

## **ОЦІНКА ВПЛИВУ СПОСОБІВ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ЗА ПОКАЗНИКАМИ СТРУКТУРИ УРОЖАЙНОСТІ КУКУРУДЗИ**

*У роботі досліджено характер впливу способів механічного обробітку за показниками структури урожайності кукурудзи. Встановлено, що густина стояння кукурудзи наприкінці вегетації залежить від способу механічного обробітку ґрунту. Найменша густина стояння характерна для нульового обробітку, а найбільша – для мінімального обробітку. Між глибиною механічного обробітку та густиною стояння кукурудзи встановлений нелінійний зв'язок. Найбільша густина спостерігається при мінімальному обробітку ґрунту, а збільшення, або зменшення глибини обробітку, приводить до зменшення цього показника. Маса початків на одиницю поверхні ґрунту визначається способом обробітку ґрунту. Найбільша маса початків спостерігається при чизелюванні ґрунту на глибину 40 см. Найменший рівень цього показника встановлено для оранки на глибину 25–27 см. Нульовий та мінімальний обробітки*

приводять до перехідних показників маси початків на одиницю площі. Мінливість густоти стояння, яка відбувається у процесі вегетації, суттєво не впливає на масу початків кукурудзи. Механізм впливу способів обробітку ґрунту на урожай відбувається через коригування маси початків на одиницю площі. Найбільшому врожаю кукурудзи сприяє чизельний обробіток ґрунту на глибину 40 см. Децю менший врожай можна отримати при ґрунтозахисному обробітку або при нульовому обробітку. Найменший врожай кукурудзи можна отримати при оранці на глибину 25–27 см.

**Ключові слова:** механічний обробіток, кукурудза, структура урожайності, густина стояння, урожай.

### Постановка проблеми

Агроекологія є складовою частиною екології, а сам термін агроекологія був одночасно запропонований німецьким зоологом Фрідериксом [11] і американським фізіологом рослин Хансоном [12] для позначення застосування екології як науки в сільському господарстві [10]. Сільськогосподарське виробництво перебуває в тісній залежності від природних умов і екологічної обстановки [2]. У свою чергу, аграрні комплекси впливають на стан навколишнього середовища, умови життя тварин, рослин, мікроорганізмів у їхньому безпосереднім оточенні, а також на значному видаленні підійти до розкриття складних взаємодій живих організмів, умов середовища та діяльності людини у функціонуванні агровиробництва [1, 5].

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Зміна системи обробітку ґрунту потребує зваженого обґрунтованого рішення, урахування строкатості ґрунтового покриву, багатогранності кліматичних умов, національних особливостей сільськогосподарського виробництва, сучасних технологій [5, 9] та повинна забезпечувати вирішення низки проблемних питань: продукційна проблема; фітоценотична проблема; екологічна проблема; соціальна проблема [3, 4]. У контексті проблеми ресурсозбереження вперше для Лівобережного Лісостепу України науково обґрунтовано доцільність застосування диференційованої системи обробітку ґрунту в сівозміні [7], до складу якої, залежно від структури посівних площ, рекомендовано впроваджувати періодичне застосування оранки на фоні переважного використання глибокого та середнього чизельного обробітку, а також мілкового та поверхневого обробітків дисковими і комбінованими знаряддями [8]. Але диференційована система обробітку ґрунту та система нульового обробітку потребують свого наукового висвітлення у агроекологічному контексті.

Тому дослідження агроекологічного значення способів механічного обробітку ґрунту як екологічного чинника у сукупності складних взаємодій агроекосистеми є актуальною науковою та практичною проблемою.

### Мета, завдання та методика досліджень

Мета дослідження полягає у оцінці впливу способів механічного обробітку за показниками структури урожайності кукурудзи.

Польові дослідження проводились у тривалому досліді, закладеному в 2010–2015 рр. у приватному сільськогосподарському підприємстві «Нива» Шишацького району, Полтавської області. Лабораторно-аналітичні дослідження виконані на базі Полтавського центру «Облдержродючість», с. Степне. Дослідження проводились у ланці сівозміни: кукурудза на зерно – ячмінь ярий – горох. Дослід включає наступні варіанти технологій (їх елементи): 1. Традиційна, яка базується на різноглибинній оранці на 27–30 см; 2. Глибокий обробіток без перевертання скиби чизельними глибокорозпушувачами на 40 см; 3. Грунтозахисна з мінімальним обробітком на глибину 4–5 см; 4. Технологія прямого висіву без обробітку ґрунту (нульовий обробіток або No-till).

