моніторинг і збереження ґрунтів як компонент системи сталого управління агроecosистемами локального рівня. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2021. Вип. 92. С. 24–31. DOI: 10.31073/acss92-03
2. Ahmad K. W., Wang G. Conservation tillage: A sustainable approach for carbon sequestration and soil preservation. A review. *Journal of Agriculture Sustainability and Environment*. 2023. Vol. 2023. P. 1–24.
3. Krupnik T. J., Andersson J. A., Rusinamhodzi L., Corbeels M., Shennan C., Gérard B. Does size matter? a critical review of meta-analysis in agronomy. *Experimental Agriculture*. 2019. Vol. 55. No. 2. P. 200–229. DOI: 10.1017/S0014479719000012
4. Allam M., Radicetti E., Petroselli V., Mancinelli R. Meta-analysis approach to assess the effects of soil tillage and fertilization source under different cropping systems. *Agriculture*. 2021. Vol. 11. No. 9. P. 823. DOI: 10.3390/agriculture11090823
5. Feng Q., An C., Chen Z., Wang Z. Can deep tillage enhance carbon sequestration in soils? A meta-analysis towards GHG mitigation and sustainable agricultural management. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2020. Vol. 133. P. 110293. DOI: 10.1016/j.rser.2020.110293
6. Lal R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*. 2004. Vol. 123. No. 1-2. P. 1–22. DOI: 10.1016/j.geoderma.2004.01.032
7. Luo Z., Wang E., Sun O. J. Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments. *Agriculture, ecosystems & environment*. 2010. Vol. 139. No. 1-2. P. 224–231. DOI: 10.1016/j.agee.2010.08.006
8. Lykhovyd P. V. Biological activity of soils in Ukraine depending on tillage options: A meta-analysis. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2024. Vol. 15. No. 1. P. 119–128. DOI: 10.15421/022418
9. Морозов О., Ісаченко С. Вплив ґрунтозберігаючих технологій систем обробітку на родючість ґрунту в умовах степу України (на прикладі Запорізької області). *Екологія – філософія існування людства: зб. наук. праць*. 2018. С. 79–81.
10. Піковська О. В. Вплив різних систем обробітку ґрунту на вміст і динаміку гумусу чорнозему звичайного. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Агрономія*. 2012. Вип. 176. С. 170–173.
11. Глущенко Л. Д., Лень О. І., Оленіп Р. В. Енергозберігаючі способи основного обробітку ґрунту при вирощуванні пшениці озимої та їх вплив на вміст гумусу. *Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції* (Біла Церква, 28 березня 2024 р.). С. 228–230.
12. Ткаченко М., Задубинна Є., Кондратюк І., Цюк О., Тарасенко О. Зміни вмісту гумусу та фізико-хімічних властивостей чорнозему типового залежно від систем обробітку та мінерального удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2024. Вип. 102(1). С. 16–22. DOI: 10.31073/agrovisnyk202401-02
13. Задорожний В., Карасевич В., Свитко С., Сокульський М., Задорожний А. Вплив тривалого застосування різних способів основного обробітку ґрунту та no-till технології на вміст гумусу в кукурудзяно-соєвій сівозміні в умовах правобережного лісостепу України. *XIII Міжнародна наукова конференція "Корми і кормовий білок"*. Вінниця, 6 серпня 2021 р. С. 92–94. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo-2021conf
14. Ellis P. D. The essential guide to effect sizes: Statistical power, meta-analysis, and the interpretation of research results. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. 173 pp.
15. Borenstein M., Hedges L. V., Higgins J. P., Rothstein H. R. Introduction to meta-analysis. New York: John Wiley & Sons, 2021. 421 pp.
16. Alexander R. A., Scozzaro M. J., Borodkin L. J. Statistical and empirical examination of the chi-square test for homogeneity of correlations in meta-analysis. *Psychological Bulletin*. 1989. Vol. 106. No. 2. P. 329. DOI: 10.1037/0033-2909.106.2.329
17. Israel H., Richter R. R. A guide to understanding meta-analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2011. Vol. 41. No. 7. P. 496–504. DOI: 10.2519/jospt.2011.3333

REFERENCES:

- Dmytruk, Yu., & Semenchuk, V. (2021). Monitoring i zberezhennya gruntiv yak komponent systemy stalogo upravlinnya agroekosystemamy lokalnogo rivnya [Monitoring and conservation of soils as a component of a sustainable management for agroecosystems at the local level]. *AgroChemistry and Soil Science*, 92, 24–31. DOI: 10.31073/acss92-03 [In Ukrainian]
 - Ahmad, K. W., & Wang, G. (2023). Conservation tillage: A sustainable approach for carbon sequestration and soil preservation. A review. *Journal of Agriculture Sustainability and Environment*, 2023, 1–24.
 - Krupnik, T. J., Andersson, J. A., Rusinamhodzi, L., Corbeels, M., Shennan, C., & Gérard, B. (2019). Does size matter? a critical review of meta-analysis in agronomy. *Experimental Agriculture*, 55(2), 200–229. DOI: 10.1017/S0014479719000012
 - Allam, M., Radicetti, E., Petroselli, V., & Mancinelli, R. (2021). Meta-analysis approach to assess the effects of soil tillage and fertilization source under different cropping systems. *Agriculture*, 11(9), 823. DOI: 10.3390/agriculture11090823
 - Feng, Q., An, C., Chen, Z., & Wang, Z. (2020). Can deep tillage enhance carbon sequestration in soils? A meta-analysis towards GHG mitigation and sustainable agricultural management. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 133, 110293. DOI: 10.1016/j.rser.2020.110293
 - Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123(1-2), 1–22. DOI: 10.1016/j.geoderma.2004.01.032
 - Luo, Z., Wang, E., & Sun, O. J. (2010). Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments. *Agriculture, ecosystems & environment*, 139(1-2), 224–231. DOI: 10.1016/j.agee.2010.08.006
 - Lykhyvyd, P. V. (2024). Biological activity of soils in Ukraine depending on tillage options: A meta-analysis. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 15(1), 119–128. DOI: 10.15421/022418
 - Morozov, O., & Isachenko, S. (2018). Vplyv gruntozberhaiuchykh tekhnolohii system obrobittku na rodiuchist gruntu v umovakh stepu Ukrainy (na prykladi Zaporizkoi oblasti) [Effect of soil-saving technologies of tillage on soil fertility in the conditions of the steppe of Ukraine (on the example of Zaporizhzhia region)]. *Ecology – philosophy of mankind existence: A scientific collection*, 79–81. [In Ukrainian]
 - Pikovska, O. V. (2012). Vplyv riznykh system obrobittku gruntu na vmist i dynamiku humusu chornozemu zvychainoho [Effect of different systems of soil tillage on humus contents and dynamics in typical chernozem]. *Scientific Herald of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series Agronomy*, 176, 170–173. [In Ukrainian]
 - Hlushchenko, L. D., Len, O. I., & Olepir, R. V. (2024). Enerhozberhaiuchi sposoby osnovnoho obrobittku gruntu pry vyroshchuvanni pshenytsi ozymoi ta yikh vplyv na vmist humusu [Energy-saving methods of the main tillage in the cultivation of winter wheat and their influence on the humus content]. In *Agrarian science and Practice: Achievements and Development Prospects: Proceedings of V International Scientific and Practical Conference*, 228–230. [In Ukrainian]
 - Tkachenko, M., Zadubynna, Ye., Kondratiuk, I., Tsiuk, O., & Tarasenko, O. (2024). Zminy vmistu humusu ta Fizyko-khimichnykh vlastyvostei chornozemu tyпового zalezno vid system obrobittku ta mineralnogo udobrennia [Changes in humus content and physico-chemical properties of typical chernozem depending on cultivation and mineral fertilizer systems]. *Herald of Agricultural Science*, 1(850), 16–22. DOI: 10.31073/agrovisnyk202401-02 [In Ukrainian]
 - Zadorozhnyi, V., Karasevich, V., Svytko, S., Sokulskyi, M., & Zadorozhnyi, A. (2021). Influence of long-term application of different methods of basic tillage and no-till technology on the humus content in corn-soybean crop rotation in the conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine. *Reports of the XIII international scientific conference "Feeds and feed protein"*. Vinnytsia, 6 August 2021. pp. 92–94. DOI: 10.31073/kormovyrobnystvo2021conf
 - Ellis, P. D. (2010). *The essential guide to effect sizes: Statistical power, meta-analysis, and the interpretation of research results*. Cambridge : Cambridge University Press. 173 pp.
 - Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., & Rothstein, H. R. (2021). *Introduction to meta-analysis*. New York : John Wiley & Sons. 421 pp.
 - Alexander, R. A., Scozzaro, M. J., & Borodkin, L. J. (1989). Statistical and empirical examination of the chi-square test for homogeneity of correlations in meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 106(2), 329. DOI: 10.1037/0033-2909.106.2.329
 - Israel, H., & Richter, R. R. (2011). A guide to understanding meta-analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 41(7), 496–504. DOI: 10.2519/jospt.2011.3333
- Лиховид П.В., Вожегова Р.А., Рудік О.Л., Біднина І.О. Мета-аналіз впливу безполицевого та нульового обробітку ґрунту на вміст гумусу**
Мета. Оцінити шляхом виконання мета-аналізу ефективність нульового та безполицевого основного обробітку ґрунту в збереженні органічної речовини в ґрунтах України.
Методи. Для виконання мета-аналізу було відібрано п'ять високоякісних наукових робіт, виконаних в різних агрологічних зонах України на ґрунтах різних типів із залученням системи нульового та різних систем безполицевого основного обробітку ґрунту. Мета-аналіз виконували для 95% рівня достовірності за алгоритмом стандартизованих середніх відмінностей із оцінкою публікаційної упередженості та встановленням статистично достовірної відмінності між групами мета-аналізу для фіксованих і випадкових моделей взаємодії. Гетерогенність всередині груп розраховували за коефіцієнтом Хігінса.
Результати. За результатами мета-аналізу встановлено, що безполицевий основний обробіток ґрунту має істотну перевагу перед нульовим обробітком ґрунту у збереженні органічної речовини в орному шарі. Гетерогенність наукових результатів в цілому була помірно низькою (коефіцієнт Хігінса = 0,362), але високою для групи досліджень систем безполицевого основного обробітку ґрунту (коефіцієнт Хігінса = 0,761). При цьому модель для випадкових ефектів вказувала на максимальну середню стандартизовану різницю (SMD = 0,316). Втім, варто відмітити високий рівень упередже-