Гібрид кукурудзи Піонер ПР38Р92 (Pioneer PR38R92) – середньостиглий простий гібрид з високим потенціалом врожайності. Сума ефективних температур до цвітіння складає  $6200\text{ }^{\circ}\text{C}^0$ , до досягнення зерном чорної точки  $12100\text{ }^{\circ}\text{C}^0$ . Має високі рослини, міцний початок з середнім прикріпленням до стебла. Перевагами цього гібриду є сталий рівень врожайності за вирощування у різних ґрунтово-кліматичних зонах. Зерно швидко віддає вологу під час досягання. Гібрид стійкий до вилягання. Відрізняється від інших гібридів високою посухостійкістю. Має високий поріг толерантності до пильної головної і південного гельмінтоспоріозу, фузаріозу початків. Зерно має високий вміст білку та крохмалю. Час цвітіння волоті – середнє. Головна вісь волоті вище верхньої бічної гілки, утворює відносно неї середній кут. Початок довгий, слабконичної форми, ніжка довга, стрижень має колір. Зерно зубоподібної форми, верхня частина – жовта. Середня врожайність 66,7 ц/га, що вище стандарту більше ніж на 4 ц/га. Рекомендована норма посіву – 75–80 тис. насінин на гектар. Гібрид Піонер ПР38Р92 добре реагує на високий агрофон.

### Результати досліджень

Параметри структури урожайності кукурудзи наведено у таблиці 1.

Аналіз даних, наведених у таблиці, свідчить про те, що густина стояння цієї культури наприкінці вегетації варіювала у межах 75,60–79,60 тис. шт./га. Кількість початків варіювала у межах 7,56–7,96 шт./м<sup>2</sup>. Маса початків становила 1165,60–1276,00 г/м<sup>2</sup>, а маса 10 початків – 1624,00–1814,00 г. Маса зерна у 10 початках знаходилася на рівні 1376,00–1508,00 г, а вихід зерна – 83,08–84,78 %. Була одержана урожайність 9,88–10,61 т/га з вологістю зерна 20,70–21,64 %.

Таблиця 1. Структура урожайності кукурудзи

Спосіб основного обробітку	Оранка, 25–27 см	Чизелювання, 40 см	Ґрунто- захисна, мілка, 4–6 см	No- till
Густота стояння наприкінці вегетації, тис.шт/га	79,20	77,60	79,60	75,60
Кількість початків на 1 м <sup>2</sup> , шт	7,92	7,76	7,96	7,56
Маса початків з 1 м <sup>2</sup> , г	1165,6 0	1276,00	1230,40	1189, 20
Маса 10 початків, г	1624,0 0	1814,00	1720,20	1698, 00
Маса зерна з 10 початків, г	1376,0 0	1508,00	1428,00	1412, 00
Вихід зерна, %	84,78	83,15	83,08	83,10
Маса 1000 зерен, г	294,60	309,30	296,78	283,1 4
Вологість, %	20,70	21,64	21,10	20,98
Урожайність, т/га	9,88	10,61	10,22	9,88

Густота стояння кукурудзи визначається при сівбі і є важливим чинником, який визначає стан рослин у посіві та у кінцевому результаті – врожай. Густота стояння кукурудзи наприкінці вегетації залежить від способу механічного обробітку ґрунту ( $R^2 = 0,48$ ;  $F = 4,87$ ;  $p = 0,01$ ). Найменша густота стояння встановлена для нульового обробітку, а найбільша – для мінімального обробітку. Між глибиною механічного обробітку та густотою стояння кукурудзи існує нелінійний зв'язок. Найбільша густота спостерігається при мінімальному обробітку ґрунту, а збільшення, або зменшення глибини обробітку приводить до зменшення цього показника.

Густота стояння кукурудзи визначає кількість початків кукурудзи на одиницю площі (табл. 2). Між цими показниками існує сильний позитивний кореляційний зв'язок ( $r = 0,84$ ,  $p = 0,00$ ). На кількість початків на одиницю площі поверхні впливає також спосіб механічного обробітку ґрунту. Найбільша кількість початків на одиницю площі характерна для нульового обробітку. Цей показник для інших способів обробітку майже не відрізняється.

Маса початків на одиницю поверхні ґрунту визначається способом обробітку ґрунту. Найбільша маса початків спостерігається при чизелюванні ґрунту на глибину 40 см. Найменший рівень цього показника встановлено для оранки на глибину 25–27 см. Нульовий та мінімальний обробітки приводять до перехідних показників маси початків на одиницю площі. Слід відзначити, що маса початків кукурудзи на одиницю площі не демонструє статистично вірогідної кореляції ні з

густотою стояння, ні з кількістю початків на одиницю площі. За літературними даними, маса рослин у міру збільшення густоти посіву закономірно зменшується [3]. Таким чином, мінливість густоти стояння, яка відбувається у процесі вегетації, не впливає суттєво на масу початків кукурудзи.

**Таблиця 2. Оцінка впливу способу механічного обробітку на кількість початків кукурудзи на одиницю площі та на масу початків (загальна лінійна модель)**

Показник	SS	Ступені свободи	MS	F-відношення	p-рівень
Кількість початків на 1 м <sup>2</sup> , шт ( $R^2 = 0,82$ )					
Константа	0,10	1	0,10	3,35	0,09
Густота стояння	1,53	1	1,53	51,39	0,00
Спосіб обробітку	0,28	3	0,09	3,19	0,05
Помилка	0,45	15	0,03	–	–
Маса початків на 1 м <sup>2</sup> ( $R^2 = 0,71$ )					
Константа	32052,87	1	32052,87	6,26	0,03
Густота стояння	15828,72	1	15828,72	3,09	0,31
Кількість початків	39838,81	1	39838,81	7,78	0,22
Спосіб обробітку	162660,96	3	54220,32	10,59	0,00
Помилка	71668,68	14	5119,19	–	–

Умовні позначки: SS – сума квадратів; MS – середня сума квадратів.

Маса початків у перерахунку на 10 штук залежить від кількості початків на одиницю площі та від способу обробітку ґрунту (табл. 3). Слід відзначити, що попарне порівняння кількості початків на одиницю площі та їх маси не дає статистично вірогідної кореляції ( $r = -0,22$ ,  $p = 0,35$ ). Але у рамках обраної моделі регресійний коефіцієнт впливу кількості на масу є вірогідним ( $p = 0,04$ ). Таким чином, урахування характеру впливу способу механічного обробітку дозволяє встановити характер залежності маси 10 початків від їх кількості на одиницю площі. Механізмом цього зв'язку є конкуренція між особинами кукурудзи, внаслідок якої за збільшенням саме кількості початків, а не густоти стояння, зменшується їх відносна вага.

Маса 10 початків найбільша при чизелюванні на глибину 40 см та при ґрунтозахисному обробітку, а найменша – при оранці на глибину 25–27 см.

Маса початків та маса зерна в них сильно між собою корелюють ( $r = 0,84$ ,  $p = 0,00$ ), що пояснює подібність поведінки цих показників. Слід відзначити, що специфічною особливістю маси зерна з 10 початків є те, що на цей показник

здійснює статистично вірогідний вплив густота стояння кукурудзи. Також для цього показника більш чітким є максимум при чизелюванні.

Трохи менша маса зерна у 10 початках встановлена за умов ґрунтозахисного обробітку ґрунту. Цей показник зменшується при нульовому обробітку та набуває найменших значень при оранці 25–27 см. Загалом, між глибиною механічного обробітку ґрунту та масою зерна в 10 початках існує сильний статистично вірогідний позитивний зв'язок ( $r = 0,48$ ,  $p = 0,03$ ).

*Таблиця 3. Оцінка впливу способу механічного обробітку на масу початків кукурудзи та масу зерна в них (загальна лінійна модель)*

Показник	SS	Ступені волі	MS	F-відношення	p-рівень
Маса 10 початків, г ( $R^2 = 0,82$ )					
Константа	47862,9	1	47862,9	2,06	0,17
Густота стояння	44478,7	1	44478,7	1,91	0,19
Кількість початків	119523,7	1	119523,7	5,14	0,04
Спосіб обробітку	236481,2	3	78827,1	3,39	0,05
Помилка	325509,1	14	23250,7	–	–
Маса зерна з 10 початків, г ( $R^2 = 0,78$ )					
Константа	13775,2	1	13775,2	2,23	0,16
Густота стояння	32764,8	1	32764,8	5,30	0,04
Кількість початків	60094,8	1	60094,8	9,72	0,01
Спосіб обробітку	132517,9	3	44172,6	7,15	0,00
Помилка	86545,4	14	6181,8	–	–

Умовні позначки: SS – сума квадратів; MS – середня сума квадратів.