ності (fail-safe number = 0) наявних наукових публікацій із цього питання, що унеможлиблює зробити остаточний висновок на користь систем безполицевого основного обробітку ґрунту.

Висновки. За результатами мета-аналізу системи безполицевого основного обробітку ґрунту в Україні забезпечують вищий рівень збереженості гумусу в орному шарі. Високий рівень упередженості публікацій, а також висока внутрішньогрупова гетерогенність для систем безполицевого обробітку ґрунту не дозволяють остаточно констатувати вищевказану перевагу. В подальшому необхідне проведення додаткових польових і лабораторних досліджень щодо впливу систем обробітку ґрунту на вміст органічної речовини в них для розширення вхідного пулу даних і уточнення результатів первинного мета-аналізу.

Ключові слова: гетерогенність, землеробство, математичний аналіз, органічна речовина, система обробітку ґрунту.

Lykhovyd P.V., Vozhehova R.A., Rudik O.L., Bidnyna I.O. Meta-analysis of the effect of ploughless and zero tillage on soil humus content

Purpose. Evaluation by the means of meta-analysis the effectiveness of zero and ploughless tillage in the preservation of organic matter in the soils of Ukraine.

Methods. For the meta-analysis, five high-quality scientific works were selected, which were performed in different agro-ecological zones of Ukraine on the soils of different types with the involvement of the system of zero and various systems of ploughless tillage. The meta-analysis was

performed for the 95% confidence level by the algorithm of standardized mean differences with assessment of publication bias and statistically significant differences between the groups of the studies for fixed and random model effects. Heterogeneity within the studied groups was calculated using the Higgins coefficient.

Results. According to the meta-analysis results, it was established that ploughless tillage has a significant advantage over zero tillage in preserving soil organic matter in the arable layer. The overall heterogeneity of the scientific results was moderately low (Higgins coefficient = 0.362), but it was high within the group of the studies on ploughless tillage systems (Higgins coefficient = 0.761). At the same time, the model for random effects indicated the maximum standardized mean difference (SMD = 0.316). However, the high level of publication bias (fail-safe number = 0) of available scientific publications on this issue was established, which makes it impossible to draw a conclusion in favor of ploughless tillage systems.

Conclusions. According to the meta-analysis results, the systems of ploughless tillage provide a higher level of humus preservation in the arable layer of the soils of Ukraine. The high level of publication bias, as well as high intragroup heterogeneity for tillage systems do not allow us to definitively state the above-mentioned advantage. In the future, it is necessary to conduct additional field and laboratory studies on the influence of tillage systems on the content of soil organic matter to expand the input pool of data and clarify the results of the primary meta-analysis.

Key words: heterogeneity, agriculture, mathematical analysis, organic matter, tillage system.