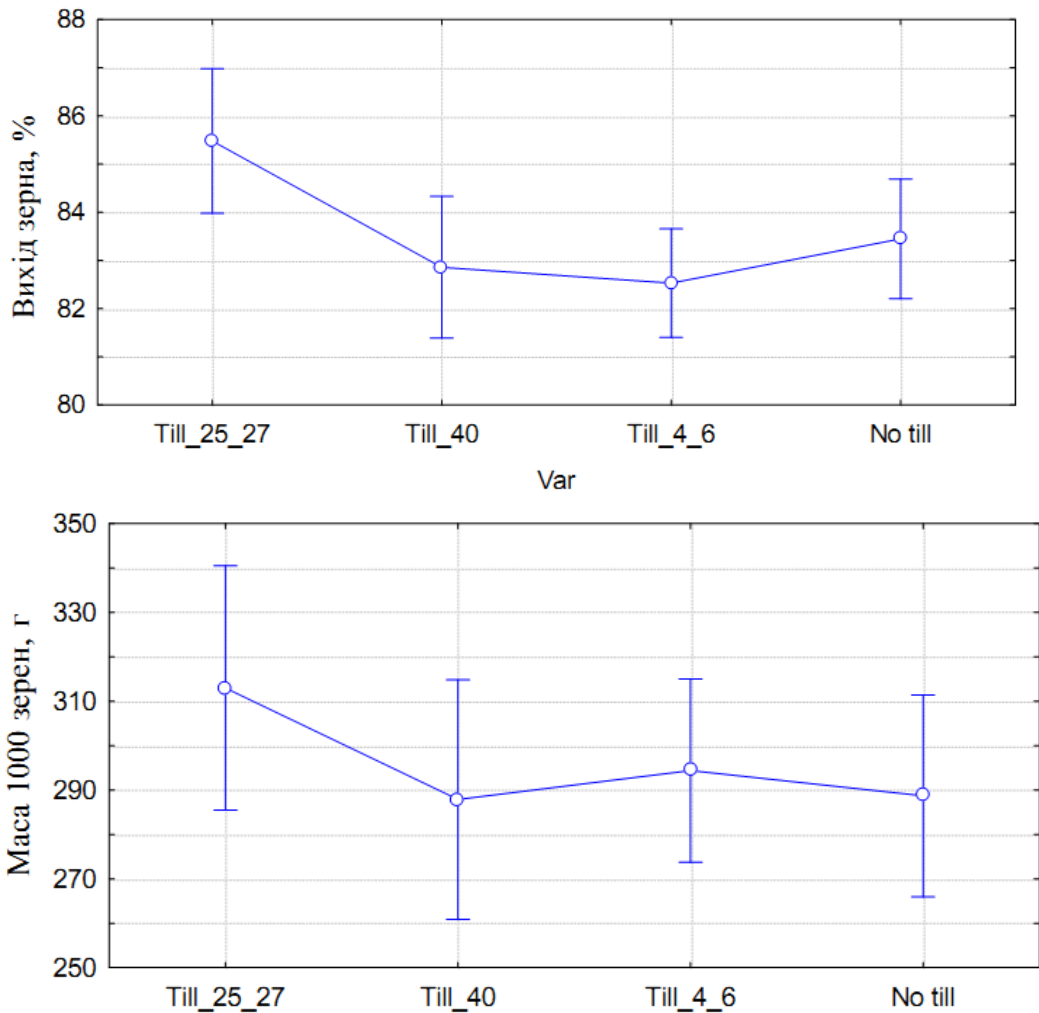
Одержані результати свідчать про те, що на вихід зерна найбільш впливовим серед розглянутих факторів є спосіб механічного обробітку ґрунту (табл. 4, рис. 1). Найбільший цей показник для оранки на глибину 25–27 см. Відмінності між іншими способами механічного обробітку за цим показником не суттєві.

Таблиця 4. Оцінка впливу способу механічного обробітку на вихід зерна (%) та масу 1000 зерен (загальна лінійна модель)

Показник	SS	Ступені свободи	MS	F-відношення	p-рівень
Вихід зерна, % ( $R^2 = 0,76$ )					
Константа	36,28	1	36,28	59,94	0,00
Густота стояння	0,21	1	0,21	0,34	0,57
Кількість початків	0,15	1	0,15	0,25	0,63
Маса початків з 1 м <sup>2</sup> , г	0,01	1	0,01	0,02	0,89
Маса 10 початків, г	0,23	1	0,23	0,38	0,55
Маса зерна з 10 початків, г	0,01	1	0,01	0,01	0,93
Спосіб обробітку	6,65	3	2,22	3,66	0,05
Помилка	6,66	11	0,61	–	–
Маса 1000 зерен, г ( $R^2 = 0,76$ )					
Константа	275,42	1	275,42	1,36	0,27
Густота стояння	589,78	1	589,78	2,90	0,12
Кількість початків	514,59	1	514,59	2,53	0,14
Маса початків з 1 м <sup>2</sup> , г	46,59	1	46,59	0,23	0,64
Маса 10 початків, г	181,55	1	181,55	0,89	0,36
Маса зерна з 10 початків, г	974,52	1	974,52	4,80	0,05
Спосіб обробітку	613,20	3	204,40	1,01	0,43
Помилка	2234,02	11	203,09	–	–

Умовні позначки: SS – сума квадратів; MS – середня сума квадратів.

Маса 1000 зерен у нашому експерименті характеризується взаємним зв'язком з масою зерен у перерахунку на початок ( $r = 0,73$ ,  $p = 0,00$ ).



**Рис. 1. Залежність виходу зерна та маси 1000 зерен від способів механічного обробітку (GLM-підхід)**

**Умовні позначки:** Till\_25\_27 – оранка на глибину 25–27 см; Till\_40 – чизелювання на глибину 40 см; Till\_4\_6 – ґрунтозахисна мілка оранка на 4–6 см; No till – нульовий обробіток.

Таким чином, маса 1000 зерен є досить консервативним показником та, за умов варіювання експериментальних чинників, не може бути визначена компонента, яка залежала би від способу механічного обробітку ґрунту чи інших



агроекологічних показників посівів кукурудзи. Кореляцію з таким показником, як маса зерна у 10 початках ми розглядаємо як формальний артефакт. Але, тим не менш, цей зв'язок дозволяє встановити ланцюжок впливу інших агроекологічних показників, враховуючи їх вплив саме на масу зерна в 10 початках.

Вологість зерна – важливий технологічний показник. Його значення у рамках нашого експериментального плану залежить від таких показників, як вихід зерна та маса 1000 зерен. Між виходом зерна та його вологістю встановлений від'ємний кореляційний зв'язок ( $r = -0,51$ ,  $p = 0,02$ ). Між вологістю та вагою 1000 зерен зв'язок позитивний ( $r = 0,64$ ,  $p = 0,00$ ).

Якщо для описання варіювання урожайності застосувати всі досліджені ознаки – спосіб обробітку та агроекологічні показники стану посівів кукурудзи, то ми зможемо пояснити 92 % варіабельності врожаю (табл. 5). Але слід відзначити, що пояснювальна здатність такої моделі буде незначною, так як серед статистично вірогідних предикторів вона має лише масу початків на квадратний метр.

Якщо модель дещо спростити до наступних застосованих предикторів: спосіб обробітку, кількість початків та густина стояння, то доля поясненої дисперсії знизиться до 76 %, але серед статистично вірогідних предикторів опиниться спосіб обробітку ґрунту. Властивості розглянутих моделей дозволяють висунути гіпотезу про те, що механізм впливу способів обробітку ґрунту на урожай відбувається через коригування маси початків на одиницю площі. Залучення останнього показника знімає статистично вірогідний вплив категоріального предиктору «спосіб обробітку ґрунту».

**Таблиця 5. Оцінка впливу способу механічного обробітку на вологість зерна (%) та урожайність (загальна лінійна модель)**

Показник	SS	Ступені свободи	MS	F-відношення	p-рівень
1	2	3	4	5	6
Вологість, % ( $R^2 = 0,82$ )					
Константа	3,62	1	3,62	11,65	0,01
Густина стояння	0,00	1	0,00	0,01	0,91
Кількість початків	0,02	1	0,02	0,06	0,82
Маса початків з 1 м <sup>2</sup> , г	0,52	1	0,52	1,66	0,23
Маса 10 початків, г	0,00	1	0,00	0,00	0,98
Маса зерна з 10 початків, г	0,22	1	0,22	0,70	0,43
Вихід зерна, %	1,66	1	1,66	5,34	0,05
Маса 1000 зерен, г	1,67	1	1,67	5,36	0,05
Спосіб обробітку	1,54	3	0,51	1,65	0,25
Помилка	2,80	9	0,31		
Урожайність, т/га ( $R^2 = 0,92$ )					
Константа	0,18	1	0,18	2,44	0,15
Густина стояння	0,02	1	0,02	0,28	0,61

Закінчення таблиці 5

1	2	3	4	5	6
Кількість початків	0,00	1	0,00	0,00	0,97
Маса початків з 1 м <sup>2</sup> , г	0,49	1	0,49	6,69	<b>0,03</b>
Маса 10 початків, г	0,01	1	0,01	0,11	0,75
Маса зерна з 10 початків, г	0,07	1	0,07	1,01	0,34
Вихід зерна, %	0,22	1	0,22	3,07	0,11
Маса 1000 зерен, г	0,02	1	0,02	0,31	0,59
Спосіб обробітку	0,21	3	0,07	0,95	0,46
Помилка	0,65	9	0,07	–	–
Урожайність, т/га ( $R^2 = 0,76$ )					
Константа	0,75	1	0,75	5,26	0,04
Густота стояння	0,04	1	0,04	0,30	0,59
Кількість початків	0,02	1	0,02	0,15	0,70
Спосіб обробітку	5,85	3	1,95	13,68	0,00
Помилка	2,00	14	0,14	–	–

Умовні позначки: SS – сума квадратів; MS – середня сума квадратів.

Таким чином, найбільшому врожаю сприяє чизельний обробіток ґрунту на глибину 40 см (рис. 2).

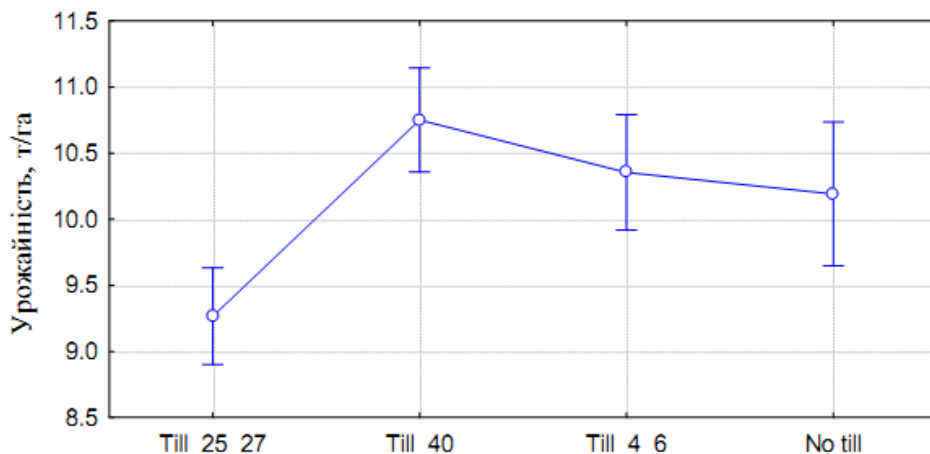


Рис. 2. Залежність урожайності кукурудзи від способів механічного обробітку (GLM-підхід)

Умовні позначки: Till\_25\_27 – оранка на глибину 25–27 см; Till\_40 – чизелювання на глибину 40 см; Till\_4\_6 – ґрунтозахисна мілка оранка на 4–6 см; No till – нульовий обробіток.

Дещо менший врожай можна отримати при ґрунтозахисному обробітку або при нульовому обробітку. Найменший врожай кукурудзи можна отримати при оранці на глибину 25–27 см. Слід відзначити, що різниця врожаю між чизельним обробітком та ґрунтозахисним статистично не вірогідна ( $t = 1,38$ ,  $p = 0,21$ ). Але

вже порівняння чизелювання та нульового обробітку дає статистично вірогідні відмінності ( $t = 3,91$ ,  $p = 0,01$ ). Таким чином, чизелювання та ґрунтозахисний обробітки дають майже подібні результати щодо врожайності кукурудзи.

### Висновки і перспективи подальших досліджень

1. Густота стояння кукурудзи наприкінці вегетації залежить від способу механічного обробітку ґрунту. Найменша густота стояння встановлена для нульового обробітку, а найбільша – для мінімального обробітку. Між глибиною механічного обробітку та густотою стояння кукурудзи встановлений нелінійний зв'язок. Найбільша густота спостерігається при мінімальному обробітку ґрунту, а збільшення або зменшення глибини обробітку призводить до зменшення цього показника.

2. Маса початків на одиницю поверхні ґрунту визначається способом обробітку ґрунту. Найбільша маса початків спостерігається при чизелюванні ґрунту на глибину 40 см. Найменший рівень цього показника встановлено для оранки на глибину 25–27 см. Нульовий та мінімальний обробітки приводять до перехідних показників маси початків на одиницю площі. Мінливість густоти стояння, яка відбувається у процесі вегетації, не впливає суттєво на масу початків кукурудзи.

3. Механізм впливу способів обробітку ґрунту на урожай відбувається через коригування маси початків на одиницю площі. Найбільшому врожаю кукурудзи сприяє чизельний обробіток ґрунту на глибину 40 см. Деяко менший врожай можна отримати при ґрунтозахисному обробітку або при нульовому обробітку. Найменший врожай кукурудзи можна отримати при оранці на глибину 25–27 см.

Перспективи подальших досліджень слід зосередити на дослідженні кореляційних зв'язків між показниками урожайності кукурудзи із застосуванням методів багатовимірної статистики

### Література

1. Пространственная агроэкология и рекультивация земель : монография / А. А. Демидов, А. С. Кобец, Ю. И. Грицан, А. В. Жуков. – Днепропетровск : Свидлер А. Л., 2013. – 560 с. DOI: 10.13140/RG.2.1.5175.5040
2. Просторова агроекологія як основа прогнозу чисельності шкідників : навч. посібник / О. Ю. Диченко, П. В. Писаренко, О. М. Кунах, О. В. Жуков. – Дніпропетровськ : ДНУ, 2015. – 139 с. DOI: 10.13140/RG.2.1.1014.4485
3. Дробітько А. В. Структура рослин та урожайність кукурудзи залежно від способу сівби і густоти рослин / А. В. Дробітько, Н. В. Нікончук // Наук. пр. Чорноморського держ. ун-ту ім. П. Могили комплексу "Києво-Могилянська академія". Сер. Екологія. – 2011. – Вип. 138, т. 150. – С. 15–17.
4. Екологія техноземів : монографія / О. В. Жуков, Г. О. Задорожна, К. П. Маслікова [та ін.]. – Дніпро : Журфонд, 2017. – 442 с.

- 
5. Агроекологічні перспективи розвитку природного агровиробництва / А. С. Кобець, М. М. Харитонов, Ю. І. Грицан, О. В. Жуков // Вісн. Дніпропетровського держ. аграр.-екон. ун-ту. – 2015. – № 4 (38). – С. 6–10.
  6. Масюк Н. Т. Введение в сельскохозяйственную экологию : учеб. пособие / Н. Т. Масюк. – Днепропетровск : Днепропетровский с.-х. ин-т, 1989. – 192 с.
  7. Шевченко М. В. Системи обробітку ґрунту / М. В. Шевченко // Землеробство. – 2008. – Вип. 80. – С. 33–39.
  8. Шевченко М. В. Наукові основи систем обробітку ґрунту в польових сівозмінах лівобережного лісостепу України : дис. ... д-ра с.-г. наук / М. В. Шевченко. – Дніпропетровськ, 2015. – 539 с.
  9. Цьова Ю. А. Дискримінантний аналіз агроекологічного впливу способів механічного обробітку ґрунту / Ю. А. Цьова // Вісн. Полтавської держ. аграр. акад. – 2016. – № 3. – С. 94–100.
  10. Dalgaard T. Agroecology, scaling and interdisciplinarity / T. Dalgaard, N. J. Hutchings, J. R. Porter // Agriculture Ecosystems and Environment. – 2003. – Vol. 100. – P. 39–51.
  11. Friederichs K. Die Grundfragen und Gesetzmässigkeiten der land- und forstwirtschaftlichen Zoologie, insbesondere der Entomologie / K. Friederichs. – Berlin : Parey, 1930. – Bd. 1. – 417 s. ; Bd. 2. – 463 s.
-